

## BIOFÍSICA - GRANDEZAS, DIMENSÕES, UNIDADES

1. A força resultante  $\mathbf{F}$ , experimentada por uma partícula de massa  $m$  quando tem aceleração  $\mathbf{a}$ , é  $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ . A unidade de força é o newton (N). Escreva explicitamente esta unidade.

*Como  $F = ma$ , as dimensões de  $F$  são as mesmas do produto  $ma$ , logo no sistema SI temos*

$$F \sim \text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2,$$

*que é o newton (N).*

2. A energia cinética  $K$  de uma partícula de massa  $m$  com velocidade  $\mathbf{v}$ , é  $K = \frac{1}{2}mv^2$ . A unidade de energia é o joule (J). Escreva explicitamente esta unidade.

*As dimensões da energia são de massa  $\times$  velocidade<sup>2</sup>, logo,*

$$K \sim \text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2,$$

*que é o joule (J).*

3. Duas massas  $m_1$  e  $m_2$  estão separadas por uma distância  $r$ . A energia potencial gravitacional desse sistema é  $U = -Gm_1m_2/r$ . A unidade de energia é o joule (J). Escreva as unidades da constante universal  $G$ .

*Da equação acima temos, em módulo,*

$$G = \frac{U r}{m_1 m_2},$$

*logo,*

$$G \sim \frac{\text{J} \cdot \text{m}}{\text{kg}^2} = \frac{\text{kg} \cdot (\text{m}/\text{s})^2 \cdot \text{m}}{\text{kg}^2} = \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}.$$

4. A taxa metabólica  $R$  em animais, quando realizam uma quantidade de trabalho  $W$  em um tempo  $t$ , pode ser escrita como  $R = W/\epsilon t$ , em que a eficiência  $\epsilon$  é uma quantidade adimensional. Escreva as unidades de  $R$ .

5. O módulo da força de empuxo  $\mathbf{E}$ , exercida por um fluido de densidade  $\rho$  sobre um corpo de volume  $V$ , é  $\rho Vg$ , em que  $g$  é a aceleração da gravidade. Escreva as unidades de  $\rho$ .

6. A viscosidade  $\eta$  de um líquido que flui através de um tubo de comprimento  $L$  e raio  $r$ , pode ser representada por  $\eta = F_v/4\pi v_m L$ , em que  $F_v$  é a força de viscosidade do fluido, e  $v_m$  é a velocidade do fluido ao longo do centro do tubo. A unidade de  $\eta$  é o poiseuille (Pl). Escreva explicitamente esta unidade.

*Podemos entender essa expressão da seguinte maneira. A definição do coeficiente de viscosidade  $\eta$  é dada pela equação*

$$f = -\eta \frac{\partial v}{\partial y},$$

*em que  $f = F_v/A$  é a força por unidade de área agindo sobre o fluido em movimento. A velocidade do fluido varia com a distância  $y$  ao eixo do cilindro (ver figura 1). Note que a força de viscosidade  $F_v$  (ou  $F$  na figura) é perpendicular à velocidade do líquido. Uma forma comum para a velocidade é*

$$v(y) = v_m \left(1 - \frac{y^2}{a^2}\right),$$

*com  $v(0) = v_m$ , o valor máximo de  $v$ , e  $v(a)=0$ . Com isso temos*

$$\frac{\partial v}{\partial y} = \frac{-2y v_m}{a^2}.$$

*O valor máximo da expressão acima é, em módulo,  $2v_m/a$ . Substituindo na expressão para  $f$  vem*

$$f = \eta \frac{2v_m}{a}.$$

*Como  $f = F_v/A$  e  $A = 2\pi aL$  é a superfície lateral para um comprimento  $L$  do tubo, obtemos*

$$\frac{F_v}{A} = \frac{F_v}{2\pi aL} = \eta \frac{2v_m}{a},$$

*ou*

$$\eta = \frac{F_v}{4\pi L v_m}.$$

*No sistema internacional de unidades temos então,*

$$\eta \sim \frac{N}{m \cdot m/s} = Pa \cdot s,$$

que é o *poiseuille* (Pl).

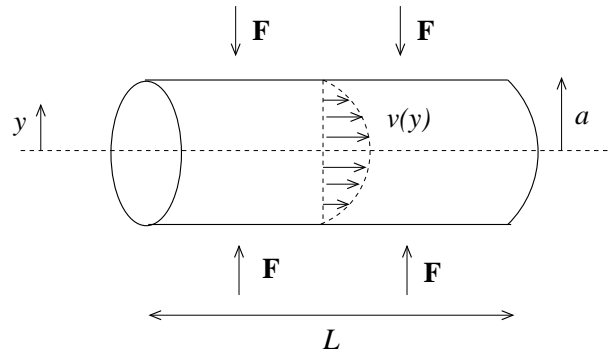


Fig. 1.

7. A pressão osmótica  $p_{osm}$  de uma solução, à temperatura  $T$ , é dada por  $cRT$ , em que  $c$  é a concentração molar da solução, ou número de moles de soluto por unidade de volume, e  $R$  é uma constante. Escreva as unidades de  $R$ .

8. Em um meio sólido de densidade  $\rho$ , a velocidade do som é  $v = \sqrt{Y/\rho}$ , em que  $Y$  é o *módulo de Young* do sólido. Escreva as unidades de  $Y$ .

9. A *intensidade da força elétrica*  $F_e$  entre duas cargas  $q_1$  e  $q_2$ , separadas por uma distância  $r$ , é  $F_e = kq_1q_2/r^2$ , em que  $k$  é uma constante universal. Escreva as unidades de  $k$ .

*Temos*

$$k = \frac{F_e r^2}{q_1 q_2},$$

*logo,*

$$k \sim \frac{Nm^2}{C^2}.$$

10. Uma corrente  $i$  percorre um fio metálico de raio  $r$  e comprimento  $L$ . A corrente por unidade de área é proporcional à diferença de potencial  $V$  por unidade de comprimento,  $i/A = \sigma V/L$ , em que  $\sigma$  é a condutividade do metal. Escreva as unidades de  $\sigma$ .

11. Foram feitas doze medidas do comprimento de uma barra metálica, com os seguintes resultados em cm:

16,3; 16,2; 16,3; 16,5;  
 16,4; 16,1; 16,2; 16,3;  
 16,0; 16,3; 16,1; 16,5.

Calcule o valor médio do comprimento da barra o desvio padrão.

*O valor médio do comprimento é,*

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 16,27 \text{ cm},$$

*e o desvio padrão,*

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0,149 \approx 0,15 \text{ cm}.$$

12. Na medida de um potencial elétrico foram obtidos os seguintes valores em volts, após quinze medidas:

5,40; 5,42; 5,39; 5,42; 5,43;  
5,41; 5,39; 5,42; 5,42; 5,39;  
5,40; 5,45; 5,40; 5,40; 5,38.

Calcule o valor médio do potencial e o desvio padrão.

*O valor médio do potencial é,*

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i = 5,41 \text{ V},$$

*e o desvio padrão,*

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2} = 0,0179 \approx 0,018 \text{ V}.$$

13. (a) Calcule a área e o volume de uma esfera de raio  $r = 1 \text{ cm}$ . (b) Calcule a área e o volume de uma esfera de raio  $r = 2 \text{ cm}$ . (c) Compare os resultados anteriores.

*Para a esfera de raio 1 cm temos,*

$$A = 4\pi r^2 = 12,57 \text{ cm}^2, \quad V = \frac{4\pi}{3} r^3 = 4,19 \text{ cm}^3.$$

*Para a esfera de raio 2 cm,*

$$A = 4\pi r^2 = 50,27 \text{ cm}^2, \quad V = \frac{4\pi}{3} r^3 = 33,51 \text{ cm}^3.$$

Como o raio é multiplicado por dois, a área é multiplicada por  $2^2 = 4$  e o volume por  $2^3 = 8$ .

14. Considere um cubo de aresta 1 cm. (a) Se o volume aumenta 60%, quanto aumenta a área? (b) Quanto aumenta a aresta? (c) Quanto vale o fator de escala?

O novo volume é

$$V' = (1,6)V,$$

logo,

$$l'^3 = (1,6)l^3,$$

$$l' = (1,6)^{1/3}l = (1,17)l.$$

O fator de escala é  $L=1,17$ . A nova área é

$$A' = L^2A = (1,37)A.$$

A área aumenta 37%.

15. Em um cubo de aresta  $l$  todas as arestas são aumentadas em 10%. (a) Quanto aumenta o volume? (b) Quanto aumenta a área?

Se as arestas aumentam 10%, a nova aresta  $l'$  é

$$l' = (1,1)l,$$

e o novo volume é

$$V' = l'^3 = (1,33)V.$$

A nova área é

$$A' = l'^2 = (1,21)A.$$

A área aumenta 21% e o volume 33%. O fator de escala é  $L=1,1$ .

16. Considere duas grandezas  $d$  e  $h$ , relacionadas por

$$\frac{d}{h^n} = 7.$$

(a) Calcule  $n$  se  $d = 89$  cm e  $h = 45$  cm. (b) Calcule  $h$  para  $d = 125$  cm, utilizando o valor de  $n$  calculado em (a).

(a) Precisamos isolar  $n$  da equação acima,

$$\begin{aligned}d &= 7h^n, \\ \frac{d}{7} &= h^n, \\ \log(d/7) &= n \log h, \\ n &= \frac{\log(d/7)}{\log h},\end{aligned}$$

em que usamos a propriedade dos logaritmos,

$$\log x^n = n \log x.$$

Substituindo  $d = 89$  cm e  $h = 45$  cm vem

$$n = \frac{\log(d/7)}{\log h} = \frac{\log(89/7)}{\log 45} \cong 0,67.$$

(b) Precisamos agora de uma expressão para  $h$ . Como

$$h^n = \frac{d}{7},$$

vem

$$h = \left(\frac{d}{7}\right)^{1/n}.$$

Substituindo  $d=125$  cm,

$$h = \left(\frac{125}{7}\right)^{1/0,67} = 74,8\text{cm}.$$