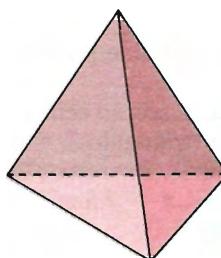


Pirâmide regular hexagonal



Tetraedro regular

176. Tetraedro

Tetraedro é uma pirâmide triangular.

Tetraedro regular é um tetraedro que tem as seis arestas congruentes entre si.

177. Nota

É comum encontrarmos referências a *pirâmide reta* para diferenciar de *pirâmide oblíqua*. Deve-se, então, entender que a *pirâmide reta* é aquela cuja projeção ortogonal do vértice sobre o plano da base é o centro da base. Caso a base seja um polígono circunscritível, isto é, admita uma circunferência inscrita, o centro dessa circunferência (incentro do polígono), em geral, é adotado como o *centro da base*.

EXERCÍCIOS

377. Ache a natureza de uma pirâmide, sabendo que a soma dos ângulos das faces é 20 retos.
378. Ache a natureza de uma pirâmide, sabendo que a soma dos ângulos das faces é 56 retos.
379. Calcule o número de diagonais da base de uma pirâmide, sabendo que a soma dos ângulos internos de todas as suas faces é igual a 32 retos.

- 380.** Determine a soma dos ângulos internos da base de uma pirâmide, sendo 24 retos a soma dos ângulos internos de todas as faces dessa pirâmide.
- 381.** Prove que a soma dos ângulos de todas as faces de uma pirâmide de n faces laterais vale $S = (n - 1) \cdot 4r$.

Solução

A soma dos ângulos (S) de todas as faces é a soma dos ângulos da base, que é $(n - 2) \cdot 2r$, com a soma dos ângulos das faces laterais, que é $n \cdot 2r$:

$$S = (n - 2) \cdot 2r + n \cdot 2r = 2 \cdot n \cdot 2r - 4r = (n - 1) \cdot 4r.$$

- 382.** Calcule a soma dos ângulos das faces de uma pirâmide cuja base é um polígono convexo de n lados.
- 383.** Ache a natureza de uma pirâmide que possui:

- a) 6 faces b) 8 faces c) 12 arestas d) 20 arestas

III. Volume da pirâmide

178. Secção paralela à base de um tetraedro

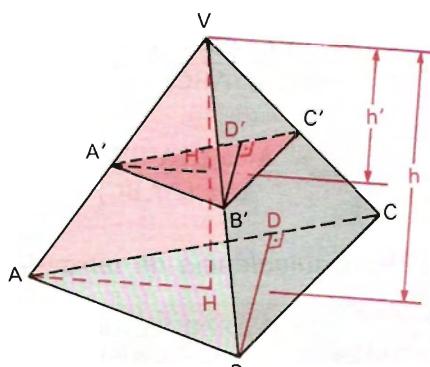
Quando se secciona uma pirâmide triangular (*tetraedro*) por um plano paralelo à base:

1º)

As arestas laterais e a altura ficam divididas na mesma razão.

De fato, as retas $\overleftrightarrow{A'H'}$ e \overleftrightarrow{AH} são paralelas, pois são intersecções de planos paralelos por um terceiro; logo, os triângulos $VH'A'$ e VHA são semelhantes e portanto:

$$\frac{VA'}{VA} = \frac{VH'}{VH} = \frac{h'}{h}$$



2º)

A secção e a base são triângulos semelhantes.

De fato, os ângulos da secção ($\triangle A'B'C'$) e os ângulos da base ($\triangle ABC$), por terem lados respectivamente paralelos, são congruentes. Donde se conclui que a secção $A'B'C'$ e a base ABC são triângulos semelhantes.

A razão de semelhanças é $\frac{h'}{h}$, como segue:

$$\begin{aligned}\triangle VA'B' \sim \triangle VAB &\Rightarrow \frac{VA'}{VA} = \frac{A'B'}{AB} \Rightarrow \frac{A'B'}{AB} = \frac{h'}{h} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{A'B'}{AB} = \frac{A'C'}{AC} = \frac{B'C'}{BC} = \frac{h'}{h}\end{aligned}$$

Portanto, os triângulos $A'B'C'$ e ABC são semelhantes, sendo $\frac{h'}{h}$ a razão de semelhança.

3º)

A razão entre as áreas da secção e da base é igual ao quadrado da razão de suas distâncias ao vértice.

De fato, sendo $B'D'$ e BD duas respectivas alturas da secção e da base, vale:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{B'D'}{BD} \Rightarrow \frac{B'D'}{BD} = \frac{h'}{h}.$$

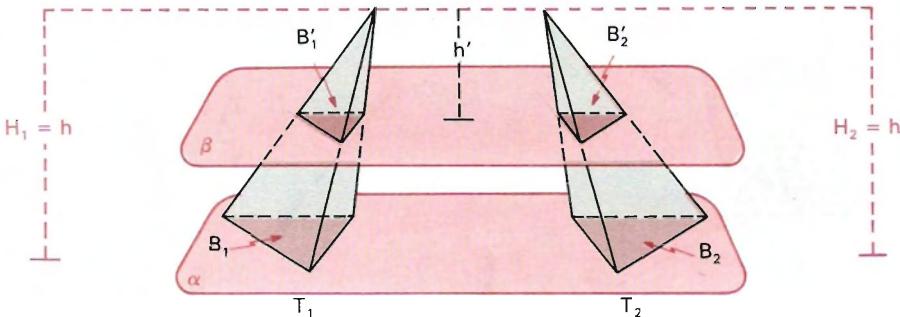
$$\begin{aligned}\text{Logo, } \frac{\text{Área } (\triangle A'B'C')}{\text{Área } (\triangle ABC)} &= \frac{\frac{1}{2} (A'C') \cdot (B'D')}{\frac{1}{2} (AC) \cdot (BD)} = \frac{A'C'}{AC} \cdot \frac{B'D'}{BD} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{\text{Área } (\triangle A'B'C')}{\text{Área } (\triangle ABC)} = \frac{h'}{h} \cdot \frac{h'}{h} = \left(\frac{h'}{h}\right)^2\end{aligned}$$

179. Equivalência de tetraedros

Duas pirâmides triangulares (tetraedros) de bases de áreas iguais (bases equivalentes) e alturas congruentes têm volumes iguais (são equivalentes).

Sendo T_1 e T_2 os dois tetraedros, B_1 e B_2 as áreas das bases e H_1 e H_2 as alturas, temos, por hipótese:

$$B_1 = B_2 \text{ e } H_1 = H_2 = h.$$



Demonstração

Podemos supor, sem perda de generalidade, que as bases equivalentes estão num plano α e que os vértices estão num mesmo semi-espaco dos determinados por α .

Considerando qualquer plano secante β , paralelo a α , distando h' dos vértices e determinando em T_1 e T_2 secções de áreas B'_1 e B'_2 , temos:

$$\left[\frac{B'_1}{B_1} = \left(\frac{h'}{h} \right)^2 \quad \frac{B'_2}{B_2} = \left(\frac{h'}{h} \right)^2 \right] \Rightarrow \frac{B'_1}{B_1} = \frac{B'_2}{B_2}.$$

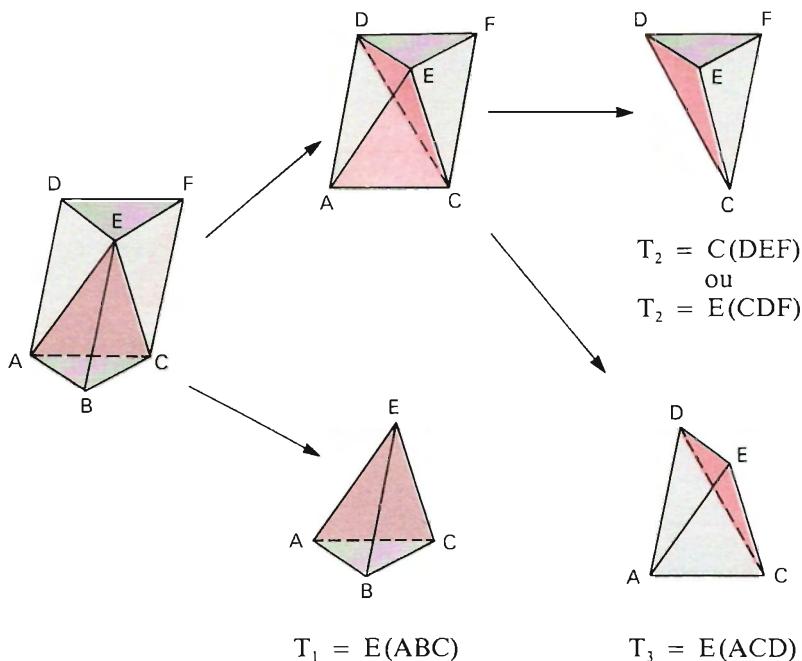
Como $B_1 = B_2$, da igualdade acima vem $B'_1 = B'_2$.

Se as secções têm áreas iguais ($B'_1 = B'_2$), pelo princípio de Cavalieri os sólidos T_1 e T_2 têm volumes iguais (são equivalentes), isto é, $V_{T_1} = V_{T_2}$.

180. Decomposição de um prisma triangular

Todo prisma triangular é soma de três pirâmides triangulares (tetraedros) equivalentes entre si (de volumes iguais).

Seja o prisma triangular $ABCDEF$.



Cortando esse prisma pelo plano (A, C, E) , obtemos o tetraedro $T_1 = E(ABC)$ e a pirâmide quadrangular $E(ACFD)$.

Cortando a pirâmide $E(ACFD)$ pelo plano (C, D, E) , obtemos o tetraedro $T_2 = C(DEF)$ [ou $T_2 = E(CDF)$] e $T_3 = E(ACD)$.

Temos, então:

$$\text{Prisma } ABCDEF = T_1 + T_2 + T_3 \implies V_{\text{prisma}} = V_{T_1} + V_{T_2} + V_{T_3}.$$

As pirâmides $T_1 = E(ABC)$ e $T_2 = C(DEF)$ têm o mesmo volume, pois possuem as bases (ABC e DEF) congruentes e a mesma altura (a do prisma). Então, $V_{T_1} = V_{T_2}$. (1)

As pirâmides $T_2 = E(CDF)$ e $T_3 = E(ACD)$ têm o mesmo volume, pois têm as bases (CDF e ACD) congruentes (note que CD é diagonal do paralelogramo $ACFD$) e mesma altura (distância de E ao plano $ACFD$). Então, $V_{T_2} = V_{T_3}$. (2)

De (1) e (2) vem: $V_{T_1} = V_{T_2} = V_{T_3}$.

181. Volume do tetraedro

Seja B a área da base e h a medida da altura do prisma do item anterior. Notemos que B é a área da base e h é a medida da altura do tetraedro T_1 .

Em vista do teorema anterior e fazendo $V_{T_1} = V_{T_2} = V_{T_3} = V_T$:

$$V_{T_1} + V_{T_2} + V_{T_3} = V_{\text{prisma}} \implies 3V_T = B \cdot h \implies V_T = \frac{1}{3} B \cdot h$$

182. Volume de uma pirâmide qualquer

Seja B a área da base e h a medida da altura de uma pirâmide qualquer. Esta pirâmide é soma de $(n - 2)$ tetraedros.

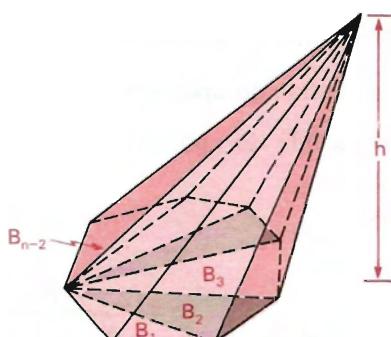
$$V = V_{T_1} + V_{T_2} + \dots + V_{T_{n-2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \frac{1}{3} B_1 h + \frac{1}{3} B_2 h + \dots +$$

$$+ \frac{1}{3} B_{n-2} h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \frac{1}{3} (B_1 + B_2 + \dots + B_{n-2}) h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \frac{1}{3} B \cdot h$$



183. Conclusão

O volume de uma pirâmide é um terço do produto da área da base pela medida da altura.

IV. Área lateral e área total da pirâmide

184.

A área lateral de uma pirâmide é a soma das áreas das faces laterais.

$A_l = \text{soma das áreas dos triângulos que são faces laterais.}$

185.

A área total de uma pirâmide é a soma das áreas das faces laterais com a área da base.

$A_t = A_l + B$ em que $B = \text{área da base.}$

186. Pirâmide regular

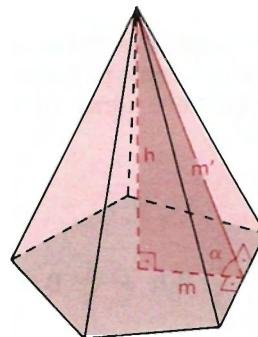
Numa pirâmide regular, sendo:

$2p = \text{medida do perímetro da base}$

$m = \text{medida do apótema da base}$

$m' = \text{medida do apótema da pirâmide,}$

temos:



$$\text{Área lateral: } A_l = nA_{\Delta} = n \cdot \frac{1}{2} \ell m' \Rightarrow A_l = pm'$$

$$\text{Área total: } A_t = A_l + B \Rightarrow A_t = pm' + pm \Rightarrow A_t = p(m + m')$$

$$\text{Volume: } V = \frac{1}{3} B \cdot h \Rightarrow V = \frac{1}{3} pm \cdot h$$

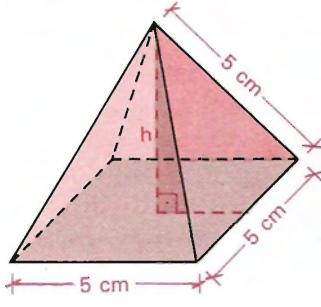
$$\text{Relação: } m'^2 = h^2 + m^2.$$

O ângulo α entre o apótema da base m e o apótema da pirâmide m' é o ângulo que a face lateral forma com a base.

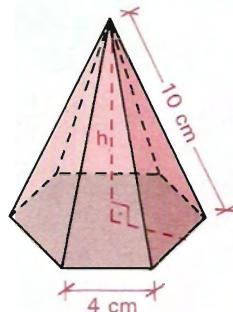
EXERCÍCIOS

- 384.** Calcule a área lateral, a área total e o volume das pirâmides regulares, cujas medidas estão indicadas nas figuras abaixo.

a)



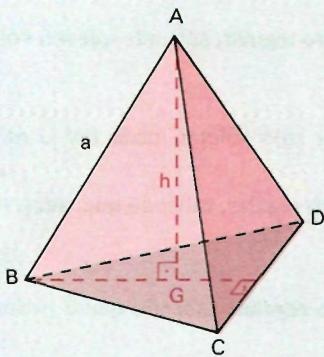
b)



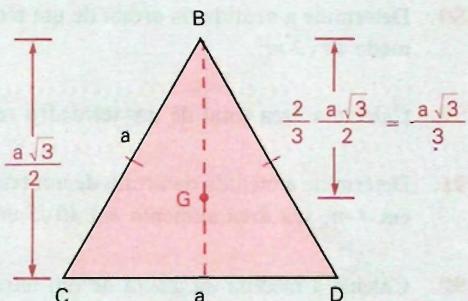
- 385.** De um tetraedro regular de aresta a , calcule:

- a área total (A_t)
- a medida h da altura
- o seu volume (V)

Solução



Tetraedro



Face (base)

a) Área total: $A_t = 4 \cdot B \Rightarrow A_t = 4 \left(\frac{1}{2} \cdot a \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} \right) \Rightarrow A_t = a^2\sqrt{3}$

b) Cálculo da altura:

$$\triangle AGB \Rightarrow h^2 = a^2 - (BG)^2 \Rightarrow h^2 = a^2 - \left(\frac{a\sqrt{3}}{3} \right)^2 \Rightarrow h^2 = \frac{6a^2}{9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{a\sqrt{6}}{3} \quad \text{ou ainda } h = \frac{a\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}}{3}$$

c) Volume: $V = \frac{1}{3} B \cdot h$ em que $B = \frac{a^2\sqrt{3}}{4}$ e $h = \frac{a\sqrt{6}}{3}$, então

$$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{a^2 \cdot \sqrt{3}}{4} \cdot \frac{a\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}}{3} \Rightarrow V = \frac{a^3\sqrt{2}}{12}$$

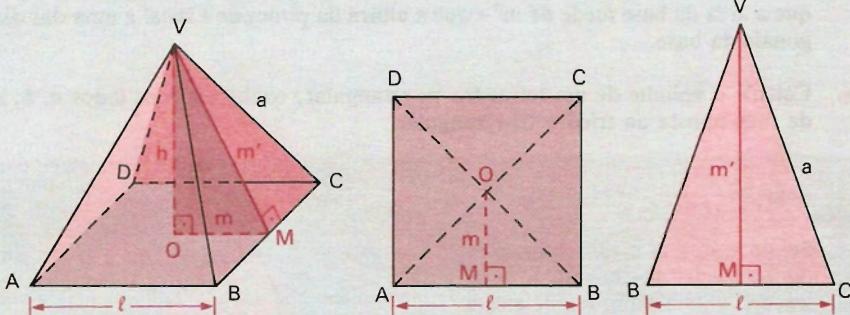
Resposta: $A_t = a^2\sqrt{3}$, $h = \frac{a\sqrt{6}}{3}$ e $V = \frac{a^3\sqrt{2}}{12}$.

- 386.** Sabendo que a aresta de um tetraedro regular mede 3 cm , calcule a medida de sua altura, sua área total e seu volume.
- 387.** Determine a medida da aresta de um tetraedro regular, sabendo que sua superfície total mede $9\sqrt{3}\text{ cm}^2$.
- 388.** Calcule a altura e o volume de um tetraedro regular de área total $12\sqrt{3}\text{ cm}^2$.
- 389.** Determine a medida da aresta de um tetraedro regular, sabendo que seu volume mede $18\sqrt{2}\text{ m}^3$.
- 390.** Calcule a área total de um tetraedro regular cujo volume mede $144\sqrt{2}\text{ m}^3$.
- 391.** Determine a medida da aresta de um tetraedro regular, sabendo que, aumentada em 4 m , sua área aumenta em $40\sqrt{3}\text{ m}^2$.
- 392.** Calcule a medida da altura de um tetraedro regular, sabendo que o perímetro da base mede 9 cm .
- 393.** Calcule a aresta da base de uma pirâmide regular, sabendo que o apótema da pirâmide mede 6 cm e a aresta lateral 10 cm .

- 394.** De uma pirâmide regular de base quadrada sabe-se que a área da base é 32 dm^2 e que o apótema da pirâmide mede 6 dm . Calcule:

- a) a aresta da base (ℓ);
 b) o apótema da base (m);
 c) a altura da pirâmide (h);
 d) a aresta lateral (a);
 e) a área lateral (A_l);
 f) a área total (A_t).

Solução



a) aresta da base

$$\ell^2 = B \implies \ell^2 = 32 \implies \ell = \sqrt{32} \implies \ell = 4\sqrt{2} \text{ dm}$$

b) apótema da base

$$m = \frac{\ell}{2} \implies m = \frac{4\sqrt{2}}{2} \implies m = 2\sqrt{2} \text{ dm}$$

c) altura da pirâmide

$$\triangle VOM: h^2 = m'^2 - m^2 \implies h^2 = 6^2 - (2\sqrt{2})^2 \implies h = 2\sqrt{7} \text{ dm}$$

d) aresta lateral

$$\triangle VMC: a^2 = (m')^2 + \left(\frac{\ell}{2}\right)^2 \implies a^2 = 6^2 + \left(\frac{4\sqrt{2}}{2}\right)^2 \implies a = 2\sqrt{11} \text{ dm}$$

e) área lateral

$$A_l = 4 \cdot \frac{1}{2} \ell \cdot m' \implies A_l = 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4\sqrt{2} \cdot 6 \implies A_l = 48\sqrt{2} \text{ dm}^2$$

f) área total

$$A_t = A_l + B \implies A_t = 48\sqrt{2} + 32 \implies A_t = 16(3\sqrt{2} + 2) \text{ dm}^2$$

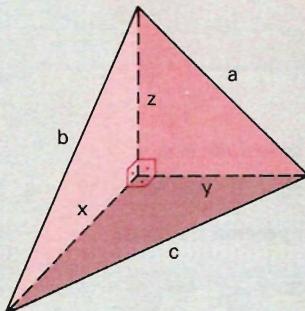
- 395.** A base de uma pirâmide de 6 cm de altura é um quadrado de 8 cm de perímetro. Calcule o volume.

- 396.** Calcule a área lateral e a área total de uma pirâmide triangular regular cuja aresta lateral mede 82 cm e cuja aresta da base mede 36 cm .
- 397.** Calcule a área lateral e a área total de uma pirâmide quadrangular regular, sendo 7 m a medida do seu apótema e 8 m o perímetro da base.
- 398.** Determine a área lateral e a área total de uma pirâmide triangular regular de 7 cm de apótema, sendo 2 cm o raio do círculo circunscrito à base.
- 399.** Calcule a medida da área lateral de uma pirâmide quadrangular regular, sabendo que a área da base mede 64 m^2 e que a altura da pirâmide é igual a uma das diagonais da base.
- 400.** Calcule o volume de um tetraedro tri-retangular, conhecendo os lados a, b, c , da face oposta ao triedro tri-retangular.

Solução

Sejam x, y e z as medidas das arestas do triedro tri-retangular. O tetraedro é uma pirâmide de altura z e base um triângulo retângulo de catetos x e y .

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{3} B \cdot h \Rightarrow V = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{1}{2} xy \right) \cdot z \Rightarrow \\ &\Rightarrow V = \frac{1}{6} xyz \quad (\text{a}) \end{aligned}$$



Cálculo de x, y e z :

$$x^2 + y^2 = c^2 \quad (1) \qquad x^2 + z^2 = b^2 \quad (2) \qquad y^2 + z^2 = a^2 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} (1) + (2) + (3) &\Rightarrow 2x^2 + 2y^2 + 2z^2 = a^2 + b^2 + c^2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow x^2 + y^2 + z^2 = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{2} \quad (4) \end{aligned}$$

$$(4) - (1) \qquad \Rightarrow z^2 = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2} \qquad \Rightarrow z = \sqrt{\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2}}$$

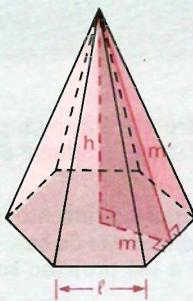
$$(4) - (2) \qquad \Rightarrow y^2 = \frac{a^2 - b^2 + c^2}{2} \qquad \Rightarrow y = \sqrt{\frac{a^2 - b^2 + c^2}{2}}$$

$$(4) - (1) \qquad \Rightarrow x^2 = \frac{-a^2 + b^2 + c^2}{2} \qquad \Rightarrow x = \sqrt{\frac{-a^2 + b^2 + c^2}{2}}$$

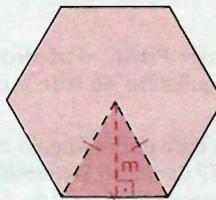
Substituindo em (a), vem:

$$V = \frac{1}{24} \sqrt{2(-a^2 + b^2 + c^2)(a^2 - b^2 + c^2)(a^2 + b^2 - c^2)}$$

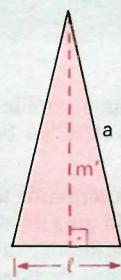
- 401.** Numa pirâmide triangular $PABC$, o triedro de vértice P é tri-retângulo. O triângulo ABC da base é equilátero de lado 4 cm . Calcule o volume da pirâmide.
- 402.** Uma pirâmide tem por base um retângulo cuja soma das dimensões vale 34 cm , sendo uma delas os $\frac{5}{12}$ da outra. Determine as dimensões da base e a área total da pirâmide, sabendo que a altura mede 5 cm e a sua projeção sobre a base é o ponto de interseção das diagonais da base.
- 403.** Uma pirâmide tem por base um retângulo cujas dimensões medem 10 cm e 24 cm , respectivamente. As arestas laterais são iguais à diagonal da base. Calcule a área total da pirâmide.
- 404.** Calcule a área da base de uma pirâmide quadrangular regular cujas faces laterais são triângulos equiláteros, sendo $81\sqrt{3}\text{ cm}^2$ a soma das áreas desses triângulos.
- 405.** Calcule a área lateral de uma pirâmide quadrangular regular, sabendo que uma diagonal da base mede $3\sqrt{2}\text{ cm}$ e que o apótema da pirâmide mede 5 cm .
- 406.** Determine a área lateral de uma pirâmide quadrangular regular, sendo 144 cm^2 a área da base da pirâmide e 10 cm a medida da aresta lateral.
- 407.** Determine a área da base, a área lateral e a área total de uma pirâmide triangular regular, sabendo que a altura e a aresta da base medem 10 cm cada uma.
- 408.** Calcule a área lateral de uma pirâmide quadrangular regular, sabendo que a diagonal da base da pirâmide mede $8\sqrt{2}\text{ cm}$ e a aresta lateral é igual à diagonal da base.
- 409.** Sendo 192 m^2 a área total de uma pirâmide quadrangular regular e $3\sqrt{2}\text{ m}$ o raio do círculo inscrito na base, calcule a altura da pirâmide.
- 410.** Uma pirâmide regular hexagonal de 12 cm de altura tem aresta da base medindo $\frac{10\sqrt{3}}{3}\text{ cm}$. Calcule:
apótema da base (m), apótema da pirâmide (m'), aresta lateral (a), área da base (B), área lateral (A_l), área total (A_t) e o volume (V).

Solução

Pirâmide



Base



Face lateral

$$\text{Apótema da base: } m = \frac{l\sqrt{3}}{2} \Rightarrow m = \frac{10\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow m = 5 \text{ cm.}$$

$$\text{Apótema da pirâmide: } (m')^2 = h^2 + m^2 \Rightarrow (m')^2 = 12^2 + 5^2 \Rightarrow m' = 13 \text{ cm.}$$

$$\text{Aresta lateral: } a^2 = (m')^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2 \Rightarrow a^2 = 13^2 + \left(\frac{5\sqrt{3}}{3}\right)^2 \Rightarrow a = \frac{2}{3}\sqrt{399} \text{ cm.}$$

$$\text{Área da base: } B = 6 \cdot \frac{1}{2} lm \Rightarrow B = 6 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{10\sqrt{3}}{3} \cdot 5 \Rightarrow B = 50\sqrt{3} \text{ cm}^2.$$

$$\text{Área lateral: } A_l = 6 \cdot \frac{1}{2} lm' \Rightarrow A_l = 6 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{10\sqrt{3}}{3} \cdot 13 \Rightarrow A_l = 130\sqrt{3} \text{ cm}^2.$$

$$\text{Área total: } A_t = A_l + B = 130\sqrt{3} + 50\sqrt{3} \Rightarrow A_t = 180\sqrt{3} \text{ cm}^2.$$

$$\text{Volume: } V = \frac{1}{3} B \cdot h \Rightarrow V = \frac{1}{3} \cdot 50\sqrt{3} \cdot 12 \Rightarrow V = 200\sqrt{3} \text{ cm}^3.$$

- 411.** Calcule a área lateral e a área total de uma pirâmide regular hexagonal cujo apótema mede 4 cm e a aresta da base mede 2 cm.

- 412.** Calcule a aresta lateral de uma pirâmide regular, sabendo que sua base é um hexágono de 6 cm de lado, sendo 10 cm a altura da pirâmide.
- 413.** A base de uma pirâmide regular é um hexágono inscrito em um círculo de 12 cm de diâmetro. Calcule a altura da pirâmide, sabendo que a área da base é a décima parte da área lateral.
- 414.** Calcule a área lateral e a área total de uma pirâmide regular hexagonal, sendo 3 cm sua altura e 10 cm a medida da aresta da base.
- 415.** Calcule a área lateral e a área total de uma pirâmide regular hexagonal cujo apótema mede 20 cm , sendo 6 cm a medida do raio da base.
- 416.** Uma pirâmide regular de base quadrada tem o lado da base medindo 8 cm e a área lateral igual a $\frac{3}{5}$ da área total. Calcule a altura e a área lateral dessa pirâmide.
- 417.** A aresta lateral de uma pirâmide quadrangular regular mede 15 cm e a aresta da base 10 cm . Calcule o volume.
- 418.** Calcule o volume de uma pirâmide de 12 cm de altura, sendo a base um losango cujas diagonais medem 6 cm e 10 cm .
- 419.** Se a altura de uma pirâmide regular hexagonal tem medida igual à aresta da base, calcule o seu volume, sendo a a aresta da base.
- 420.** Determine a razão entre os volumes de uma pirâmide hexagonal regular cuja aresta da base mede a , sendo a a medida de sua altura, e uma pirâmide cuja base é um triângulo equilátero de lado a e altura a .
- 421.** Calcule a razão entre os volumes de duas pirâmides, P_1 e P_2 , sabendo que os vértices são os mesmos e que a base de P_2 é um quadrado obtido ligando-se os pontos médios da base quadrada de P_1 .
- 422.** A área da base de uma pirâmide regular hexagonal é igual a $216\sqrt{3}\text{ m}^2$. Determine o volume da pirâmide, sabendo que sua altura mede 16 m .
- 423.** Determine o volume de uma pirâmide triangular regular, sendo 2 m a medida da aresta da base e 3 m a medida de suas arestas laterais.
- 424.** O volume de uma pirâmide triangular regular é $64\sqrt{3}\text{ cm}^3$. Determine a medida da aresta lateral, sabendo que a altura é igual ao semiperímetro da base.

- 425.** Uma pirâmide triangular tem para base um triângulo de lados 13, 14 e 15; as outras arestas medem $\frac{425}{8}$. Calcule o volume.

Solução

As arestas laterais sendo congruentes, a projeção ortogonal do vértice sobre o plano da base é o circuncentro O (centro da circunferência circunscrita) do triângulo ABC . A altura é VO .

$$V = \frac{1}{3} B \cdot h \quad (1)$$

Tomando o α como unidade, vem:

Área da base:

$$\left. \begin{array}{l} B = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \\ a = 13, b = 14, c = 15 \end{array} \right\} \Rightarrow B = \sqrt{21 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6} \Rightarrow B = 84$$

Altura:

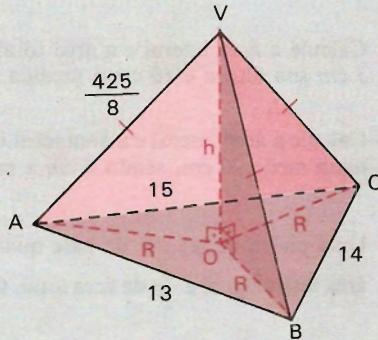
$$R = \frac{abc}{4S} \Rightarrow R = \frac{13 \cdot 14 \cdot 15}{4 \cdot 84} \Rightarrow R = \frac{65}{8}$$

$$\triangle VOA \Rightarrow h^2 = \left(\frac{425}{8}\right)^2 - \left(\frac{65}{8}\right)^2 \Rightarrow h = \frac{105}{2}$$

Substituindo em (1), vem:

$$V = \frac{1}{3} \cdot 84 \cdot \frac{105}{2} \Rightarrow V = 1470$$

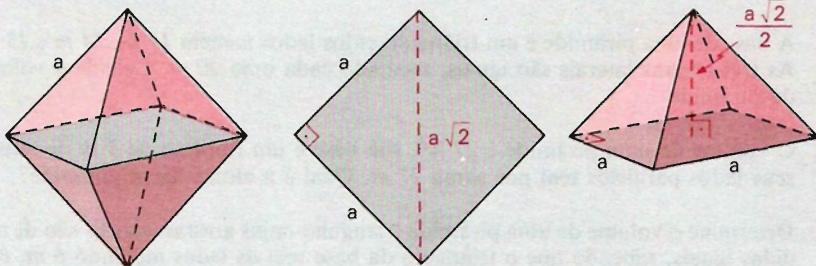
Resposta: 1470.



- 426.** Calcule o volume de uma pirâmide triangular regular, sabendo que o apótema da base mede 4 cm e o apótema da pirâmide 5 cm.
- 427.** Uma pirâmide triangular regular tem as medidas da altura e da aresta da base iguais a 6 cm. Calcule a área da base, a área lateral, a área total e o volume dessa pirâmide.

- 428.** Calcule a área total e o volume de um octaedro regular de aresta a .

Solução



Área:

A área de uma face (S) é a área de um triângulo equilátero de lado a ; portanto, $S = \frac{a^2\sqrt{3}}{4}$.

A superfície total é a reunião de 8 faces; então:

$$A_t = 8 \cdot S \implies A_t = 8 \cdot \frac{a^2\sqrt{3}}{4} \implies A_t = 2a^2\sqrt{3}.$$

Volume:

O octaedro regular é a reunião de 2 pirâmides de base quadrada de lado a e de altura igual à metade da diagonal do quadrado; então:

$$V = 2 \left(\frac{1}{3} B \cdot h \right) \implies V = 2 \left(\frac{1}{3} \cdot a^2 \cdot \frac{a\sqrt{2}}{2} \right) \implies V = \frac{a^3\sqrt{2}}{3}$$

- 429.** Calcule a área total e o volume de um octaedro regular de 2 cm de aresta.

- 430.** Calcule o volume da pirâmide quadrangular regular, sabendo que sua base é circunscrita a um círculo de 6 cm de raio e que a aresta lateral mede 12 cm.

- 431.** Uma pirâmide regular de base quadrada tem lado da base medindo 6 cm e área lateral igual a $5/8$ da área total. Calcule a altura, a área lateral e o volume dessa pirâmide.

- 432.** Calcule o volume de uma pirâmide hexagonal regular, sendo 24 cm o perímetro da base e 30 cm a soma dos comprimentos de todas as arestas laterais.

- 433.** Calcule o volume de uma pirâmide regular hexagonal, sendo 6 cm a medida da aresta da base e 10 cm a medida da aresta lateral.

- 434.** O volume de uma pirâmide regular hexagonal é $60\sqrt{3} \text{ m}^3$, sendo 4 m o lado do hexágono. Calcule a aresta lateral e a altura da pirâmide.
- 435.** A aresta da base de uma pirâmide regular hexagonal mede 3 m . Calcule a altura e o volume dessa pirâmide, sendo a superfície lateral 10 vezes a área da base.
- 436.** A base de uma pirâmide é um triângulo cujos lados medem 13 m , 14 m e 15 m . As três arestas laterais são iguais, medindo cada uma 20 m . Calcule o volume da pirâmide.
- 437.** O volume de uma pirâmide é 27 m^3 , sua base é um trapézio de 3 m de altura, seus lados paralelos têm por soma 17 m . Qual é a altura dessa pirâmide?
- 438.** Determine o volume de uma pirâmide triangular cujas arestas laterais são de medidas iguais, sabendo que o triângulo da base tem os lados medindo 6 m , 8 m e 10 m e que sua maior face lateral é um triângulo equilátero.
- 439.** A área lateral de uma pirâmide triangular regular é o quádruplo da área da base. Calcule o volume, sabendo que a aresta da base mede 3 cm .
- 440.** Calcule as áreas lateral e total de uma pirâmide triangular regular, sabendo que sua altura mede 12 cm e que o perímetro da base mede 12 cm .
- 441.** Determine a altura de uma pirâmide triangular regular, sabendo que a área total é $36\sqrt{3} \text{ cm}^2$ e o raio do círculo inscrito na base mede 2 cm .
- 442.** Calcule a medida do diedro formado pelas faces laterais com a base de uma pirâmide regular, sabendo que o apótema da pirâmide mede o dobro do apótema da base.
- 443.** Determine a medida da altura e da aresta lateral de uma pirâmide que tem por base um triângulo equilátero de lado 16 cm , sabendo que as faces laterais formam com o plano da base ângulos de 60° .

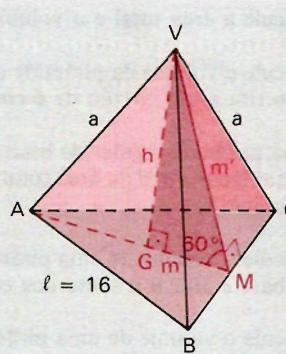
Solução

O apótema da base m é dado por

$$m = \frac{1}{3} \cdot \frac{\ell\sqrt{3}}{2} = \frac{\ell\sqrt{3}}{6}$$

em que $\ell = 16$. Portanto,

$$m = \frac{16\sqrt{3}}{6} = \frac{8\sqrt{3}}{3}.$$



Cálculo da altura h :

No triângulo VGM , temos:

$$\operatorname{tg} 60^\circ = \frac{h}{m} \Rightarrow h = m\sqrt{3} \Rightarrow h = \frac{8\sqrt{3}}{3} \cdot \sqrt{3} = 8.$$

Cálculo da aresta lateral a :

1º modo:

O apótema m' da pirâmide é dado por:

$$(m')^2 = h^2 + m^2 \Rightarrow (m')^2 = 8^2 + \left(\frac{8\sqrt{3}}{3}\right)^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow (m')^2 = 64 + \frac{192}{9} = \frac{768}{9}.$$

No $\triangle VMC$, vem:

$$a^2 = (m')^2 + \left(\frac{\ell}{2}\right)^2 \Rightarrow a^2 = \frac{768}{9} + 8^2 \Rightarrow a^2 = \frac{768}{9} + 64 \Rightarrow \\ \Rightarrow a = \sqrt{\frac{1344}{9}} \Rightarrow a = \frac{8\sqrt{21}}{3}$$

2º modo:

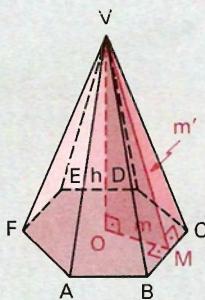
No $\triangle VGA$, temos:

$$a^2 = h^2 + (AG)^2 \Rightarrow a^2 = 8^2 + \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{16\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \frac{8^2 \cdot 21}{9} \Rightarrow a = \frac{8\sqrt{21}}{3}.$$

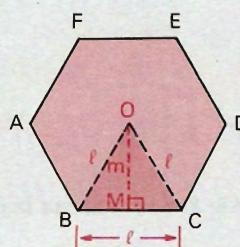
Resposta: A altura mede 8 cm e a aresta lateral $\frac{8\sqrt{21}}{3}\text{ cm}$.

- 444.** Uma pirâmide tem por base um triângulo equilátero de lado a . As faces laterais formam com o plano da base diedros de 60° . Calcule a altura, o comprimento das arestas e o volume da pirâmide.
- 445.** Uma pirâmide tem por base um hexágono regular de lado a , e cada aresta lateral da pirâmide mede $2a$.
- Qual o ângulo que cada aresta lateral forma com o plano da base?
 - Calcule, em função de a , a área lateral, a área total e o volume da pirâmide.
- 446.** Uma pirâmide quadrangular regular tem 4 cm de aresta da base e $2\sqrt{5}\text{ cm}$ de aresta lateral. Calcule o ângulo que a face lateral forma com a base.

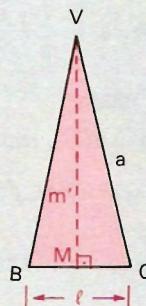
- 447.** As faces laterais de uma pirâmide quadrangular regular de 6 m de aresta da base formam 60° com o plano da base. Calcule o volume V e a área total dessa pirâmide.
- 448.** Duas arestas opostas de uma pirâmide quadrangular regular medem 2 m e formam, no interior do sólido, um ângulo de 120° . Calcule o volume da pirâmide.
- 449.** Determine o volume de uma pirâmide cuja aresta lateral forma um ângulo de 60° com a diagonal do retângulo da base, sendo 28 m o perímetro desse retângulo e $3/4$ a razão entre suas dimensões.
- 450.** A base de uma pirâmide é um losango de lado 15 dm. A face lateral forma com a base um ângulo de 45° . A maior diagonal da base mede 24 dm. Determine o volume da pirâmide.
- 451.** Calcule o volume de uma pirâmide triangular cuja base tem os lados medindo 12 cm, 15 cm e 9 cm, a aresta lateral 12,5 cm e sabendo que a projeção do vértice da pirâmide coincide com o circuncentro da base.
- 452.** Calcule a aresta da base de uma pirâmide regular hexagonal, sendo $30\sqrt{3} \text{ cm}^2$ a área lateral e $2\sqrt{7} \text{ cm}$ a medida da aresta lateral.

Solução

Pirâmide



Base



Face

$$A_f = 30\sqrt{3} \Rightarrow 6 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \ell m' \right) = 30\sqrt{3} \Rightarrow \ell m' = 10\sqrt{3} \Rightarrow m' = \frac{10\sqrt{3}}{\ell}$$

$$\triangle VMC: (m')^2 + \left(\frac{\ell}{2} \right)^2 = a^2 \Rightarrow (m')^2 + \frac{\ell^2}{4} = (2\sqrt{7})^2 \Rightarrow 4(m')^2 + \ell^2 = 112$$

$$4 \left(\frac{10\sqrt{3}}{\ell} \right)^2 + \ell^2 = 112 \Rightarrow \frac{1200}{\ell^2} + \ell^2 = 112 \Rightarrow \ell^4 - 112\ell^2 + 1200 = 0$$

Resolvendo a equação acima, obtemos: $\ell = 2\sqrt{3}$ ou $\ell = 10$.

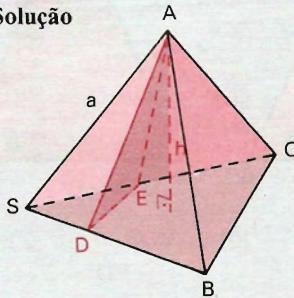
A solução $\ell = 10$ não convém pois, sendo $\ell = 10$, o apótema $m' = \frac{10\sqrt{3}}{\ell}$

resulta $m' = \sqrt{3}$ e o apótema da base $m = \frac{\ell\sqrt{3}}{2}$ resulta $m = 5\sqrt{3}$ e, com isso, teremos a hipotenusa m' menor que o cateto m .

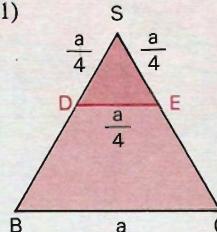
Resposta: A aresta da base mede $2\sqrt{3} \text{ cm}$.

- 453.** Calcule o volume de uma pirâmide triangular regular, sendo 20 cm a medida de sua aresta lateral e $36\sqrt{3} \text{ cm}$ o perímetro do triângulo da base.
- 454.** Consideremos uma pirâmide de base quadrada, em que uma aresta lateral é perpendicular ao plano da base. A maior das arestas laterais mede 6 cm e forma um ângulo de 45° com a base. Calcule a área da base e o volume da pirâmide.
- 455.** A água da chuva é recolhida em um pluviômetro em forma de pirâmide quadrangular regular. Sabendo que a água alcança uma altura de 9 cm e forma uma pequena pirâmide de 15 cm de aresta lateral e que essa água é vertida em um cubo de 10 cm de aresta, responda: que altura alcançará a água no cubo?
- 456.** Calcule a superfície lateral, a superfície total e o volume de uma pirâmide que tem por vértice o centro da face de um cubo de aresta a e por base a face oposta.
- 457.** Uma pirâmide regular tem a base coincidente com uma das faces de um cubo de aresta a e é exterior ao cubo. Calcule a altura da pirâmide em função da aresta a do cubo, sabendo que o volume do cubo somado com o volume da pirâmide é $3a^3$.
- 458.** Um tetraedro regular $SABC$ de aresta a é cortado por um plano que passa pelo vértice A e pelos pontos D e E situados respectivamente sobre as arestas SB e SC . Sabendo que $SD = SE = \frac{1}{4} SC$, ache o volume da pirâmide $ASDE$.

Solução



$$V = \frac{1}{3} \cdot B \cdot h \quad (1)$$



$$\text{Área da base: } B = \frac{1}{2} \left(\frac{a}{4} \right) \cdot \left(\frac{a}{4} \right) \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow B = \frac{a^2 \sqrt{3}}{64}.$$

Altura: A altura de $ASDE$ é a distância entre A e o plano SDE ; então h é igual à altura do tetraedro regular de aresta a , isto é,

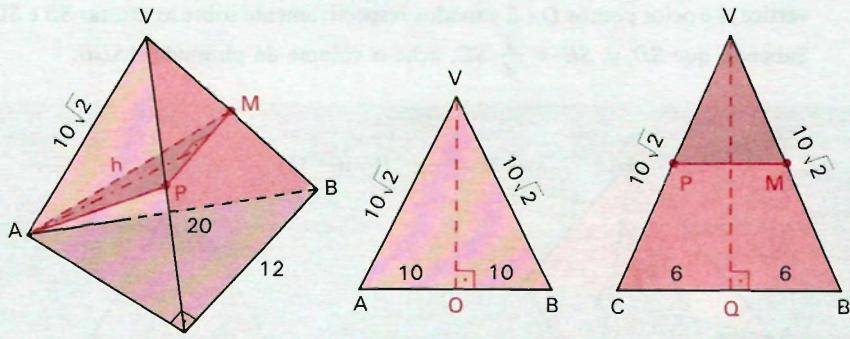
$$h = \frac{a\sqrt{6}}{3} = \frac{a\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}}{3}.$$

Substituindo B e h em (1), vem:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{a^2 \sqrt{3}}{64} \cdot \frac{a\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}}{3} \Rightarrow V = \frac{a^3 \sqrt{2}}{192}.$$

- 459.** Uma pirâmide quadrangular regular tem as arestas laterais congruentes às arestas da base. Determine a área da secção obtida nesse poliedro por um plano que passa pelo vértice e pelos pontos médios de dois lados opostos da base, sendo a a medida das arestas laterais.
- 460.** Os lados da base de uma pirâmide triangular são $AB = 20 \text{ cm}$, $BC = 12 \text{ cm}$ e $AC = 16 \text{ cm}$. As três arestas laterais são $VA = VB = VC = 10\sqrt{2} \text{ cm}$. Faz-se passar um plano secante pelo vértice A e pelos pontos médios M e P das arestas VB e VC , respectivamente. Calcule os volumes das pirâmides de vértice A e de bases VMP e $MPCB$, respectivamente.

Solução



Chamemos de V_1 , V_2 e V_3 os volumes das pirâmides $VABC$, $AVMP$ e $AMPB$, respectivamente.

Cálculo de V_1 :

$$V = \frac{1}{3} (\text{Área } \triangle ABC) \cdot (\text{VO}) \Rightarrow V_1 = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 16 \right) \cdot 10 \Rightarrow V_1 = 320 \text{ cm}^3$$

Cálculo de h :

Distância de A ao plano VBC .

$$\text{Área } \triangle VBC = \frac{1}{2} (\text{BC})(\text{VQ}) \Rightarrow \text{Área } \triangle VBC = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 2\sqrt{41} = 12\sqrt{41} \text{ cm}^2$$

$$V_1 = \frac{1}{3} (\text{Área } \triangle VBC) \cdot h \Rightarrow \frac{1}{3} \cdot 12\sqrt{41} \cdot h = 320 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{320}{4\sqrt{41}} \Rightarrow h = \frac{80}{\sqrt{41}} \text{ cm}$$

Cálculo de V_2 :

$$\text{Área } \triangle VMP = \frac{1}{4} (\text{Área } \triangle VBC) \Rightarrow \text{Área } \triangle VMP = 3\sqrt{41} \text{ cm}^2$$

$$V_2 = \frac{1}{3} (\text{Área } \triangle VMP) \cdot h \Rightarrow V_2 = \frac{1}{3} \cdot 3\sqrt{41} \cdot \frac{80}{\sqrt{41}} \Rightarrow V_2 = 80 \text{ cm}^3$$

Cálculo de V_3 :

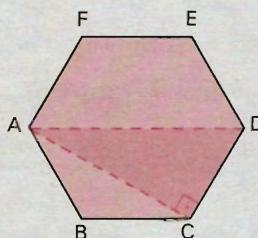
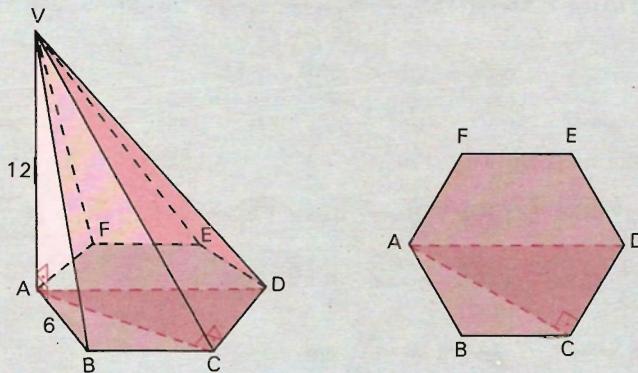
$$V_3 = V_1 - V_2 \Rightarrow V_3 = 320 - 80 \Rightarrow V_3 = 240.$$

Resposta: Os volumes são respectivamente 80 cm^3 e 240 cm^3 .

- 461.** Calcule a área da secção determinada em um tetraedro regular, por um plano que contém uma aresta do tetraedro e é perpendicular à aresta oposta, sabendo que a área total do tetraedro vale $64\sqrt{3} \text{ m}^2$.

- 462.** Seja um triedro de vértice S , cujos ângulos das faces medem 60° . Tomamos $SA = a$ e pelo ponto A traçamos um plano perpendicular a SA , que corta as outras arestas em B e C . Calcule as arestas do tetraedro $SABC$, sua área total e seu volume.

- 463.** A base de uma pirâmide de vértice V é um hexágono regular $ABCDEF$, sendo $AB = 6\text{ cm}$. A aresta lateral VA é perpendicular ao plano da base e igual ao segmento AD . Prove que quatro faces laterais são triângulos retângulos e ache as suas áreas.

Solução

- a) Prova de que quatro faces laterais são triângulos retângulos:

$$\begin{aligned} VA \perp \text{plano } (ABCDEF) &\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} VA \perp AB \Rightarrow \triangle VAB \text{ é retângulo em } A \\ VA \perp AF \Rightarrow \triangle VAF \text{ é retângulo em } A \end{array} \right. \\ C \text{ pertence à circunfer-} & \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} VA \perp CD \\ AC \perp CD \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} CD \perp \text{plano } (VAC) \\ AC \perp CD \end{array} \right\} \Rightarrow \triangle VCD \text{ é retângulo} \\ \text{rência de diâmetro } AD \end{array} \end{aligned}$$

Analogamente, $\triangle VED$ é retângulo em E .

- b) Cálculo das áreas:

$$1^{\circ}) \text{ Os triângulos } VAB \text{ e } VAF \text{ têm área igual a } \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 12 = 36 \text{ cm}^2.$$

$$2^{\circ}) \text{ Os triângulos } VCD \text{ e } VED \text{ têm áreas } S \text{ iguais.}$$

Cálculo de S :

$$S = \frac{1}{2} (CD) \cdot (VC) \Rightarrow S = 3 \cdot (VC) \quad (1)$$

$$\triangle ACD \Rightarrow (AC)^2 = 12^2 - 6^2 \Rightarrow (AC)^2 = 108$$

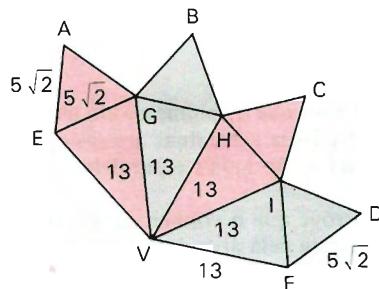
$$\triangle VAC \Rightarrow (VC)^2 = (VA)^2 \Rightarrow (VC)^2 = 252 \Rightarrow VC = 6\sqrt{7}$$

Substituindo em (1), vem:

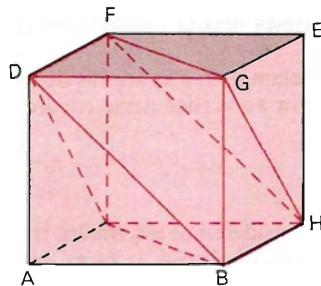
$$S = 3 \cdot 6\sqrt{7} \Rightarrow S = 18\sqrt{7} \text{ cm}^2.$$

- 464.** Calcule o volume de uma pirâmide regular de altura h , sabendo que essa pirâmide tem por base um polígono convexo cuja soma dos ângulos internos é $n\pi$ e a relação entre a superfície lateral e a área da base é k .
- 465.** Se K é a medida da aresta de um tetraedro regular, calcule a altura do tetraedro em função de K .
- 466.** A base de uma pirâmide reta de altura $3r$ é um hexágono regular inscrito numa circunferência de raio r . Determine o volume da pirâmide.
- 467.** Seja $ABCD$ um tetraedro regular. Do vértice A traça-se a altura AH . Seja M o ponto médio do segmento AH . Mostre que as semi-retas MB , MC e MD são as arestas de um triedro tri-retângulo.

- 468.** A figura é a planificação de um poliedro convexo ($A = B = C = D$; $E = F$). Calcule seu volume.

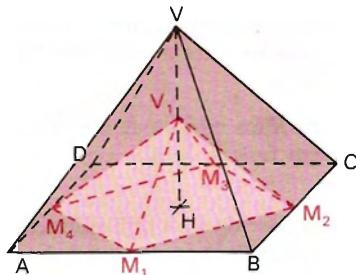


- 469.** Seja $ABCDEFGH$ um cubo no qual AB, AC, AD, EF, EG, EH são seis de suas 12 arestas, de sorte que A e E são vértices opostos. Calcule o volume do sólido $BCDFGH$ em termos do comprimento ℓ das arestas do cubo.



- 470.** É possível construir uma pirâmide regular de 7 vértices com todas as arestas congruentes, isto é, da mesma medida? Justifique.
- 471.** Calcule o volume de uma pirâmide P_1 quadrangular regular, dado o volume de uma pirâmide P_2 igual a 48 m^3 e sabendo que a base de P_1 é formada pelos pontos médios das arestas da base de P_2 , e cujo vértice é um ponto pertencente à altura de P_2 , estando esse ponto situado a $1/3$ do vértice de P_2 .

- 472.** Na figura, a pirâmide regular de base $ABCD$ e altura \overline{VH} possui todas as arestas medindo 4 m. Sabendo que V_1 é ponto médio de VH e que M_1, M_2, M_3 e M_4 são pontos médios dos lados da base $ABCD$, forneça:



- o valor do lado M_1M_2 ;
- a área do polígono $M_1M_2M_3M_4$;
- o volume da pirâmide $V_1M_1M_2M_3M_4$.

- 473.** Na pirâmide $ABCDE$, a base é um retângulo de 6 m por 4 m. A aresta DE é a altura e mede 8 m. Prove que as quatro faces laterais são triângulos retângulos e calcule a área total da pirâmide.

- 474.** Entre o volume V , a área lateral A , a área total S de uma pirâmide quadrangular regular existe a relação:

$$36V^2 = S(S - A)(2A - S).$$

- 475.** Prove que o volume de um tetraedro $ABCD$ é a sexta parte do produto da menor distância entre duas arestas opostas AB, CD , pela área do paralelogramo cujos lados são iguais e paralelos a essas arestas.

- 476.** Prove que o volume de um tetraedro é igual à terça parte do produto de uma aresta pela área do triângulo, projeção do sólido sobre um plano perpendicular a essa aresta.

- 477.** Todo plano conduzido por uma aresta de um tetraedro e pelo ponto médio da aresta oposta divide o tetraedro em duas partes equivalentes.

- 478.** Sejam a, b, c as arestas do triedro tri-retângulo de um tetraedro e h a altura relativa ao vértice desse triedro. Demonstre que:

$$\frac{1}{h^2} = \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2}.$$

- 479.** Consideremos um triedro tri-retângulo $ABCD$ de vértice A , um ponto P interior, cujas distâncias às faces ABC, ABD, ACD são a, b, c , e pelo ponto P façamos passar um plano que corta as arestas AB, AC, AD em M, N, Q .

- Demonstre que $\frac{a}{AQ} + \frac{b}{AN} + \frac{c}{AM} = 1$ e reciprocamente.
 - Como deve ser escolhido esse plano para que o volume do tetraedro $AMNQ$ seja mínimo?
- 480.** Prove que o plano bissetor do ângulo diedro de um tetraedro divide a aresta oposta em segmentos proporcionais às áreas das faces do diedro.

- 481.** Demonstre que os segmentos que unem os vértices de uma pirâmide triangular com os baricentros das faces opostas se interceptam em um ponto e se dividem por esse ponto na relação 1/3.
- 482.** Obtenha um ponto do interior de um tetraedro que, unido aos quatro vértices, determine quatro tetraedros equivalentes.
- 483.** Consideremos um tetraedro $ABCD$ e um ponto P em seu interior. Traçamos AP , BP , CP e DP , que cortam as faces opostas em M , N , R e Q . Demonstre que:

$$\frac{PM}{AM} + \frac{PN}{BN} + \frac{PR}{CR} + \frac{PQ}{DQ} = 1.$$

- 484.** Se dois tetraedros têm um triedro comum, seus volumes são proporcionais aos produtos das arestas desse triedro.

$$\frac{1}{AM} + \frac{1}{AN} + \frac{1}{AQ} = \text{cte.}$$

Solução

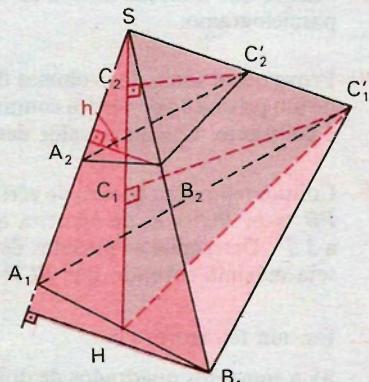
Sejam $S(A_1B_1C_1)$ e $S(A_2B_2C_2)$ os tetraedros com o triedro S comum.

$C_1C'_1$ = altura relativa à face SA_1B_1 ,

$C_2C'_2$ = altura relativa à face SA_2B_2 ,

H = altura de SA_1B_1 relativa a SA_1 ,

h = altura de SA_2B_2 relativa a SA_2 .



$$\frac{\text{Volume } S(A_1B_1C_1)}{\text{Volume } S(A_2B_2C_2)} = \frac{\frac{1}{3} (\text{Área } SA_1B_1) \cdot C_1C'_1}{\frac{1}{3} (\text{Área } SA_2B_2) \cdot C_2C'_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{1}{3} (SA_1) \cdot H \cdot C_1C'_1}{\frac{2}{3} (SA_2) \cdot h \cdot C_2C'_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{SA_1}{SA_2} \cdot \frac{H}{h} \cdot \frac{C_1C'_1}{C_2C'_2}$$

Por semelhança de triângulo: $\frac{H}{h} = \frac{SB_1}{SB_2}$ e $\frac{C_1C'_1}{C_2C'_2} = \frac{SC_1}{SC_2}$.

Substituindo $\frac{H}{h}$ e $\frac{C_1C'_1}{C_2C'_2}$, vem: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{SA_1}{SA_2} \cdot \frac{SB_1}{SB_2} \cdot \frac{SC_1}{SC_2}$

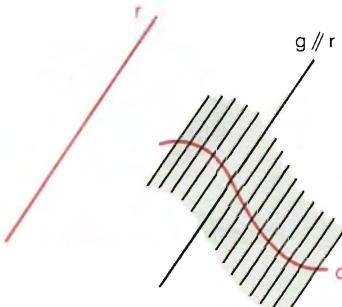
- 485.** Seja uma pirâmide triangular regular $ABCD$ e um ponto P situado na sua altura AH . Por esse ponto passamos um plano qualquer que intercepta as arestas do triedro de vértice A , sendo M, N, Q os pontos de interseção; então:
- 486.** A base de uma pirâmide é um paralelogramo. Determine o plano que a divide em dois sólidos de iguais volumes, sabendo que esse plano contém um dos lados da base.
- 487.** Prove que, em todo tetraedro de arestas opostas ortogonais:
- os produtos das arestas opostas estão na razão inversa das mais curtas distâncias entre essas arestas;
 - as somas dos quadrados das arestas opostas são iguais e a soma dos quadrados dos produtos das arestas opostas é igual a quatro vezes a soma dos quadrados das quatro faces;
 - a soma dos seis diedros e dos doze ângulos formados pela interseção de cada aresta com as duas faces que ela corta é igual a doze ângulos retos.
- 488.** Mostre que a secção obtida da interseção de um plano com um tetraedro é um paralelogramo.
- 489.** Prove que a soma dos volumes das pirâmides que têm por bases as faces laterais de um prisma e por vértice comum um ponto O qualquer interior a uma das bases é constante. Calcule o valor dessa constante, se o volume do prisma é V .
- 490.** Consideremos um triedro de vértice P e sobre suas arestas os segmentos $PA = a$, $PB = b$, $PC = c$, de maneira que a área lateral da pirâmide $PABC$ seja igual a $3d^2$. Determine as medidas de a , b , c , de modo que o volume dessa pirâmide seja máximo sabendo que $BCP = \alpha$, $CPA = \beta$ e $APB = \varphi$.
- 491.** Em um tetraedro:
- a soma dos quadrados de dois pares de arestas é igual à soma dos quadrados das arestas opostas do terceiro par mais quatro vezes o quadrado da distância entre os pontos médios destas duas últimas arestas;
 - a soma dos quadrados das seis arestas é igual ao quádruplo da soma dos quadrados dos três segmentos que unem os pontos médios das arestas opostas.
- 492.** Se um tetraedro tiver três faces equivalentes, a reta que une o vértice comum a essas três faces ao ponto de concurso das medianas da face oposta estará igualmente inclinada sobre os planos dessas três faces e reciprocamente.
- 493.** Seja um triedro de faces iguais, e consideremos os segmentos $AM = AN = AP = a$, todos partindo do vértice A . Qual deve ser o valor comum do ângulo dessas faces para que:
- a superfície lateral do tetraedro $AMNP$, de base MNP , seja máxima?
 - o volume desse tetraedro seja máximo?

CAPÍTULO X

Cilindro

I. Preliminar: noções intuitivas de geração de superfícies cilíndricas

187. *Superfícies regradas desenvolvíveis cilíndricas* são superfícies geradas por uma reta g (geratriz) que se mantém paralela a uma reta dada r (direção) e percorre os pontos de uma linha dada d (diretriz).

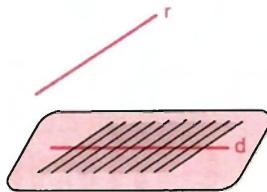


São superfícies *regradas* por serem geradas por *retas* e *desenvolvidas* por poderem ser aplicadas, estendidas ou desenvolvidas num plano (planificadas) sem dobras ou rupturas.

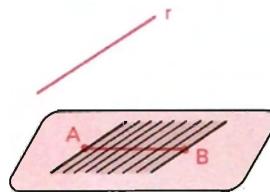
188. Como exemplos, temos:

- se a diretriz é uma *reta* não paralela a r , a superfície cilíndrica gerada é um *plano*.
- se a diretriz é um *segmento de reta* não paralelo a r , a superfície cilíndrica gerada é uma *faixa de plano*.
- se a diretriz é um *polígono* (linha poligonal fechada), cujo plano corre com r , a superfície cilíndrica gerada é uma *superfície prismática ilimitada*.

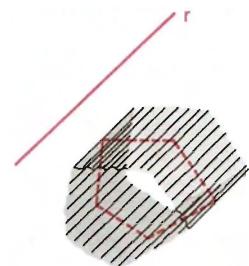
- se a diretriz é uma *circunferência* cujo plano concorre com r , a superfície cilíndrica gerada é uma superfície cilíndrica circular. E, ainda, se o plano da circunferência é *perpendicular a* r , temos uma *superfície cilíndrica circular reta*.



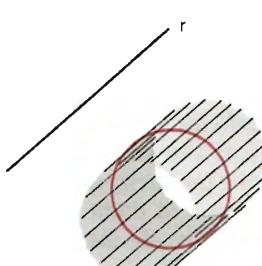
Plano



Faixa de plano



Superfície prismática

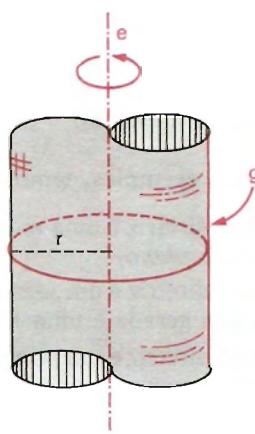


Superfície cilíndrica circular

189. *Superfície cilíndrica de rotação ou revolução* é uma superfície gerada pela rotação (ou revolução) de uma reta g (geratriz) em torno de uma reta e (eixo), fixa, sendo a reta g paralela e distinta da reta e .

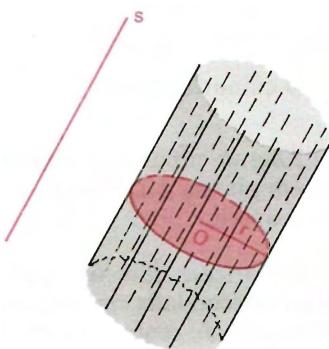
Considera-se que cada ponto da geratriz descreve uma circunferência com centro no eixo e cujo plano é perpendicular ao eixo.

A superfície cilíndrica de revolução de eixo e , geratriz g e raio r é o lugar geométrico dos pontos que estão a uma distância dada (r) de uma reta dada (e).



190. Consideremos um círculo (região circular) de centro O e raio r e uma reta s não paralela nem contida no plano do círculo.

Chama-se *cilindro circular ilimitado* ou *cilindro circular indefinido* à reunião das retas paralelas a s e que passam pelos pontos do círculo.



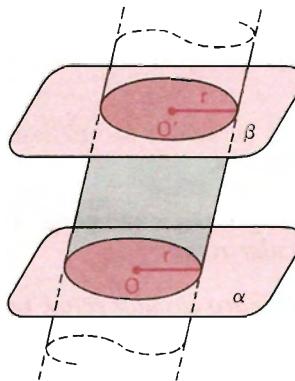
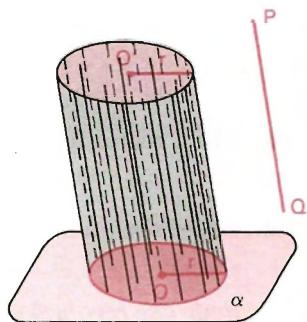
II. Cilindro

191. Definição

Consideremos um círculo (região circular) de centro O e raio r , situado num plano α , e um segmento de reta PQ , não nulo, não paralelo e não contido em α . Chama-se *cilindro circular* ou *cilindro* à reunião dos segmentos congruentes e paralelos a PQ , com uma extremidade nos pontos do círculo e situados num mesmo semi-espacô dos determinados por α .

Podemos também definir o cilindro como segue.

192. *Cilindro* é a reunião da parte do cilindro circular ilimitado, compreendida entre os planos de suas secções circulares paralelas e distintas em relação a essas secções.



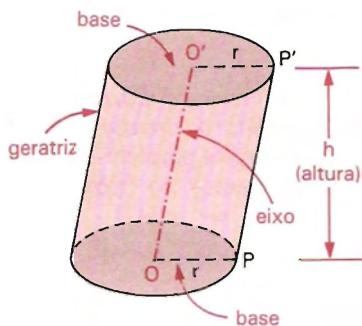
193. Elementos

O cilindro possui:

2 bases: círculos congruentes situados em planos paralelos (as secções citadas acima).

Geratrizes: são os segmentos com uma extremidade em um ponto da circunferência de centro O e raio r e a outra no ponto correspondente da circunferência de centro O' e raio r .

r é o raio da base.



194. A *altura* de um cilindro é a distância h entre os planos das bases.

195. Superfícies

Superfície lateral é a reunião das geratrizes. A *área* dessa superfície é chamada *área lateral* e indicada por A_l .

Superfície total é a reunião da superfície lateral com os círculos das bases. A *área* dessa superfície é a *área total* e indicada por A_t .

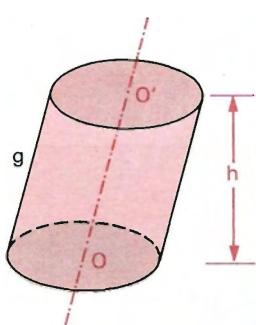
196. Classificação

Se as geratrizes são oblíquas aos planos das bases, temos um *cilindro circular oblíquo*.

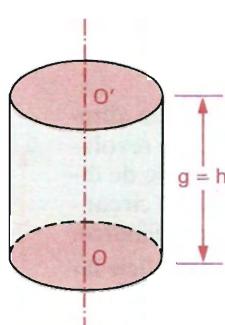
Se as geratrizes são perpendiculares aos planos das bases, temos um *cilindro circular reto*.

O *cilindro circular reto* é também chamado *cilindro de revolução*, pois é gerado pela rotação de um retângulo em torno de um eixo que contém um dos seus lados.

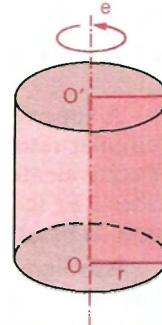
Cilindro oblíquo



Cilindro reto



Cilindro de revolução

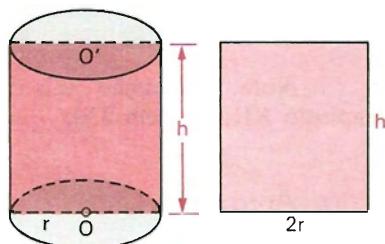


O eixo de um cilindro é a reta determinada pelos centros das bases.

197. Secção meridiana

Secção meridiana é a interseção do cilindro com um plano que contém a reta OO' determinada pelos centros das bases.

A secção meridiana de um cilindro oblíquo é um paralelogramo e a secção meridiana de um cilindro reto é um retângulo.

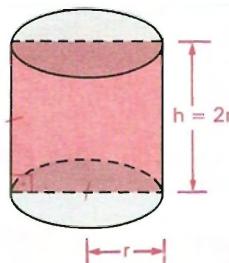


Cilindro reto Secção meridiana

198. Cilindro equilátero

Cilindro equilátero é um cilindro cuja secção meridiana é um quadrado; portanto, apresenta:

$$g = h = 2r.$$



III. Áreas lateral e total

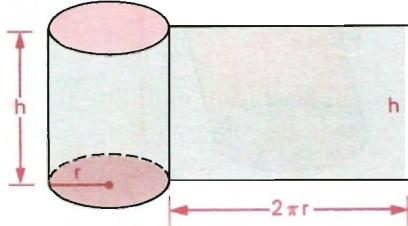
199. Área lateral

A superfície lateral de um cilindro circular reto ou cilindro de revolução é equivalente a um retângulo de dimensões $2\pi r$ (comprimento da circunferência da base) e h (altura do cilindro).

Isso significa que a superfície lateral de um cilindro de revolução desenrolvida num plano (planificada) é um retângulo de dimensões $2\pi r$ e h .

Portanto, a área lateral do cilindro é

$$A_l = 2\pi r h$$



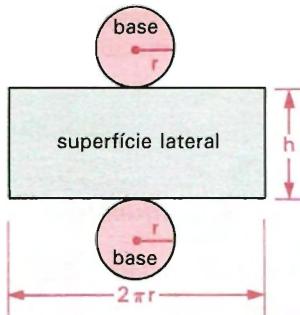
Nota: A dedução mais rigorosa desta fórmula encontra-se no final do capítulo XII, no item 230.

200. Área total

A área total de um cilindro é a soma da área lateral (A_l) com as áreas das duas bases ($B = \pi r^2$); logo:

$$A_t = A_l + 2B \Rightarrow A_t = 2\pi r h + 2\pi r^2 \Rightarrow$$

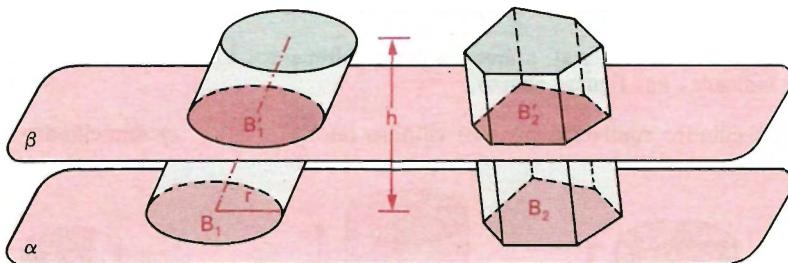
$$\Rightarrow A_t = 2\pi r (h + r)$$



IV. Volume do cilindro

201. Consideremos um cilindro de altura h e área da base $B_1 = B$ e um prisma de altura h e área da base $B_2 = B$ (o cilindro e o prisma têm alturas congruentes e bases equivalentes).

Suponhamos que os dois sólidos têm as bases num mesmo plano α e estão num dos semi-espacos determinados por α .



Qualquer plano β paralelo a α , que secciona o cilindro, também secciona o prisma e as secções (B'_1 e B'_2 , respectivamente) têm áreas iguais, pois são congruentes às respectivas bases.

$$(B'_1 = B_1, B'_2 = B_2, B_1 = B_2 = B) \implies B'_1 = B'_2$$

Então, pelo princípio de Cavalieri, o cilindro e o prisma têm volumes iguais.

$$V_{\text{cilindro}} = V_{\text{prisma}}$$

Como $V_{\text{prisma}} = B_2 h$, ou seja, $V_{\text{prisma}} = B \cdot h$, vem que $V_{\text{cilindro}} = B \cdot h$; ou resumidamente:

$$V = B \cdot h$$

Conclusão:

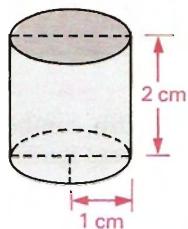
O volume de um cilindro é o produto da *área da base* pela medida da *altura*.

$$\text{Se } B = \pi r^2, \text{ temos: } V = \pi r^2 h$$

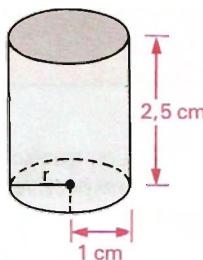
EXERCÍCIOS

- 494.** Calcule a área lateral, a área total e o volume dos sólidos cujas medidas estão indicadas nas figuras abaixo.

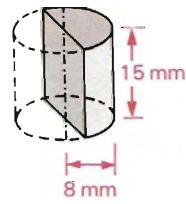
a) cilindro equilátero



b) cilindro reto

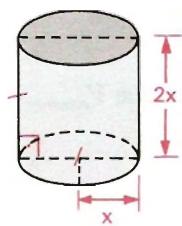


c) semicilindro reto

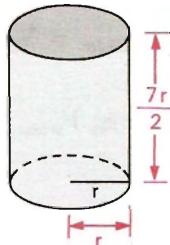


- 495.** Represente através de expressões algébricas a área lateral, a área total e o volume dos cilindros cujas medidas estão indicadas nas figuras abaixo.

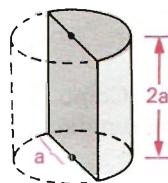
a) cilindro equilátero



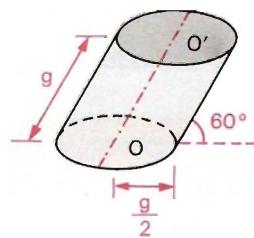
b) cilindro reto



c) semicilindro reto



- 496.** Calcule o volume do cilindro oblíquo da figura ao lado em função de g .



- 497.** A área lateral de um cilindro de revolução de 10 cm de raio é igual à reta da base. Calcule a altura do cilindro.

- 498.** Calcule a medida da área lateral de um cilindro circular reto, sabendo que o raio da base mede 4 cm e a geratriz 10 cm .
- 499.** O raio de um cilindro circular reto mede 3 cm e a altura 3 cm . Determine a área lateral desse cilindro.
- 500.** Determine o raio de um círculo cuja área é igual à área lateral de um cilindro equilátero de raio r .
- 501.** Demonstre que, se a altura de um cilindro reto é a metade do raio da base, a área lateral é igual à área da base.
- 502.** Um cilindro tem $2,7\text{ cm}$ de altura e $0,4\text{ cm}$ de raio da base. Calcule a diferença entre a área lateral e a área da base.
- 503.** Qual a altura de um reservatório cilíndrico, sendo 150 m o raio da base e $900\pi\text{ m}^2$ sua área lateral?
- 504.** Constrói-se um depósito em forma cilíndrica de 8 m de altura e 2 m de diâmetro. Determine a superfície total do depósito.
- 505.** Calcule a medida do raio da base de um cilindro equilátero, sabendo que sua área total mede $300\pi\text{ cm}^2$ e a geratriz 40 cm .
- 506.** Determine a medida da geratriz de um cilindro reto, sendo $250\pi\text{ cm}^2$ a medida de sua área lateral e 10 cm o raio de sua base.
- 507.** A área lateral de um cilindro de 1 m de altura é 16 m^2 . Calcule o diâmetro da base do cilindro.
- 508.** Calcule a área lateral, a área total e o volume de um cilindro equilátero de raio igual a r .

Solução

a) área lateral

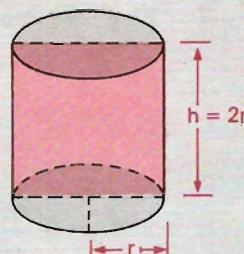
$$\left. \begin{array}{l} A_l = 2\pi r h \\ h = 2r \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} A_l = 2\pi r \cdot 2r \\ A_l = 4\pi r^2 \end{array}$$

b) área total

$$\left. \begin{array}{l} A_t = A_l + 2B \\ B = \pi r^2 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} A_t = 4\pi r^2 + 2\pi r^2 \\ A_t = 6\pi r^2 \end{array}$$

c) volume

$$V = \pi r^2 h \Rightarrow V = \pi r^2 \cdot 2r \Rightarrow V = 2\pi r^3$$



- 509.** Determine a área lateral de um cilindro equilátero, sendo 15 cm a medida de sua geratriz.
- 510.** Calcule a área total de um cilindro que tem 24 cm de diâmetro da base e 38 cm de altura.
- 511.** Determine a medida do raio de um círculo cuja área é igual à área total de um cilindro equilátero de raio r .
- 512.** Determine a área lateral e o volume de um cilindro de altura 10 cm , sabendo que a área total excede em 50 cm^2 sua área lateral.
- 513.** Quantos metros cúbicos de terra foram escavados para a construção de um poço que tem 10 m de diâmetro e 15 m de profundidade?
- 514.** Um vaso cilíndrico tem 30 dm de diâmetro interior e 70 dm de profundidade. Quantos litros de água pode conter aproximadamente?
- 515.** O raio interno de uma torre circular é de 120 cm , a espessura 50 cm e o volume $145\pi\text{ m}^3$. Qual é a altura da torre?
- 516.** Um pluviômetro cilíndrico tem um diâmetro de 30 cm . A água colhida pelo pluviômetro depois de um temporal é colocada em um recipiente também cilíndrico, cuja circunferência da base mede $20\pi\text{ cm}$. Que altura havia alcançado a água no pluviômetro, sabendo que no recipiente alcançou 180 mm ?
- 517.** Qual o valor aproximado da massa de mercúrio em quilogramas, necessária para encher completamente um vaso cilíndrico de raio interno 6 cm e altura 18 cm , se a densidade do mercúrio é $13,6\text{ g/cm}^3$?

Solução

a) Volume

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi \cdot 6^2 \cdot 18 = \pi \cdot 36 \cdot 18 = 648\pi\text{ cm}^3$$

b) Densidade

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow 13,6 = \frac{m}{648\pi} \Rightarrow m = 8812,8\pi$$

$$m \approx 8812,8 \cdot 3,14 = 27672,192 \cong 27672,2\text{ g} \cong 27,672\text{ kg}$$

- 518.** Calcule a área lateral, a área total e o volume de um cilindro reto de 5 cm de raio, sabendo que a secção meridiana é equivalente à base.

- 519.** O que ocorre com o volume de um cilindro quando o diâmetro da base dobra? E quando quadruplica? E quando fica reduzido à metade?
- 520.** Determine o volume de um cilindro de revolução de 10 cm de altura, sendo sua área lateral igual à área da base.
- 521.** Determine o volume de um cilindro reto, sabendo que a área de sua base é igual à sua área lateral e a altura igual a 12 m .
- 522.** O desenvolvimento da superfície lateral de um cilindro é um quadrado de lado a . Determine o volume do cilindro.
- 523.** Determine a altura de um cilindro reto de raio da base r , sabendo que é equivalente a um paralelepípedo retângulo de dimensões a , b e c .
- 524.** A altura de um cilindro reto é igual ao triplo do raio da base. Calcule a área lateral, sabendo que seu volume é $46\,875\pi\text{ cm}^3$.
- 525.** Qual é a altura aproximada de um cilindro reto de $12,56\text{ cm}^2$ de área da base, sendo a área lateral o dobro da área da base?
- 526.** Determine a área lateral de um cilindro reto, sendo S a área de sua secção meridiana.
- 527.** Determine a razão entre a área lateral e a área da secção meridiana de um cilindro reto.
- 528.** Calcule a área lateral de um cilindro equilátero, sendo 289 cm^2 a área de sua secção meridiana.
- 529.** Determine o volume de um cilindro reto de raio r , sabendo que sua área total é igual à área de um círculo de raio $5r$.
- 530.** Determine a área total de um cilindro, sabendo que a área lateral é igual a 80 cm^2 e a sua secção meridiana é um quadrado.
- 531.** Determine a área total de um cilindro equilátero, sendo S a área de sua secção meridiana.
- 532.** Qual a razão entre a área total e a área lateral de um cilindro equilátero?
- 533.** Uma pipa cilíndrica tem profundidade de $4,80\text{ dm}$. Determine a medida do seu diâmetro, sabendo que a sua capacidade é de $37\,680\text{ litros}$. (Adote $\pi = 3,14$.)
- 534.** A altura de um cilindro é os $5/3$ do raio da base. Determine a área da base desse cilindro, sendo $64\pi\text{ cm}^2$ sua área lateral.
- 535.** A área total de um cilindro de raio r e altura h é o triplo da área lateral de um outro cilindro de raio h e altura r . Calcule r em função de h .

- 536.** Se a altura de um cilindro reto é igual ao raio da base, então a superfície lateral é igual à metade da superfície total.
- 537.** Calcule o raio da base de um cilindro reto em função do seu volume V e da sua área lateral A_ℓ .
- 538.** Calcule a área lateral de um cilindro de revolução, conhecendo seu volume V e seu raio da base r .
- 539.** Determine a área lateral, a área total e o volume de um cilindro equilátero de altura h .
- 540.** Num cilindro de revolução com água colocamos uma pedra. Determine o volume dessa pedra, se em virtude de sua imersão total a água se elevou 35 cm , sendo 50 cm o raio da base do cilindro.
- 541.** O desenvolvimento de uma superfície cilíndrica de revolução é um retângulo de 4 cm de altura e 7 cm de diagonal. Calcule a área lateral do cilindro.
- 542.** Determine a área lateral de um cilindro reto de $30\pi\text{ cm}^2$ de área total, sendo o raio da base $3/2$ da medida da altura do cilindro.

Solução

Sendo r o raio da base e h a altura, temos:

$$\begin{aligned} A_t &= 30\pi \implies A_\ell + 2B = 30\pi \implies 2\pi rh + 2\pi r^2 = 30\pi \implies \\ &\implies rh + r^2 = 15 \quad \left. \begin{array}{l} \\ r = \frac{3}{2}h \end{array} \right\} \implies \frac{3}{2}h^2 + \frac{9}{4}h^2 = 15 \Rightarrow 15h^2 = 60 \Rightarrow h = 2 \end{aligned}$$

Com $h = 2$ e $r = \frac{3}{2}h$, vem que $r = 3$.

Área lateral: $A_\ell = 2\pi rh \implies A_\ell = 2\pi \cdot 3 \cdot 2 \implies A_\ell = 12\pi$.

Resposta: $12\pi\text{ cm}^2$.

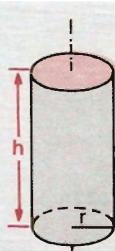
- 543.** Determine a medida da altura e do raio de um cilindro reto, sendo $9/5$ sua razão, nessa ordem, e $270\pi\text{ cm}^2$ a área lateral.
- 544.** Calcule a área lateral de um cilindro, sabendo que a base está circunscrita a um hexágono regular de 30 cm de perímetro e cuja altura é o dobro do raio da base.
- 545.** Determine a medida da altura de um cilindro de $30\pi\text{ m}^2$ de área lateral e $45\pi\text{ m}^3$ de volume.

- 546.** Multiplica-se por k a altura e o raio de um cilindro de revolução. Como se modifica a sua área lateral?
- 547.** Determine a área lateral de um cilindro, sendo $150 \pi \text{ cm}^2$ sua área total e sabendo que sua altura mede o triplo do raio da base.
- 548.** Calcule a área lateral de um cilindro reto, sendo 12 m^2 sua área total e o raio $1/5$ da altura.
- 549.** Determine a medida da altura de um cilindro reto de raio da base igual a 5 cm , sendo sua área total igual a 50 vezes a área de um círculo cujo raio tem medida igual à altura do cilindro.
- 550.** O volume de um cilindro de revolução é igual ao produto da área total pela quarta parte da média harmônica entre o raio e a altura.
 (Nota: Média harmônica entre dois números é o inverso da média aritmética dos inversos desses números.)
- 551.** Determine o raio da base de um cilindro equilátero, sabendo que a área lateral excede em $4\pi \text{ cm}^2$ a área da secção meridiana.
- 552.** Quanto se deve aumentar o raio da base de um cilindro reto de raio r e geratriz g , de modo que a área lateral do segundo cilindro seja igual à área total do primeiro?
- 553.** Com uma folha de zinco de 5 m de comprimento e 4 m de largura podemos construir dois cilindros, um segundo o comprimento e outro segundo a largura. Determine em qual dos casos o volume será maior.
- 554.** Com uma prancha retangular de 8 cm de largura por 12 cm de comprimento podemos construir dois cilindros, um segundo o comprimento e outro segundo a largura. Determine em qual dos casos o volume será menor.
- 555.** Um cilindro de revolução de raio da base r e um semicilindro de revolução de raio da base R são equivalentes e têm áreas laterais iguais. Calcule a relação entre r e R .

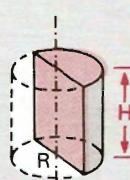
Solução

$$V_A = \pi r^2 h$$

$$A_{l(A)} = 2\pi r h$$



Sólido A



Sólido B

$$V_B = \frac{1}{2} \pi R^2 H$$

$$A_{l(B)} = \frac{1}{2} (2\pi R H) + 2RH$$

$$\frac{1}{2} \text{ sup. lat.}$$

$$\text{retângulo}$$

$$A_{l(B)} = RH (\pi + 2)$$

$$V_A = V_B \Rightarrow \pi r^2 h = \frac{1}{2} \pi R^2 H \Rightarrow 2r^2 h = R^2 H \quad (1)$$

$$A_{l_A} = A_{l_B} \Rightarrow 2\pi r h = RH(\pi + 2) \quad (2)$$

$$(1) \div (2) \Rightarrow \frac{2r^2 h}{2\pi r h} = \frac{R^2 H}{RH(\pi + 2)} \Rightarrow \frac{r}{\pi} = \frac{R}{\pi + 2} \Rightarrow \frac{r}{R} = \frac{\pi}{\pi + 2}$$

- 556.** Um cilindro de revolução é dividido em dois semicilindros. Sendo $20\pi \text{ cm}^2$ sua área da base e 8 cm sua altura, determine a área total do semicilindro.
- 557.** Determine a altura de um cilindro reto em função da altura h de um semicilindro, sabendo que as áreas laterais são iguais e as bases equivalentes.
- 558.** Calcule a altura de um cilindro em função de sua área lateral A_l e da área da base B .
- 559.** Calcule o raio da base de um cilindro de área total πa^2 e altura h .
- 560.** A geratriz de um cilindro oblíquo mede 8 cm e forma um ângulo de 45° com a base, que é um círculo de 3 cm de raio. Calcule o volume do cilindro.
- 561.** Calcule o volume de um cilindro cujo raio da base mede 5 cm , sabendo que as geratrizes de 15 cm formam com o plano da base um ângulo de 60° .
- 562.** Quanto se deve aumentar a geratriz de um cilindro reto para que a área total do novo cilindro seja o triplo da área lateral do primeiro?
- 563.** Dois cilindros têm a mesma área lateral e raios de 9 cm e 12 cm . Calcule a relação entre seus volumes e a relação entre suas áreas totais, sabendo que a altura do primeiro é 10 cm .
- 564.** A diferença entre a área da base e a área lateral de um cilindro de raio r e altura h é igual à área de um círculo de raio h . Calcule a medida de r em função de h .

Solução

Dado: h .

Pede-se: r .

$$B - A_l = A_{\text{círculo}} \Rightarrow \pi r^2 - 2\pi r h = \pi h^2 \Rightarrow r^2 - 2hr - h^2 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r = \frac{2 \pm \sqrt{4h^2 + 4h^2}}{2} \Rightarrow \begin{cases} r = (1 + \sqrt{2})h & (\text{resposta}) \\ \text{ou} \\ r = (1 - \sqrt{2})h & (\text{esta não convém}) \end{cases}$$

Resposta: $r = (1 + \sqrt{2})h$.

- 565.** Com uma folha de cartolina em forma retangular, de base ℓ e altura h , construímos a superfície lateral de um cilindro de altura h e volume V . Calcule ℓ em função de h e V .
- 566.** Determine a área total A_t de um cilindro reto, em função do seu volume V e da sua altura h .
- 567.** Calcule o raio, a altura e a área total de um cilindro circular reto que tem volume igual ao de um cubo de aresta a e área lateral igual à área da superfície do cubo.

Solução

$$V_{\text{cilindro}} = V_{\text{cubo}} \Rightarrow \pi r^2 h = a^3 \quad (1)$$

$$A_t \text{ cilindro} = A_t \text{ cubo} \Rightarrow 2\pi r h = 6a^2 \Rightarrow \pi r h = 3a^2 \quad (2)$$

$$(1) \div (2) \Rightarrow r = \frac{1}{3} a$$

$$\text{Substituindo em (2): } \pi \frac{1}{3} ah = 3a^2 \Rightarrow h = \frac{9}{\pi} a.$$

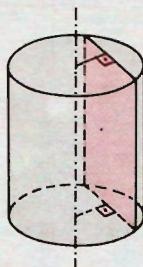
$$\text{Área total: } A_t = A_t + 2B.$$

$$A_t = 6a^2 + 2\pi \cdot \frac{1}{9} a^2 \Rightarrow A_t = \frac{54a^2 + 2\pi a^2}{9} \Rightarrow A_t = \frac{2}{9} (27 + \pi)a^2$$

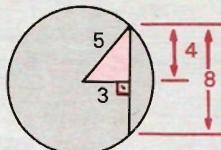
$$\text{Resposta: } r = \frac{a}{3}, h = \frac{9a}{\pi}, A_t = \frac{2}{9} (27 + \pi)a^2.$$

- 568.** Determine a razão entre o volume de um cilindro reto e um prisma triangular regular, sendo a área lateral do cilindro igual à área lateral do prisma e o raio do cilindro o dobro da aresta da base do prisma.
- 569.** Um prisma quadrangular regular e um cilindro circular reto têm mesma altura e mesmo volume. Sabendo que a área lateral do prisma é $\frac{2\sqrt{\pi}}{\pi} \text{ cm}^2$, calcule a área lateral do cilindro.
- 570.** Determine a razão entre a área lateral de um cilindro reto e a área lateral de um semicilindro, sabendo que seus volumes e suas alturas são iguais.
- 571.** Determine a relação entre os volumes de dois cilindros retos, sabendo que suas áreas laterais são iguais e seus raios são, respectivamente, R e r .
- 572.** Dados dois cilindros com altura igual a 5 cm , a diferença entre os volumes é igual a $400\pi \text{ cm}^3$ e a diferença entre os raios é igual a 8 cm . Determine o raio do cilindro de maior volume.

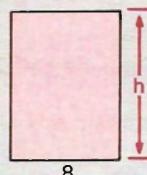
- 573.** Dão-se as áreas totais $18\pi m^2$ e $32\pi m^2$ de dois cilindros. Cada um tem por raio e por altura, respectivamente, a altura e o raio do outro. Determine os dois volumes.
- 574.** Calcule a altura de um cilindro circular reto em função de sua área total $2\pi S$ e sua área lateral $2\pi A$.
- 575.** Calcule o volume de um cilindro de revolução de raio igual a 5 dm , sabendo que esse cilindro cortado por um plano paralelo ao eixo e a uma distância de 3 dm desse eixo apresenta uma secção retangular equivalente à base.

Solução

Cilindro



Base



Secção

$$\text{Área do retângulo} = \text{Área da base} \implies 8h = \pi 5^2 \implies h = \frac{25}{8}\pi.$$

$$\text{Volume: } V = B \cdot h \implies V = \pi 5^2 \cdot \frac{25}{8}\pi \implies V = \frac{625}{8}\pi^2.$$

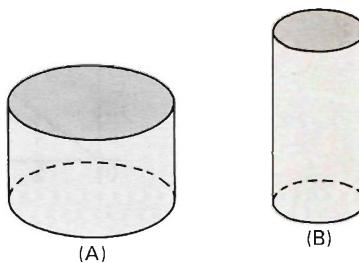
$$\text{Resposta: } \frac{625}{8}\pi^2 \text{ dm}^3.$$

- 576.** Um cilindro equilátero de raio da base r é seccionado por um plano paralelo ao seu eixo e a uma distância d desse eixo. Calcule a medida da distância d , se a área da secção do plano com o cilindro é igual à área da base do cilindro.
- 577.** Um plano secciona um cilindro paralelamente ao eixo e forma um arco de 60° com a base do cilindro. A altura do cilindro é de 20 cm . Determine a área da secção, se a distância do plano ao eixo é de 4 cm .
- 578.** Dentre os cilindros de revolução de área total $2\pi a^2$, determine o raio da base e a altura daquele de maior volume.

- 579.** Dentre os cilindros de revolução abertos em uma das bases, de área total $2\pi a^2$, determine o raio da base e a altura daquele de volume máximo.
- 580.** Dentre os cilindros de revolução equivalentes, determine o raio da base e a altura daquele de menor área total.
- 581.** Determine o volume de um cilindro de revolução em função de sua área total $2\pi S$ e sua área lateral $2\pi A$.
- 582.** Trace um plano paralelo à base de um cilindro de raio r e altura h , de modo que a base seja média proporcional entre as duas partes em que fica dividida a superfície lateral.
- 583.** Um suco de frutas é vendido em dois tipos de latas cilíndricas: uma de raio r cheia até a altura h e outra de raio $r/2$ e cheia até a altura $2h$. A primeira é vendida por R\$ 3,00 e a segunda por R\$ 1,60. Qual a embalagem mais vantajosa para o comprador?
- 584.** Um cilindro circular reto tem raio de base R e altura H . A média harmônica entre R e H é 4. A área total do cilindro é 54π . Calcule o volume do cilindro e suas áreas da base e lateral.
- 585.** Um produto é embalado em latas cilíndricas (cilindros de revolução). O raio da embalagem A é igual ao diâmetro de B e a altura de B é o dobro da altura de A . Assim,

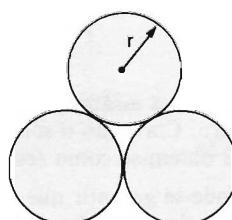
$$\text{Cilindro A} \left\{ \begin{array}{l} \text{altura } h \\ \text{raio da base } 2R \end{array} \right.$$

$$\text{Cilindro B} \left\{ \begin{array}{l} \text{altura } 2h \\ \text{raio da base } R \end{array} \right.$$

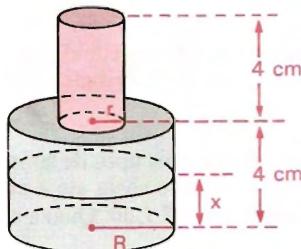


- a) As embalagens são feitas do mesmo material (mesma chapa). Qual delas gasta mais material para ser montada?
- b) O preço do produto na embalagem A é R\$ 780,00 e na embalagem B é R\$ 400,00. Qual das opções é mais econômica para o consumidor, supondo-se as duas latas completamente cheias?

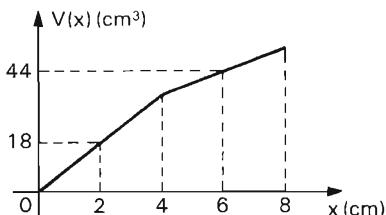
- 586.** Três canos de forma cilíndrica e de mesmo raio r , dispostos como indica a figura, devem ser colocados dentro de outro cano cilíndrico de raio R , de modo a ficarem presos sem folga. Expressse o valor de R em termos de r para que isso seja possível.



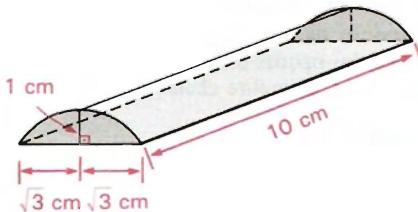
- 587.** Começando com um cilindro de raio l e altura também l , define-se o procedimento de colocar sobre um cilindro anterior um outro cilindro de igual altura e raio $2/3$ do raio do anterior. Embora a altura do sólido fictício resultante seja infinito, seu volume pode ser calculado. Faça esse cálculo.
- 588.** Uma garrafa de vidro tem a forma de dois cilindros sobrepostos. Os cilindros têm a mesma altura 4 cm e raios das bases R e r , respectivamente.



Se o volume $V(x)$ de um líquido que atinge uma altura x da garrafa se expressa segundo o gráfico a seguir, quais os valores de R e de r ?



- 589.** O sólido da figura foi obtido seccionando um cilindro circular reto de 10 cm de altura por um plano perpendicular às bases. Calcule o volume desse sólido.

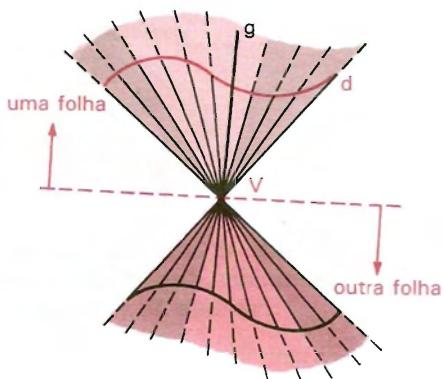


- 590.** Um sólido S está localizado entre dois planos horizontais α e β cuja distância é 1 metro. Cortando o sólido por qualquer plano horizontal compreendido entre α e β obtém-se como secção um disco de raio l metro.
- Pode-se garantir que o sólido S é um cilindro? Por quê?
 - Calcule o volume de S .

Cone

I. Preliminar: noções intuitivas de geração de superfícies cônicas

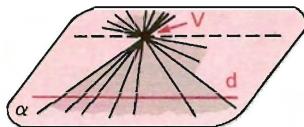
202. *Superfícies regradas desenvolvíveis cônicas* são superfícies geradas por uma reta g (geratriz) que passa por um ponto dado V (vértice) e percorre os pontos de uma linha dada d (diretriz), com V fora de d .



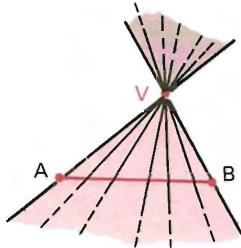
203. Como exemplos, temos:

- se a diretriz é uma *reta*, a superfície cônica gerada é um *plano*, menos a reta paralela à diretriz.
- se a diretriz é um *segmento de reta*, a superfície cônica gerada é a reunião de *dois ângulos* (setores angulares) opostos pelo vértice.
- se a diretriz é uma linha *poligonal fechada* (polígono) cujo plano não contém o vértice (V), a superfície cônica gerada é a reunião de *duas superfícies de ângulos poliédricos* (superfícies poliédricas ilimitadas ou superfícies de pirâmides ilimitadas) opostas pelo vértice.

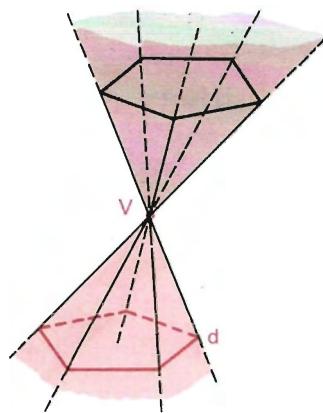
- se a diretriz é uma *circunferência* cujo plano não contém o vértice, a superfície cônica gerada é uma superfície cônica *circular* (de duas folhas).
- se a diretriz é uma *circunferência* de centro O e a reta VO é *perpendicular* a seu plano, a superfície cônica é uma superfície cônica *reta* (de duas folhas).



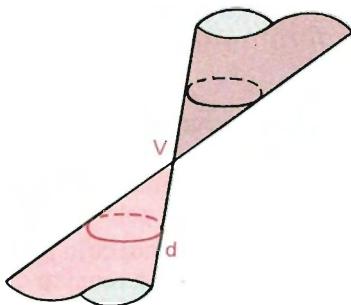
Plano, menos a paralela a d por V



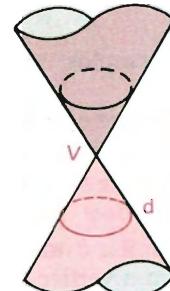
Reunião de dois ângulos
opostos pelo vértice



Reunião de duas superfícies piramidais
indefinidas (superfície de uma pirâmide
ilimitada de segunda espécie)



Superfície cônica circular



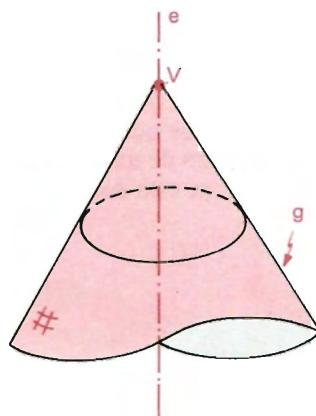
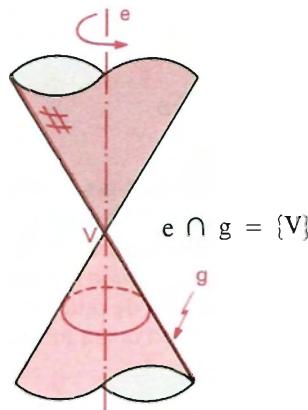
Superfície cônica reta

204. *Superfície cônica de rotação ou revolução* é uma superfície gerada pela rotação (ou revolução) de uma reta g (geratriz) em torno de uma reta e (eixo), fixa, sendo a reta g oblíqua ao eixo e . O vértice (V) é a interseção das retas g e e .

Considera-se que cada ponto da geratriz (com exceção de V) descreve uma circunferência com centro no eixo e e cujo plano é perpendicular ao eixo.

A superfície cônica de revolução acima citada é dita de segunda espécie. Ela possui duas folhas.

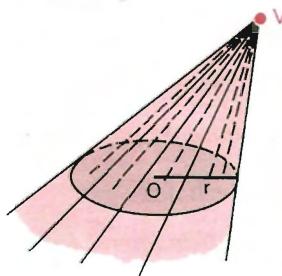
Se a geratriz é uma semi-reta (Vg), oblíqua ao eixo (e) e de origem (V) nele, temos uma superfície cônica de primeira espécie. É a mais comum; possui uma folha.



205. Cone circular ilimitado

Consideremos um círculo (região circular) de centro O e raio r e um ponto V fora de seu plano.

Chama-se *cone circular ilimitado* ou *cone circular indefinido* à reunião das semi-retas de origem em V e que passam pelos pontos do círculo

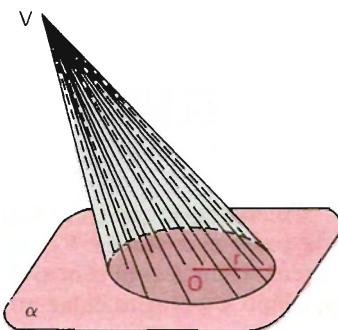


II. Cone

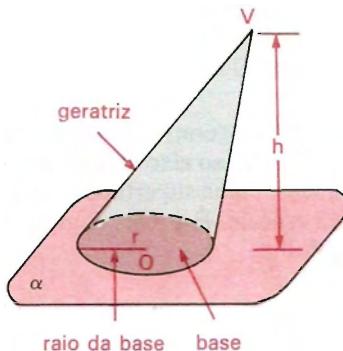
206. Definição

Consideremos um círculo (região circular) de centro O e raio r situado num plano α e um ponto V fora de α . Chama-se *cone circular* ou *cone* à reunião dos segmentos de reta com uma extremidade em V e a outra nos pontos do círculo.

Podemos também definir o cone como segue.



207. Cone é a parte do cone ilimitado que contém o vértice quando se divide este cone pelo plano de uma secção circular, reunida com esta secção.



208. Elementos

O cone possui:

uma base: o círculo de centro O e raio r ou a secção citados acima.

geratrizes: são os segmentos com uma extremidade em V e a outra nos pontos da circunferência da base.

vértice: o ponto V citado acima.

r é o raio da base.

209. A *altura* de um cone é a distância entre o vértice e o plano da base.

210. Superfícies

Superfície lateral é a reunião das geratrizes. A área dessa superfície é chamada área lateral e indicada por A_l .

Superfície total é a reunião da superfície lateral com o círculo da base. A área dessa superfície é chamada área total e indicada por A_t .

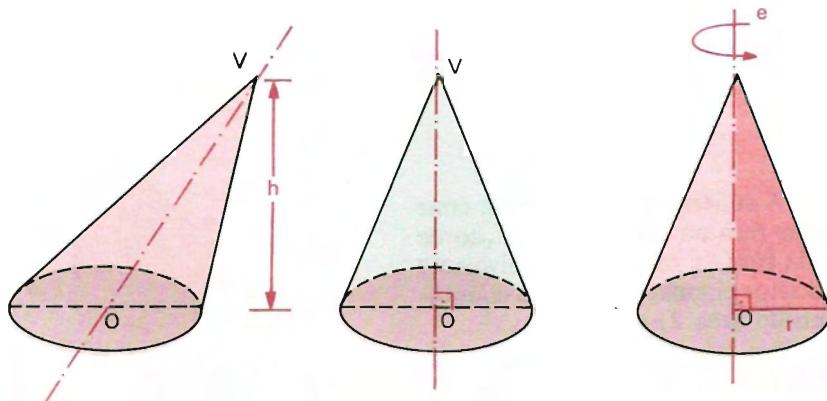
211. Classificação

Os cones podem ser classificados pela posição da reta VO em relação ao plano da base:

Se a reta VO é oblíqua ao plano da base, temos um *cone circular oblíquo*.

Se a reta VO é perpendicular ao plano da base, temos um *cone circular reto*.

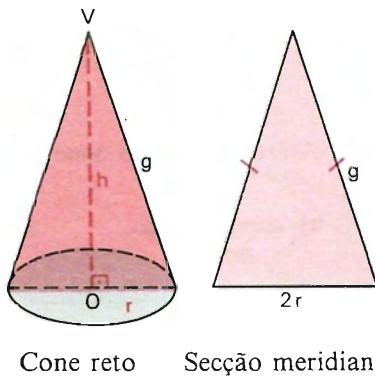
O *cone circular reto* é também chamado *cone de revolução*, pois é gerado pela rotação de um triângulo retângulo em torno de um eixo que contém um de seus catetos.



212. Secção meridiana

É a interseção do cone com um plano que contém a reta VO .

A secção meridiana de um cone circular reto ou cone de revolução é um triângulo isósceles.

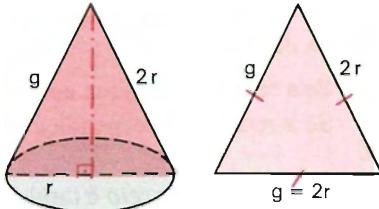


213. Cone equilátero

É um cone cuja secção meridiana é um triângulo equilátero.

$$g = 2r$$

$$h = r\sqrt{3}$$

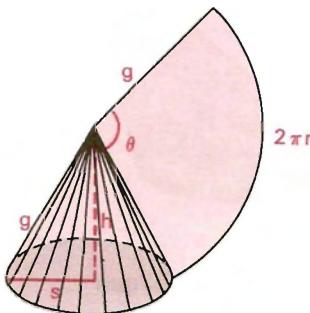


III. Áreas lateral e total

214.

A superfície lateral de um cone circular reto ou cone de revolução de raio da base r e geratriz g é equivalente a um setor circular de raio g e comprimento do arco $2\pi r$.

Isso significa que a superfície lateral de um cone de revolução desenvolvida num plano (planificada) é um setor circular cujo raio é g (geratriz) e comprimento do arco $2\pi r$.



Sendo θ o ângulo do setor, este ângulo é dado por:

$$\theta = \frac{2\pi r}{g} \text{ rad} \quad \text{ou} \quad \theta = \frac{360r}{g} \text{ graus.}$$

215. A área lateral do cone pode então ser calculada como segue:

a) comprimento do arco	área do setor
$2\pi g$	πg^2
$2\pi r$	A_ℓ

$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \Rightarrow A_\ell = \frac{2\pi r \cdot \pi g^2}{2\pi g} \Rightarrow A_\ell = \pi r g$

- b) A área de um setor circular é dada pela fórmula da área de um triângulo:

$$A_{\text{setor}} = \frac{1}{2} (\text{comprimento do arco}) \cdot (\text{raio})$$

Assim,

$$A_l = \frac{1}{2} \cdot 2\pi r \cdot g \implies A_l = \pi r g$$

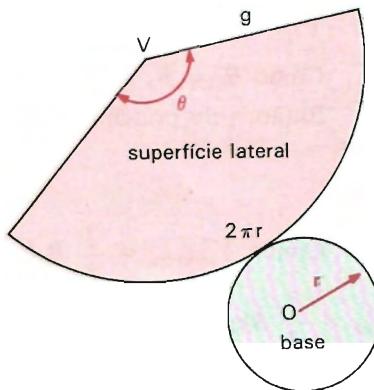
Nota: A dedução mais rigorosa desta fórmula encontra-se no final do capítulo XII, no item 232.

216. Área total

A área total de um cone é a soma da área lateral (A_l) com a área da base ($B = \pi r^2$); logo:

$$A_t = A_l + B \Rightarrow A_t = \pi r g + \pi r^2 \Rightarrow$$

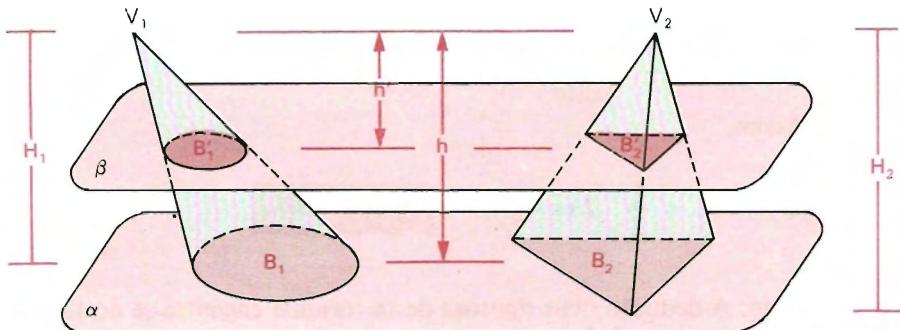
$$\Rightarrow A_t = \pi r (g + r)$$



IV. Volume do cone

- 217.** Consideremos um cone de altura $H_1 = h$ e área da base $B_1 = B$ e um tetraedro de altura $H_2 = h$ e área da base $B_2 = B$ (o cone e a pirâmide têm alturas congruentes e bases equivalentes).

Suponhamos que os dois sólidos têm as bases num mesmo plano α e que os vértices estão num mesmo semi-espacô dos determinados por α .



Qualquer plano secante β paralelo a α , distando h' dos vértices que seccionam o cone, também secciona o tetraedro, e sendo as áreas das secções B'_1 e B'_2 , respectivamente, temos:

$$\left(\frac{B'_1}{B_1} = \left(\frac{h'}{h} \right)^2, \frac{B'_2}{B_2} = \left(\frac{h'}{h} \right)^2 \right) \Rightarrow \frac{B'_1}{B_1} = \frac{B'_2}{B_2}.$$

Como $B_1 = B_2 = B$, vem que $B'_1 = B'_2$.

Então, pelo princípio de Cavalieri, o cone e o tetraedro têm volumes iguais.

$$V_{\text{cone}} = V_{\text{tetraedro}}$$

Como $V_{\text{tetraedro}} = \frac{1}{3} B_2 h$, ou seja, $V_{\text{tetraedro}} = \frac{1}{3} B \cdot h$, vem que

$V_{\text{cone}} = \frac{1}{3} B h$; ou resumidamente:

$$V = \frac{1}{3} B h.$$

Conclusão:

O volume de um cone é *um terço* do produto da *área da base* pela medida da *altura*.

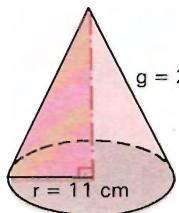
Se $B = \pi r^2$, temos:

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

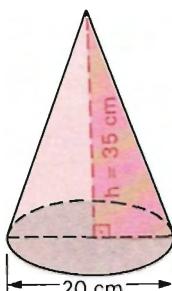
EXERCÍCIOS

- 591.** Calcule a área lateral, a área total e o volume dos cones cujas medidas estão indicadas nas figuras abaixo.

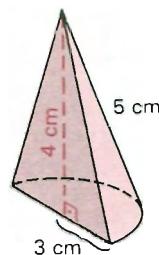
a) cone equilátero



b) cone reto

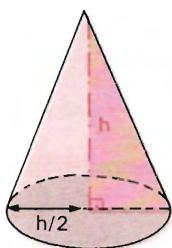


c) semicone

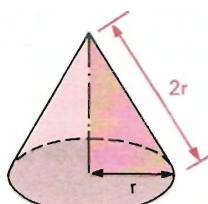


- 592.** Represente através de expressões algébricas a área lateral, a área total e o volume dos sólidos cujas medidas estão indicadas nas figuras abaixo.

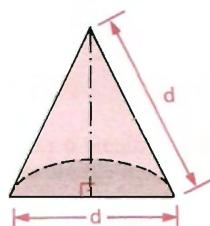
a) cone reto



b) cone equilátero



c) semicone equilátero



- 593.** Determine a medida da altura de um cone cuja geratriz mede 10 cm , sendo 12 cm o diâmetro de sua base.

- 594.** Determine a medida do diâmetro da base de um cone de revolução cuja geratriz mede 65 cm , sendo 56 cm a altura do cone.

- 595.** Calcule a medida da altura de um cone de raio r , sabendo que sua base é equivalente à secção meridiana.

- 596.** Determine a medida do raio da base de um cone de revolução cuja altura mede 3 cm e cujo volume é $9\pi \text{ cm}^3$.

- 597.** Determine a medida do raio da base de um cone de revolução de altura 3 cm , sendo $16\pi \text{ cm}^3$ o seu volume.

- 598.** Um cone equilátero tem raio da base r . Calcule:

- a área lateral;
- a medida em radianos do ângulo do setor circular equivalente à superfície lateral;
- a área total;
- o volume.

Solução

Notemos que $g = 2r$ e

$$h = 2r \frac{\sqrt{3}}{2} = r\sqrt{3}.$$

- 1º) Área lateral

$$A_l = \pi r g \implies A_l = 2\pi r^2$$

- 2º) Ângulo do setor circular

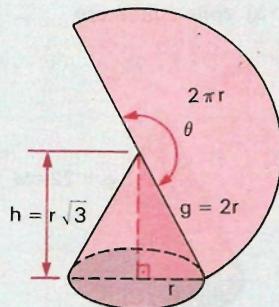
$$\theta = \frac{2\pi r}{g} \implies \theta = \frac{2\pi r}{2r} \implies \theta = \pi \text{ rad}$$

- 3º) Área total

$$A_t = A_l + B \implies A_t = 2\pi r^2 + \pi r^2 \implies A_t = 3\pi r^2$$

- 4º) Volume

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h \implies V = \frac{1}{3} \pi r^2 \cdot r\sqrt{3} \implies V = \frac{\sqrt{3}}{3} \pi r^3$$



- 599.** Calcule o raio e a altura de um cone de revolução cujo desenvolvimento é um semicírculo de raio α .

- 600.** A geratriz de um cone mede 14 cm e a área da base $80\pi \text{ cm}^2$. Calcule a medida da altura do cone.

- 601.** Determine a medida da área lateral de um cone equilátero, sendo 20 cm a medida da sua geratriz.

- 602.** Determine a área total de um cone, cuja secção meridiana é um triângulo equilátero de 8 dm de lado.

- 603.** Determine a medida da área lateral e da área total de um cone de revolução, sabendo que sua altura mede 12 cm e sua geratriz 13 cm .

- 604.** Determine a medida da altura de um cone equilátero cuja área total mede $54\pi \text{ cm}^2$.

- 605.** Calcule a área total e o volume de um cone equilátero, sabendo que a área lateral é igual a $24\pi\text{ cm}^2$.
- 606.** Determine a área lateral de um cone cujo raio da base mede 5 cm , sendo 60° o ângulo que a geratriz forma com a base do cone.
- 607.** Determine a área total de um cone cuja altura mede 12 cm e forma um ângulo de 45° com a geratriz.
- 608.** O raio da base de um cone mede 12 cm . Sabendo que a altura forma um ângulo de 60° com a geratriz do cone, determine sua área lateral.
- 609.** A geratriz de um cone de revolução forma com o eixo do cone um ângulo de 45° . Sendo A a área da secção meridiana do cone, calcule sua área total.
- 610.** A planificação da superfície lateral de um cone de revolução é um setor circular de 90° . Calcule a razão entre o raio da base do cone e a geratriz do cone.

Solução

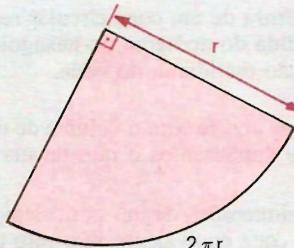
Ângulo do setor circular:

$$\theta = \frac{360r}{g} \text{ graus} = \frac{r}{g} 360^\circ.$$

Razão entre o raio da base do cone e a geratriz:

$$\frac{r}{g} = \frac{\theta}{360} = \frac{90^\circ}{360^\circ} = \frac{1}{4}$$

Resposta: A razão entre o raio da base e a geratriz do cone é $\frac{1}{4}$.



- 611.** Determine a razão entre o raio da base e a geratriz de um cone de revolução, sabendo que o desenvolvimento da superfície lateral do cone é um setor circular cujo ângulo mede 60° .
- 612.** Determine a altura de um cone, sabendo que o desenvolvimento de sua superfície lateral é um setor circular de 135° e raio igual a 10 cm .
- 613.** Determine o ângulo central de um setor circular obtido pelo desenvolvimento da superfície lateral de um cone cuja geratriz mede 18 cm e o raio da base 3 cm .
- 614.** Determine a medida do ângulo do setor circular resultante do desenvolvimento sobre um plano da superfície lateral de um cone cuja altura e cujo raio estão na razão $3/4$.

- 615.** A área da base de um cone de revolução é $1/3$ da área total. Calcule o ângulo do setor circular que é o desenvolvimento da superfície lateral do cone.
- 616.** O diâmetro da base de um cone circular reto mede 3 m e a área da base é $2/5$ da área total. Calcule o ângulo do setor circular que é o desenvolvimento da superfície lateral do cone.
- 617.** Determine a área total de um cone, sendo 40 cm o diâmetro de sua base e 420 cm^2 a área de sua secção meridiana.
- 618.** Determine a superfície lateral de um cone cuja área da base mede $6,25\pi\text{ cm}^2$, sendo 4 cm a medida da sua altura.
- 619.** Um cone tem 8 cm de altura e 15 cm de raio. Outro cone tem 15 cm de altura e 8 cm de raio. Quanto a área lateral do primeiro excede a área lateral do segundo?
- 620.** Determine a medida da altura de um cone, sendo 42 cm o diâmetro da base e $1050\pi\text{ cm}^2$ sua área total.
- 621.** A altura de um cone circular reto cujo raio da base mede r é πr . Sendo 3 cm a medida do apótema do hexágono regular inscrito na base, determine a área da secção meridiana do cone.
- 622.** O que ocorre com o volume de um cone de revolução se duplicarmos sua altura? E se duplicarmos o raio de sua base?
- 623.** As dimensões de um paralelepípedo retângulo são a , b e c . Qual é a altura de um cone equivalente se o raio da base do cone mede a ?
- 624.** O volume de um cilindro reto é $1225\pi\text{ cm}^3$ e sua altura é 35 cm . Determine o volume de um cone de revolução, sendo sua base a mesma do cilindro e sua geratriz a geratriz do cilindro.
- 625.** Determine o volume de um cone de revolução cuja secção meridiana é um triângulo isósceles de área $4,8\text{ dm}^2$, sendo 3 dm a altura do cone.
- 626.** Determine a área lateral de um cone, sendo 3 cm sua altura e 5 cm a soma da medida da geratriz com o raio da base.
- 627.** Determine a geratriz do cone de revolução, sabendo que a área da base é equivalente à secção meridiana do cone e que a altura desse cone mede $9\pi\text{ cm}$.
- 628.** O volume de um cone de revolução é $128\pi\text{ cm}^3$, sendo 8 cm o lado do hexágono inscrito em sua base. Determine a relação entre a área total do cone e a área total de um cilindro que tenha o mesmo volume e a mesma base do cone. Calcule ainda a medida do ângulo do setor circular obtido do desenvolvimento da superfície lateral do cone.

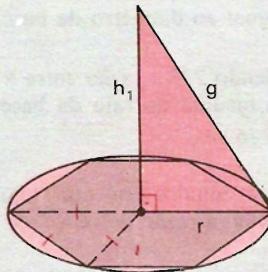
Solução

r = raio da base comum

h_1 = altura do cone

h_2 = altura do cilindro

Dados: $r = 8$ $V_{cone} = V_{cil} = 128\pi$.



1º) Relação entre as áreas totais

$$V_{cone} = 128\pi \implies \frac{1}{3}\pi \cdot 8^2 \cdot h_1 = 128\pi \implies h_1 = 6$$

$$(r = 8, h_1 = 6, g^2 = r^2 + h_1^2) \implies g^2 = 6^2 + 8^2 \implies g = 10$$

$$A_{t_{cone}} = \pi r g + \pi r^2 \implies A_{t_{cone}} = \pi \cdot 8^2 + \pi \cdot 8 \cdot 10 \implies A_{t_{cone}} = 144\pi$$

$$V_{t_{cil}} = 128\pi \implies \pi r^2 h_2 = 128\pi \implies \pi \cdot 8^2 \cdot h_2 = 128\pi \implies h_2 = 2$$

$$A_{t_{cil}} = 2\pi r h_2 + 2\pi r^2 \implies A_{t_{cil}} = 2\pi \cdot 8 \cdot 2 + 2 \cdot \pi \cdot 8^2 \implies A_{t_{cil}} = 160\pi$$

$$\frac{A_{t_{cone}}}{A_{t_{cil}}} = \frac{144\pi}{160\pi} \implies \frac{A_{t_{cone}}}{A_{t_{cil}}} = \frac{9}{10}$$

2º) Ângulo do setor

$$\left. \begin{array}{l} 2\pi \cdot g \text{ --- } 360^\circ \\ 2\pi \cdot r \text{ --- } \alpha \end{array} \right\} \implies \left. \begin{array}{l} 2\pi \cdot 10 \text{ --- } 360^\circ \\ 2\pi \cdot 8 \text{ --- } \alpha \end{array} \right\} \implies \alpha = 288^\circ$$

- 629.** Com um setor circular de 120° e raio R , construímos um cone. Calcule a área total e o volume do cone.
- 630.** Determine o ângulo central de um setor obtido pelo desenvolvimento da superfície lateral de um cone cujo raio da base mede 1 cm e cuja altura é 3 cm .
- 631.** Um cone circular reto tem 24 cm de altura e 7 cm de raio. Calcule em radianos a medida do ângulo do setor circular que se obtém pelo desenvolvimento da superfície lateral do cone.
- 632.** Um cone circular reto de altura $h = 3\text{ m}$ tem área lateral igual a $6\pi\text{ m}^2$. Determine o ângulo que a geratriz g faz com a reta suporte da altura h .
- 633.** Um cilindro e um cone têm mesmo volume e igual altura h . Determine o raio do cilindro em função do raio r da base do cone.
- 634.** Calcule a altura, a área lateral e o volume de um cone de revolução de raio R e base equivalente à secção meridiana.

- 635.** Determine a razão entre a base e a superfície lateral de um cone que tem altura igual ao diâmetro da base.
- 636.** Sendo $7/5$ a razão entre a área lateral e a área da base de um cone, determine a medida do raio da base e da geratriz, sabendo que a altura do cone mede $4\sqrt{6}\text{ cm}$.
- 637.** Um cilindro e um cone têm altura h e raio da base r . Sendo r o dobro de h , determine a razão entre a área lateral do cilindro e a área lateral do cone.
- 638.** Determine o volume de um cone cujo raio da base mede r , sendo $3r$ a soma das medidas da geratriz com a altura do cone.
- 639.** Calcule o raio da base de um cone de revolução, conhecendo sua área total πa^2 e sua geratriz g .
- 640.** Determine o volume de um cone de revolução cuja área lateral é igual a A , sabendo que a geratriz do cone é igual a $4/5$ do diâmetro da base do cone.
- 641.** Determine o volume de um cone de revolução, sendo $126\pi\text{ cm}^2$ sua área lateral e $200\pi\text{ cm}^2$ sua área total.
- 642.** Calcule o volume de um cone equilátero em função de sua área total S .
- 643.** O raio da base, a altura e a geratriz de um cone reto formam, nessa ordem, uma progressão aritmética. Determine esses elementos, sabendo que o volume do cone é $144\pi\text{ cm}^3$.
- 644.** Desenvolvendo a superfície lateral de um cone reto, obtém-se um setor circular de raio 10 cm e ângulo central 135° . Calcule o volume desse cone.
- 645.** Um semicone reto tem altura igual ao raio e o volume é $576\pi\text{ cm}^3$. Calcule a área lateral do semicone.
- 646.** A geratriz de um cone de revolução mede 25 cm e a diagonal menor do hexágono regular inscrito na base do cone mede $7\sqrt{3}\text{ cm}$. Determine a área total e o volume do cone.
- 647.** Determine o volume de um cone de revolução cuja área lateral é $60\pi\text{ cm}^2$, sendo $4,8\text{ cm}$ a distância do centro da base à geratriz do cone.
- 648.** O diâmetro da base de um cone mede os $3/5$ da sua altura e a área lateral é 100 dm^2 . Calcule a medida da geratriz do cone.
- 649.** Demonstre que o volume de um cone é igual ao produto da sua área lateral pela terça parte da distância do centro de sua base à geratriz do cone.

- 650.** Um sólido é formado pela superposição de cone sobre um cilindro de raio da base r . Sendo a altura do sólido o triplo do raio r e a área lateral do sólido o quíntuplo da área da base do cilindro, calcule o volume do sólido em função de r .
- 651.** Um semicone tem área lateral igual a $(\sqrt{2} \pi + 2) \text{ cm}^2$. Determine a medida da sua geratriz, sabendo que o raio da base tem medida igual à altura do semicone.
- 652.** Determine a medida do raio da base e da geratriz de um cone, sendo h a medida de sua altura e πm^2 sua área total.
- 653.** Calcule o volume de um cone de revolução, conhecendo a área lateral A e o apótema g .
- 654.** Calcule o volume de um cone de revolução, conhecendo a área total S e a altura h .
- 655.** Calcule o volume V de um cone de revolução em função de sua área lateral A e de sua área total S .
- 656.** Determine o volume de um cone de revolução, conhecendo o raio da base r e sua área total S .
- 657.** Entre o volume V , a área lateral A e a área total S de um cone de revolução, tem-se:

$$9\pi V^2 = S(S - A)(2A - S)$$
- 658.** São dados um cone e um cilindro de revolução. Esses sólidos têm a mesma altura e são equivalentes. A área lateral do cilindro é igual à área total do cone. Exprima o volume do cone em função do seu raio R .

Solução

Elementos:

do cilindro: r, h

do cone: R (dado), h, g

$$V_{\text{cil}} = V_{\text{cone}} \implies \pi r^2 h = \frac{1}{3} \pi R^2 h \implies r = \frac{R \sqrt{3}}{3}$$

$$A_{t_{\text{cil}}} = A_{t_{\text{cone}}} \implies 2\pi r h = \pi R g + \pi R^2 \implies 2r h = R g + R^2$$

Substituindo r e considerando $g = \sqrt{h^2 + R^2}$, temos:

$$\begin{aligned} \frac{2R\sqrt{3}}{3} h &= R \sqrt{h^2 + R^2} + R^2 \implies \frac{2\sqrt{3}}{3} h - R = \sqrt{h^2 + R^2} \implies \\ &\implies \frac{12}{9} h^2 - \frac{4\sqrt{3}}{3} h R + R^2 = h^2 + R^2 \implies \frac{h}{3} (h - 4\sqrt{3} R) = 0 \implies \\ &\implies h = 4\sqrt{3} R \text{ ou } h = 0 \text{ (não convém).} \end{aligned}$$

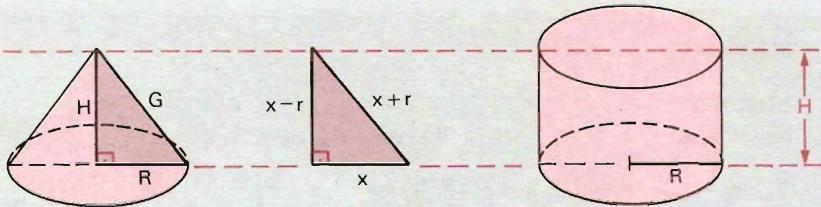
Calculando o volume do cone, vem:

$$V_{\text{cone}} = \frac{1}{3} \pi R^2 h \implies V_{\text{cone}} = \frac{1}{3} \pi R^2 \cdot 4\sqrt{3}R \implies V_{\text{cone}} = \frac{4\sqrt{3}}{3} \pi R^3.$$

Resposta: $V_{\text{cone}} = \frac{4\sqrt{3}}{3} \pi R^3.$

- 659.** O raio da base, a altura e o apótema (geratriz) de um cone reto formam, nessa ordem, uma progressão aritmética. Determine esses elementos, sendo $37,68 \text{ cm}^3$ o volume do cone. Adote $\pi = 3,14$.
- 660.** Quanto se deve aumentar a altura e diminuir o raio da base de um cone de revolução para que seu volume permaneça constante?
- 661.** Dado um cone circular reto e um cilindro circular reto de mesma altura e mesma base, mostre que a área lateral do cilindro é menor que 2 vezes a área lateral do cone.
- 662.** Pediu-se para calcular o volume de um cone circular reto, sabendo-se que as dimensões da geratriz, do raio da base e da altura estão, nessa ordem, em progressão aritmética. Por engano, ao se calcular o volume do cone, usou-se a fórmula do volume do cilindro circular reto de mesmo raio e de mesma altura do cone. O erro obtido foi de $4\pi \text{ m}^3$. Dê a altura e o raio do cone.

Solução



G, R e H em P.A. $\implies (G = x + r, R = x, H = x - r)$ em que r é a razão (positiva) e x é o termo médio da P.A.

Do triângulo retângulo, temos:

$$\begin{aligned} x^2 + (x - r)^2 &= (x + r)^2 \implies x^2 - 4xr = 0 \implies x(x - 4r) = 0 \implies \\ &\implies x = 4r \text{ ou } x = 0 \text{ (não convém)} \end{aligned}$$

As dimensões são $G = 5r$, $R = 4r$ e $H = 3r$.

$$\text{erro} = BH - \frac{1}{3}BH = \frac{2}{3}BH \implies \frac{2}{3}BH = 4\pi$$

Substituindo $B = \pi R^2 = \pi(4r)^2$ e $H = 3r$, vem:

$$\frac{2}{3} \pi \cdot 16r^2 \cdot 3r = 4\pi \implies r^3 = \frac{1}{8} \implies r = \frac{1}{2}.$$

Calculando a altura H e o raio:

$$H = 3r \implies H = \frac{3}{2} \quad R = 4r \implies R = 2$$

Respostas: $H = \frac{3}{2} \text{ m}$ e $R = 2 \text{ m}$.

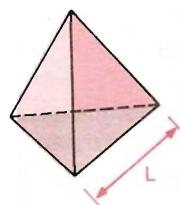
663. No cálculo do volume de um cone reto, o calculista se enganou, trocando as medidas do raio e da altura. O volume do cone aumentou ou diminuiu? Discuta.

664. A base de um cone reto é equivalente à secção meridiana. Se o raio da base mede 1 m, calcule a altura do cone.

665. Um cone circular tem raio 2 m e altura 4 m. Qual é a área da secção transversal, feita por um plano, distante 1 m do seu vértice?

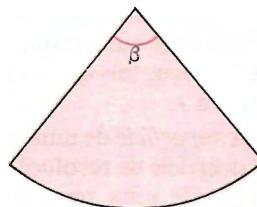
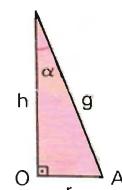
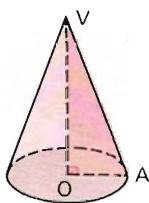
666. Dado um tetraedro regular de aresta L :

- Determine, em função de L , o volume V do cone circular circunscrito, isto é, do cone que tem vértice num vértice do tetraedro e base circunscrita à face oposta do tetraedro.
- Determine, em função de L , a área lateral A do cilindro circular reto circunscrito, isto é, do cilindro que tem uma base circunscrevendo uma face do tetraedro e altura igual à altura do tetraedro.



667. A geratriz de um cone reto forma um ângulo α com o plano da base. Sendo V o volume do cone, determine o raio da base e a altura do cone.

668. As figuras abaixo representam um cone de revolução, seus elementos e a planificação de sua superfície lateral.



Expresse β em função de α .

CAPÍTULO XII

Esfera

I. Definições

218. Esfera

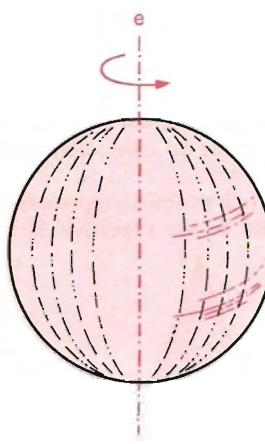
Consideremos um ponto O e um segmento de medida r . Chama-se *esfera* de *centro* O e *raio* r ao conjunto dos pontos P do espaço, tais que a distância \overline{OP} seja menor ou igual a r .

A esfera é também o sólido de revolução gerado pela rotação de um semicírculo em torno de um eixo que contém o diâmetro.

219. Superfície

Chama-se *superfície* da esfera de centro O e raio r ao conjunto dos pontos P do espaço, tais que a distância OP seja igual a r .

A *superfície* de uma esfera é também a superfície de revolução gerada pela rotação de uma semicircunferência com extremidades no eixo.



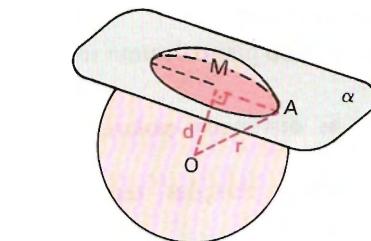
220. Secção

Toda secção plana de uma esfera é um círculo.

Se o plano secante passa pelo centro da esfera, temos como secção um *círculo máximo* da esfera.

Sendo r o raio da esfera, d a distância do plano secante ao centro e s o raio da secção, vale a relação:

$$s^2 = r^2 - d^2.$$



Teorema de Pitágoras no $\triangle OMA$:

$$r^2 = d^2 + s^2.$$

221. Elementos: pólos – equador – paralelo – meridiano

Pólos relativos a uma secção da esfera são as extremidades do diâmetro perpendicular ao plano dessa secção.

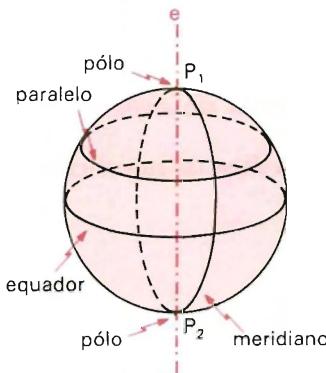
Considerando a superfície de uma esfera de eixo e , temos:

pólos: são as interseções da superfície com o eixo.

equador: é a secção (circunferência) perpendicular ao eixo, pelo centro da superfície.

paralelo: é uma secção (circunferência) perpendicular ao eixo. É “paralela” ao equador.

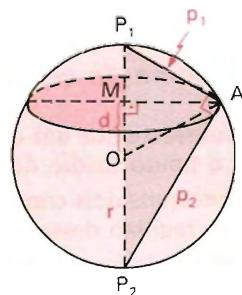
meridiano: é uma secção (circunferência) cujo plano passa pelo eixo.



222. Distância polar

Distância polar é a distância de um ponto qualquer de um paralelo ao pólo.

Um ponto A da superfície de uma esfera tem duas distâncias polares: $P_1 A$ e $P_2 A$.



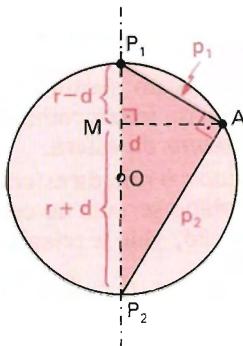
Sendo:

- r o raio da esfera,
- d a distância do plano de uma secção ao centro,
- p_1 e p_2 as distâncias polares de um ponto A .

Usando relações métricas no $\triangle P_1 A P_2$, temos:

$$(AP_1)^2 = (P_1 P_2) \cdot (P_1 M) \Rightarrow p_1^2 = 2r(r-d)$$

$$(AP_2)^2 = (P_1 P_2) \cdot (P_2 M) \Rightarrow p_2^2 = 2r(r+d)$$



II. Área e volume

223. Área da esfera

A área da superfície de uma esfera de raio r é igual a $4\pi r^2$.

$$A = 4\pi r^2$$

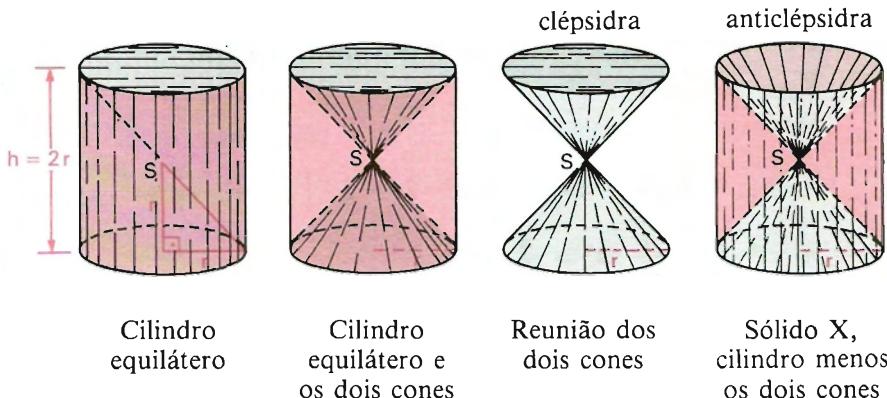
A dedução desta fórmula encontra-se no final deste capítulo, no item 231.

224. Volume da esfera

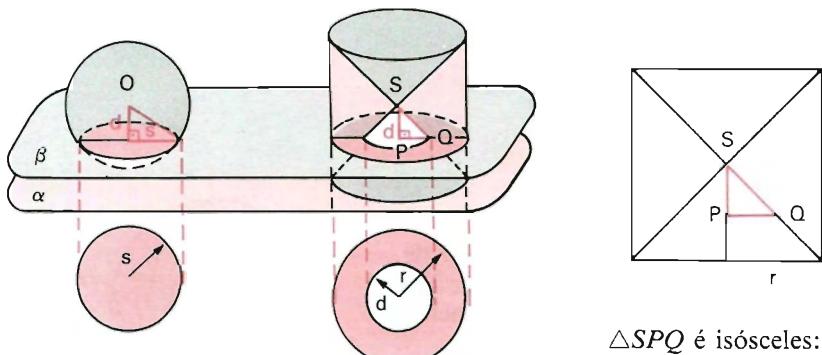
Consideremos um cilindro equilátero de raio da base r (a altura é $2r$) e seja S o ponto médio do eixo do cilindro.

Tomemos dois cones tendo como bases as do cilindro e S como vértice comum (a reunião desses dois cones é um sólido chamado *clépsidra*).

Ao sólido que está dentro do cilindro e fora dos dois cones vamos chamar de sólido X (este sólido X é chamado *anticlépsidra*).



Consideremos agora uma esfera de raio r e o sólido X descrito acima.



Suponhamos que a esfera seja tangente a um plano α , que o cilindro (que originou o sólido X) tenha base em α e que os dois sólidos, esfera e sólido X , estejam num mesmo semi-espaco dos determinados por α .

Qualquer plano secante β , paralelo a α , distando d do centro da esfera (e do vértice do sólido X), tambm secciona o sólido X . Temos:

$$\text{Área da secção na esfera} = \pi s^2 = \pi(r^2 - d^2) \\ (\text{círculo})$$

$$\text{Área da secção no sólido } X = \pi r^2 - \pi d^2 = \pi(r^2 - d^2) \\ (\text{coroa circular})$$

As áreas das secções na esfera e no sólido X são iguais; então, pelo princípio de Cavalieri, a esfera e o sólido X têm volumes iguais.

$$V_{\text{esfera}} = V_{\text{sólido } X}$$

Mas:

$$\begin{aligned} V_{\text{sólido } X} &= V_{\text{cilindro}} - 2V_{\text{cone}} = \pi r^2 \cdot 2r - 2 \cdot \left(\frac{1}{3} \pi r^2 \cdot r \right) = \\ &= \pi r^2 \cdot 2r - \frac{2}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi r^3 \end{aligned}$$

Ou seja: $V_{\text{esfera}} = \frac{4}{3} \pi r^3$.

Conclusão: O volume de uma esfera de raio r é $\frac{4}{3} \pi r^3$

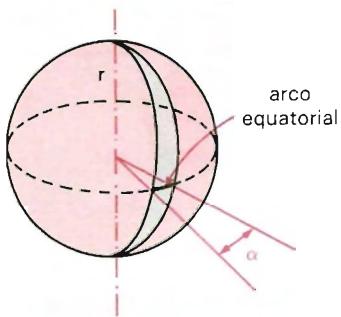
$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

III. Fuso e cunha

225. Fuso esférico

É a intersecção da *superfície* de uma esfera com um diedro (ou setor diedral) cuja aresta contém um diâmetro dessa superfície esférica.

O ângulo α , medida do diedro, medido na secção equatorial, é o que caracteriza o fuso.



226. Área do fuso

Sendo α a medida do diedro, temos:

a) com α em graus

$$\frac{360^\circ}{\alpha^\circ} \frac{4\pi r^2}{A_{\text{fuso}}} \} \Rightarrow A_{\text{fuso}} = \frac{\pi r^2 \alpha}{90}$$

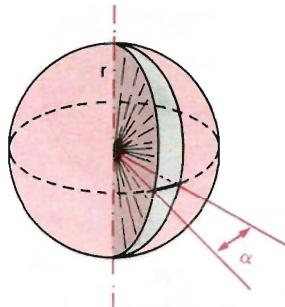
b) com α em radianos

$$\left. \begin{array}{l} 2\pi \\ \alpha \end{array} \right\} \frac{4\pi r^2}{A_{\text{fuso}}} \Rightarrow A_{\text{fuso}} = 2r^2\alpha$$

227. Cunha esférica

É a interseção de uma esfera com um *diedro* (ou setor diedral) cuja aresta contém o diâmetro da esfera.

A cunha é caracterizada pelo raio da esfera e pela medida do diedro.



228. Volume da cunha

Sendo α a medida do diedro, temos:

a) com α em graus:

$$\left. \begin{array}{l} 360^\circ \\ \alpha^\circ \end{array} \right\} \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{V_{\text{cunha}}} \Rightarrow V_{\text{cunha}} = \frac{\pi r^3 \alpha}{270}$$

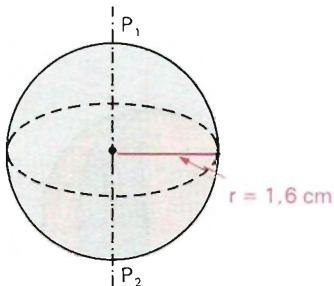
b) com α em radianos:

$$\left. \begin{array}{l} 2\pi \\ \alpha \end{array} \right\} \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{V_{\text{cunha}}} \Rightarrow V_{\text{cunha}} = \frac{2r^3\alpha}{3}$$

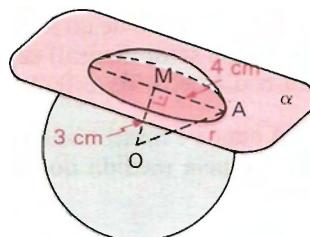
EXERCÍCIOS

669. Calcule a área e o volume das esferas, cujas medidas estão indicadas abaixo.

a)



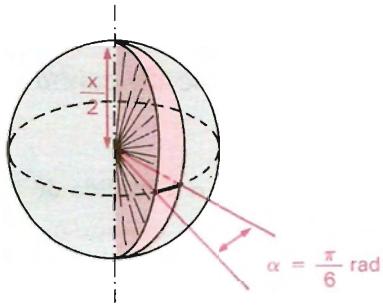
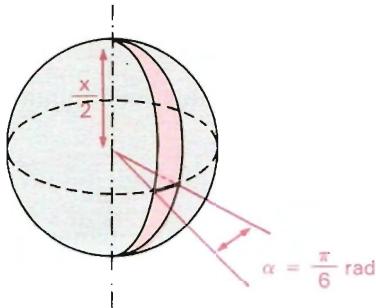
b)



670. Represente, nas esferas abaixo, através de expressões algébricas:

a) a área do fuso

b) a área total e o volume da cunha



671. Obtenha o raio de uma esfera, sabendo que um plano determina na esfera um círculo de raio 20 cm , sendo 21 cm a distância do plano ao centro da esfera.

672. O raio de uma esfera mede 53 cm . Um plano que secciona essa esfera determina nela um círculo de raio 45 cm . Obtenha a distância do plano ao centro da esfera.

673. Um plano secciona uma esfera de 34 cm de diâmetro. Determine o raio da secção obtida, sendo 8 cm a distância do plano ao centro da esfera.

674. Determine o diâmetro de um círculo cuja área é igual à superfície de uma esfera de raio r .

- 675.** Determine o raio de uma esfera de superfície $36\pi \text{ cm}^2$.
- 676.** Determine a área do círculo da esfera cujas distâncias polares são de 5 cm e 3 cm .

Solução

Sendo r o raio da secção e d o diâmetro da esfera, vem:

$$d^2 = 5^2 + 3^2 \Rightarrow d = \sqrt{34}.$$

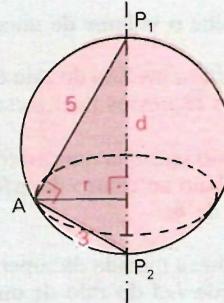
Relações métricas ($ah = bc$) no $\triangle P_1AP_2$ retângulo em A :

$$\begin{aligned} d \cdot r &= 5 \cdot 3 \Rightarrow \sqrt{34} \cdot r = 15 \Rightarrow \\ \Rightarrow r &= \frac{15}{\sqrt{34}} \end{aligned}$$

Área da secção: S .

$$S = \pi r^2 \Rightarrow S = \pi \left(\frac{15}{\sqrt{34}} \right)^2 \Rightarrow S = \frac{225\pi}{34}$$

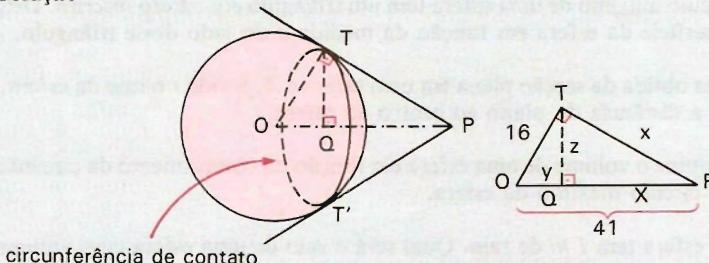
Resposta: A área do círculo é $\frac{225\pi}{34} \text{ cm}^2$.



- 677.** Calcule a área de uma secção plana feita a uma distância de 12 cm do centro de uma esfera de 37 cm de raio.
- 678.** A secção plana de uma esfera feita a 35 cm do centro tem $144\pi \text{ cm}^2$ de área. Calcule a área do círculo máximo dessa esfera.
- 679.** Calcule a distância de uma secção plana de uma esfera ao centro da esfera, sabendo que o círculo máximo tem área igual ao quádruplo da área determinada pela secção plana e que o raio da esfera mede 17 cm .
- 680.** O raio de uma esfera mede 41 cm . Determine a razão entre as áreas das secções obtidas por dois planos, sendo de 40 cm e 16 cm as respectivas distâncias desses planos ao centro da esfera.
- 681.** Determine a área e o volume de uma esfera de 58 cm de diâmetro.
- 682.** Determine a área de uma esfera, sendo $2304\pi \text{ cm}^2$ o seu volume.
- 683.** Calcule a distância polar de um círculo máximo de uma esfera de 34 cm de diâmetro.

- 684.** Determine a superfície de uma esfera, sendo $26\pi \text{ cm}$ o comprimento da circunferência do círculo máximo.
- 685.** Determine o raio de uma esfera, sendo $288\pi \text{ cm}^3$ o seu volume.
- 686.** Uma esfera oca tem 1 dm de raio exterior e 1 cm de espessura. Determine o volume da parte oca da esfera.
- 687.** Determine o volume de uma esfera de $100\pi \text{ cm}^2$ de superfície.
- 688.** Determine a medida do raio de uma esfera, sabendo que seu volume e sua superfície são expressos pelo mesmo número.
- 689.** Um plano secciona uma esfera determinando um círculo de raio igual à distância m do plano ao centro da esfera. Obtenha a superfície e o volume da esfera em função de m .
- 690.** Determine a medida da superfície e do volume de uma esfera, sabendo que o seu raio mede $1/5$ do raio de outra esfera cujo volume é $4500\pi \text{ cm}^3$.
- 691.** A cúpula de uma igreja é uma semi-esfera apoiada sobre um quadrado de 12 m de lado (isto é, o círculo base da semi-esfera está inscrito nesse quadrado). Determine a superfície da cúpula.
- 692.** Determine a medida do raio de uma esfera, sabendo que o raio de um círculo menor mede 5 cm e que sua distância polar mede 13 cm .
- 693.** Determine a distância polar de um círculo menor de uma esfera, sendo 10 cm o raio da esfera e 6 cm a distância do círculo ao centro da esfera.
- 694.** Os pólos de um círculo menor de uma esfera distam, respectivamente, 5 cm e 10 cm do plano do círculo. Determine o raio desse círculo.
- 695.** Uma bola de ouro de raio r se funde, transformando-se em um cilindro de raio r . Determine a altura do cilindro.
- 696.** Um cone é equivalente a um hemisfério de 25 cm de diâmetro. Determine a área lateral do cone, sabendo que as bases do cone e do hemisfério são coincidentes.
- 697.** Duas esferas de metal de raios $2r$ e $3r$ se fundem para formar uma esfera maior. Determine o raio dessa nova esfera.
- 698.** Um sólido é formado por dois cones retos de volumes iguais, tendo como base comum um círculo de 6 cm de raio. A área do sólido é igual à superfície de uma esfera de raio 6 cm . Determine a relação entre os volumes do sólido e da esfera.
- 699.** Os raios de duas esferas concêntricas medem, respectivamente, 15 cm e 8 cm . Calcule a área da secção feita na esfera de raio maior por um plano tangente à outra esfera.

- 700.** Determine o diâmetro de uma esfera obtida da fusão de duas esferas de 10 cm de diâmetro.
- 701.** Sabendo que o diâmetro de uma esfera é os $3/5$ do diâmetro de uma outra esfera, calcule a razão entre as áreas dessas duas esferas.
- 702.** O que ocorre com o volume de uma esfera quando duplicamos a medida de seu raio? E quando triplicamos a medida do seu raio?
- 703.** O que ocorre com o volume de uma esfera quando o raio aumenta 100%? E quando aumenta 300%? E quando diminui 50%?
- 704.** O que ocorre com a superfície de uma esfera quando o raio aumenta 200%? E quando aumenta 150%? E quando diminui 25%?
- 705.** O raio de uma esfera mede 16 cm. De um ponto P situado a 41 cm do centro da esfera traçam-se tangentes à esfera. Determine o comprimento dos segmentos com extremidades em P e nos pontos de tangência com a esfera, bem como a distância do centro da esfera ao plano do círculo de contato e o raio desse círculo.

Solução

circunferência de contato

Sejam x , y e z , respectivamente, o comprimento do segmento PT , a distância OQ do centro da esfera ao plano do círculo e o raio do círculo de tangência.

Aplicando relações métricas (Pitágoras, $b^2 = a \cdot m$, $ah = bc$) no triângulo PTO retângulo em T , vem:

$$x^2 = 41^2 - 16^2 \implies x^2 = 1425 \implies x = 5\sqrt{57}$$

$$41 \cdot y = 16^2 \implies y = \frac{256}{41}$$

$$41 \cdot z = 16 \cdot x \implies 41 \cdot z = 16 \cdot 5\sqrt{57} \implies z = \frac{80\sqrt{57}}{41}$$

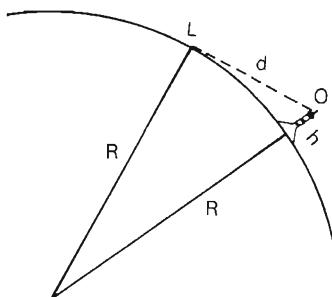
Resposta: Na ordem pedida: $5\sqrt{57}$ cm, $\frac{256}{41}$ cm e $\frac{80\sqrt{57}}{41}$ cm.

- 706.** Supondo a Terra esférica e o metro a décima milionésima parte do quarto do meridiano, determine a superfície da Terra em km^2 .
- 707.** Determine a superfície de uma esfera de 5 cm de raio. Em quanto aumenta a superfície, ao aumentar o raio em 1 cm ?
- 708.** A área de uma secção plana de uma esfera é $144\pi\text{ cm}^2$. Calcule a superfície da esfera, sabendo que a distância ao centro da esfera é 5 cm .
- 709.** Uma esfera tem $25\pi\text{ cm}^2$ de superfície. Em quanto devemos aumentar o raio, para que a área passe a ser $64\pi\text{ cm}^2$?
- 710.** Determine a área de um círculo obtido da secção plana de uma esfera, sendo o raio da esfera r , e 15 cm a distância desse plano ao centro da esfera.
- 711.** Determine a superfície de uma esfera em função do comprimento da circunferência c do círculo máximo da esfera.
- 712.** Determine a superfície de uma esfera em função da área A do círculo máximo da esfera.
- 713.** O círculo máximo de uma esfera tem um triângulo equilátero inscrito. Determine a superfície da esfera em função da medida a do lado desse triângulo.
- 714.** A área obtida da secção plana em uma esfera é A . Sendo r o raio da esfera, determine a distância do plano ao centro da esfera.
- 715.** Determine o volume de uma esfera em função do comprimento da circunferência C do círculo máximo da esfera.
- 716.** Uma esfera tem 1 m de raio. Qual será o raio de uma esfera cujo volume é $1/5$ do volume da primeira esfera?
- 717.** Determine a razão entre as áreas de um cubo e uma esfera, sabendo que seus volumes são iguais.
- 718.** Um cubo de chumbo de aresta a foi transformado numa esfera. Determine a superfície da esfera em função de a .
- 719.** Calcule em cm^3 o volume de uma esfera, sabendo que o diâmetro perpendicular a um círculo menor de 10 cm de raio é dividido por esse círculo em dois segmentos de razão $2/5$.
- 720.** Uma esfera, um cilindro e um cone têm o mesmo volume e o mesmo raio. Calcule a razão entre a altura do cilindro e a do cone.
- 721.** Determine a diferença entre a área da maior e da menor das secções obtidas por um ponto P , a uma distância d do centro da esfera.

- 722.** A superfície de uma esfera mede $144\pi\text{ cm}^2$ e é igual à área total de um cilindro que tem o mesmo raio da esfera. Determine a relação entre os volumes de ambos os sólidos.
- 723.** Uma esfera é equivalente a um cilindro reto cuja área total é igual a $42\pi\text{ cm}^2$. Sendo 3 cm o raio do cilindro, determine:
- o raio da esfera;
 - a relação entre a área da esfera e a área total de um cone reto que tenha a mesma base e a mesma altura do cilindro dado.
- 724.** Fabricou-se uma caldeira de tal maneira que as bases de dois hemisférios coincidissem com as bases de um cilindro. Sendo o diâmetro do cilindro os $3/5$ de sua altura e a superfície da caldeira equivalente a uma esfera de raio R , determine a relação entre o volume da caldeira e o volume da esfera de raio R .
- 725.** Duas esferas tangentes entre si tangenciam internamente uma outra esfera. Sendo 10 cm o diâmetro da esfera maior, determine a relação entre os volumes das esferas tangentes internamente, sabendo que sua soma é $2/3$ do volume da esfera maior.
- 726.** Um cubo e uma esfera têm igual superfície. Qual dos sólidos tem maior volume?
- 727.** A área total de um cubo e a área de uma superfície esférica são iguais. Qual a razão entre o raio da superfície esférica e a medida de uma aresta do cubo?
- 728.** A área da superfície de uma esfera e a área total de um cone reto são iguais. Determine o raio da esfera, sabendo que o volume do cone é $12\pi\text{ dm}^3$ e o raio da base é 3 dm .
- 729.** Determine o ângulo do fuso de uma esfera, sendo $324\pi\text{ cm}^2$ a área da esfera e $54\pi\text{ cm}^2$ a área do fuso.
- 730.** Qual é a área de um fuso de 28° pertencente a uma esfera de $4\pi\text{ m}^2$ de superfície?
- 731.** Determine a área de um fuso de 45° em uma esfera de 10 cm de raio.
- 732.** Um fuso de 10° de uma esfera de 1 cm de raio é equivalente a uma secção plana da esfera. Determine a distância da secção ao centro da esfera.
- 733.** Determine a área de um fuso, cujo ângulo mede 30° , em uma esfera de 18 cm de raio.
- 734.** Determine a distância de uma secção plana de uma esfera ao centro dessa esfera, sabendo que o raio da esfera mede 12 cm e que a área do fuso de 60° é equivalente à área dessa secção.

- 735.** Calcule a área total e o volume de uma cunha esférica de 30° , sendo r o raio da esfera.
- 736.** Determine o volume de uma cunha, cujo ângulo mede 60° , em uma esfera cujo volume mede $288\pi m^3$.
- 737.** Qual é o volume de uma cunha de 30° , pertencente a uma esfera de $972\pi m^3$ de volume?
- 738.** Determine as medidas dos raios de duas esferas, sabendo que sua soma vale 20 cm e que o fuso de 60° na primeira é equivalente ao fuso de 30° na segunda.
- 739.** Um fuso de 60° de uma esfera é equivalente a um fuso de 30° de uma outra esfera. Determine os raios dessas esferas, sendo 24 cm sua soma.
- 740.** Determine o raio de uma cunha esférica de 45° , sabendo que é equivalente a um hemisfério de 10 cm de diâmetro.
- 741.** Quantos brigadeiros (bolinhas de chocolate) de raio $0,5\text{ cm}$ podemos fazer a partir de um brigadeiro de raio $1,0\text{ cm}$?
- 742.** Um observador (O), do ponto mais alto de um farol, vê a linha do horizonte (L) a uma distância d . Sejam h e R a altura do farol e o raio da Terra, respectivamente.

- a) Como R é muito maior que h , pode-se admitir que $2R + h = 2R$. Assim, prove, usando a aproximação indicada, que $d = \sqrt{2Rh}$.
- b) O raio da Terra tem, aproximadamente, $6\,300\text{ km}$. Usando a fórmula do item a, calcule a distância (d) do horizonte, quando o observador está a uma altura $h = 35\text{ m}$.



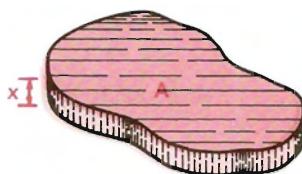
- 743.** Uma esfera de raio 5 cm , ao ser seccionada por um plano distante 3 cm do seu centro, determina uma área S . Então, calcule o valor de $\frac{S}{4\pi}$.
- 744.** Um plano intercepta uma esfera perpendicularmente a um de seus diâmetros num ponto P distinto do centro e interior a esse diâmetro.
- Prove que a intersecção é um círculo.
 - Determine (em função do raio r da esfera) a distância do ponto P ao centro, a fim de que o círculo intersecção tenha área igual à metade da de um círculo máximo da esfera.

IV. Dedução das fórmulas das áreas do cilindro, do cone e da esfera

Colocamos no final deste capítulo a dedução das expressões das áreas laterais do cilindro e do cone e da área da superfície esférica. É a melhor maneira que encontramos para justificar as expressões já incluídas nos itens 199, 214 e 223.

229. Noção intuitiva

Se considerarmos uma superfície limitada de área A e sobre ela formarmos um sólido de altura x de bases “paralelas”, teremos, indicando com V , o volume do sólido (“prismas” reunidos com “cilindros”) de base A e altura x .



$$V = Ax \implies A = \frac{V}{x}$$

Esta última igualdade é verificada para qualquer x .

Intuitivamente, uma superfície é imaginada como uma “placa sólida” de “espessura infinitamente pequena”.

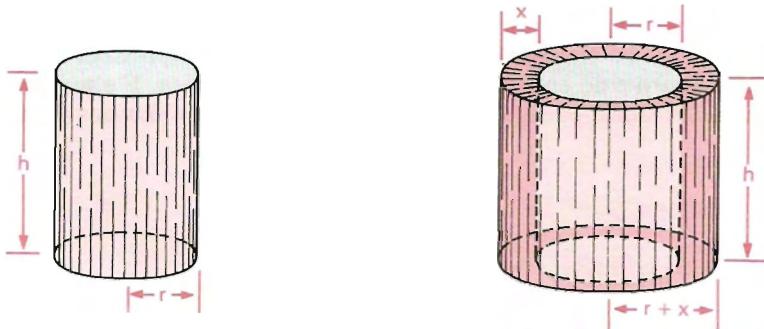
Por isso, se uma “placa sólida” de volume V_p e espessura x for tal que a expressão (função)

$\frac{V_p}{x}$ tem sentido (é definida) para $x = 0$, então

$\frac{V_p}{x}$ (para $x = 0$) será *definida como a área da placa*.

Assim agindo, poderemos deduzir as expressões das áreas: lateral do cilindro, superfície esférica, lateral do cone. Nestes casos, o artifício que acima procuramos generalizar é mais real e simples, como veremos a seguir.

230. Área lateral do cilindro de revolução



$$V_p = \pi(r + x)^2 h - \pi r^2 h \implies \frac{V_p}{x} = \pi h(2r + x)$$

Então, para $x = 0$, vem:

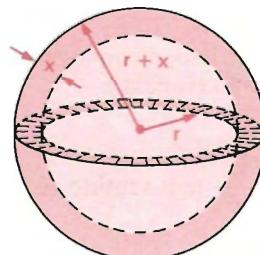
$$A_L = \pi h(2r + 0) \implies A_L = 2\pi rh$$

231. Área da superfície esférica

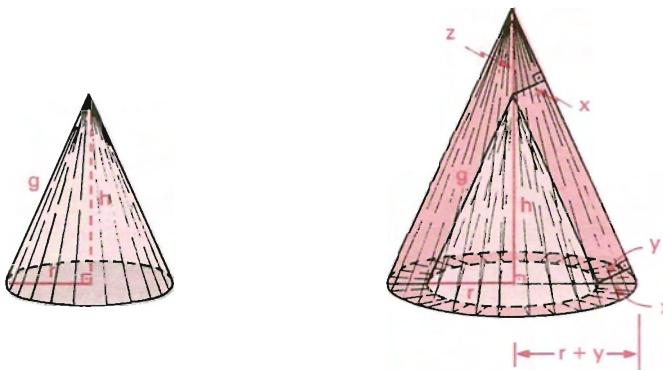
$$\begin{aligned} V_p &= \frac{4}{3} \pi(r + x)^3 - \frac{4}{3} \pi r^3 \implies \\ \implies V_p &= \frac{4}{3} \pi [(r + x)^3 - r^3] \implies \\ \implies V_p &= \frac{4}{3} \pi [3r^2x + 3rx^2 + x^3] \implies \\ \implies \frac{V_p}{x} &= \frac{4}{3} \pi (3r^2 + 3rx + x^2) \end{aligned}$$

Então, para $x = 0$, vem:

$$A = \frac{4}{3} \pi [3r^2 + 3r \cdot 0 + 0^2] \implies A = 4\pi r^2$$



232. Área lateral do cone de revolução



Por semelhança entre triângulos, calculamos y e z em função de x .

$$\frac{z}{x} = \frac{g}{r} \implies z = \frac{g}{r} x \quad \frac{y}{x} = \frac{g}{h} \implies y = \frac{g}{h} x$$

Segue-se:

$$V_p = \frac{1}{3} \pi (r + y)^2 \cdot (h + z) - \frac{1}{3} \pi r^2 h.$$

Substituindo y e z , temos:

$$\begin{aligned} V_p &= \frac{1}{3} \pi \left[\left(r + \frac{g}{h} x \right)^2 \cdot \left(h + \frac{g}{r} x \right) - r^2 h \right] \implies \\ \implies V_p &= \frac{1}{3} \pi \left[r g x + 2 r g x + \frac{2g^2}{h} x^2 + \frac{g^2}{h} x^2 + \frac{g^3}{h^2 r} x^3 \right] \implies \\ \implies \frac{V_p}{x} &= \frac{1}{3} \pi \left[3 r g + \frac{3 g^2}{h} x + \frac{g^3}{h^2 r} x^2 \right] \end{aligned}$$

Então, para $x = 0$, vem:

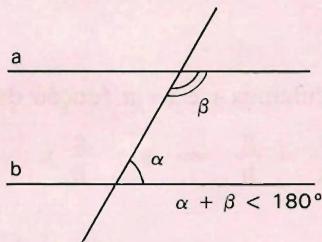
$$A_L = \frac{1}{3} \pi \left[3 r g - \frac{3 g^2}{h} 0 + \frac{g^3}{h^2 r} 0^2 \right] \implies A_L = \pi r g$$

LEITURA

Lobachevski e as Geometrias não Euclidianas

Hygino H. Domingues

E tudo começou com Euclides (c. 300 a.C.)... Em sua obra-prima *Os elementos* a geometria foi construída sobre cinco postulados. Um deles, em especial, certamente não traduzia nenhuma experiência concreta. Além disso Euclides só o enunciou depois de provar o máximo possível de teoremas sem usá-lo. Ei-lo:



(Fig. 1)

Postulado V: “Se num plano duas retas a e b são interceptadas por uma transversal c de modo a formar um par de ângulos colaterais internos de soma menor que 180° , então essas retas, prolongadas indefinidamente, se cortam (fig. 1) do lado em que estão os ângulos considerados”.

Na verdade Euclides trabalhava, em sua geometria, como em particular no postulado V, com segmentos de reta que prolongava num ou outro sentido, conforme necessitasse, ao invés de retas infinitas acabadas, como se faz hoje. E o que esse postulado afirma equivale, na versão moderna da geometria euclidiana, a admitir que por um ponto fora de uma reta não há mais que uma paralela à reta. Entre as implicações importantes do postulado V está o teorema que assegura ser a soma dos ângulos internos de um triângulo igual a um ângulo raso.

Desde os tempos de Euclides dezenas de matemáticos tentaram provar esse postulado, a partir dos outros quatro, achando que se tratasse na verdade de mais um teorema. Um deles foi Nicolai I. Lobachevski (1792-1856), um russo natural da atual cidade de Gorki cuja vida acadêmica sempre esteve vinculada à Universidade de Kazan, desde seu ingresso como aluno em 1807 até seu afastamento do cargo de reitor, que ocupou de 1827 a 1846. Diga-se de passagem que o fato de Lobachevski ter alcançado a reitoria da Universidade de Kazan não foi um prêmio a seus méritos científicos. Estes jamais foram reconhe-

mentos de reta que prolongava num ou outro sentido, conforme necessitasse, ao invés de retas infinitas acabadas, como se faz hoje. E o que esse postulado afirma equivale, na versão moderna da geometria euclidiana, a admitir que por um ponto fora de uma reta não há mais que uma paralela à reta. Entre as implicações importantes do postulado V está o teorema que assegura ser a soma dos ângulos internos de um triângulo igual a um ângulo raso.

Desde os tempos de Euclides dezenas de matemáticos tentaram provar esse postulado, a partir dos outros quatro, achando que se tratasse na verdade de mais um teorema. Um deles foi Nicolai I. Lobachevski (1792-1856), um russo natural da atual cidade de Gorki cuja vida acadêmica sempre esteve vinculada à Universidade de Kazan, desde seu ingresso como aluno em 1807 até seu afastamento do cargo de reitor, que ocupou de 1827 a 1846. Diga-se de passagem que o fato de Lobachevski ter alcançado a reitoria da Universidade de Kazan não foi um prêmio a seus méritos científicos. Estes jamais foram reconhe-

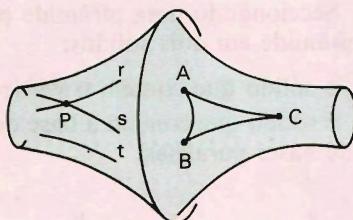
cidos devidamente durante sua vida. Pelo contrário, uma versão de suas idéias geométricas, datando de 1829-30, chegou a ser recusada para publicação pela Academia de Ciências de S. Petersburgo.

Numa certa altura de suas tentativas de provar o postulado V, Lobachevski passou a admitir que isso poderia ser impossível. Admitir essa impossibilidade acarreta que se pode tomar como postulado a existência de mais de uma paralela a uma reta por um ponto fora dela. E foi o que ele acabou fazendo, resultando daí uma nova geometria de resultados surpreendentes. Por exemplo, nessa geometria (hoje conhecida por *geometria hiperbólica*) a soma dos ângulos internos de um triângulo vale menos que 180° .

Cabe então a pergunta: tamanha liberdade é válida em matemática? Não é difícil nos convencermos de que sim. Primeiro notemos que a geometria considerada por Euclides ao chegar ao postulado V referia-se a um plano. Ademais, o conceito de reta é primitivo: não se define, é tão-somente caracterizado por alguns postulados ou axiomas. Assim, pode-se pensar: e se em vez do plano considerássemos outra superfície, não poderia haver nesta algum ente que fizesse o papel análogo ao da reta no plano, perante o mesmo conjunto de postulados?

Tanto isso é possível que em 1868 o matemático italiano Eugênio Beltrami (1835-1900) descobriu um modelo para a geometria hiperbólica, a *pseudo-esfera*, superfície que lembra dois chifres infinitamente longos ligados por seus extremos (fig. 2). Nessa superfície, por um ponto fora de uma “reta” há mais do que uma paralela a essa reta. Claro que “reta” nesse caso indica o ente da pseudo-esfera cuja idéia corresponde à de reta de um plano. Na figura 2 pode-se visualizar como isso ocorre, bem como que a soma dos ângulos internos de um “triângulo” vale menos que um ângulo raso. A partir desse modelo, a geometria que o próprio Lobachevski chamava de *imaginária* passou a ser matematicamente *real*.

As geometrias não euclidianas, objeto das pesquisas de Lobachevski, eram um verdadeiro tabu em sua época, daí a marginalização científica de que foi vítima o geômetra russo (agravada pelo fato de trabalhar num local muito distante dos grandes centros da Europa ocidental). Mas isso não impediu que se tornasse público que foi ele o primeiro a publicar um trabalho sobre geometrias não euclidianas (1826). E ganhou, assim, a primazia de ter acabado com o mito da verdade absoluta na matemática.



(Fig. 2)

CAPÍTULO XIII

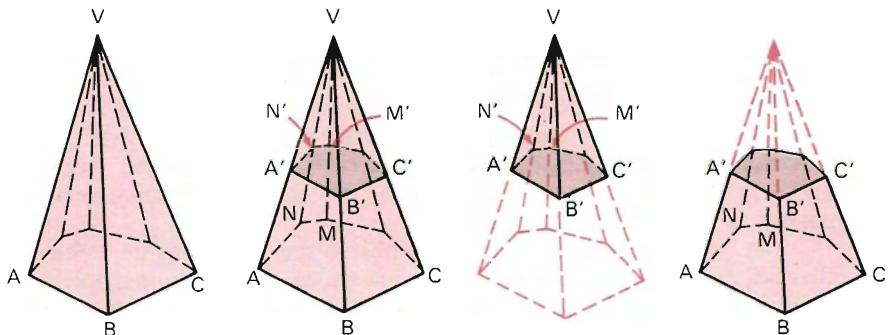
Sólidos Semelhantes Troncos

I. Secção de uma pirâmide por um plano paralelo à base

233. Seccionando uma pirâmide por um plano paralelo à base, separamos essa pirâmide em dois sólidos:

o sólido que contém o vértice que é uma *nova pirâmide* e

o sólido que contém a base da pirâmide dada que é um *tronco de pirâmide* de bases paralelas.

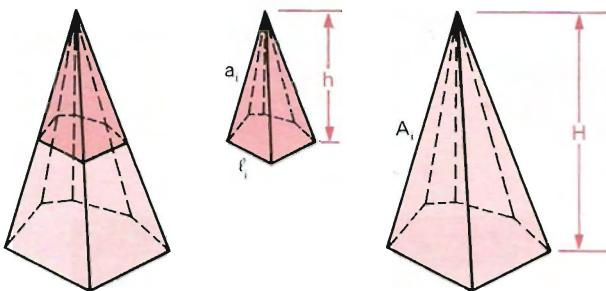


A nova pirâmide e a pirâmide primitiva têm a mesma natureza, os ângulos ordenadamente congruentes e os elementos lineares homólogos (arestas das bases, arestas laterais, alturas, ...) são proporcionais. Dizemos que elas são *semelhantes*.

234. Razão de semelhança

É a razão entre dois elementos lineares homólogos. Representaremos por k .

Assim:



$$\frac{a_i}{A_i} = \frac{\ell_i}{L_i} = \frac{h}{H} = k$$

(razão de semelhança)

235. Propriedades

Considerando duas pirâmides semelhantes, temos:

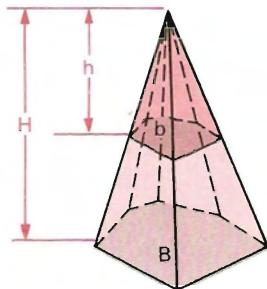
1º)

A razão entre as áreas das bases é igual ao quadrado da razão de semelhança.

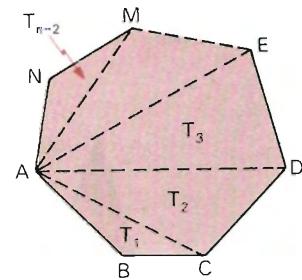
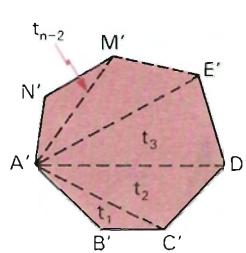
De fato, as bases são polígonos semelhantes e a razão entre suas áreas é o quadrado da razão de semelhanças.

$$\frac{b}{B} = k^2$$

Base b



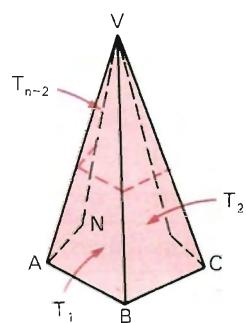
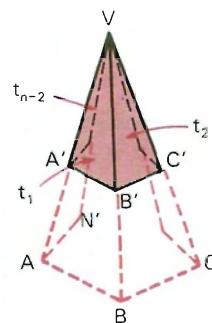
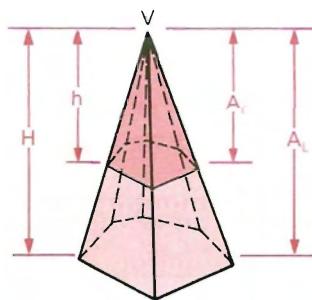
Base B



$$\frac{h}{H} = k, \quad \frac{b}{B} = k^2, \quad \frac{b}{B} = \left(\frac{h}{H}\right)^2$$

A propriedade acima é da Geometria Plana, porém sua demonstração acompanha os itens da propriedade que segue. Basta fazer a analogia.
2º)

A razão entre as *áreas laterais* é igual ao *quadrado* da razão de semelhança.



$$\frac{h}{H} = k, \quad \frac{A_t}{A_L} = k^2, \quad \frac{A_t}{A_L} = \left(\frac{h}{H}\right)^2$$

Sendo

$$\text{Área lateral de } V(ABC \dots MN) = A_L$$

$$\text{Área lateral de } V(A'B'C' \dots M'N') = A_f$$

temos:

$$\text{Pirâmide } V(ABC \dots MN) \sim \text{Pirâmide } V(A'B'C' \dots M'N') \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\triangle VAB \sim \triangle VA'B', \triangle VBC \sim \triangle VB'C', \dots \triangle VMN \sim \triangle VM'N', \\ \triangle VNA \sim \triangle VN'A') \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{VA'}{VA} = \frac{VB'}{VB} = \dots = \frac{VN'}{VN} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{B'C'}{BC} = \dots = \frac{N'A'}{NA} = \frac{h}{H} = k$$

(razão de semelhança)

Considerando

$$\text{Área do } \triangle VA'B' = t_1$$

$$\text{Área do } \triangle VAB = T_1$$

$$\text{Área do } \triangle VB'C' = t_2$$

$$\text{Área do } \triangle VBC = T_2$$

⋮

⋮

$$\text{Área do } \triangle VN'A' = t_{n-2}$$

$$\text{Área do } \triangle VNA = T_{n-2}$$

temos:

$$\frac{t_1}{T_1} = \frac{t_2}{T_2} = \dots = \frac{t_{n-2}}{T_{n-2}} = k^2.$$

Fazendo a razão entre as áreas laterais, vem:

$$\frac{A_f}{A_L} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{n-2}}{T_1 + T_2 + \dots + T_{n-2}} \Rightarrow \frac{A_f}{A_L} = \frac{k^2 T_1 + k^2 T_2 + \dots + k^2 T_{n-2}}{T_1 + T_2 + \dots + T_{n-2}} = k^2$$

$$\boxed{\frac{A_f}{A_L} = k^2}$$

3º)

A razão entre as áreas totais é igual ao quadrado da razão de semelhança.

$$\text{Temos: } \frac{b}{B} = k^2 \Rightarrow b = k^2 B$$

$$\frac{A_f}{A_L} = k^2 \Rightarrow A_f = k^2 A_L.$$

Fazendo a razão entre as áreas totais, vem:

$$\frac{A_t}{A_T} = \frac{A_l + b}{A_L + B} \Rightarrow \frac{A_t}{A_T} = \frac{k^2 \cdot A_L + k^2 B}{A_L + B} \Rightarrow \frac{A_t}{A_T} = k^2$$

$$\frac{A_t}{A_T} = k^2$$

4º)

A razão entre os *volumes* é igual ao *cubo* da razão de semelhança.

Temos: $\frac{h}{H} = k$ e $\frac{b}{B} = k^2$.

Fazendo a razão entre os volumes, vem:

$$\frac{v}{V} = \frac{\frac{1}{3} b h}{\frac{1}{3} BH} \Rightarrow \frac{v}{V} = \left(\frac{b}{B}\right) \cdot \left(\frac{h}{H}\right) \Rightarrow \frac{v}{V} = k^2 \cdot k = k^3$$

$$\frac{v}{V} = k^3$$

Devemos notar ainda que:

$$\frac{v}{V} = k^3 \Rightarrow \frac{v}{V} = k^2 \cdot k \Rightarrow \frac{v}{V} = \frac{b \sqrt[3]{b}}{B \sqrt[3]{B}}.$$

236. Observações

1º) As propriedades acima são facilmente adaptadas para *cones* semelhantes.

2º) Elas podem ser generalizadas para duas superfícies ou dois sólidos semelhantes quaisquer:

- A razão entre as *áreas* de duas superfícies semelhantes é igual ao *quadrado* da razão de semelhança.
- A razão entre os *volumes* de dois sólidos semelhantes é igual ao *cubo* da razão de semelhança.

237. Exemplo de aplicação

A que distância do vértice se deve passar um plano paralelo à base de uma pirâmide (ou cone) para que:

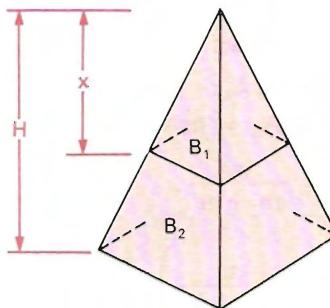
- a) a razão entre as áreas das bases da nova pirâmide (cone) e da pirâmide (cone) dada seja a/b ?

Solução

$$\left. \begin{array}{l} \frac{B_1}{B_2} = \left(\frac{x}{H} \right)^2 \\ \frac{B_1}{B_2} = \frac{a}{b} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{x}{H} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \frac{H\sqrt{a}}{\sqrt{b}} \quad (\text{resposta})$$



- b) a razão entre os volumes do tronco obtido e da pirâmide (cone) primitiva seja p/q ?

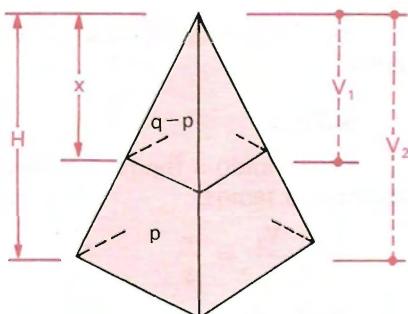
Solução

Observando a figura, vemos que $V_2 - V_1$ é o volume do tronco, e pelo enunciado temos:

$$\frac{V_2 - V_1}{V_2} = \frac{p}{q}.$$

Daí vem que:

$$qV_2 - qV_1 = pV_2 \implies qV_1 = (q - p)V_2 \implies \frac{V_1}{V_2} = \frac{q - p}{q}$$



$$\left. \begin{array}{l} \frac{V_1}{V_2} = \frac{q - p}{q} \\ \frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{x}{H} \right)^3 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{x}{H} = \sqrt[3]{\frac{q - p}{q}} \Rightarrow x = H \sqrt[3]{\frac{q - p}{q}} \quad (\text{resposta})$$

- c) a razão entre as áreas laterais da nova pirâmide (cone) e do tronco obtido seja m/n ?

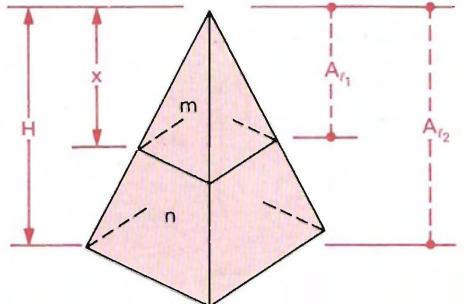
Solução

Observando a figura, vemos que $A_{\ell_2} - A_{\ell_1}$ é a área lateral do tronco, e pelo enunciado temos:

$$\frac{A_{\ell_1}}{A_{\ell_2} - A_{\ell_1}} = \frac{m}{n}.$$

Daí vem que:

$$\begin{aligned} nA_{\ell_1} &= mA_{\ell_2} - mA_{\ell_1} \Rightarrow \\ \Rightarrow (m+n)A_{\ell_1} &= mA_{\ell_2} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{A_{\ell_1}}{A_{\ell_2}} &= \frac{m}{m+n} \end{aligned}$$



$$\left. \begin{aligned} \frac{A_{\ell_1}}{A_{\ell_2}} &= \frac{n}{m+n} \\ \frac{A_{\ell_1}}{A_{\ell_2}} &= \left(\frac{x}{H}\right)^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{x}{H} = \sqrt{\frac{m}{m+n}} \Rightarrow x = H \sqrt{\frac{m}{m+n}}$$

(resposta)

- d) a razão entre os volumes do tronco obtido e da nova pirâmide (cone) seja r/s ?

Solução

Observando a figura, vemos que $V_2 - V_1$ é o volume do tronco, e pelo enunciado temos:

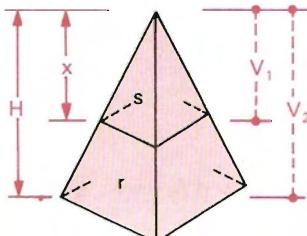
$$\frac{V_2 - V_1}{V_1} = \frac{r}{s}.$$

Daí vem que:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{s}{r+s}$$

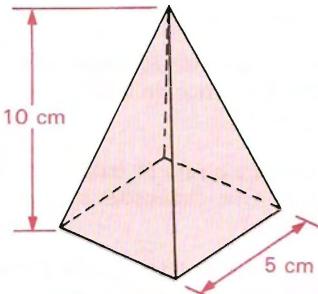
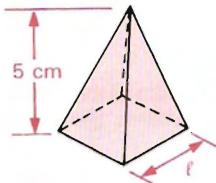
$$\left. \begin{aligned} \frac{V_1}{V_2} &= \frac{s}{r+s} \\ \frac{V_1}{V_2} &= \left(\frac{x}{H}\right)^3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{x}{H} = \sqrt[3]{\frac{s}{r+s}} \Rightarrow x = H \cdot \sqrt[3]{\frac{s}{r+s}}$$

(resposta)



EXERCÍCIOS

- 745.** Considere as pirâmides quadrangulares regulares semelhantes, cujas medidas estão indicadas abaixo.



- Calcule a razão de semelhança.
- Calcule a medida do lado da base da pirâmide menor.
- Calcule as áreas das bases das pirâmides. Qual a razão entre as áreas obtidas?
- Calcule os volumes das pirâmides. Qual a razão entre os volumes obtidos?
- Considere as razões obtidas nos itens c e d. Existe alguma relação entre cada uma dessas razões e a razão de semelhança? Justifique.

746. Determine a aresta de um cubo, sabendo que seu volume é o dobro do volume de um outro cubo de aresta A .

747. Sabendo que a altura de uma pirâmide é 20 cm e sua base é um quadrado de lado 12 cm , calcule a medida da altura e do lado da base de uma pirâmide semelhante de 120 cm^3 de volume.

748. Determine o volume de uma pirâmide de 8 cm de altura, sabendo que o plano formado pelos pontos médios de suas arestas laterais determina na pirâmide uma secção de 3 cm^2 de superfície.

749. Seccionando uma pirâmide por um plano paralelo à base e que divide sua altura em dois segmentos de medidas iguais, obtemos uma pirâmide menor. Determine a razão entre o volume da primeira pirâmide e o volume da pirâmide menor obtida.

750. A que distância do vértice devemos cortar um cone de revolução, por um plano paralelo à base, de modo que o volume do cone destacado seja $1/8$ do volume do primeiro cone?

751. Uma das arestas de um tetraedro de volume $80\sqrt{3}\text{ cm}^3$ mede 10 cm . Determine o volume de um tetraedro semelhante, sabendo que a aresta homóloga mede 5 cm .

752. Uma pirâmide de 8 m de altura tem a aresta lateral medindo 9 m . Determine o comprimento da aresta lateral homóloga de uma outra pirâmide, sabendo que é semelhante à primeira e que sua altura mede 10 m .

- 753.** Um cilindro tem 2 m de altura e 1 m de raio. Determine as dimensões de um cilindro semelhante, cuja superfície lateral seja $1/4$ da superfície lateral do primeiro.
- 754.** A base de uma pirâmide tem 225 m^2 de área. A $2/3$ do vértice corta-se a pirâmide por um plano paralelo à base. Ache a área da secção.
- 755.** Um plano paralelo à base de um cone secciona-o, determinando dois cones C_1 e C_2 , cujos volumes estão na razão $2/3$. Sendo 9 cm a medida da geratriz do cone maior, determine a geratriz do cone menor.
- 756.** Em um cone de 10 cm de altura traça-se uma secção paralela à base que dista 4 cm do vértice do cone. Qual a razão entre a área da secção e a área da base do cone?
- 757.** A altura e o raio da base de um cone de revolução medem respectivamente 4 m e 3 m . Que dimensões tem um cone semelhante de volume igual ao triplo do primeiro?
- 758.** Uma pirâmide tem altura h e área da base B . A que distância do vértice deve ser conduzido um plano paralelo à base para que a área da secção seja b^2 ?
- 759.** Uma caixa em forma de paralelepípedo retângulo tem 40 cm , 30 cm e 20 cm de dimensões. Determine as dimensões de uma caixa semelhante à primeira, de modo que sua capacidade seja o quádruplo da primeira.
- 760.** O plano que dista 3 m da base de uma pirâmide secciona-a segundo um polígono de 8 m^2 de área. Calcule o volume da pirâmide, sabendo que sua base tem área igual a 18 m^2 .
- 761.** Uma pirâmide de 10 m de altura tem por base um hexágono regular. A 4 m do vértice, traça-se um plano que secciona a pirâmide paralelamente à base. Sendo 8 m^2 a área da secção, determine o volume da pirâmide.
- 762.** Duas pirâmides de alturas iguais têm suas bases sobre um mesmo plano. Um plano secciona as duas pirâmides paralelamente às bases, determinando na primeira pirâmide uma secção de área 144 cm^2 . Obtenha a área determinada pelo plano na segunda pirâmide, sabendo que as áreas das bases das pirâmides são respectivamente 225 cm^2 e 900 cm^2 .
- 763.** Determine a medida da altura e do lado da base de uma pirâmide regular hexagonal, sabendo que seu volume é $8/27$ do volume de uma pirâmide semelhante cuja altura mede 10 cm e cujo lado da base mede 4 cm .
- 764.** Dois poliedros semelhantes P_1 e P_2 têm áreas iguais a 8 cm^2 e 12 cm^2 , respectivamente. Determine o volume de P_1 , sendo 36 cm^3 o volume de P_2 .
- 765.** A aresta lateral PA de uma pirâmide mede 4 m . Que comprimento devemos tomar sobre essa aresta, a partir do vértice, para que um plano paralelo à base divida a pirâmide em dois sólidos equivalentes?

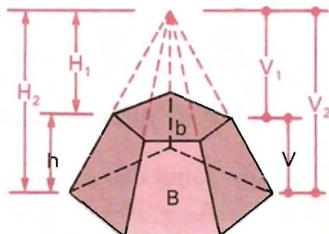
II. Tronco de pirâmide de bases paralelas

238. Volume

Dedução da fórmula que dá o volume do tronco de pirâmide de bases paralelas.

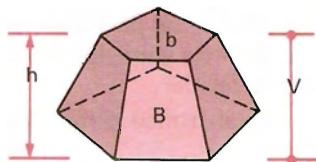
Dados:

área B da base maior,
área b da base menor e
 h a medida da altura do tronco.



Solução

Sejam V o volume procurado,
 H_2 a altura da pirâmide original,
 H_1 a altura da pirâmide nova,
 V_2 o volume da pirâmide original e
 V_1 o volume da pirâmide nova.



Assim:

$$\left. \begin{aligned} V &= V_2 - V_1 = \frac{1}{3} B H_2 - \frac{1}{3} b H_1 \\ H_2 &= H_1 + h \end{aligned} \right\} \Rightarrow V = \frac{1}{3} B (H_1 + h) - \frac{1}{3} b H_1 \Rightarrow V = \frac{1}{3} [Bh + (B - b) \cdot H_1] \quad (1)$$

Cálculo de H_1 em função dos dados:

$$\frac{B}{b} = \left(\frac{H_2}{H_1} \right)^2 \Rightarrow \frac{H_2}{H_1} = \frac{\sqrt{B}}{\sqrt{b}} \Rightarrow \frac{H_1 + h}{H_1} = \frac{\sqrt{B}}{\sqrt{b}} \Rightarrow H_1 = \frac{h \sqrt{b}}{\sqrt{B} - \sqrt{b}} \quad (2)$$

Substituindo H_1 (2) em (1):

$$V = \frac{1}{3} \left[Bh + (B - b) \frac{h \sqrt{b}}{\sqrt{B} - \sqrt{b}} \right] \Rightarrow V = \frac{h}{3} \left[B + (B - b) \cdot \frac{\sqrt{b}}{\sqrt{B} - \sqrt{b}} \right]$$

Considerando que:

$B - b = (\sqrt{B})^2 - (\sqrt{b})^2 = (\sqrt{B} + \sqrt{b})(\sqrt{B} - \sqrt{b})$ e substituindo $B - b$ na expressão acima, temos:

$$V = \frac{h}{3} [B + (\sqrt{B} + \sqrt{b}) \cdot \sqrt{b}] = \frac{h}{3} [B + \sqrt{B \cdot b} + b]$$

$$V = \frac{h}{3} [B + \sqrt{B \cdot b} + b]$$

239. Área lateral e área total

Tronco de pirâmide qualquer

A_f = soma das áreas das faces laterais (trapézios)

$$A_t = A_f + B + b$$

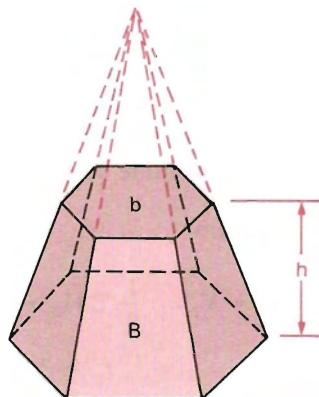
Tronco de pirâmide regular

Tronco de pirâmide regular é o tronco de bases paralelas obtido de uma pirâmide regular.

Num tronco piramidal regular:

- as arestas laterais são congruentes entre si;
- as bases são polígonos regulares semelhantes;
- as faces laterais são trapézios isósceles, congruentes entre si.

A altura de um desses trapézios chama-se *apótema* do tronco.



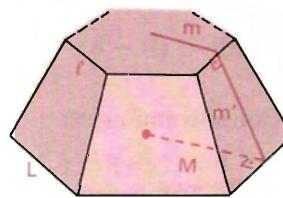
Área lateral e área total de um tronco de pirâmide regular

Dedução das fórmulas que dão a *área lateral* e a *área total* de um tronco de pirâmide regular de bases paralelas.

Dados:

- perímetro da base maior = $2P$
- perímetro da base menor = $2p$
- apótema da base maior = M
- apótema da base menor = m
- apótema do tronco = m'

Pede-se: A_f e A_t do tronco.



Para mais, acesse: <http://fvestibular.com.br/>

Solução

Sejam ℓ e L as respectivas medidas dos lados das bases (que supomos terem n lados).

Área lateral

$$\begin{aligned} A_l &= n \cdot A_{\text{trapézio}} \Rightarrow A_l = n \cdot \left(\frac{L + \ell}{2} \right) m' = \frac{n L m'}{2} + \frac{n \ell m'}{2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow A_l = Pm' + pm' \Rightarrow A_l = (P + p)m' \end{aligned}$$

$$A_l = (P + p)m'$$

Área total

$$A_t = A_l + B + b \quad \text{em que } B = P \cdot M, b = p \cdot m$$

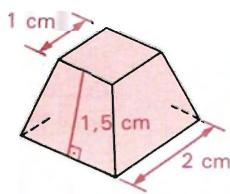
Logo:

$$A_t = (P + p)m' + PM + pm$$

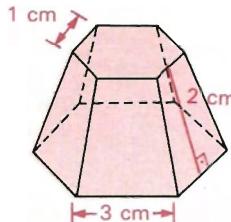
EXERCÍCIOS

- 766.** Calcule a área total dos troncos de pirâmides cujas medidas estão indicadas nas figuras abaixo.

a) quadrangular regular



b) hexagonal regular

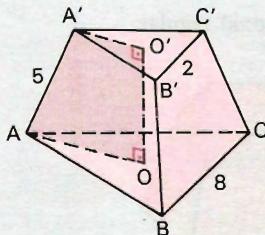


- 767.** As bases de um tronco de pirâmide são dois pentâgonos regulares cujos lados medem 5 dm e 3 dm, respectivamente. Sendo essas bases paralelas e a medida do apótema do tronco de pirâmide 10 dm, determine a área lateral desse tronco.

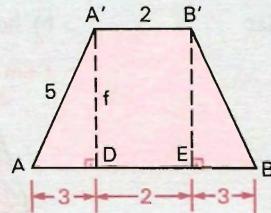
- 768.** Determine a medida do apótema de um tronco de pirâmide regular cujas bases são triângulos equiláteros de lados 8 cm e 12 cm, respectivamente, e a área lateral do tronco 180 cm^2 .

- 769.** Determine a superfície total de um tronco de pirâmide de bases paralelas, sendo as bases quadrados de lados 20 cm e 8 cm respectivamente, e a altura do tronco igual ao lado da base menor.
- 770.** Um tronco de pirâmide regular tem para bases paralelas dois quadrados cujos lados medem 16 cm e 6 cm , respectivamente; o apótema do tronco mede 13 cm . Determine a área total desse tronco.
- 771.** Determine o volume de um tronco de pirâmide de $279\sqrt{3}\text{ cm}^2$ de superfície total, sendo as bases hexágonos regulares de 9 cm e 3 cm de lado, respectivamente.
- 772.** Um tronco de pirâmide tem por volume $98\sqrt{3}\text{ cm}^3$ e por bases dois triângulos equiláteros de 10 cm e 6 cm de lado, respectivamente. Determine a altura do tronco.
- 773.** Um tronco de pirâmide de 6 m de altura tem por base inferior um pentágono de área 20 m^2 . Um lado desse pentágono mede 4 m , sendo 3 m a medida do seu homólogo na base superior. Determine o volume do tronco de pirâmide.
- 774.** Calcule o volume de um tronco de pirâmide de 4 dm de altura e cujas bases têm área 36 dm^2 e 144 dm^2 .
- 775.** Um tronco de pirâmide regular tem como bases triângulos equiláteros cujos lados medem, respectivamente, 2 cm e 8 cm . A aresta lateral mede 5 cm . Calcule a área lateral, a área total e o volume desse tronco.

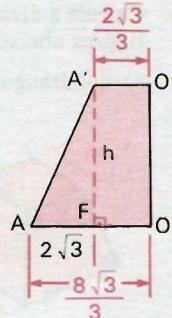
Solução



Tronco



Face lateral



a) Área lateral

Cálculo da altura da face

$$\text{no } \triangle ADA': f^2 = 5^2 - 3^2 \implies f = 4\text{ cm.}$$



A área lateral é igual a três vezes a área de uma face lateral, ou seja:

$$A_l = 3 \cdot A_{\text{trapézio}} \Rightarrow A = 3 \cdot \left(\frac{2 + 8}{2} \cdot 4 \right) \Rightarrow A = 60 \text{ cm}^2.$$

b) Área total

$$A_t = A_l + B + b \Rightarrow A_t = 60 + \frac{8^2 \sqrt{3}}{4} + \frac{2^2 \sqrt{3}}{4} \Rightarrow A_t = (60 + 17\sqrt{3}) \text{ cm}^2$$

c) Volume

Cálculo da altura do tronco

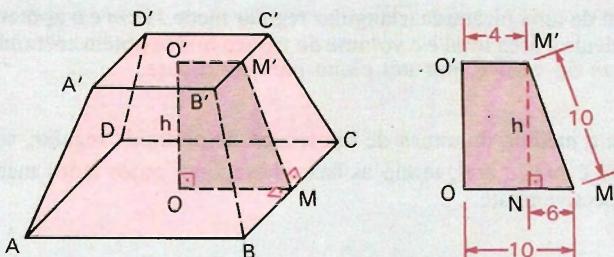
$$\text{no } \triangle AFA': h^2 = 5^2 - (2\sqrt{3})^2 \Rightarrow h^2 = 13 \Rightarrow h = \sqrt{13}.$$

$$V = \frac{h}{3} [B + \sqrt{B \cdot b} + b] = \frac{\sqrt{13}}{3} \left[\frac{64\sqrt{3}}{4} + \frac{8 \cdot 2\sqrt{3}}{4} + \frac{4\sqrt{3}}{4} \right] = \\ = \frac{\sqrt{13}}{3} \cdot 21\sqrt{3} = 7\sqrt{39} \text{ cm}^3$$

- 776.** Determine o volume de um tronco de pirâmide cujas bases são triângulos equiláteros, sabendo que a área da base maior é 24 cm^2 e que a razão de semelhança entre os lados das bases é $2/3$, sendo 6 cm a altura do tronco de pirâmide.
- 777.** Qual o volume de um tronco de pirâmide regular hexagonal, de aresta lateral 5 m , cujas áreas das bases medem, respectivamente, $54\sqrt{3} \text{ m}^2$ e $6\sqrt{3} \text{ m}^2$?
- 778.** O apótema de uma pirâmide triangular regular mede 39 cm e o apótema da base, 15 cm . Calcule a área total e o volume do tronco que se obtém cortando a pirâmide, a 24 cm do vértice, por um plano paralelo à base.
- 779.** Determine a medida da altura de um tronco de pirâmide regular, sabendo que seu volume é $342\sqrt{3} \text{ cm}^3$, sendo as bases hexágonos cujos lados medem 4 cm e 6 cm , respectivamente.
- 780.** Dadas as medidas B , B' , h das áreas das bases e da altura, respectivamente, de um tronco de pirâmide, determine a altura da pirâmide da qual se obteve o tronco.
- 781.** Dados os lados a e b das bases quadradas de um tronco de pirâmide, determine a altura do tronco, considerado regular, de modo que a área lateral seja igual à soma das áreas das bases.

- 782.** Calcule o erro que se comete tomando para volume de um tronco de pirâmide o produto da semi-soma das bases pela altura.
- 783.** Determine o volume de um tronco de pirâmide regular, sabendo que as bases são quadrados de diagonais $4\sqrt{2}\text{ cm}$ e $8\sqrt{2}\text{ cm}$, respectivamente, e que a aresta lateral forma com a diagonal da base maior um ângulo de 45° .
- 784.** O volume de um tronco de pirâmide hexagonal regular de bases paralelas é igual a 40 m^3 . Sua altura mede 3 m e a área da base maior 20 m^2 . Calcule a relação que existe entre os lados dos hexágonos das bases.
- 785.** Determine a área lateral de um tronco de pirâmide triangular regular, sendo 4 dm o lado da base menor e sabendo que uma aresta lateral forma um ângulo de 60° com um lado da base maior, dado o apótema do tronco igual a 1 dm .
- 786.** Determine a área total de um tronco de pirâmide regular, sendo as bases paralelas hexagonais, em que o lado da maior base mede 10 cm e a altura do tronco é igual ao apótema da maior base, sabendo ainda que as faces laterais do tronco formam com a base maior um ângulo diedro de 60° .
- 787.** O volume de um tronco de pirâmide regular é 109 dm^3 ; as bases são triângulos equiláteros de 5 dm e de 7 dm de lado. Calcule a altura.
- 788.** O apótema de um tronco de pirâmide regular mede 10 dm , as bases são quadrados de lados, respectivamente, 8 dm e 20 dm . Calcule o volume.

Solução



a) Cálculo da altura

$$\text{no } \triangle MNM': h^2 = 10^2 - 6^2 \Rightarrow h = 8\text{ dm}.$$

b) Cálculo do volume

$$V = \frac{h}{3} [B + \sqrt{Bb} + b]$$

Substituindo $h = 8$, $B = 400$ e $b = 64$ na fórmula, vem:

$$V = \frac{8}{3} [400 + \sqrt{400 \cdot 64} + 64] = \frac{8}{3} [400 + 20 \cdot 8 + 64] = 1\,664 \text{ dm}^3.$$

- 789.** As bases de um tronco de pirâmide regular são quadrados cujas diagonais medem $4\sqrt{2} \text{ cm}$ e $10\sqrt{2} \text{ cm}$, respectivamente. Determine o volume do tronco, sendo 5 cm a medida da aresta lateral.

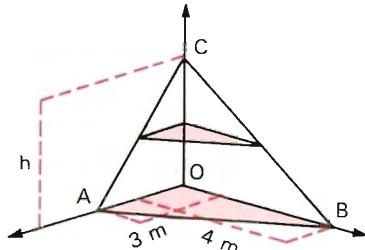
- 790.** O apótema de um tronco de pirâmide regular tem 5 cm ; as bases são quadrados de 4 cm e 10 cm . Calcule o volume.

- 791.** Determine a área total de um tronco de pirâmide quadrangular regular, sendo 8 cm e 6 cm as medidas dos lados das bases inferior e superior, sabendo que as faces laterais formam um ângulo de 60° com a base maior do tronco de pirâmide.

- 792.** A aresta lateral de um tronco de pirâmide triangular regular mede 4 m e forma um ângulo de 60° com a base maior. O raio do círculo circunscrito à maior base mede 4 m . Encontre o volume do tronco de pirâmide.

- 793.** Um tronco de pirâmide tem por bases dois octógones regulares cujos lados medem 4 cm e 2 cm , respectivamente. A altura do tronco é de 12 cm . Determine o volume do tronco de pirâmide, bem como o volume da pirâmide total na qual está contido o tronco.

- 794.** Considere o triedro tri-retângulo, cujas arestas são os semi-eixos Ox , Oy e Oz . Sobre Ox marque um ponto A tal que $OA = 3 \text{ m}$; sobre Oy marque B tal que $OB = 4 \text{ m}$ e sobre Oz marque C tal que $OC = h$.



- a) Seccionando a pirâmide $OABC$ por um plano paralelo à base OAB que passe pelo ponto médio de OC , calcule as áreas das bases do tronco de pirâmide resultante.
 b) Determine o volume do tronco de pirâmide, se a área do triângulo ABC for igual a 12 m^2 .

III. Tronco de cone de bases paralelas

240. Volume

Dedução da fórmula que dá o volume do tronco do cone de bases paralelas.

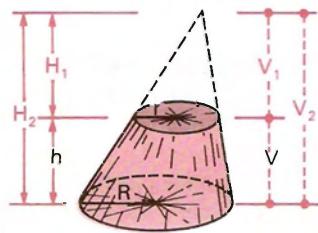
Dados:

R = raio da base maior

r = raio da base menor

h = altura

Pede-se: V = volume do tronco.



Solução

$$\left. \begin{aligned} V &= V_2 - V_1 = \frac{1}{3} \pi R^2 H_2 - \frac{1}{3} \pi r^2 H_1 \\ H_2 &= H_1 + h \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \frac{\pi}{3} [R^2(H_1 + h) - r^2 H_1] \Rightarrow V = \frac{\pi}{3} [R^2 h + (R^2 - r^2) H_1] \quad (1)$$

Cálculo de H_1 em função dos dados:

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{R}{r} \Rightarrow \frac{H_1 + h}{H_1} = \frac{R}{r} \Rightarrow H_1 = \frac{hr}{R - r}.$$

Substituindo H_1 de (2) em (1):

$$V = \frac{\pi}{3} \left[R^2 h + (R^2 - r^2) \frac{hr}{R - r} \right] = \frac{\pi h}{3} \left[R^2 + (R + r)(R - r) \frac{r}{R - r} \right]$$

$$V = \frac{\pi h}{3} [R^2 + Rr + r^2]$$

241. Área lateral e área total

Dedução das fórmulas que dão a área lateral e a área total de um tronco de cone reto de bases paralelas.

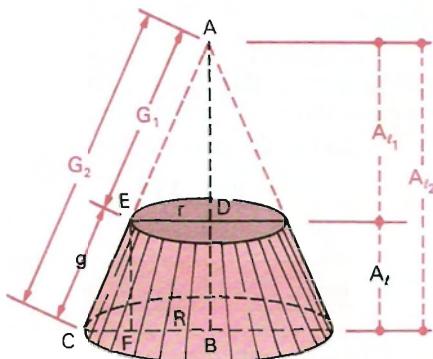
Dados:

R = raio da base maior

r = raio da base menor

g = geratriz do tronco

Pedem-se: A_t e A_l , do tronco.

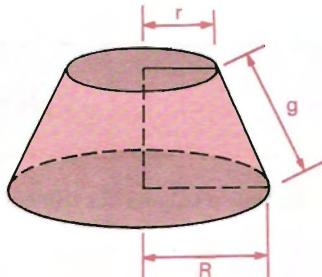


Solução

Área lateral

Sejam A_t , A_{l_1} e A_{l_2} , as áreas laterais, respectivamente, do tronco, do cone destacado e do cone primitivo. Então:

$$\begin{aligned} A_t, A_{l_2} - A_{l_1} &= \pi R G_2 - \pi r G_1 = \\ &= \pi R(G_1 + g) - \pi r G_1 = \pi[Rg + (R - r)G_1] \end{aligned}$$



Cálculo de G_1 em função dos dados:

$$\triangle ADE \sim \triangle EFC \Rightarrow \frac{AE}{EC} = \frac{DE}{FC} \Rightarrow \frac{G_1}{g} = \frac{r}{R - r} \Rightarrow G_1 = \frac{rg}{R - r} \quad (2)$$

Substituindo G_1 de (2) em (1), temos:

$$A_t = \pi \left[R \cdot g + (R - r) \cdot \frac{rg}{R - r} \right] = \pi [Rg + rg]$$

$$A_t = \pi(R + r)g$$

Observação:

A dedução acima justifica a propriedade:

A superfície lateral de um tronco de cone reto de raios R e r e geratriz g é equivalente a um trapézio de bases $2\pi R$ e $2\pi r$ e altura g .

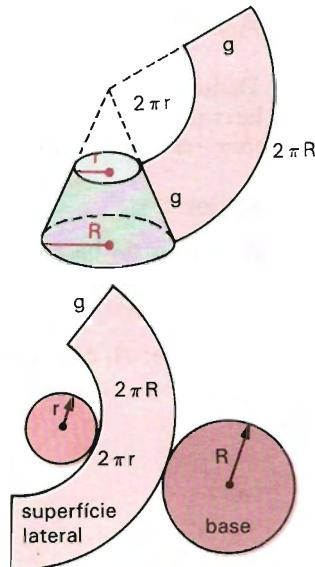
$$A_l = \frac{2\pi R + 2\pi r}{2} g$$

$$A_l = \pi(R + r)g$$

Área total

$$A_t = A_l + B + b = \pi(R + r)g + \pi R^2 + \pi r^2$$

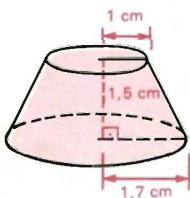
$$A_t = \pi[R(g + R) + r(g + r)]$$



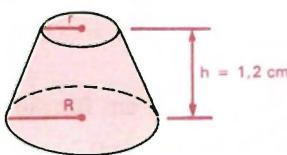
EXERCÍCIOS

795. Calcule o volume dos troncos de cones, cujas medidas estão indicadas nas figuras abaixo.

a) cone reto



b) cone reto



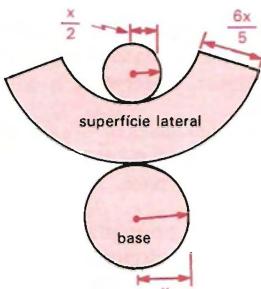
$$r = 0,6 \text{ cm e } R = 1,0 \text{ cm}$$

796. A geratriz de um tronco de cone reto mede 4 dm e os raios das bases, respectivamente, 3 dm e 2 dm . Calcule a área total e o volume.

797. Determine a medida da altura, o volume e as áreas das bases de um tronco de cone, sabendo que sua geratriz mede $12,5 \text{ cm}$ e os raios das bases menor e maior estão na razão $2/3$, sendo 50 cm a sua soma.

798. Determine o volume de um tronco de cone, sabendo que sua área total é $120\pi \text{ cm}^2$, sendo 4 cm e 7 cm as medidas dos raios das bases, respectivamente.

- 799.** Represente, por meio de uma expressão algébrica, a área total do tronco de cone reto obtido a partir da planificação ao lado.



- 800.** Determine os raios, a altura e o apótema de um tronco de cone, sendo o raio maior o dobro do menor, a altura, o dobro do raio maior e o volume $224\pi/3 \text{ dm}^3$.
- 801.** Determine o volume de um tronco de cone, sendo 10 cm e 30 cm as medidas respectivas dos raios das bases e 29 cm a medida de sua geratriz.
- 802.** Determine a altura de um tronco de cone, sabendo que os raios das bases medem, respectivamente, 3 m e 2 m , sendo $20\pi \text{ m}^3$ o seu volume.
- 803.** Determine a área lateral e a área total de um tronco de cone, sabendo que os raios de suas bases medem 11 cm e 5 cm e que a altura do tronco mede 8 cm .
- 804.** Determine a área lateral de um tronco de cone cuja altura mede 8 cm , sendo os raios das bases 4 cm e 10 cm , respectivamente.
- 805.** Os raios das bases de um tronco de cone de revolução medem 6 m e 4 m . Calcule a altura para que a área total seja o dobro da área lateral.
- 806.** A área lateral de um tronco de cone vale $560\pi \text{ cm}^2$. O raio da base maior e a geratriz têm medidas iguais. O raio da base menor vale 8 cm e a altura do tronco mede 16 cm . Determine a geratriz.
- 807.** Os diâmetros das bases de um tronco de cone de revolução são, respectivamente, 22 m e 4 m . Qual o diâmetro de um cilindro de mesma altura do tronco e de mesmo volume?
- 808.** Os raios das bases de um tronco de cone medem, respectivamente, 4 cm e 6 cm . Calcule a altura desse tronco, sabendo que a área lateral é igual à soma das áreas das bases.
- 809.** A medida do raio da base menor de um tronco de cone é 10 cm e a geratriz forma com a altura um ângulo de 45° . Determine a medida do raio da base maior, sabendo que o volume do tronco de cone é $399\pi \text{ cm}^3$.
- 810.** O plano que contém uma das bases de um cilindro equilátero contém uma das bases de um tronco de cone. Sabendo que as outras duas bases, do cilindro e do tronco, são comuns, calcule a relação entre os volumes do cilindro e do tronco de cone, sabendo que as bases comuns têm raios 10 cm , sendo 30 cm a medida da geratriz do tronco do cone.
- 811.** Um tronco de cone reto tem bases circulares de raios R e r . Qual a altura para que a superfície lateral seja igual à soma das superfícies das bases?

- 812.** A altura de um tronco de cone mede 1 m . O diâmetro da base maior é duas vezes o diâmetro da base menor. A geratriz forma um ângulo de 45° com o plano da base maior. Determine o volume do tronco de cone.
- 813.** Os raios das bases de um tronco de cone medem 20 cm e 10 cm , sendo que a geratriz forma com o plano da base maior um ângulo de 45° . Determine o volume do tronco de cone.
- 814.** Determine o apótema de um tronco de cone de bases paralelas, sabendo que a soma de suas circunferências equivale à circunferência de um círculo de raio R e que a superfície lateral equivale à superfície desse círculo.
- 815.** Um cilindro e um tronco de cone (circulares retos) têm uma base comum e mesma altura. O volume do tronco é a metade do volume do cilindro. Determine a razão entre o raio da base maior e o raio da base menor do tronco.
- 816.** Se a altura de um tronco de cone é igual a quatro vezes a diferença dos raios das bases, o volume desse tronco é igual à diferença dos volumes de duas esferas cujos raios são os raios das bases do tronco de cone.
- 817.** Numa secção plana feita a uma distância de 2 m do centro de uma esfera, está inscrito um triângulo equilátero de área $3\sqrt{3}\text{ m}^2$. Determine o volume do tronco de cone circular cujas bases são a secção referida e a secção diametral que lhe é paralela.
- 818.** Em um tronco de cone de revolução, os raios das bases e a altura medem, respectivamente, r , $2r$, $4r$.
- Ache a área lateral do tronco.
 - A que distância x da base maior se deve fixar um ponto V , sobre o eixo do cone, de modo que sejam iguais as áreas laterais dos dois cones, tendo V por vértice e por bases as do tronco.
- 819.** Sobre base comum foram construídos dois cones retos (um dentro do outro). O raio da base é R . Um plano paralelo à base, que passa pelo vértice do cone menor, intercepta o cone maior segundo um círculo de raio r . A altura do cone menor é h . Ache o volume do sólido compreendido entre as superfícies laterais desses dois cones.
- 820.** Dois troncos de cone T_1 e T_2 têm uma base comum de raio igual a 8 cm , sendo as outras bases círculos concêntricos. Sabendo que o raio da base maior de T_1 é igual a 14 cm e o volume de T_1 é o triplo do volume de T_2 , determine a razão entre as áreas das bases não comuns dos troncos T_2 e T_1 , nessa ordem.
- 821.** Sendo a geratriz de um tronco de cone a soma dos raios das bases do tronco, então a metade da altura do tronco é média geométrica entre os raios das bases e o volume do tronco é igual ao produto de sua área total pela sexta parte da altura.
- 822.** Determine as medidas dos raios das bases de um tronco de cone de revolução, sendo h a medida de sua altura, g a medida de sua geratriz e $a^2 h \pi / 3$ o seu volume. Discuta.

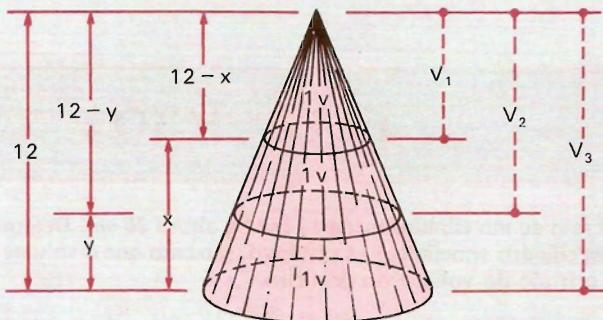
IV. Problemas gerais sobre sólidos semelhantes e troncos

EXERCÍCIOS

- 823.** O raio de um cilindro mede 10 cm e a altura 20 cm . Determine as dimensões de um cilindro semelhante ao primeiro, sabendo que o volume do segundo cilindro é o triplo do volume do primeiro.
- 824.** A área determinada pela secção plana paralela à base de uma pirâmide de 15 cm de altura é os $3/5$ da área da base. Calcule a distância da base da pirâmide à secção plana.
- 825.** Secciona-se uma pirâmide $PABCDE$ por um plano paralelo à base, determinando o pentágono $MNORS$. Sendo PA e PM , respectivamente, 15 m e 10 m e a superfície $ABCDE$, 375 cm^2 , calcule a área do pentágono $MNQRS$.
- 826.** Determine o volume de um cone cuja superfície lateral é os $3/4$ da superfície de um cone semelhante de altura 21 cm e raio da base 20 cm .
- 827.** Um plano paralelo à base de um cone secciona-o a uma distância d do vértice do cone. Sendo g a geratriz do cone e r o raio da base do cone, determine a área da secção, sendo A a área da base do cone.
- 828.** Duas pirâmides têm alturas iguais a 14 m cada uma. A primeira tem por base um quadrado de lado 9 m e a segunda um hexágono de 7 m de lado. Um plano secciona as duas pirâmides a 6 m do vértice. Obtenha a relação entre as áreas das secções determinadas na primeira e na segunda pirâmide.
- 829.** Determine a distância do vértice de um cone a um ponto de sua geratriz, sabendo que um plano contendo esse ponto e paralelo à base do cone secciona-o, dividindo a superfície lateral do cone em duas superfícies equivalentes, e que a geratriz do cone mede 36 cm .
- 830.** Dado um cone circular reto, a que distância do vértice se deve traçar um plano paralelo à base de modo que o volume do tronco, assim determinado, seja metade do volume do cone dado.
- 831.** A que distância do vértice devemos traçar um plano paralelo à base de um cone cujo raio da base mede 7 cm e altura 24 cm , de modo que o cone fique dividido em dois sólidos equivalentes?

- 832.** A que distâncias das bases de um cone de 12 m de altura devemos passar dois planos paralelos à base para que o sólido fique dividido em três partes equivalentes?

Solução



$$\left. \begin{array}{l} \frac{V_1}{V_3} = \frac{1}{3} \\ \frac{V_1}{V_3} = \left(\frac{12-x}{12} \right)^3 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{12-x}{12} = \frac{1}{\sqrt[3]{3}} \Rightarrow 12-x = 4\sqrt[3]{9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = 4(3 - \sqrt[3]{9})$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{V_2}{V_3} = \frac{2}{3} \\ \frac{V_2}{V_3} = \left(\frac{12-y}{12} \right)^3 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{12-y}{12} = \frac{\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{3}} \Rightarrow 12-y = 4\sqrt[3]{18} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y = 4(3 - \sqrt[3]{18})$$

Resposta: $4(3 - \sqrt[3]{9})m$ e $(3 - \sqrt[3]{18})m$.

- 833.** Corte uma pirâmide de altura h por um plano paralelo à base, de modo que o volume da pirâmide menor seja $1/8$ do volume do tronco.
- 834.** Num cone de revolução, a geratriz tem $g\text{ cm}$ e a área da base $B\text{ cm}^2$. Calcule a área de uma secção feita a $t\text{ cm}$ do vértice.
- 835.** Um ângulo poliédrico $PABCD$ é seccionado por um plano perpendicular à aresta PA , obtendo-se por secção um losango $ABCD$ de 10 cm de lado. Sabendo que o diâmetro da aresta PA do ângulo poliédrico dado mede 60° e que o segmento PA mede 10 cm , calcule a distância do vértice P do ângulo poliédrico ao vértice C da secção.
- 836.** Um plano paralelo à base de um cone secciona-o, determinando dois cones C_1 e C_2 . Sendo g e R , respectivamente, a geratriz e o raio da base de C_1 , determine a distância do vértice do cone C_1 à base do cone menor C_2 , sabendo que a área lateral de C_1 é igual à área total do cone menor C_2 .

- 837.** Sabendo que o semiperímetro da secção meridiana de um cone de revolução mede $(6 + 3\sqrt{2}) \text{ cm}$ e que essa secção é um triângulo retângulo isósceles, determine a que distância do vértice devemos traçar um plano paralelo à base do cone para que a área lateral do novo cone seja a quinta parte da área lateral do cone maior.
- 838.** Um plano paralelo à base de um cone, de geratriz g e raio de base r , secciona-o. Sabendo que a área da base do cone obtido é média geométrica entre as duas partes em que fica dividida a superfície lateral do cone, determine a distância do vértice do cone a esse plano.
- 839.** Determine a distância do vértice de um cone a um plano que o secciona paralelamente à base, sabendo que o raio do cone mede r , sua geratriz g e que a secção obtida é equivalente à área lateral do tronco de cone formado.
- 840.** Consideremos um cone de revolução de geratriz g e raio da base r . Determine a distância do vértice do cone a um plano que o secciona paralelamente à sua base de modo que os dois sólidos obtidos tenham superfícies totais equivalentes.
- 841.** A altura de um cone de revolução e o raio da base medem 1 cm e 5 cm , respectivamente. A que distância do vértice devemos traçar um plano paralelo à base do cone de modo que o volume do tronco de cone seja média geométrica entre o cone dado e o cone menor formado?
- 842.** Um cone tem $320\pi \text{ m}^2$ de área total e 12 m de altura. Calcule o volume e a área lateral do tronco obtido pela secção desse cone por um plano paralelo à base e distante 9 m dessa base.
- 843.** O volume de uma pirâmide é V e a aresta lateral é ℓ . Ache um ponto da aresta, tal que o plano paralelo à base, passando por ele, determine uma pirâmide de volume V' .
- 844.** Uma pirâmide tem o volume $V = 15 \text{ dm}^3$ e uma de suas arestas (laterais) mede 32 cm . Pelo ponto A (dessa aresta lateral), à distância de 4 cm do vértice da pirâmide, conduz-se o plano paralelo à base (da pirâmide). Calcule o volume de cada um dos sólidos obtidos por esse plano.
- 845.** A geratriz de um cone mede 4 m . A que distâncias do vértice se devem traçar, sobre a geratriz, planos paralelos à base do cone de modo que o cone fique dividido em 3 sólidos de volumes 2 m^3 , 3 m^3 e 5 m^3 ?
- 846.** Uma pirâmide triangular regular tem de aresta lateral 10 dm e para apótema da base 3 dm . Corta-se essa pirâmide por um plano paralelo à base e cuja distância ao vértice é 4 dm . Calcule o volume do tronco de pirâmide obtido.
- 847.** Dada uma pirâmide de 12 metros de altura, a que distância do vértice devemos passar dois planos paralelos à base para obter três volumes iguais?

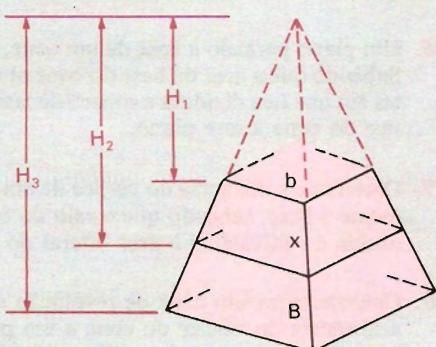
- 848.** Corta-se um tronco de pirâmide de bases paralelas por um plano paralelo às bases e cuja relação das distâncias a essas bases é $m : n$. Ache a área da secção, conhecendo as áreas B e b do tronco.

Solução

$$\frac{H_2 - H_1}{H_3 - H_2} = \frac{m}{n} \quad (1)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\sqrt{b}}{\sqrt{x}} \Rightarrow H_1 = \frac{\sqrt{b}}{\sqrt{x}} H_2$$

$$\frac{H_3}{H_2} = \frac{\sqrt{B}}{\sqrt{x}} \Rightarrow H_3 = \frac{\sqrt{B}}{\sqrt{x}} H_2$$



Substituindo H_1 e H_3 em (1):

$$\frac{H_2 - \frac{\sqrt{b}}{\sqrt{x}} H_2}{\frac{\sqrt{B}}{\sqrt{x}} H_2 - H_2} = \frac{m}{n} \Rightarrow \frac{\sqrt{x} - \sqrt{b}}{\sqrt{B} - \sqrt{x}} = \frac{m}{n} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n\sqrt{x} - n\sqrt{b} = m\sqrt{B} - m\sqrt{x} \Rightarrow (m+n)\sqrt{x} = m\sqrt{B} + n\sqrt{b} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sqrt{x} = \frac{m\sqrt{B} + n\sqrt{b}}{m+n} \Rightarrow x = \left(\frac{m\sqrt{B} + n\sqrt{b}}{m+n} \right)^2$$

Resposta: $\left(\frac{m\sqrt{B} + n\sqrt{b}}{m+n} \right)^2$.

- 849.** A que distância do vértice de uma pirâmide estão situadas duas secções feitas por planos paralelos à base da pirâmide, cujas áreas são 49 m^2 e 64 m^2 , respectivamente, e sendo 30 m a distância entre elas?
- 850.** A altura de uma pirâmide é dividida em seis partes iguais e pelos pontos de divisão são traçados planos paralelos à base. Sabendo que a área da base é 360 , determine a soma das áreas das cinco secções da pirâmide pelos referidos planos.
- 851.** Como deve ser dividida a altura de uma pirâmide, paralelamente à base, para obter duas partes de volumes iguais? Generalize para n partes equivalentes.
- 852.** A aresta lateral PA de uma pirâmide mede 12 m . Que comprimento devemos tomar sobre essa aresta, a partir do vértice, para que um plano paralelo à base divida a pirâmide em dois sólidos cujos volumes são proporcionais a 3 e 4 ?

- 853.** A que distâncias do vértice se devem traçar, sobre a altura de um cone, planos paralelos à base do cone, de modo que o cone fique dividido em 3 sólidos de volumes iguais, sendo 21 m a altura do cone?
- 854.** A aresta lateral PA de uma pirâmide mede 20 m . Que comprimento devemos tomar sobre essa aresta, a partir do vértice, para que dois planos paralelos à base dividam a pirâmide em três sólidos cujos volumes são proporcionais a 4, 5 e 6?
- 855.** Dois planos paralelos à base de uma pirâmide dividem-na em três sólidos, que, considerados a partir do vértice da pirâmide, têm volumes diretamente proporcionais aos números 27, 98 e 91. Calcule as distâncias dos dois planos secantes ao da base, sabendo que a altura da pirâmide é igual a 12 cm .
- 856.** É dado o cone circular reto cujo raio da base tem comprimento r e cuja geratriz faz com o plano da base um ângulo de 60° . Determine a que distância do vértice deve ser traçado um plano paralelo à base para que a área total do tronco de cone, assim determinado, seja igual a $7/8$ da superfície total do cone.
- 857.** A área lateral de uma pirâmide regular de base quadrada é 240 m^2 . O comprimento do lado da base é $3/2$ da altura. Conduz-se um plano paralelo ao plano da base; a secção está a $1/4$ da altura, a partir do vértice. Qual a área da secção?
- 858.** A que distância do vértice de um cone circular reto de raio R e geratriz g se deve passar um plano paralelo à base, de modo que a área da secção seja igual à da superfície lateral do cone?
- 859.** Um cone circular tem raio 2 m e altura 4 m . Qual é a área da secção transversal, feita por um plano, distante 1 m do seu vértice?
- 860.** Dado um tronco de cone reto, cuja altura é igual a 3 m e cujas bases têm raios 4 m e 1 m , respectivamente, divida esse tronco de cone por um plano paralelo às bases, de maneira que o volume da parte adjacente à base maior seja equivalente a 8 vezes o volume da outra parte.
- 861.** Conhecidos os raios r e R das bases de um tronco de cone de bases paralelas, determine o raio de uma secção paralela às bases, tal que divida o tronco em duas partes cujos volumes estão na razão $a : b$.
- 862.** Secciona-se um tronco de pirâmide de bases paralelas por um plano paralelo às bases, de modo que a razão entre os volumes dos sólidos obtidos é p/q . Ache a área da secção, conhecendo as áreas B e b das bases do tronco.
- 863.** Consideremos a pirâmide regular $SABC$ de altura H , tendo por base o triângulo equilátero ABC de lado a . Seja r o raio do círculo inscrito nesse triângulo. A que distância x do vértice devemos seccionar a pirâmide por um plano paralelo à base, de modo que a área da secção $A'B'C'$ seja igual à área do círculo inscrito em ABC ?

- 864.** A geratriz AB de um tronco de cone mede 13 m e os raios das bases 3 m e 8 m , respectivamente. A partir do ponto B , pertencente à base maior, que comprimento devemos tomar sobre AB para que um plano paralelo às bases seccione esse tronco, determinando, na parte superior do tronco dado, outro tronco de cone de volume $\frac{1612\pi}{27}\text{ m}^3$?
- 865.** Determine a relação entre os volumes de dois troncos de pirâmides de igual altura obtidos da secção por um plano paralelo às bases de um tronco de pirâmide de bases paralelas, sendo a e b as áreas das bases do tronco de pirâmide primitivo.
- 866.** As bases de um tronco de pirâmide são quadrados de lados 24 cm e 12 cm , sendo a altura do tronco 36 cm . Um plano intercepta o tronco de pirâmide no ponto de interseção de suas diagonais, paralelamente às bases. Calcule o volume dos dois sólidos obtidos.
- 867.** Um plano secciona uma pirâmide onde uma de suas arestas mede 12 cm . Sendo esse plano paralelo à base da pirâmide e $3/5$ a razão entre os volumes da pirâmide menor e tronco de pirâmide, determine as medidas dos segmentos em que a aresta fica dividida por esse plano.
- 868.** Dois planos paralelos às bases de um tronco de cone de raios r e R seccionam o tronco, dividindo-o em três sólidos de volumes iguais. Determine a relação entre as áreas das secções.

V. Tronco de prisma triangular

242. Conceito

Consideremos:

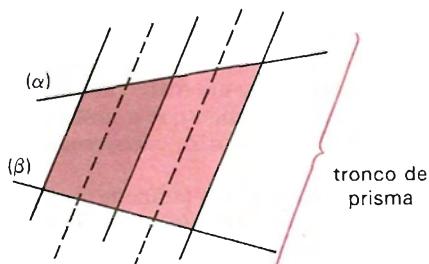
um prisma ilimitado;

dois planos, não paralelos, secantes a esse prisma;

a interseção desses dois planos externa ao prisma ilimitado.

Nessas condições, o sólido que é a reunião das duas secções com a parte do prisma ilimitado compreendida entre os dois planos é chamado *tronco de prisma*.

As secções são as *bases* do tronco de prisma.



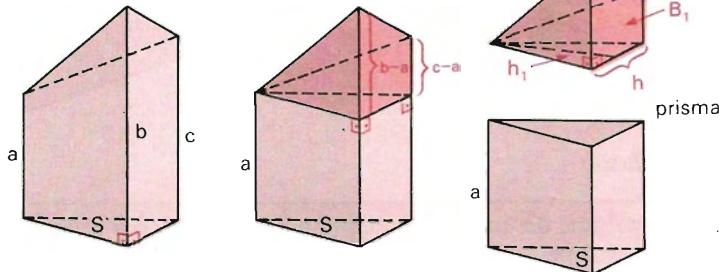
243. Volume de um tronco de prisma triangular

São dados:

a área de uma secção reta = S
as medidas a , b e c das arestas laterais.

1º) *Tronco de prisma triangular com uma base perpendicular às arestas laterais*

Essa base é secção reta e tem área S .



Com a decomposição indicada na figura, temos:

Volume do tronco = Volume do prisma + Volume da pirâmide
ou seja:

$$V = S \cdot a + \frac{1}{3} B_1 \cdot h_1$$

sendo

$$B_1 = \text{Área do trapézio} = \frac{(c - a) + (b - a)}{2} h, \text{ temos:}$$

$$V = S \cdot a + \frac{1}{3} \cdot \frac{(c - a) + (b - a)}{2} \cdot h \cdot h_1$$

e considerando que $S = \frac{h \cdot h_1}{2}$ vem:

$$V = S \cdot a + \frac{1}{3} (b + c - 2a) \cdot \frac{h \cdot h_1}{2} = S \cdot a + \frac{1}{3} (b + c - 2a) \cdot S = S \left(\frac{a + b + c}{3} \right)$$

$$V = S \left(\frac{a + b + c}{3} \right)$$

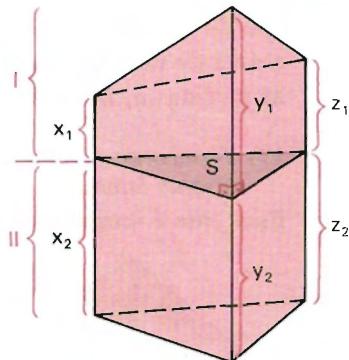
2º) Tronco de prisma triangular qualquer

O plano de uma secção reta (de área S) divide o tronco de prisma em dois do tipo considerado acima.

$$V = V_1 + V_{II}$$

$$V = S \cdot \frac{x_1 + y_1 + z_1}{3} + S \cdot \frac{x_2 + y_2 + z_2}{3} \Rightarrow$$

$$V = S \cdot \left(\frac{a + b + c}{3} \right)$$



Conclusão

O volume de um tronco de prisma triangular é o produto da área da secção reta pela média aritmética das arestas laterais.

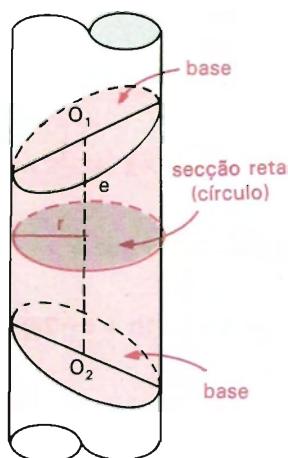
VI. Tronco de cilindro

244. Conceito

Consideremos:

um cilindro circular ilimitado;
dois planos não paralelos, secantes a esse cilindro;

a interseção desses dois planos externa ao cilindro ilimitado.

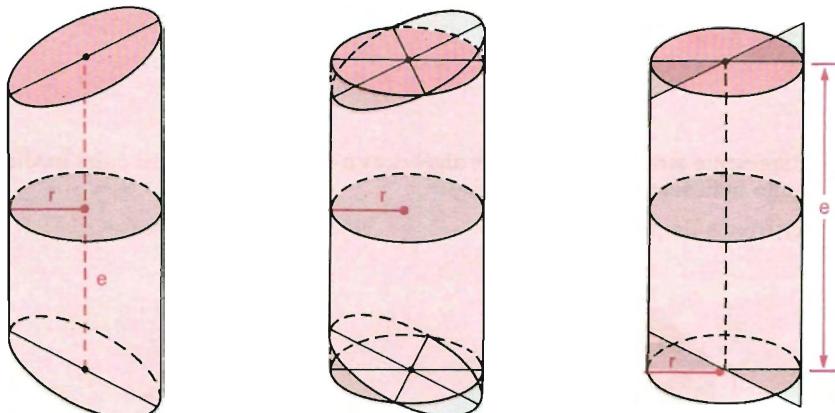


Nessas condições, o sólido que é a reunião das duas secções com a parte do cilindro ilimitado compreendidas entre os dois planos é chamado *tronco de cilindro circular*.

O segmento com extremidades nos centros das secções é o *eixo*.

245. Volume e área lateral

Dado um tronco de cilindro circular de raio r e eixo e , podemos obter um cilindro circular reto que lhe é equivalente e tem mesma área lateral.



Assim, temos para o tronco do cilindro:

$$V = V_{\text{cilindro}} \implies V = \pi r^2 \cdot e$$

$$A_l = A_{f\text{cilindro}} \implies A_l = 2\pi r \cdot e$$

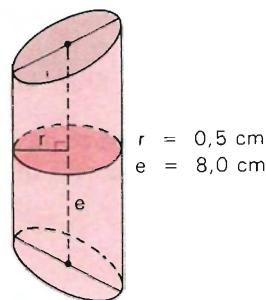
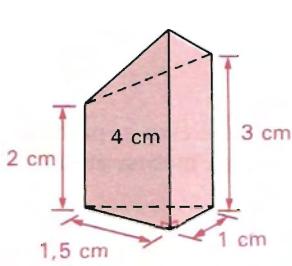
EXERCÍCIOS

- 869.** Um prisma triangular regular é seccionado por um plano não paralelo à sua base, obtendo-se um tronco de prisma cujas arestas laterais medem 3 cm, 5 cm e 7 cm, respectivamente. Sendo 5 cm a medida da aresta da base, determine o volume desse tronco de prisma.

- 870.** Calcule o volume dos troncos cujas medidas estão indicadas nas figuras abaixo.

a) tronco de prisma triangular

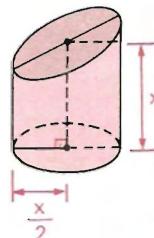
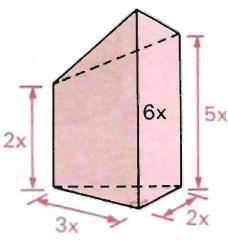
b) tronco de cilindro



- 871.** Represente através de expressões algébricas o volume dos troncos cujas medidas estão indicadas nas figuras abaixo.

a) tronco de prisma triangular

b) tronco de cilindro



- 872.** Determine o volume de um tronco de prisma, sabendo que sua base é um triângulo equilátero de lado 10 cm e a soma das arestas laterais é 24 cm .

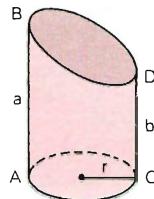
- 873.** As medidas das geratrizes maior e menor de um tronco de cilindro de revolução são, respectivamente, 10 cm e 8 cm . Determine a medida do raio da secção reta, sabendo que a área lateral do tronco de cilindro mede $54\pi\text{ cm}^2$.

- 874.** A secção reta de um tronco do prisma triangular de volume $V\text{ cm}^3$ tem área de $B\text{ cm}^2$. Duas arestas laterais são a e b . Determine a outra.

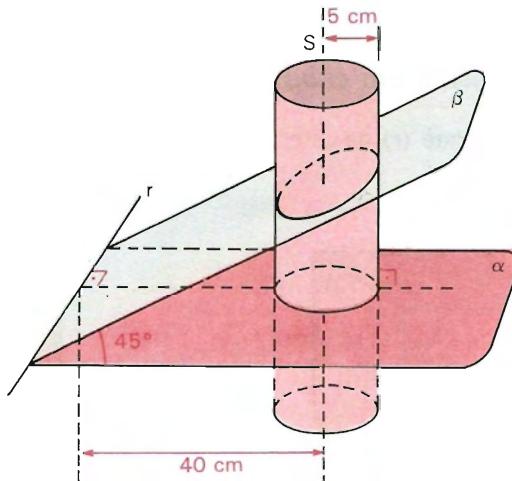
- 875.** Calcule a medida da área lateral e do volume de um tronco de cilindro de revolução cuja área da base mede $36\pi\text{ cm}^2$, sendo seu eixo igual ao diâmetro da base.

- 876.** Demonstre que o volume de um tronco de prisma triangular é igual ao produto da área da secção reta pela distância dos centros de gravidade das duas bases.

- 877.** Um cilindro circular reto é cortado por um plano não paralelo à sua base, resultando no sólido ilustrado na figura. Calcule o volume desse sólido em termos do raio da base r , da altura máxima $AB = a$ e da altura mínima $CD = b$.



- 878.** Uma secção plana que contém o eixo de um tronco de cilindro é um trapézio cujas bases menor e maior medem, respectivamente, $h \text{ cm}$ e $H \text{ cm}$. Duplicando a base menor, o volume sofre um acréscimo de $\frac{1}{3}$ em relação ao seu volume original. Determine H em função de h .
- 879.** Na figura abaixo representamos: dois planos, α e β , cuja interseção é a reta r e o ângulo entre eles é 45° ; uma reta s perpendicular ao plano α , tal que a distância entre as retas r e s é igual a 40 cm e um cilindro de raio 5 cm , cujo eixo é a reta s . Determine o volume do tronco de cilindro, limitado pelos planos α e β .



CAPÍTULO XIV

Inscrição e Circunscrição de Sólidos

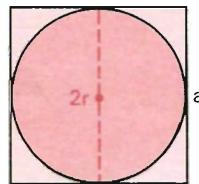
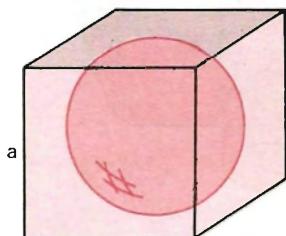
Neste capítulo apresentaremos sob forma de problemas a inscrição e a circunscrição dos sólidos mais comuns: prisma, pirâmide, poliedros em geral, cilindro, cone e esfera.

I. Esfera e cubo

246. Esfera inscrita em cubo

Cálculo do raio (r) da esfera inscrita num cubo de aresta a .

Solução



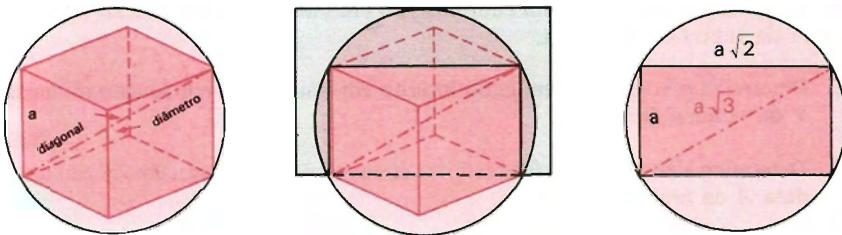
O diâmetro da esfera é igual à aresta do cubo.

$$2r = a \implies r = \frac{a}{2}$$

247. Esfera circunscrita ao cubo

Cálculo do raio (R) da esfera circunscrita a um cubo de aresta a .

Solução



O diâmetro da esfera é igual à diagonal do cubo.

$$2R = a\sqrt{3} \implies R = \frac{a\sqrt{3}}{2}$$

EXERCÍCIOS

- 880.** Determine o volume de uma esfera inscrita em um cubo de 1 dm de aresta.
- 881.** Determine o volume de uma esfera circunscrita a um cubo de 12 cm de aresta.
- 882.** Determine o volume de um cubo inscrito em uma esfera de 8 cm de raio.
- 883.** Determine a área lateral e o volume de um cubo circunscrito a uma esfera de $25\pi\text{ cm}^2$ de superfície.
- 884.** Determine o volume de uma esfera circunscrita a um cubo cuja área total mede 54 cm^2 .
- 885.** Determine o volume de um cubo inscrito em uma esfera cujo volume mede $2,304\pi\text{ cm}^3$.
- 886.** Determine a razão entre a área da esfera e a do cubo inscrito nessa esfera.
- 887.** Calcule a razão entre os volumes de dois cubos, o primeiro inscrito e o segundo circunscrito a uma mesma esfera.

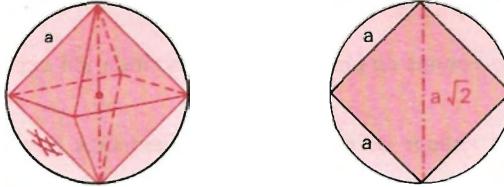
- 888.** Determine a razão entre o volume da esfera inscrita e da esfera circunscrita a um cubo de aresta a .
- 889.** Calcule o volume de um cubo inscrito em uma esfera cujo raio mede r .
- 890.** Determine o volume de um cubo inscrito em uma esfera em função da medida A da superfície da esfera.
- 891.** Determine o volume de um cubo inscrito em uma esfera em função da medida V do volume da esfera.
- 892.** Determine a área da superfície esférica circunscrita a um cubo, em função da medida A da área total do cubo.
- 893.** Determine a distância do centro de uma esfera inscrita em um cubo a um dos vértices do cubo, sabendo que a superfície da esfera mede $54,76\pi\text{ cm}^2$.
- 894.** Determine a diagonal de um cubo circunscrito a uma esfera na qual uma cunha de 60° tem área total igual a $60\pi\text{ cm}^2$.
- 895.** Uma esfera está inscrita em um cubo. Calcule o volume do espaço compreendido entre a esfera e o cubo, sabendo que a área lateral do cubo mede $144\pi\text{ cm}^2$.
- 896.** Cada vértice de um cubo é centro de uma esfera de raio igual a 4 cm ; sendo 8 cm a medida da aresta do cubo, calcule o volume da parte do cubo exterior às esferas.

II. Esfera e octaedro regular

- 248.** Esfera circunscrita ao octaedro regular

Cálculo do raio (R) da esfera circunscrita a um octaedro regular de aresta a .

Solução



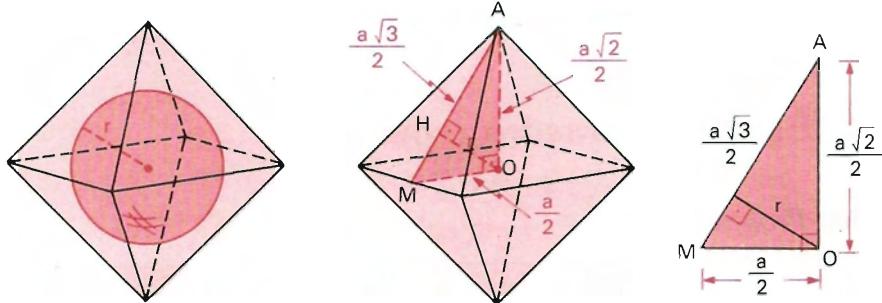
O diâmetro da esfera é igual à diagonal do octaedro (diagonal do quadrado).

$$2R = a\sqrt{2} \implies R = \frac{a\sqrt{2}}{2}$$

249. Esfera inscrita em um octaedro regular

Cálculo do raio (r) da esfera inscrita num octaedro regular de aresta a .

Solução



O raio da inscrita é a altura OH do triângulo retângulo AOM .

Aplicando relações métricas no $\triangle AOM$ (hipotenusa \times altura = produto dos catetos):

$$\frac{a\sqrt{3}}{2} \cdot r = \frac{a\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{a}{2} \Rightarrow r = \frac{a\sqrt{6}}{6}$$

Nota: A distância entre duas faces paralelas do octaedro regular é $2r$.

EXERCÍCIOS

- 897.** Calcule o volume de um octaedro regular inscrito em uma esfera de volume igual a $36\pi\text{ cm}^3$.
- 898.** Determine o volume compreendido entre uma esfera de raio r e um octaedro regular inscrito nessa esfera.
- 899.** Determine a área total do octaedro regular inscrito em uma esfera cujo círculo máximo tem $36\pi\text{ cm}^2$ de área.
- 900.** Duas esferas são circunscrita e inscrita em um mesmo octaedro. Calcule a razão entre seus volumes.

- 901.** Calcule o perímetro P e a área S da secção produzida num octaedro regular circunscrito a uma esfera de $6\sqrt{6}\text{ dm}$ de diâmetro pelo plano que contém o centro dessa esfera e que é paralelo a uma das faces do octaedro.
- 902.** Dada uma esfera de $6\sqrt{2}\text{ m}$ de diâmetro, considere o octaedro regular nela inscrito, bem como o plano paralelo a duas faces opostas do octaedro, tal que suas distâncias a essas duas faces sejam diretamente proporcionais aos números 1 e 2. Calcule a área da secção que o plano considerado produz no octaedro regular.

III. Esfera e tetraedro regular

250. Propriedade

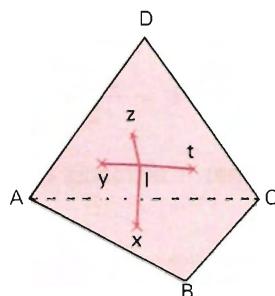
“Num tetraedro regular, a soma das distâncias de um ponto interior qualquer às quatro faces é igual à altura do tetraedro.”

Demonstração

Sendo I um ponto interior; x, y, z e t as respectivas distâncias às faces ABC, ABD, ACD e BCD , devemos provar que:

$$x + y + z + t = h$$

em que h é a altura do tetraedro.



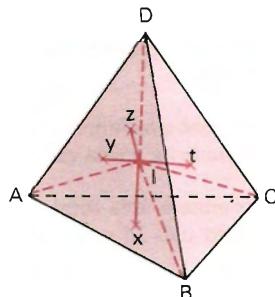
De fato, a soma dos volumes das pirâmides $IABC, IABD, IACD$ e $IBCD$ é igual ao volume de $ABCD$.

Sendo S a área de uma face do tetraedro, vem:

$$\frac{1}{3}Sx + \frac{1}{3}Sy + \frac{1}{3}Sz + \frac{1}{3}St = \frac{1}{3}Sh$$

então:

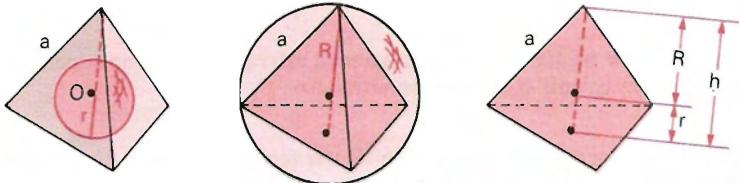
$$x + y + z + t = h.$$



251. Esfera inscrita e esfera circunscrita ao tetraedro regular

Cálculo do raio da esfera inscrita (r) e da esfera circunscrita (R) a um tetraedro regular de aresta a .

Solução



Sendo o centro (O) um ponto interior do tetraedro regular, para ele vale a propriedade acima, isto é:

$$x + y + z + t = h \text{ e, como } x = y = z = t = r, \text{ vem}$$

$$4r = h \implies r = \frac{1}{4}h$$

e como $R + r = h$, então:

$$R = \frac{3}{4}h.$$

$$\text{Sendo } h = \frac{a\sqrt{6}}{3}, \text{ temos: } r = \frac{a\sqrt{6}}{12} \text{ e } R = \frac{a\sqrt{6}}{4}.$$

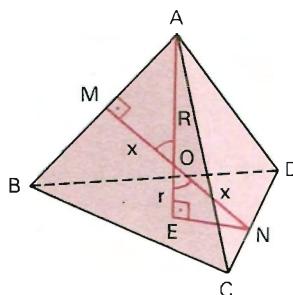
252. Esfera tangente às arestas

O raio da esfera tangente às arestas de um tetraedro regular é média geométrica (ou média proporcional) entre os raios das esferas inscrita e circunscrita ao mesmo tetraedro.

Solução

R, r e x são os respectivos raios das esferas circunscrita, inscrita e tangente.

$$\begin{aligned} \triangle AMO \sim \triangle NEO &\implies \frac{x}{r} = \frac{R}{x} \implies \\ &\implies x^2 = R \cdot r \end{aligned}$$



EXERCÍCIOS

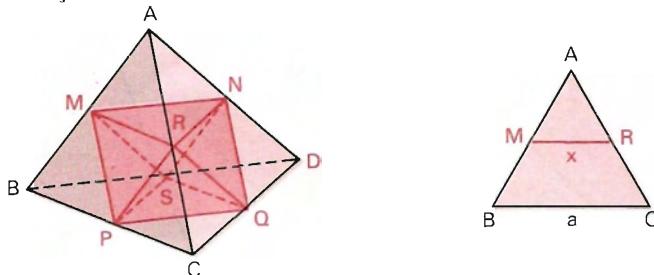
- 903.** Um tetraedro regular é inscrito numa esfera de 12 cm de diâmetro. Qual o volume do tetraedro?
- 904.** Um tetraedro regular é circunscrito a uma esfera. Se a área da superfície da esfera é $3\pi\text{ m}^2$, calcule o volume do tetraedro.
- 905.** Determine a área total e o volume de um tetraedro regular circunscrito a uma esfera de raio R .
- 906.** Determine o volume da esfera inscrita num tetraedro regular de aresta a .
- 907.** Calcule a área da superfície da esfera circunscrita a um tetraedro regular de aresta a .
- 908.** Calcule as áreas e os volumes das esferas inscrita e circunscrita a um tetraedro regular de aresta a .
- 909.** Determine a medida da aresta de um tetraedro regular em função do volume V da esfera circunscrita.
- 910.** Em uma esfera inscreve-se um tetraedro regular e neste tetraedro regular inscreve-se uma nova esfera. Determine a relação entre as superfícies das esferas.
- 911.** Em um tetraedro regular inscreve-se uma esfera e nesta esfera inscreve-se um novo tetraedro regular. Determine a relação entre os volumes dos dois tetraedros.

IV. Inscrição e circunscrição envolvendo poliedros regulares

253. Tetraedro regular e octaedro regular

Cálculo da aresta (x) do octaedro regular determinado pelos pontos médios das arestas de um tetraedro regular de aresta a .

Solução



a = aresta do tetraedro

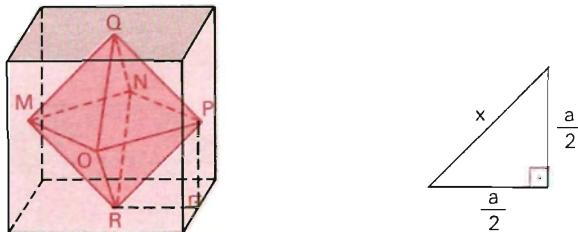
x = aresta do octaedro

M e R são pontos médios dos lados do $\triangle ABC$: $x = \frac{a}{2}$.

254. Cubo e octaedro regular

Cálculo da aresta (x) do octaedro determinado pelos centros das faces de um cubo de aresta a .

Solução



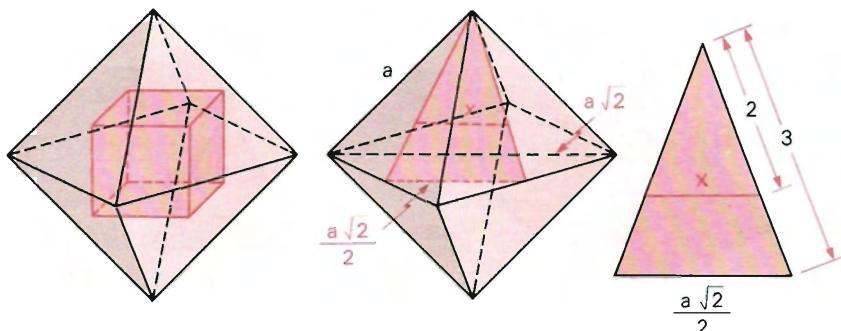
a = aresta do cubo

x = aresta do octaedro

$$x^2 = \left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 \Rightarrow x = \frac{a\sqrt{2}}{2}$$

255. Octaedro regular e cubo

Cálculo da aresta (x) do cubo determinado pelos centros das faces de um octaedro regular de aresta a .

Solução

a = aresta do octaedro

x = aresta do cubo

Os centros das faces do octaedro são baricentros dessas faces, então:

$$x = \frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{2}}{2} \implies x = \frac{a\sqrt{2}}{3}$$

256. Cubo e tetraedro regular

Cálculo da aresta (x) do tetraedro regular com vértices nos vértices de um cubo de aresta a .

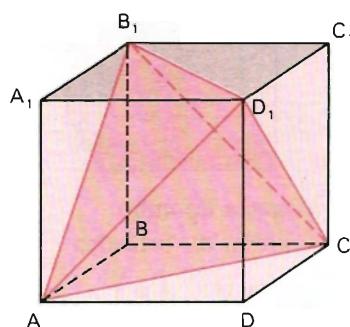
Solução

ACB, D_1 é tetraedro regular

a = aresta do cubo

x = aresta do tetraedro

$x = a\sqrt{2}$



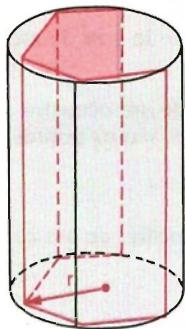
EXERCÍCIOS

- 912.** Dado um tetraedro regular de aresta a , determine:
- a aresta do octaedro cujos vértices são pontos médios das arestas do tetraedro;
 - a aresta do cubo cujos vértices são centros das faces do octaedro obtido acima;
 - a aresta de um novo octaedro, cujos vértices são centros das faces do cubo obtido acima.
- 913.** Determine o volume de um tetraedro inscrito num cubo de 3 m de aresta.
- 914.** O segmento AB de medida 8 cm é uma das diagonais de um octaedro regular. Calcule a área total do hexaedro convexo, cujos vértices são os pontos médios das arestas do octaedro dado.
- 915.** Calcule a razão entre as áreas totais A e B , respectivamente, de um cubo e do octaedro regular nele inscrito.
- 916.** Escolha 4 dos vértices de um cubo, de modo a formar um tetraedro regular. Sen-
do V o volume do cubo, qual o volume desse tetraedro?
- 917.** Dado um tetraedro regular, estude o poliedro P que tem como vértice os pontos
mádios das arestas do tetraedro. Se ℓ é o lado do tetraedro, calcule a área total
e o volume de P .
- 918.** Dado um cubo de aresta igual a ℓ , considera-se o octaedro que tem por vértices
os centros das faces do cubo. Calcule a área da superfície esférica inscrita no oc-
taedro.
- 919.** Dados um cubo e um tetraedro regular nele inscrito, considere a plano que con-
tém o centro do cubo e que é paralelo a uma das faces do tetraedro. Calcule a
razão entre as áreas das secções que esse plano produz nos dois sólidos dados.

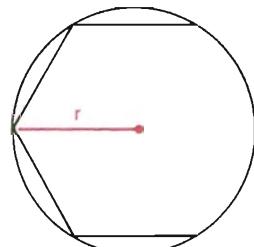
V. Prisma e cilindro

257. Prisma inscrito em cilindro

Eles têm a mesma altura. Basta trabalhar nas bases.

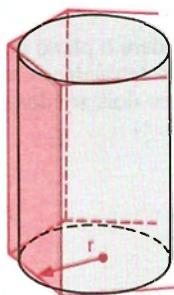


O raio da base do cilindro
é o raio da circunferência
circunscrita à base do
prisma.

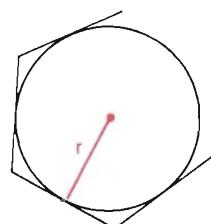


Base

258. Cilindro inscrito em prisma



O raio da base do cilindro
é o raio da circunferência
inscrita na base do pris-
ma.



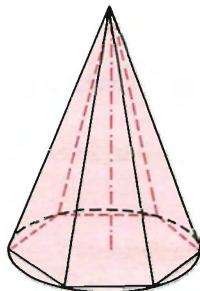
Base

EXERCÍCIOS

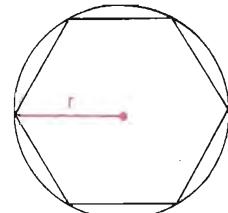
- 920.** Um prisma regular hexagonal está inscrito num cilindro equilátero. Qual é a razão entre as áreas laterais do prisma e do cilindro?
- 921.** Determine o volume de um cilindro circunscrito ao cubo cujo volume é 343 cm^3 .
- 922.** Em um prisma triangular regular se inscreve um cilindro. Que relação existe entre as áreas laterais desses dois sólidos?
- 923.** Calcule o volume do sólido que se obtém quando de um cubo de aresta 5 cm retiramos um cilindro de diâmetro 3 cm .
- 924.** Calcule o volume do cilindro inscrito num prisma reto, de altura $12,5\text{ cm}$, cuja base é um losango de diagonais 8 cm e 6 cm .
- 925.** Determine o volume de um cilindro de revolução circunscrito a um prisma triangular de 12 cm de altura, sendo a base do prisma um triângulo isósceles cujo ângulo do vértice mede 30° , sendo 5 cm a medida da base do triângulo.
- 926.** Um cilindro de 30 cm de diâmetro está inscrito em um prisma quadrangular regular de 20 cm de altura. Determine a diferença entre a área lateral do prisma e a área lateral do cilindro.
- 927.** Em um cilindro circular reto de raio R e altura h , inscreva um paralelogramo retângulo de base quadrada e calcule a área total desse paralelepípedo.
- 928.** Consideremos um prisma hexagonal regular de altura h , cujo lado da base mede a , e um cilindro inscrito e circunscrito a esse prisma.
- Calcule a área lateral e o volume do prisma.
 - Calcule a área lateral e o volume de cada um dos cilindros.
 - Determine a razão entre as áreas laterais e os volumes dos dois cilindros.

VI. Pirâmide e cone

259. *Pirâmide inscrita em cone*

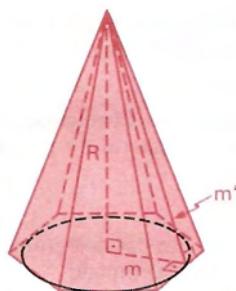


O raio da base do cone é o raio da circunferência circunscrita à base da pirâmide.

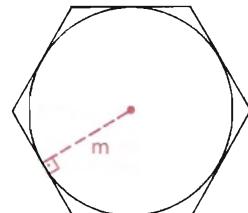


Base

260. *Cone inscrito em pirâmide regular*



O raio da base do cone é o apótema da base da pirâmide. A geratriz do cone é o apótema da pirâmide.



Base

EXERCÍCIOS

- 929.** A área total de um cone reto é $96\pi \text{ cm}^2$ e o raio da base mede 6 cm . Determine o volume do cone e da pirâmide de base quadrada inscrita no cone.
- 930.** Uma pirâmide quadrangular regular está inscrita em um cone de revolução. O perímetro da base da pirâmide mede $20\sqrt{2} \text{ cm}$. Calcule a altura do cone, sabendo que a sua geratriz tem o mesmo comprimento da diagonal da base.

Para mais, acesse: <http://fvestibular.com.br/>

- 931.** Determine a área lateral e o volume de um cone circunscrito a uma pirâmide, sabendo que a altura da pirâmide de base quadrada é o triplo do lado da base e que o lado da base mede a .
- 932.** Um cone reto tem por base um círculo circunscrito a um hexágono regular. O apótema do cone é os $5/3$ do lado do hexágono regular e a soma da geratriz com esse lado é 16 m . Determine o apótema do cone e o lado do hexágono, bem como o volume da pirâmide que tem por base o hexágono regular e por vértice, o vértice do cone.
- 933.** O raio de um cone é igual ao raio de uma esfera de $144\pi\text{ cm}^3$ de superfície, a geratriz é os $5/3$ do raio. Determine a razão entre os volumes de ambos os sólidos e o volume da pirâmide regular de base hexagonal inscrita no cone.

VII. Prisma e pirâmide

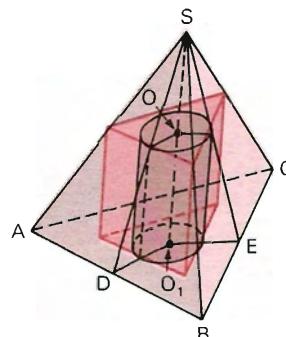
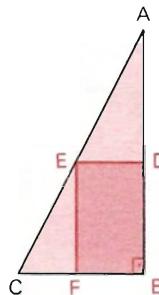
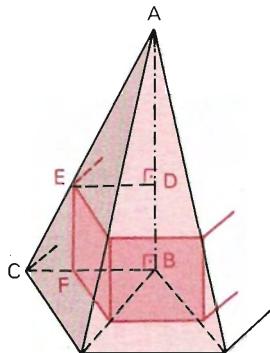
261. Prisma inscrito em pirâmide

Caso o prisma seja inscrito na pirâmide, destacar as semelhanças:

$$\triangle ADE \sim \triangle ABC;$$

$$\triangle EFC \sim \triangle ABC;$$

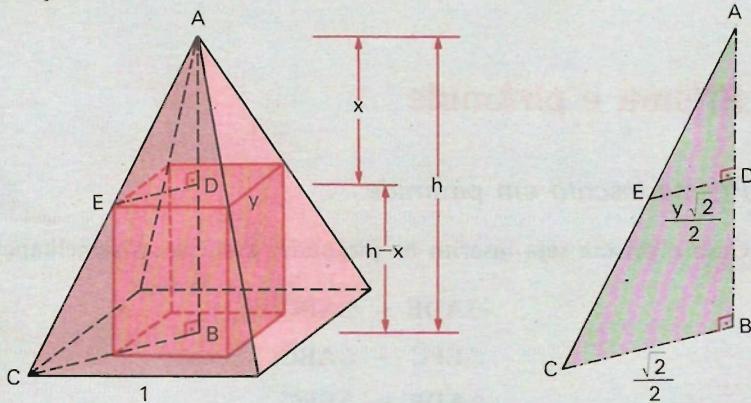
$$\triangle ADE \sim \triangle EFC.$$



Nota: Se tivermos *cilindro* inscrito em *pirâmide*, basta circunscrever ao cilindro um prisma.

EXERCÍCIOS

- 934.** Uma pirâmide regular de base quadrada tem o lado da base igual a l e a altura igual a h . Seccione-a com um plano paralelo à base de modo que o prisma, que tem por bases a secção da pirâmide com o plano considerado e a projeção ortogonal dessa secção sobre a base da pirâmide, tenha superfície lateral $4S^2$. Obtenha a distância da secção ao vértice da pirâmide.

Solução

Sendo x a distância pedida e y a aresta da base do prisma, vem:

$$\text{Área lateral} = 4S^2 \implies 4 \cdot y(h - x) = 4S^2 \implies y(h - x) = S^2 \quad (1)$$

$$\text{Da semelhança: } \frac{x}{h} = \frac{\frac{y\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \implies y = \frac{x}{h}.$$

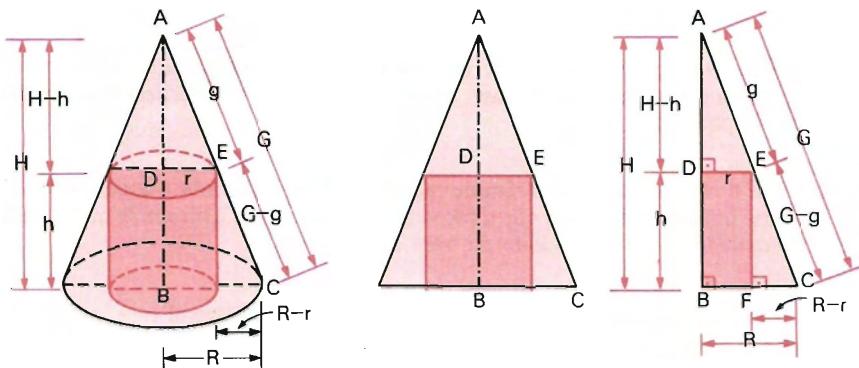
$$\text{Em (1): } \frac{x}{h} (h - x) = S^2 \Rightarrow x^2 - hx + S^2h = 0 \Rightarrow x = \frac{h \pm \sqrt{h(h - 4S^2)}}{2}$$

$$\text{Condição: } h - 4S^2 \geq 0 \implies h \geq 4S^2.$$

- 935.** Determine o volume do octaedro cujos vértices são os pontos médios das faces do paralelepípedo reto-retângulo de dimensões a , b , c .
- 936.** Dada a medida ℓ da aresta de um cubo, determine a área lateral e o volume de uma pirâmide que tem para base uma face do cubo e para vértice o centro da face oposta.
- 937.** Calcule o volume do cubo inscrito numa pirâmide quadrangular regular a 6 m de altura e 3 m de aresta da base, sabendo que o cubo tem vértices sobre as arestas da pirâmide.
- 938.** Dá-se a altura h de uma pirâmide regular de base quadrada e constrói-se sobre a base um cubo, de modo que a face oposta à base corte a pirâmide num quadrado de lado a . Calcule o lado da base da pirâmide.
- 939.** Um prisma quadrangular regular de $12\sqrt{2}\text{ m}^2$ de área lateral está inscrito num octaedro regular de $32\sqrt{3}\text{ m}^2$ de área total. Calcule o volume do prisma, sabendo que seus vértices pertencem a arestas dc octaedro.
- 940.** Num paralelepípedo retângulo a , b , c , assinalemos os pontos médios de todas as arestas e unamos dois a dois aqueles pontos médios que pertencem a arestas concorrentes num mesmo vértice. Suprimindo os oito tetraedros que ficam assim determinados nos triedros do paralelepípedo, obtém-se um poliedro. Determine o volume desse poliedro em função de a , b , c .
- 941.** Prove que o volume do tetraedro regular é a terça parte do paralelepípedo circunscrito.
- 942.** Determine a razão entre o volume de um octaedro regular e o volume de um cilindro equilátero circunscrito a esse octaedro.
- 943.** Um vaso cilíndrico cujo raio da base é r e cuja altura é $2r$ está cheio de água. Mergulha-se nesse vaso um tetraedro regular até que sua base fique inscrita na base do cilindro. Há transbordamento da água. Retirando-se o tetraedro do vaso, qual é a altura da coluna de água?

VIII. Cilindro e cone

262. *Cilindro circular reto inscrito em cone reto*



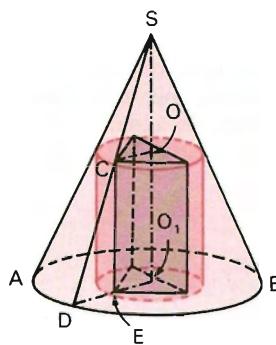
Usando os elementos indicados nas figuras, temos:

$$\triangle ADE \sim \triangle ABC \Rightarrow \frac{g}{G} = \frac{r}{R} = \frac{H-h}{H}$$

$$\triangle EFC \sim \triangle ABC \Rightarrow \frac{G-g}{G} = \frac{R-r}{R} = \frac{h}{H}$$

$$\triangle ADE \sim \triangle EFC \Rightarrow \frac{g}{G-g} = \frac{r}{R-r} = \frac{H-h}{h}$$

Nota: Caso se tenha *prisma* inscrito em *cone*, basta circunscrever um cilindro ao prisma.



EXERCÍCIOS

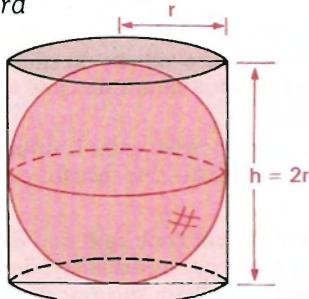
- 944.** Determine o volume do cilindro equilátero inscrito num cone de revolução, sendo 24 cm a altura do cone e 12 cm o raio da base do cone.
- 945.** Calcule a razão entre o volume de um cone equilátero de raio R e o do cilindro de revolução nele inscrito cuja geratriz seja igual ao raio da base.
- 946.** É dado um cone cujo raio da base é R e cuja altura é h . Inscreva um cilindro de modo que a área lateral deste seja igual à área lateral do cone parcial, determinado pela base superior do cilindro.
- 947.** Em um cone de geratriz g e altura h , inscrevemos um cilindro determinando um cone menor cuja base coincide com uma base do cilindro. Obtenha a altura do cilindro, sabendo que a área lateral do cone menor é igual à área lateral do cilindro.
- 948.** Inscreva um cilindro num cone dado de raio R e apótema G , de modo que a área lateral do cone que está acima do cilindro seja igual à área da coroa cujas circunferências são a base do cilindro e a do cone.
- 949.** Um cilindro de revolução tem raio R e altura $2R$. No seu interior constroem-se dois cones, cada um tendo por vértice o centro de uma das bases do cilindro e por base a base oposta do cilindro. Calcule a porção do volume do cilindro exterior aos dois cones.
- 950.** Em um cone de revolução inscrevemos um cilindro cuja altura é igual ao raio da base do cone. Determine o ângulo que o eixo do cone e sua geratriz formam, sabendo que a superfície total do cilindro e a área da base do cone estão entre si como $3/2$.
- 951.** Um cone e um cilindro têm uma base comum, e o vértice do cone se encontra no centro da outra base do cilindro. Determine a medida do ângulo formado pelo eixo do cone e sua geratriz, sabendo que as superfícies totais do cilindro e do cone estão entre si como $7/4$.
- 952.** Em um cone cuja geratriz g forma com o plano da base um ângulo α , inscrevemos um prisma regular quadrangular; sendo as arestas laterais do prisma congruentes, determine a superfície total do prisma.
- 953.** Um cone de revolução tem o vértice no centro de uma face de um cubo de aresta a e a base circunscrita à face oposta do cubo. Determine a diferença entre o volume do cubo e o volume do cone.

IX. Cilindro e esfera

263. Cilindro circunscrito a uma esfera

O cilindro circunscrito a uma esfera é um cilindro equilátero cujo raio da base é igual ao raio da esfera.

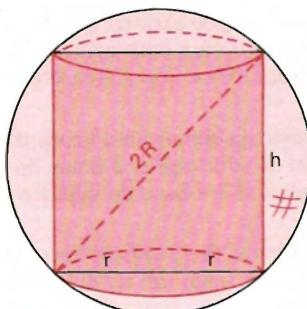
$$h = 2r$$



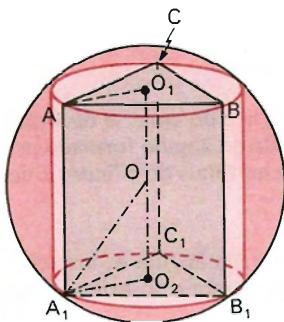
264. Cilindro inscrito numa esfera

O raio da base r e a altura h de um cilindro inscrito numa esfera de raio R guardam entre si a relação:

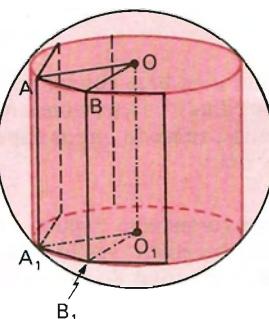
$$(2r)^2 + h^2 = (2R)^2.$$



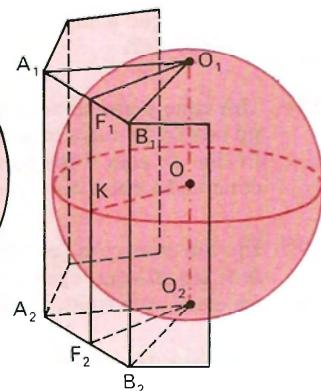
Nota: Tendo a esfera e um prisma, basta considerar um cilindro inscrito ou circunscrito ao prisma.



Note o cilindro.



Note o cilindro.



A altura é o diâmetro.

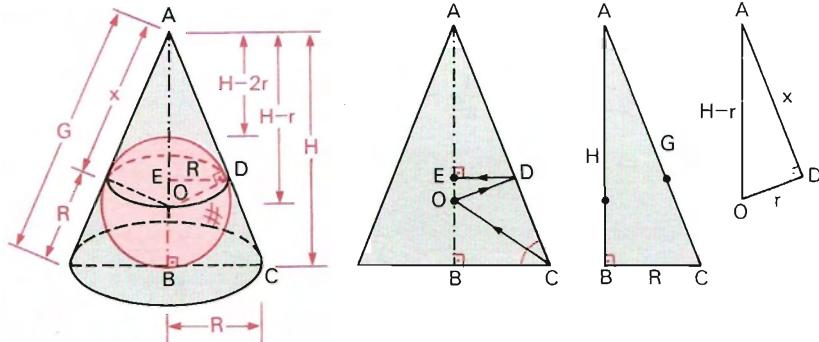
EXERCÍCIOS

- 954.** Uma esfera está inscrita em um cilindro de $150\pi \text{ cm}^2$ de área total. Determine a área e o volume dessa esfera.
- 955.** Determine a área total de um cilindro equilátero circunscrito a uma esfera de superfície $400\pi \text{ m}^2$.
- 956.** Determine a área de uma esfera inscrita em um cilindro de revolução cuja secção meridiana tem 225 cm^2 de área.
- 957.** Determine o volume da esfera inscrita no cilindro de volume 18 cm^3 .
- 958.** Determine a razão entre os volumes de uma esfera e do cilindro equilátero nela inscrito.
- 959.** Um cilindro está circunscrito a uma esfera. Determine as razões da superfície e do volume da esfera para a superfície e o volume do cilindro.
- 960.** Determine a altura de um cilindro inscrito em uma esfera de raio r , sendo $2\pi a^2$ a área total do cilindro.
- 961.** Determine a razão entre o volume de um cilindro equilátero circunscrito e o volume de um cilindro equilátero inscrito em uma esfera.
- 962.** Em uma esfera de raio r , inscrevemos um cilindro de modo que o raio da esfera seja igual ao diâmetro do cilindro. Calcule a área lateral, a área total e o volume do cilindro em função de r .
- 963.** Determine o volume compreendido entre uma esfera e um cilindro, sabendo que o cilindro está circunscrito à esfera e que a área total do cilindro somada à área da esfera é $160\pi \text{ cm}^2$.
- 964.** Determine o volume de um cilindro equilátero circunscrito a uma esfera, sabendo que o cilindro equilátero inscrito nessa mesma esfera tem volume igual a $250\pi \text{ cm}^3$.
- 965.** Em uma vasilha de forma cilíndrica colocamos uma esfera de raio R . Sabendo que o raio da base da vasilha mede r , responda: em quanto se elevará o nível da água contida na vasilha, sabendo que a esfera está totalmente submersa na água?
- 966.** A área lateral de um cilindro reto é $48\pi \text{ cm}^2$ e sua altura é 8 cm . Sabendo que o cilindro está inscrito em uma esfera, determine o raio da esfera e a relação entre o volume do cilindro e o volume da esfera. Calcule ainda a relação entre o volume do cilindro equilátero inscrito nessa mesma esfera e o volume do cilindro considerado.

- 967.** Inscreva um cilindro circular reto de área lateral πa^2 numa esfera de diâmetro d . Discuta.
- 968.** Prove que a área total de um cilindro equilátero é igual à média aritmética das áreas das esferas inscrita e circunscrita ao cilindro.
- 969.** Num cilindro de raio r inscreve-se uma esfera. Mostre que a razão entre o volume da esfera e o do cilindro é $2/3$.
- 970.** Calcule a área total do prisma hexagonal regular de 8 m de altura, inscrito numa esfera de 10 m de diâmetro.
- 971.** Em uma esfera de raio R , inscrevemos oito esferas iguais. Sabendo que cada esfera tangencia outras três e tangencia a esfera maior, determine os raios das esferas inscritas considerando que os seus centros são os vértices de um cubo.
- 972.** Seis esferas de mesmo raio 4 cm têm por centros os centros das faces de um cubo e são tangentes exteriormente, cada uma, a outras quatro. Calcule o raio da esfera tangente exteriormente a essas seis esferas.
- 973.** No interior de um cubo regular de aresta a , existem 9 esferas de mesmo raio r . O centro de uma dessas esferas coincide com o centro do cubo e cada uma das demais esferas tangencia a esfera do centro e três faces do cubo. Exprima a em função de r .
- 974.** Uma esfera de raio R está colocada em uma caixa cúbica, sendo tangente às paredes da caixa. Essa esfera é retirada da caixa e em seu lugar são colocadas 8 esferas iguais, tangentes entre si e também às paredes da caixa. Determine a relação entre o volume não ocupado pela esfera única e o volume não ocupado pelas 8 esferas.
- 975.** Demonstre que a afirmativa abaixo é verdadeira:
 Inscreve-se um cubo C em uma esfera E . Nesse cubo inscreve-se uma esfera E' . Inscreve-se um novo cubo C' na esfera E' . A área total do cubo C' é $2S/3\pi$, em que S é a área da esfera E .
- 976.** Num cubo está inscrita uma esfera de raio R . Calcule a área lateral do cone reto cuja base está circunscrita a uma das faces do cubo e cujo vértice é o centro da esfera.
- 977.** Em um prisma regular quadrangular inscrevemos uma esfera, de tal maneira que tangencia todas as faces do prisma. Nesse prisma circunscrevemos uma outra esfera. Determine a relação entre os volumes das duas esferas.
- 978.** Tomam-se dois vértices opostos de um cubo e pelos pontos médios das seis arestas que não passam por esses vértices traça-se um plano secante que divide o cubo em dois sólidos e em cada um desses sólidos inscrevemos uma esfera. Dado que essas esferas tangenciam três faces do cubo e o plano secante, determine a relação entre o volume de cada esfera e o volume do cubo.

X. Esfera inscrita em cone reto

265. *Esfera inscrita em cone reto*



O é o centro da esfera inscrita (OC é bissecriz).

E é o centro da circunferência segundo a qual a superfície cônica tangencia a esfera.

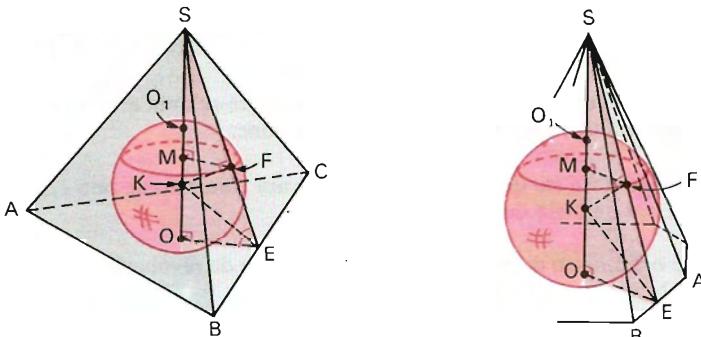
D é o ponto de tangência.

$$\triangle ADO \sim \triangle ABC \implies \frac{x}{H} = \frac{r}{R} = \frac{H-r}{G}$$

x é calculado no $\triangle ADO$ retângulo em D :

$$x^2 = (H-r)^2 - r^2 \implies x = \sqrt{H(H-2r)}.$$

Nota: Caso se tenha *esfera inscrita em pirâmide*, basta considerar um cone inscrito na pirâmide e a esfera inscrita no cone.



Note a analogia com o caso acima.

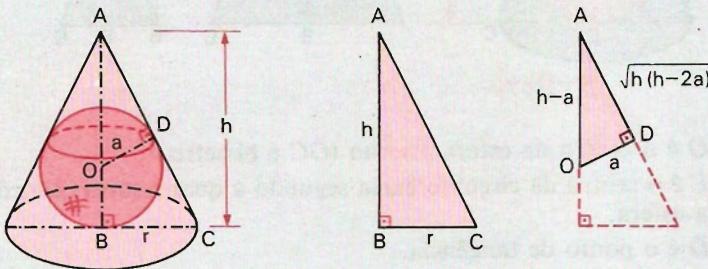
Note os pontos K , F e M .

EXERCÍCIOS

- 979.** Quando um cone está circunscrito a uma esfera de raio a , o raio r e a altura h do cone estão ligados ao raio da esfera pela relação:

$$\frac{1}{a^2} - \frac{1}{r^2} = \frac{2}{ah}.$$

Solução



$$\triangle ADO \sim \triangle ABC \Rightarrow \frac{\sqrt{h(h-2a)}}{h} = \frac{a}{r} \Rightarrow \frac{h-2a}{h} = \frac{a^2}{r^2}$$

$$\text{Dividindo por } a^2: \frac{h-2a}{a^2h} = \frac{1}{r^2} \Rightarrow \frac{h}{a^2h} - \frac{2a}{a^2h} = \frac{1}{r^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{a^2} - \frac{1}{r^2} = \frac{2}{ah}$$

- 980.** Num cone circular reto de 18 m de altura, inscreve-se uma esfera de 5 m de raio. Calcule o diâmetro da base e a geratriz do cone.
- 981.** Numa esfera de 6 cm de raio circunscreve-se um cone reto de raio 12 cm . Calcule a altura e a geratriz do cone.
- 982.** Calcule o diâmetro da esfera inscrita em um cone de revolução cujo raio da base mede 12 cm e a geratriz 20 cm .
- 983.** Determine o volume de uma esfera inscrita em um cone de 15 cm de apótema e 18 cm de diâmetro da base.

- 984.** Determine a área da esfera inscrita em um cone equilátero cuja área lateral mede $50\pi \text{ cm}^2$.
- 985.** Determine o volume de uma esfera inscrita em um cone de revolução cujo raio da base mede 6 cm e cuja área total mede $96\pi \text{ cm}^2$.
- 986.** Uma esfera é inscrita num cone reto, com os elementos:
 r — raio da esfera; G — geratriz;
 R — raio da base do cone; H — altura.
 Resolva os problemas:
 a) dados G e R , calcule H e r ; c) dados H e R , calcule G e r ;
 b) dados G e H , calcule R e r ; d) dados H e r , calcule G e R .
- 987.** Determine o volume e a área lateral de um cone em função da altura h do cone e do raio r de uma esfera inscrita nesse cone.
- 988.** Em uma cavidade cônica, cuja abertura tem um raio de 8 cm e de profundidade $32/3 \text{ cm}$, deixa-se cair uma esfera de 6 cm de raio. Ache a distância do vértice da cavidade cônica ao centro da esfera.
- 989.** Uma esfera é colocada no interior de um vaso cônico com $\sqrt{55} \text{ cm}$ de geratriz e $\sqrt{30} \text{ cm}$ de altura. Sabendo que os pontos de tangência das geratrizes com a superfície esférica estão a 3 cm do vértice, calcule o raio da esfera.
- 990.** Determine o ângulo do vértice de um cone, sabendo que a razão entre a superfície da esfera inscrita e a área total do cone é igual a $4/9$.
- 991.** Determine a altura e o raio da base de um cone de revolução em função do raio da esfera inscrita r e do raio da esfera circunscrita R , sabendo que a geratriz do cone mede $5r$.
- 992.** Determine o volume de um cone, sabendo que uma esfera de raio r inscrita no cone tangencia-o internamente num ponto P de sua geratriz a uma distância d do vértice do cone.
- 993.** Determine a área de uma semi-esfera inscrita em um cone equilátero, sabendo que a base do cone contém o círculo maior da semi-esfera e que o raio da base do cone mede 36 m .
- 994.** Em um cone inscrevemos uma semi-esfera de tal modo que o círculo maior dessa semi-esfera está contido na base do cone. Determine o ângulo do vértice do cone, sabendo que a superfície do cone e a superfície da esfera estão entre si como $18/5$.
- 995.** Determine o volume de uma esfera inscrita em um cone de revolução, sabendo que a base do cone está inscrita numa face de um cubo de aresta $3a$ e o vértice do cone está no centro da face oposta.

996. Prove que a razão entre o volume de qualquer cone (circular reto) e o volume da esfera inscrita é superior ou igual a dois.

997. Uma esfera de raio R é tangente às três faces de um triângulo, cada uma das quais mede 60° . Ache a distância do vértice do triângulo ao centro da esfera.

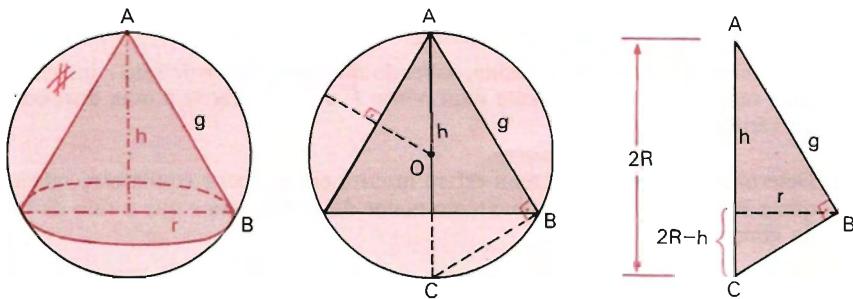
998. Em uma pirâmide triangular $PABC$, as arestas PA , PC e PB são duas a duas perpendiculares. Sabendo que as arestas AB e BC medem 10 cm e a aresta BP mede 6 cm , determine o raio da esfera inscrita nessa pirâmide.

999. Determine a relação entre o volume de uma pirâmide regular hexagonal e o volume de uma esfera inscrita nessa pirâmide, sabendo que a base da pirâmide e cada face lateral estão inscritas em circunferências de raio r .

1000. Determine o raio de uma esfera inscrita em uma pirâmide regular hexagonal, sabendo que a aresta da base dessa pirâmide mede 2 e a aresta lateral mede 6 .

1001. Em uma pirâmide regular hexagonal, cujo ângulo diedro da base mede α , inscrevemos uma esfera de raio r . Determine a relação entre o volume da esfera e o volume da pirâmide.

266. Esfera circunscrita a um cone reto

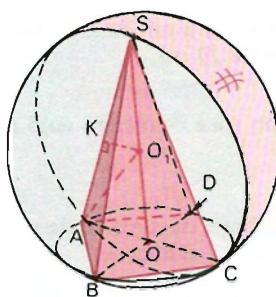


Do triângulo retângulo ABC vem:

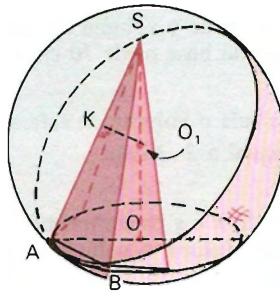
$$g^2 = 2R \cdot h$$

$$r^2 = h(2R - h)$$

Nota: Caso se tenha *esfera circunscrita* a pirâmide, basta considerar um cone circunscrito a pirâmide e trabalhar com o cone e a esfera.



Note a analogia com o caso acima.



Note os pontos K e O_1 .

EXERCÍCIOS

- 1002.** Calcule a geratriz de um cone reto de raio 6, inscrito numa esfera de diâmetro 12,5.

Solução

Do triângulo retângulo ABC vem:

$$g^2 = \frac{25}{2} \cdot h \quad (1)$$

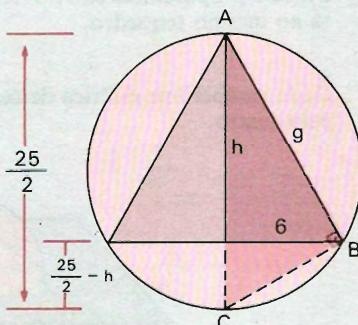
$$6^2 = h \left(\frac{25}{2} - h \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2h^2 - 25h + 72 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_1 = 8 \text{ e } h_2 = \frac{9}{2}$$

Substituindo h_1 e h_2 em (1), temos:

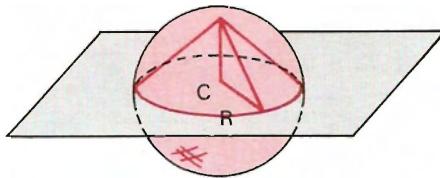
$$g_1^2 = \frac{25}{2} \cdot 8 \Rightarrow g_1 = 10$$



$$g_2^2 = \frac{25}{2} \cdot \frac{9}{2} \Rightarrow g_2 = \frac{15}{2}$$

Resposta: A geratriz mede 10 ou 7,5.

- INSCRIÇÃO E CIRCUNSCRIÇÃO DE SÓLIDOS**
- 1003.** Determine a altura de um cone reto inscrito em uma esfera de raio igual a 18 cm , sendo a área lateral do cone o dobro da área da base.
- 1004.** Determine o volume de uma esfera circunscrita a um cone de revolução cujo raio da base mede 10 cm e cuja altura mede 20 cm .
- 1005.** Calcule o volume da esfera circunscrita ao cone equilátero cujo raio da base é igual a $2\sqrt{3}\text{ cm}$.
- 1006.** Sendo h e g os comprimentos, respectivamente, da altura e da geratriz de um cone, calcule o volume da esfera circunscrita a esse cone.
- 1007.** Determine o volume e a área lateral de um cone em função de sua altura h e do raio R da esfera circunscrita ao cone.
- 1008.** Calcule o raio da base de um cone circular reto, circunscrito a uma esfera de raio unitário, sabendo que o diâmetro da esfera é igual ao segmento maior da secção áurea da altura daquele cone.
- 1009.** Dado num plano π um triângulo equilátero ABC de lado ℓ , sobre a perpendicular em A ao plano π toma-se um ponto D tal que $AD = 2\ell$. Determine a posição do centro e calcule o raio da esfera circunscrita ao tetraedro $ABCD$.
- 1010.** Demonstre que o raio da esfera tangente às seis arestas de um tetraedro regular é média proporcional entre o raio da esfera inscrita e o raio da esfera circunscrita ao mesmo tetraedro.
- 1011.** Dada a superfície esférica de centro C e raio R , considere um plano passando pelo centro.



- a) Determine a razão entre o volume da esfera e o volume do cone circular reto inscrito na semi-esfera como na figura ao lado.
- b) Determine a razão entre a área da superfície esférica e a área lateral do mesmo cone.

XI. Esfera, cilindro equilátero e cone equilátero

267. Cilindro equilátero circunscrito a uma esfera

Dada uma esfera de raio r , calcular a área da base (B), área lateral (A_l), área total (A_t) e o volume do cilindro equilátero circunscrito.

Solução

Elementos:

Seja R o raio da base e H a altura do cilindro. Então:

$$R = r \text{ e } H = 2r.$$

$$\text{Área da base: } B = \pi r^2$$

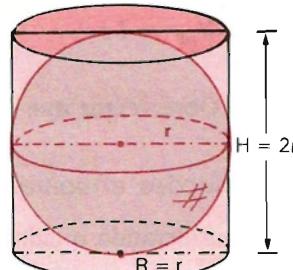
$$\text{Área lateral: } A_l = 2\pi r \cdot 2r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_l = 4\pi r^2$$

$$\text{Área total: } A_t = A_l + 2B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_t = 6\pi r^2$$

$$\text{Volume: } V = B \cdot H \Rightarrow V = \pi r^2 \cdot 2r \Rightarrow V = 2\pi r^3$$



268. Cone equilátero circunscrito a uma esfera

Calcular a área da base (B), área lateral (A_l), área total (A_t) e volume do cone equilátero circunscrito.

Solução

Seja x a altura e y o raio da base do cone.

$$O \text{ é baricentro} \Rightarrow x = 3r$$

$$\triangle ABC \Rightarrow (2y)^2 = y^2 + 9r^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y^2 = 3r^2$$

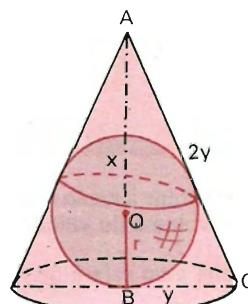
$$\text{Área da base: } B = \pi y^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B = 3\pi r^2$$

$$\text{Área lateral: } A_l = \pi y \cdot 2y = 2\pi y^2 \Rightarrow A_l = 6\pi r^2$$

$$\text{Área total: } A_t = A_l + B \Rightarrow A_t = 6\pi r^2 + 3\pi r^2 \Rightarrow A_t = 9\pi r^2$$

$$\text{Volume: } V = \frac{1}{3} B \cdot x \Rightarrow V = \frac{1}{3} \cdot 3\pi r^2 \cdot 3r \Rightarrow V = 3\pi r^3$$



269. Relações envolvendo cilindro equilátero e cone equilátero circunscritos à mesma esfera

a) Entre as áreas totais calculadas e a área da superfície esférica

$$A_{T_{\text{cil.}}} = 6\pi r^2$$

$$A_{T_{\text{cone}}} = 9\pi r^2$$

$$A_{\text{esf.}} = 4\pi r^2$$

Observemos que

$$A_{T_{\text{cil.}}}^2 = A_{T_{\text{cone}}} \cdot A_{\text{esf.}}$$

b) Entre os volumes calculados e o volume da esfera

$$V_{\text{cil.}} = 2\pi r^3$$

$$V_{\text{cone}} = 3\pi r^3$$

$$V_{\text{esf.}} = \frac{4}{3}\pi r^3$$

Observemos que

$$V_{\text{cil.}}^2 = V_{\text{cone}} \cdot V_{\text{esf.}}$$

270. Relações envolvendo cilindro equilátero e esfera inscrita

Considerando o cilindro equilátero circunscrito e a esfera, temos:

a) A área lateral do cilindro é igual à área da superfície esférica.

$$\left. \begin{array}{l} b) \frac{A_{\text{esf.}}}{A_{T_{\text{cil.}}}} = \frac{4\pi r^2}{6\pi r^2} = \frac{2}{3} \\ \frac{V_{\text{esf.}}}{V_{\text{cil.}}} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{2\pi r^3} = \frac{2}{3} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{A_{\text{esf.}}}{A_{T_{\text{cil.}}}} = \frac{V_{\text{esf.}}}{V_{\text{cil.}}} = \frac{2}{3}$$

EXERCÍCIOS

1012. Determine a razão entre o volume de um cone equilátero inscrito em uma esfera e o volume do cilindro equilátero circunscrito à mesma esfera.

1013. Dada uma esfera de raio R :

a) calcule B , A_t , A_s e V do cilindro equilátero inscrito na esfera;

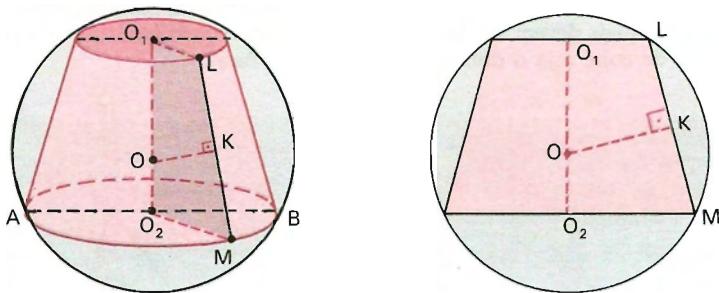
b) calcule B , A_t , A_s e V do cone equilátero inscrito na esfera;

c) estabeleça uma relação (a melhor) entre o volume do cilindro, do cone e da esfera acima.

1014. Prove que a área total de um cone equilátero inscrito em uma esfera é igual a $1/4$ da área total do cone equilátero circunscrito à mesma esfera.

XII. Esfera e tronco de cone

271. *Esfera circunscrita a tronco de cone reto de bases paralelas*



OK é mediatrix da geratriz LM .

Os problemas recaem em circunferência circunscrita a trapézio isósceles.

272. *Esfera inscrita em tronco de cone reto de bases paralelas*

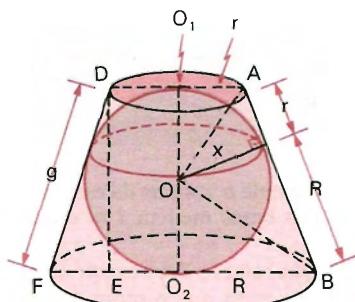
Condição para o tronco de cone ser circunscriável a uma esfera.

$$g = R + r$$

Sendo x o raio da esfera, do triângulo retângulo AOB vem:

$$x^2 = R \cdot r.$$

Essa conclusão também pode sair do $\triangle DEF$.



Nota: Em problemas que envolvem circunscrição ou inscrição de esfera em tronco de pirâmide, deve-se primeiro considerar um tronco de cone inscrito ou circunscrito ao tronco de pirâmide e depois trabalhar com o tronco de cone e a esfera.

EXERCÍCIOS

- 1015.** Num tronco de cone de revolução é inscrita uma esfera. Sendo o raio da esfera de 2 cm , quais devem ser os raios das bases do tronco para que o volume do tronco de cone seja o dobro do volume da esfera?

Solução

Do triângulo AOB vem:

$$R \cdot r = 4 \quad (1)$$

$$V_{\text{tronco}} = 2 \cdot V_{\text{esfera}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\pi}{3} R^2 (R + 2r) =$$

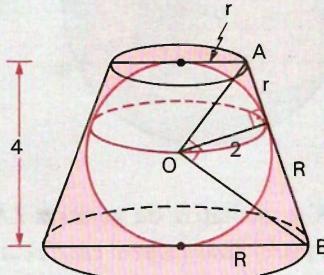
$$= 2 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 2^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R^2 + Rr + r^2 = 16 \Rightarrow R^2 + r^2 = 12 \quad (2)$$

De (1) e (2) vem:

$$\left. \begin{array}{l} R^2 + r^2 + 2Rr = 20 \Rightarrow R + r = 2\sqrt{5} \\ R^2 + r^2 - 2Rr = 4 \Rightarrow R - r = 2 \end{array} \right\} \Rightarrow R = \sqrt{5} + 1 \text{ e } r = \sqrt{5} - 1$$

Resposta: $\sqrt{5} + 1$ e $\sqrt{5} - 1$.



- 1016.** Calcule o volume da esfera inscrita num tronco de cone circular reto cujos raios das bases medem 1 m e 4 m , respectivamente.
- 1017.** Que relação deve existir entre os raios das bases e a altura de um tronco de cone reto para que o mesmo seja circunscritível a uma esfera?
- 1018.** Determine a área de um tronco de cone circunscrito a uma esfera de raio R , sabendo que o volume do tronco é igual ao triplo do volume da esfera.
- 1019.** Determine o volume de um tronco de cone circunscrito a uma esfera de 10 cm de raio, sabendo que o raio da base maior do tronco é o quádruplo do raio da base menor.
- 1020.** Determine a área total e o volume de um tronco de cone em função de sua altura h e da sua geratriz g , sabendo que o tronco circunscreve uma esfera de raio r .

XIII. Exercícios gerais sobre inscrição e circunscrição de sólidos

- 1021.** Determine o volume de uma pirâmide hexagonal regular inscrita em um cone equilátero de volume $9\sqrt{3}\pi/8 \text{ cm}^3$.
- 1022.** Exprima, por uma igualdade, que “o volume do cilindro equilátero é igual à soma dos volumes da esfera e do cone nele inscritos”.
- 1023.** Qual a relação entre os volumes da esfera inscrita em um cilindro equilátero e do cone cuja base é a base do cilindro, sendo o vértice do cone o centro da base superior do cilindro?
- 1024.** Em um recipiente cilíndrico de 20 cm de altura colocamos duas esferas, uma sobre a outra, de tal maneira que essas esferas tangenciem as bases do cilindro e a sua superfície lateral. Determine a diferença entre o volume do cilindro e o volume das duas esferas.
- 1025.** Um plano secciona uma esfera de raio r , determinando um círculo que é base de um cilindro e um cone de revolução inscritos nessa esfera. Sabendo que o cilindro e o cone estão situados num mesmo semi-espaco em relação ao plano e que os volumes do cilindro e do cone são iguais, determine a distância do centro da esfera ao plano.
- 1026.** Em um cilindro de $288\pi \text{ cm}^3$ de volume e raio 6 cm estão contidos dois cilindros de mesma altura que o cilindro dado e de diâmetros iguais ao raio da base do cilindro dado. Calcule a relação entre as áreas laterais dos dois cilindros e do cilindro dado.
- 1027.** É dado um cone circular reto de altura 8 dm , cortado por um plano paralelo à base, a uma distância 3 dm do vértice. Inscrivendo no tronco de cone que resulta um tronco de pirâmide hexagonal e sabendo que o raio da base menor do tronco de cone é 1 dm , calcule o volume do tronco de pirâmide inscrito.
- 1028.** Um cone equilátero está inscrito numa esfera de raio igual a 4 m . Determine a que distância do centro da esfera deve-se traçar um plano paralelo à base do cone, para que a diferença das secções (na esfera e no cone) seja igual à área da base do cone.
- 1029.** Determine o volume de um cone reto, sabendo que seu vértice coincide com o centro de uma esfera, sua base é circunscrita à base de um cubo inscrito nessa mesma esfera e que o raio da esfera mede r .
- 1030.** Um cone é circunscrito a duas esferas de raio 2 e 1 . Sabendo que essas duas esferas são tangentes exteriormente, determine o volume do sólido compreendido entre o cone e essas duas esferas.

- 1031.** O vértice de um cone de revolução com o centro de uma esfera e a base é a secção feita nessa esfera por um plano distante 4 cm do centro. Sendo o volume desse cone $12\pi\text{ cm}^3$, calcule a área e o volume da esfera.
- 1032.** Determine o volume de um cone de revolução, sabendo que seu vértice coincide com o centro da base de um outro cone de raio R e que sua base coincide com a secção determinada por um plano que secciona esse outro cone a uma distância $h/3$ do vértice.
- 1033.** Uma esfera de raio r circunscreve um cone equilátero. Um plano que secciona a esfera e o cone paralelamente à base do cone determina duas secções de tal modo que a diferença entre as áreas dessas secções é equivalente à área da base do cone. Determine a distância da base do cone ao plano secção.
- 1034.** Uma esfera está inscrita em um cone de altura h e raio da base r . Obtenha a distância do vértice do cone ao plano que secciona esse cone e a esfera determinando duas secções cuja soma das áreas é $13\pi r^2/36$, sendo esse plano paralelo à base do cone.
- 1035.** Sabendo que as bases de dois cones coincidem e que os vértices estão situados em semi-espacos opostos em relação a essas bases, determine o volume da esfera inscrita nesse sólido, sendo 3 cm o raio da base comum e 5 cm as medidas das geratrizess dos cones.
- 1036.** Determine o volume do espaço limitado pelos troncos de pirâmide quadrangular e cone, sabendo que a base menor do tronco de cone está apoiada na base menor do tronco de pirâmide e que a base maior do tronco de cone está apoiada na base maior do tronco de pirâmide, sendo 10 cm e 6 cm as arestas da base maior e menor, respectivamente, do tronco de pirâmide, 3 cm e 1 cm os raios das bases e 12 cm a altura do tronco de cone.

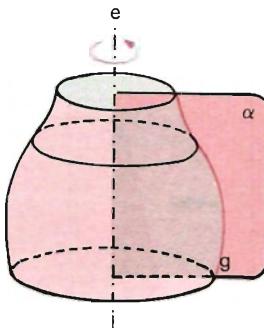
Superfícies e Sólidos de Revolução

I. Superfícies de revolução

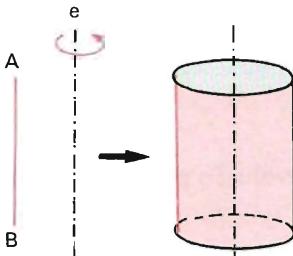
273. Definição

Consideremos um semiplano de origem e (eixo) e nele uma linha g (geratriz); girando esse semiplano em torno de e , a linha g gera uma superfície, que é chamada superfície de revolução.

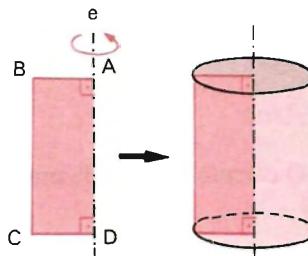
Salvo aviso em contrário, considera-se revolução completa (de 360° em torno do eixo).



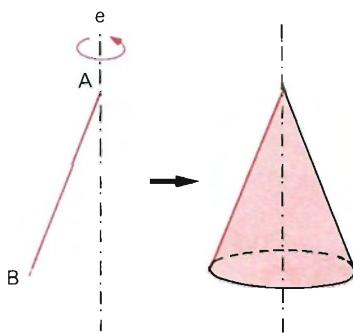
Exemplos



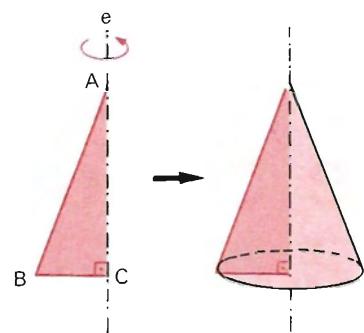
O segmento AB gera a superfície lateral de um cilindro.



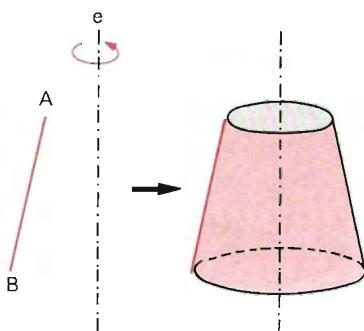
A poligonal $ABCD$ gera a superfície total de um cilindro.



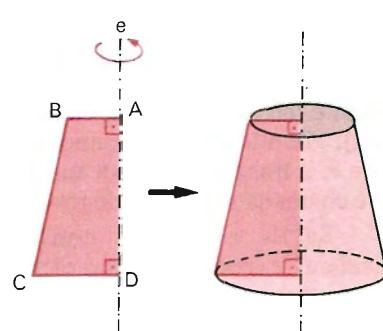
O segmento AB gera a superfície lateral de um cone.



A poligonal ABC gera a superfície total de um cone.



O segmento AB gera a superfície lateral de um tronco de cone.



A poligonal $ABCD$ gera a superfície total de um tronco de cone.

274. Área

O cálculo da área de uma superfície de revolução pode ser feito de dois modos:

1º modo:

Usando as expressões de área lateral e de área total que conhecemos (do cilindro, do cone, do tronco de cone, etc.).

2º modo:

Usando a fórmula

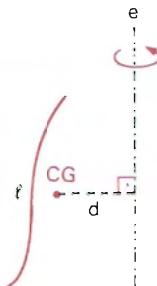
$$A = 2\pi\ell d$$

em que

A é a área da superfície gerada.

ℓ é o comprimento da geratriz.

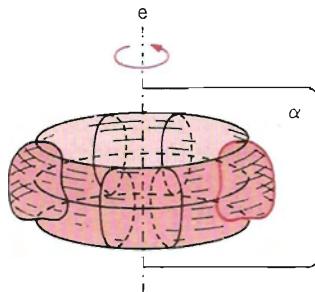
d é a distância do centro de gravidade da geratriz ao eixo.



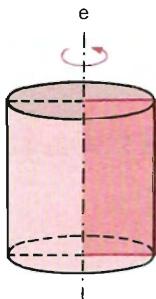
II. Sólidos de revolução

275. Definição

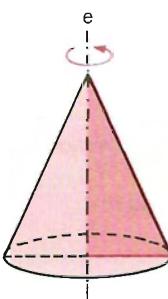
Consideremos um semiplano de origem e (eixo) e nele uma superfície S ; girando o semiplano em torno de e , a superfície S gera um sólido chamado sólido de revolução.



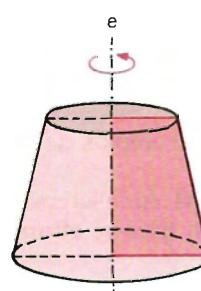
Exemplos



Retângulo gerando cilindro de revolução.



Triângulo retângulo gerando cone de revolução.



Trapézio retângulo gerando tronco de revolução.

Outros exemplos de sólidos de revolução, assim como de superfícies de revolução, aparecerão no próximo capítulo.

276. Volume

O cálculo do volume de um sólido de revolução pode ser feito de dois modos.

1º modo:

Usando as expressões dos volumes dos sólidos (cilindro, cone, tronco de cone, etc.).

2º modo:

Usando a fórmula

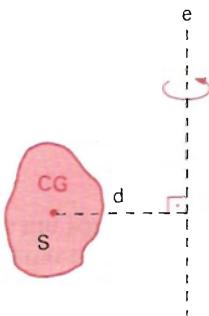
$$V = 2\pi Sd$$

em que

V é o volume do sólido gerado.

S é a área da superfície geradora.

d é a distância do centro de gravidade da superfície ao eixo.



Observação

As fórmulas $A = 2\pi \ell d$ e $V = 2\pi Sd$, fórmulas de Pappus-Guldin (Pappus — matemático grego do início do século IX; Guldin — padre Guldin, matemático suíço do século XI), só devem ser aplicadas quando o centro de gravidade da geratriz for de fácil determinação e o d não apresentar dúvidas; caso contrário, usam-se os primeiros modos para obter área e volume de sólidos de revolução.

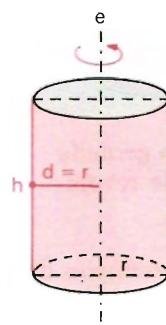
277. Exemplos de utilização das fórmulas $A = 2\pi \ell d$ e $V = 2\pi Sd$:

a) Área lateral do cilindro de revolução (raio r , altura h).

$$\left. \begin{array}{l} A = 2\pi \ell d \\ \ell = h \text{ e } d = r \end{array} \right\} \Rightarrow$$

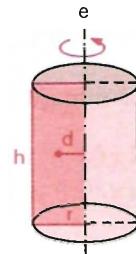
$$\Rightarrow A_l = 2\pi hr \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_l = 2\pi rh$$



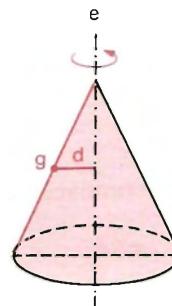
b) Volume do cilindro de revolução (raio r , altura h).

$$\left. \begin{array}{l} V = 2\pi Sd \\ S = r \cdot h \quad e \quad d = \frac{1}{2} r \\ \Rightarrow V = 2\pi \cdot rh \cdot \frac{1}{2} r \\ \Rightarrow V = \pi r^2 h \end{array} \right\} \Rightarrow$$



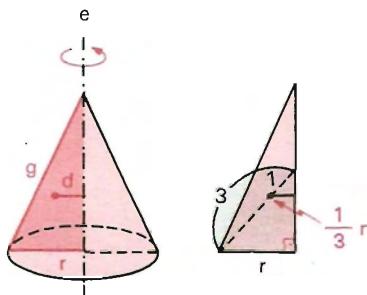
c) Área lateral de um cone de revolução (raio r , geratriz g).

$$\left. \begin{array}{l} A = 2\pi \ell d \\ \ell = g \quad e \quad d = \frac{1}{2} r \\ \Rightarrow A_l = 2\pi \cdot g \cdot \frac{1}{2} r \\ \Rightarrow A_l = \pi r g \end{array} \right\} \Rightarrow$$



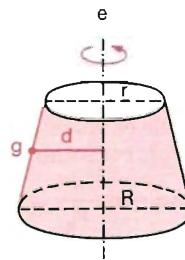
d) Volume de um cone de revolução (raio r , altura h).

$$\left. \begin{array}{l} V = 2\pi Sd \\ S = \frac{1}{2} rh \quad e \quad d = \frac{1}{3} r \\ \Rightarrow V = 2\pi \cdot \frac{1}{2} rh \cdot \frac{1}{3} r \\ \Rightarrow V = \frac{1}{3} \pi r^2 h \end{array} \right\} \Rightarrow$$



e) Área lateral do tronco de cone de revolução (raios R e r , geratriz g).

$$\begin{aligned} A &= 2\pi \ell d \\ A_l &= 2\pi g \cdot \frac{R + r}{2} \Rightarrow \\ \Rightarrow A_l &= \pi(R + r)g \end{aligned}$$



Nota: O volume de um tronco de cone de revolução não é calculado por $V = 2\pi Sd$, em vista da exposição na observação sobre a utilização dessa fórmula.

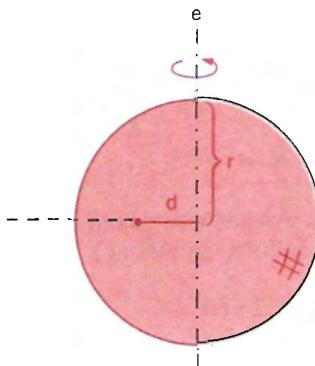
f) Determinação do centro de gravidade de uma semicircunferência.

$$A = 2\pi l d$$

com $A = 4\pi r^2$, $l = \pi r$
obtemos d

$$4\pi r^2 = 2\pi \cdot \pi r d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d = \frac{2}{\pi} r$$

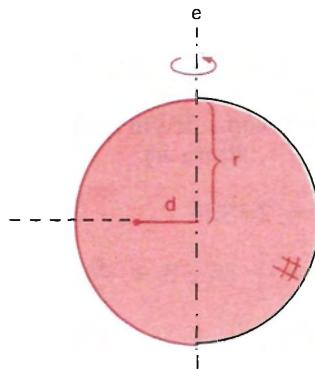


g) Determinação do centro de gravidade de um semicírculo.

$$V = 2\pi Sd$$

$$\frac{4}{3}\pi r^3 = 2\pi \cdot \frac{\pi r^2}{2} \cdot d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d = \frac{4}{3\pi} r$$



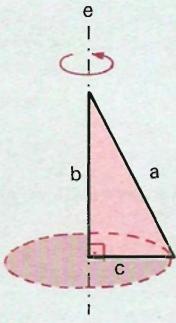
EXERCÍCIOS

1037. Dado um triângulo retângulo de catetos b e c e hipotenusa a ,

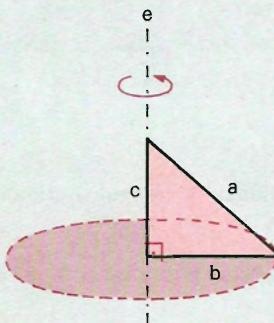
- calcule os volumes dos sólidos gerados quando o triângulo gira em torno de b (V_b), em torno de c (V_c) e em torno de a (V_a);
- prove que $\frac{a}{V_a} = \frac{b}{V_b} + \frac{c}{V_c}$;
- supondo que $b > c$, compare V_a , V_b e V_c .

Solução

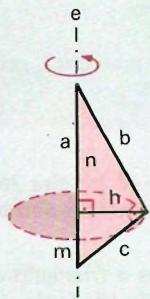
a)



$$V_b = \frac{1}{3} \pi c^2 b$$



$$V_c = \frac{1}{3} \pi b^2 c$$



$$V_a = \frac{1}{3} \pi h^2 n + \frac{1}{3} \pi h^2 m \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_a = \frac{1}{3} \pi h^2 (n + m) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_a = \frac{1}{3} \pi h^2 a$$

$$\text{Sendo } bc = ah \Rightarrow h = \frac{bc}{a}.$$

Substituindo h , vem:

$$V_a = \frac{1}{3} \pi \cdot \left(\frac{bc}{a} \right)^2 \cdot a \Rightarrow V_a = \frac{1}{3} \pi \frac{b^2 c^2}{a}.$$

b) Tese: $\frac{a}{V_a} = \frac{b}{V_b} + \frac{c}{V_c}$.

Demonstração

$$2^{\circ} \text{ membro} = \frac{b}{V_b} + \frac{c}{V_c} = \frac{b}{\frac{1}{3} \pi c^2 b} + \frac{c}{\frac{1}{3} \pi b^2 c} =$$

$$= \frac{b^2 + c^2}{\frac{1}{3} \pi b^2 c^2} = \frac{a^2}{\frac{1}{3} \pi b^2 c^2} = \frac{a}{\frac{1}{3} \pi \frac{b^2 c^2}{a}} = \frac{a}{V_a} = 1^{\circ} \text{ membro}$$

c) $b > c \Rightarrow a > b > c$

Estabelecendo a razão $\frac{V_b}{V_c}$, temos:

$$\frac{V_b}{V_c} = \frac{\frac{1}{3} \frac{\pi c^2 b}{a}}{\frac{1}{3} \frac{\pi b^2 c}{\pi b^2 c}} = \frac{c}{b} < 1 \Rightarrow V_b < V_c$$

O triângulo retângulo, girando em torno do menor cateto, gera o sólido de volume maior.

Estabelecendo a razão $\frac{V_a}{V_b}$, temos:

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{\frac{1}{3} \frac{\pi b^2 c^2}{a}}{\frac{1}{3} \frac{\pi c^2 b}{\pi b^2 c}} = \frac{b}{a} < 1 \Rightarrow V_a < V_b$$

O triângulo retângulo, girando em torno da hipotenusa, gera o sólido de volume menor.

1038. Um triângulo escaleno de lados 13 cm , 14 cm e 15 cm gira 360° em torno do lado de 14 cm . Determine a área e o volume do sólido obtido.

1039. Seja um triângulo de base a e altura h . Giramos o triângulo em torno de um eixo paralelo à base e que contém o baricentro do triângulo. Qual é o volume do sólido gerado?

1040. Determine o volume de um sólido gerado por um triângulo de base a e altura h , sabendo que esse triângulo gira 360° em torno de sua base.

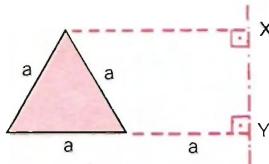
1041. Um triângulo isósceles ABC gira ao redor de uma reta paralela à base BC e passando pelo seu vértice A . Determine o volume do sólido gerado, sabendo que a base mede 3 cm e os lados congruentes medem 4 cm .

1042. Um triângulo isósceles tem os lados congruentes medindo 20 cm cada um, e o ângulo do vértice 120° . Determine a área e o volume do sólido gerado por esse triângulo quando gira em torno de sua base.

1043. Determine a área e o volume do sólido gerado por um triângulo isósceles que gira em torno da base que mede 10 cm , sendo 120° a medida do ângulo do vértice do triângulo.

- 1044.** Um triângulo retângulo isósceles, girando em torno de um dos catetos, gera um sólido cujo volume é $\frac{\pi}{3} m^3$. Calcule a hipotenusa.
- 1045.** Calcule o volume do sólido gerado por um triângulo retângulo isósceles, cujos catetos medem 3 m, ao girar em torno da paralela à hipotenusa traçada pelo vértice do ângulo reto.
- 1046.** A hipotenusa de um triângulo retângulo mede 20 cm e um cateto mede os 3/4 do outro cateto. Determine o volume do sólido obtido ao girar 360° o triângulo ao redor de sua hipotenusa.
- 1047.** Calcule o volume do sólido gerado pela rotação de um triângulo retângulo em torno da hipotenusa, sabendo que um dos ângulos do triângulo é de 60° e que a hipotenusa tem medida $2a$.

- 1048.** Calcule a área e o volume gerados pela rotação da figura dada em torno do eixo indicado XY .

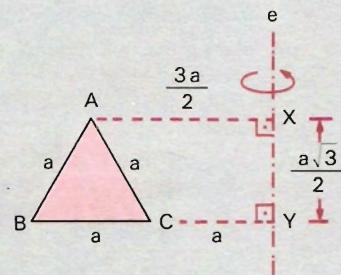


Solução

1º modo: calculando diretamente.

a) Área

$$\begin{aligned} S_{ABC} &= S_{AB} + S_{AC} + S_{BC} \\ &\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ \text{gerada} & \quad (\text{lateral}) \quad (\text{lateral}) \quad (\text{coroa}) \\ \text{por} & \quad (\text{tronco}) \quad (\text{tronco}) \quad (\text{coroa}) \\ ABC & \end{aligned}$$



Fórmulas $\left\{ \begin{array}{l} \text{tronco de cone: } A_f = \pi(R + r)r \\ \text{coroa circular: } A = \pi(R^2 - r^2) \end{array} \right.$

$$\begin{aligned} S_{ABC} &= \pi \left(2a + \frac{3a}{2} \right) a + \pi \left(\frac{3a}{2} + a \right) a + \pi [(2a)^2 - a^2] \Rightarrow \\ &\Rightarrow S_{ABC} = \frac{7}{2} \pi a^2 + \frac{5}{2} \pi a^2 + 3 \pi a^2 \Rightarrow S_{ABC} = 9 \pi a^2 \end{aligned}$$

b) Volume

$$\begin{aligned} V_{ABC} &= V_{XABY} - V_{XACY} \\ &\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ \text{gerado} & \quad \text{tronco} \quad \text{tronco} \\ \text{por } ABC & \quad \text{de cone} \quad \text{de cone} \end{aligned}$$

$$\text{Fórmula: } V = \frac{\pi h}{3} (R^2 + Rr + r^2).$$

$$\begin{aligned}
 V_{ABC} &= \frac{\pi}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} \left[(2a)^2 + (2a) \cdot \left(\frac{3a}{2}\right) + \left(\frac{3a}{2}\right)^2 \right] - \\
 &\quad - \frac{\pi}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} \left[\left(\frac{3a}{2}\right)^2 + \left(\frac{3a}{2}\right) \cdot a + a^2 \right] \\
 V_{ABC} &= \frac{\pi}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} \left[4a^2 + 3a^2 + \frac{9a^2}{4} - \frac{9a^2}{4} - \frac{3a^2}{2} - a^2 \right] \Rightarrow \\
 \Rightarrow V_{ABC} &= \frac{\pi}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{9a^2}{2} \Rightarrow V_{ABC} = \frac{3\sqrt{3}}{4} \pi a^3
 \end{aligned}$$

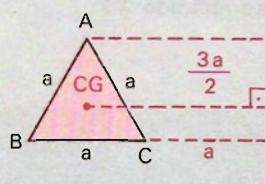
2º modo: usando as fórmulas de Pappus-Guldin.

a) Área

$$A = 2\pi l d$$

com $l = 3a$ e $d = \frac{3a}{2}$, vem:

$$A = 2\pi \cdot 3a \cdot \frac{3a}{2} \Rightarrow A = 9\pi a^2.$$



b) Volume

$$V = 2\pi S d$$

$$\text{com } S = \frac{1}{2} a \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a^2\sqrt{3}}{4}$$

$$\text{e } d = \frac{3a}{2}, \text{ vem } V = 2\pi \cdot \frac{a^2\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{3a}{2} \Rightarrow V = \frac{3\sqrt{3}}{4} \pi a^3.$$

- 1049.** Calcule o volume e a área do sólido gerado por um triângulo equilátero de lado a que gira ao redor de um dos seus lados.

- 1050.** Determine o volume de um sólido gerado por um triângulo equilátero de lado a , quando gira em torno de um eixo paralelo a um de seus lados, sabendo que esse eixo passa pelo vértice oposto a esse lado.

- 1051.** Calcule o volume do sólido gerado por um triângulo equilátero de lado a que gira em torno de um eixo que contém um vértice e é paralelo à altura relativa a outro vértice.

- 1052.** Consideremos um triângulo equilátero ABC de lado 5 cm. Do ponto D , médio de AB , traçamos a perpendicular DE até AC . Executando uma revolução completa em torno de AC , calcule o volume do sólido gerado pela figura $DECB$.

- 1053.** Determine o volume e a área de um sólido gerado quando um triângulo equilátero de lado a gira em torno de um eixo perpendicular a um dos seus lados e que passa pela extremidade desse lado.
- 1054.** Determine o volume e a área de um sólido gerado por um triângulo equilátero ABC que faz uma rotação de 360° em torno de um eixo que é perpendicular à sua altura AM e passa pelo vértice A do triângulo, sabendo que a medida do lado do triângulo é igual a m .
- 1055.** Seja ABC um triângulo equilátero de lado a . Prolonga-se a base BC até um ponto D , tal que $CD = a$. Pelo ponto D , levantamos uma perpendicular ao segmento BD e fazemos girar o triângulo em torno de DE , que é perpendicular a BD . Determine o volume e a área do sólido gerado.
- 1056.** Determine a área total e o volume do sólido gerado por um quadrado de lado a , sabendo que faz uma rotação de 360° em torno de um de seus lados.
- 1057.** Calcule o volume e a área do sólido gerado pela rotação de um quadrado de lado a , em torno de um eixo que passa por um de seus vértices e é paralelo a uma de suas diagonais.
- 1058.** Um quadrado de lado igual a m gira em torno de um eixo que passa pela extremidade de uma diagonal e é perpendicular a essa diagonal. Determine a área e o volume do sólido gerado.
- 1059.** Determine o volume do sólido gerado por um retângulo que gira 360° em torno de uma reta r paralela aos maiores lados do retângulo, distando 6 cm do lado mais próximo, sendo 10 cm e 15 cm as medidas do comprimento e da altura do retângulo.
- 1060.** Girando um retângulo de 8 cm por 12 cm ao redor de cada um de seus lados, obtemos dois cilindros. Determine o volume e a superfície total dos dois cilindros.
- 1061.** Um paralelogramo de lados 27 cm e 12 cm e ângulo entre os lados de 60° gira em torno de um eixo que contém o seu maior lado. Determine a área e o volume do sólido obtido.
- 1062.** As áreas laterais dos cilindros gerados por um mesmo retângulo que gira ao redor de cada lado são iguais.
- 1063.** Um retângulo de 4 cm de comprimento e 3 cm de largura gira ao redor de um eixo, situado no seu plano, paralelo ao maior lado e à distância de 1 cm desse lado. Calcule o volume do sólido gerado pela revolução desse retângulo.
- 1064.** As diagonais de um losango de 5 cm de lado estão na razão $1 : 2$. Ache o volume do sólido que se obtém quando o losango dá um giro de 360° em torno de um de seus lados.

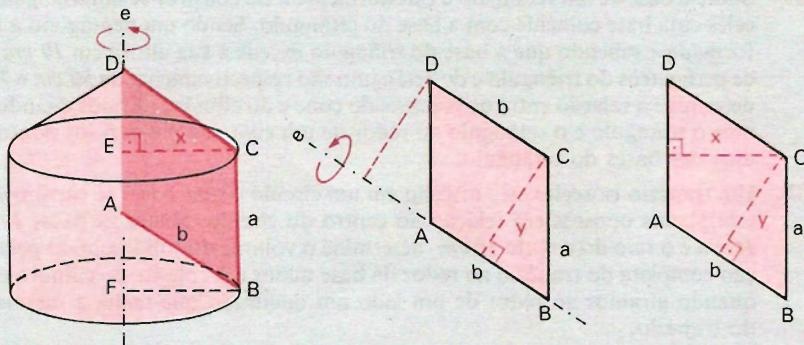
- 1065.** Um losango de lado 36 cm e ângulo agudo 60° gira em torno de um eixo passando por um vértice e perpendicular à sua maior diagonal. Encontre a área e o volume do sólido obtido.
- 1066.** Um trapézio $ABCD$ retângulo em B tem por bases $AB = 24\text{ cm}$ e $CD = 13\text{ cm}$ e por altura $BC = 16\text{ cm}$. Qual é o volume do sólido que se obtém quando este gira em torno de AB ?
- 1067.** Um trapézio retângulo gira em torno do segmento adjacente aos ângulos retos. Sendo 68 cm^2 a área do trapézio e as bases 10 cm e 7 cm , determine o volume do sólido obtido.
- 1068.** Determine o volume do sólido obtido quando giramos um trapézio isósceles de altura h , em torno da base maior, sendo a medida dessa base igual a m e 45° o ângulo agudo do trapézio.
- 1069.** Determine a medida do sólido obtido pela rotação de um hexágono regular, de lado 8 cm , em torno de um de seus lados.
- 1070.** Sabendo que $OABCD$ é um semi-hexágono regular de $\frac{10}{\sqrt{\pi}}\text{ m}$ de lado, calcule a área da superfície gerada pela poligonal $ABCD$ em rotação completa em torno do diâmetro AOB .
- 1071.** Um triângulo gira 360° em torno de cada um de seus lados, gerando três sólidos de volumes inversamente proporcionais aos lados do triângulo.
- 1072.** Conhecendo a área A do triângulo gerador de um cone e a área total B do cone, calcule o apótema e o raio da base.
- 1073.** Demonstre que, se fazemos girar um triângulo qualquer em torno de um de seus lados, o volume do sólido obtido é igual ao produto da área do triângulo pelo círculo descrito pelo ponto de interseção das medianas.
- 1074.** Quando um triângulo retângulo isósceles gira ao redor de uma reta conduzida pelo vértice do ângulo reto, paralelamente à hipotenusa ele gera um volume equivalente à esfera que teria a hipotenusa por diâmetro.
- 1075.** As áreas laterais dos cones gerados por um mesmo triângulo retângulo que gira em torno de cada cateto são inversamente proporcionais aos catetos fixos.
- 1076.** Os volumes dos cones gerados por um triângulo retângulo que gira em torno de cada cateto são inversamente proporcionais aos catetos fixos.
- 1077.** Representando por V_a , V_b e V_c os volumes dos sólidos gerados por um triângulo retângulo a , b , c , quando gira respectivamente em torno de hipotenusa a , dos catetos b e c , verifique a identidade:

$$\frac{1}{V_a^2} = \frac{1}{V_b^2} + \frac{1}{V_c^2}.$$

Para mais, acesse: <http://fuvestibular.com.br/>

- 1078.** Um triângulo equilátero ABC tem lado a ; por um ponto P da base BC traçam-se as paralelas PR e PS , respectivamente, aos lados AB e AC , que concorrem com AC e AB , respectivamente em R e S . Determine a distância $x = PB$, de modo que o volume do sólido gerado pelo paralelogramo $PRAS$ seja $2/3$ do volume do sólido gerado pelo triângulo ABC , quando a figura girar ao redor de BC .
- 1079.** Seja dado um paralelogramo $ABCD$ de lado $AD = a$ e $AB = b$. Mostre que, se girarmos sucessivamente em 360° o paralelogramo em torno de AD e de AB , obteremos os volumes V_a e V_b que estão na razão b/a .

Solução



O sólido gerado por $ABCD$ é equivalente ao gerado por $FBCE$ (girando em torno de AD).

$$V_a = \pi x^2 a \quad V_b = \pi y^2 b$$

$$\text{Área de } ABCD = ax = by \implies \frac{x}{y} = \frac{b}{a}.$$

Estabelecendo a razão, vem:

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{\pi x^2 a}{\pi y^2 b} = \left(\frac{x}{y}\right)^2 \cdot \frac{a}{b} \implies \frac{V_a}{V_b} = \frac{b^2}{a^2} \cdot \frac{a}{b} \implies \frac{V_a}{V_b} = \frac{b}{a}.$$

- 1080.** Os volumes dos cilindros gerados por um retângulo que gira em torno de cada lado são inversamente proporcionais aos lados fixos.
- 1081.** O volume de um cilindro circular reto é igual ao produto da área do retângulo gerador pelo comprimento da circunferência que descreve o ponto de concurso das-diagonais do retângulo.
- 1082.** O volume de um cilindro circular gerado por um retângulo, de área $A \text{ cm}^2$, é de $B \text{ cm}^3$. Calcule o raio.
- 1083.** Calcule as dimensões de um retângulo, sabendo que, se o fizermos girar sucessivamente em torno de dois lados adjacentes, os volumes dos cilindros gerados serão, respectivamente, V e V' .

- 1084.** O volume do sólido gerado por um retângulo girando em torno de um eixo de seu plano, paralelo a um de seus lados, e externo ao retângulo, é igual ao produto da área do retângulo pelo comprimento da circunferência descrita pelo centro do retângulo.
- 1085.** Sendo a o lado de um losango e θ um de seus ângulos, exprima em função de a e θ o volume do sólido que se obtém girando o losango em torno de um de seus lados.
- 1086.** Um retângulo de dimensões a e b gira em torno de uma reta de seu plano, paralela aos lados de medida b e cuja distância ao centro do retângulo é $d > a/2$. Determine a superfície total e o volume do sólido anular gerado pelo retângulo.
- 1087.** Sobre a base de um retângulo e exteriormente a ele constrói-se um triângulo isósceles cuja base coincide com a base do retângulo. Sendo um pentágono a figura formada e sabendo que a base do triângulo excede a sua altura em 19 cm e que os perímetros do triângulo e do retângulo são respectivamente de 50 cm e 70 cm , determine a relação entre os volumes do cone e do cilindro obtidos quando giramos o triângulo e o retângulo ao redor de um eixo que passa pelos pontos médios das bases do retângulo.
- 1088.** Um trapézio isósceles está inscrito em um círculo e suas bases se encontram em semiplanos opostos em relação ao centro do círculo. Sendo as bases 12 cm e 16 cm e o raio do círculo 10 cm , determine o volume do sólido obtido pela rotação completa do trapézio ao redor da base maior e o volume do cilindro obtido quando giramos ao redor de um lado um quadrado que tenha a mesma área do trapézio.
- 1089.** Consideremos um semicírculo ADC de centro O e de diâmetro $AC = 2a$. Prolongamos OA até um ponto B , tal que $OA = AB$; e pelo vértice B traçamos a tangente BM ao semicírculo. Determine a medida de BM e o ângulo $M\hat{B}C$ compreendido entre a tangente e o diâmetro prolongado. Depois calcule a área e o volume do sólido obtido quando efetuamos uma rotação em torno de BO da figura BMO .
- 1090.** Num círculo de centro O e raio r , traçam-se dois diâmetros perpendiculares AB e CD ; traça-se BC e prolonga-se até interceptar em E a tangente ao círculo por A . Gira-se o triângulo ABE em torno de AB . Calcule o volume e a área gerada pela superfície CEA compreendida entre as retas AE , EC e o arco AC .

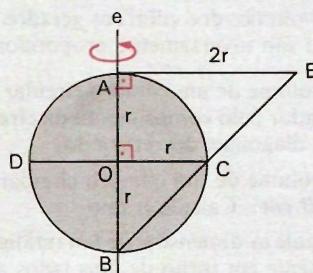
Solução

a) Volume

$$V_{CEA} = V_{OCEA} - V_{OCA}$$

\downarrow \downarrow

tronco $\frac{1}{2}$ esfera
de cone



$$V_{CEA} = \frac{\pi r}{3} [(2r)^2 + (2r) \cdot (r) + r^2] - \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{CEA} = \frac{7}{3} \pi r^3 - \frac{2}{3} \pi r^3 \Rightarrow V_{CEA} = \frac{5}{3} \pi r^3$$

b) Área

$$S_{CEA} = S_{CF} + S_{EA} + S_{AC}$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

lateral
de tronco (círculo) ($\frac{1}{2}$ superfície esférica)

$$S_{CEA} = \pi(2r + r) \cdot r\sqrt{2} + \pi(2r)^2 + \frac{1}{2} 4\pi r^2 \Rightarrow$$

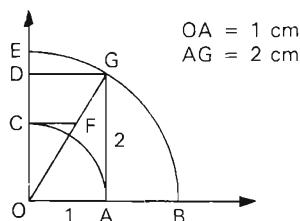
$$\Rightarrow S_{CEA} = 3\sqrt{2}\pi r^2 + 4\pi r^2 + 2\pi r^2 \Rightarrow S_{CEA} = 3(2 + \sqrt{2})\pi r^2$$

1091. A medida do raio de um círculo é 20 cm . Por um ponto P situado a 50 cm do centro traçam-se duas tangentes ao círculo. Sejam A e B os pontos de tangência e AB a corda obtida. Efetuando uma rotação do triângulo PAB em torno do diâmetro paralelo a AB , obtemos um sólido. Calcule o volume desse sólido.

1092. Consideremos um hexágono regular inscrito em um círculo de raio R . Efetuando uma rotação do círculo em torno de um diâmetro que passa pelos pontos médios de dois lados paralelos do hexágono, calcule a razão entre os volumes gerados pelo círculo e pelo hexágono.

1093. As questões abaixo (a , b , c , d , e) referem-se à figura ao lado, em que são dados $OA = 1\text{ cm}$ e $AG = 2\text{ cm}$.

- a) Ache a área da superfície esférica de raio OB .
- b) Ache a medida de CF .
- c) Ache a área do quarto da coroa circular $ABEC$.
- d) Ache o volume do sólido que se obtém girando o triângulo OAG em torno da reta OE .
- e) Ache a área lateral do sólido que se obtém girando o trapézio $CFGD$ em torno da reta OE .



CAPÍTULO XVI

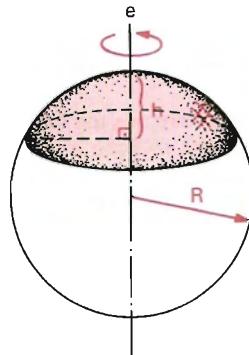
Superfícies e Sólidos Esféricos

I. Superfícies — Definições

278. Calota esférica

É a superfície de revolução cuja geratriz é um arco de circunferência e cujo eixo é uma reta tal que:

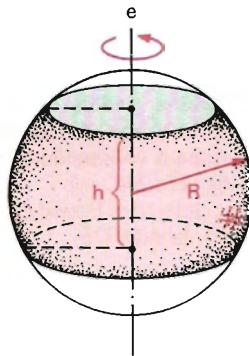
- a) passa pelo centro da circunferência que contém o arco;
- b) passa por um extremo do arco e não o intercepta em outro ponto;
- c) é coplanar com o arco.



279. Zona esférica

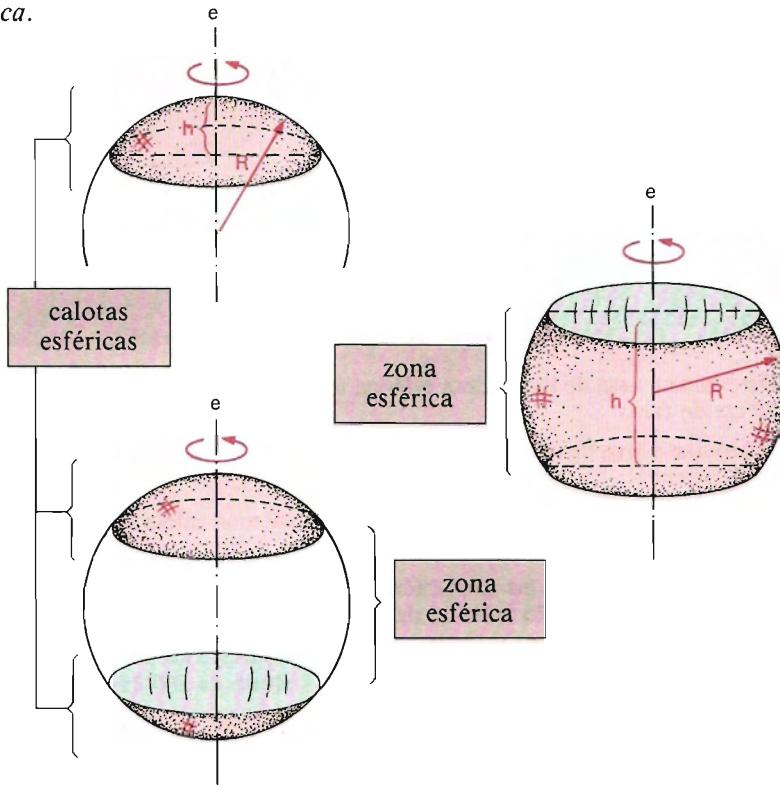
É a superfície de revolução cuja geratriz é um arco de circunferência e cujo eixo é uma reta tal que:

- a) passa pelo centro da circunferência que contém o arco;
- b) não passa por nenhum extremo do arco nem intercepta o arco em outro ponto;
- c) é coplanar com o arco.



280. Outra definição para calota e zona esférica

Seccionando uma superfície esférica por dois planos paralelos entre si, dividimos essa superfície em três partes; a que está entre os dois planos, reunida às duas circunferências-secção, é chamada *zona esférica*, e cada uma das outras duas, reunidas à respectiva circunferência-secção, é chamada *calota esférica*.



II. Áreas das superfícies esféricas

281. Área da calota e área da zona esférica

$$A = 2\pi Rh$$

Veja a dedução no item 296.

em que: R é o raio da circunferência que contém o arco (é o raio da *superfície esférica*);

h é a projeção do arco sobre o eixo.

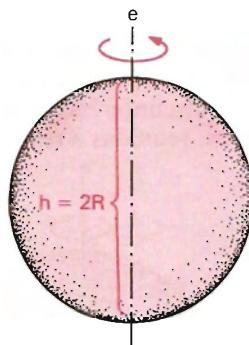
$$A_{\text{calota}} = 2\pi Rh_{\text{calota}}$$

$$A_{\text{zona}} = 2\pi Rh_{\text{zona}}$$

282. Área da superfície da esfera

A superfície da esfera pode ser entendida, por extensão, como uma calota (ou zona) esférica de altura igual ao diâmetro ($h = 2R$). Daí, a área da superfície esférica é:

$$A = 2\pi R \cdot \frac{2R}{h} \Rightarrow A = 4\pi R^2$$



EXERCÍCIOS

- 1094.** Determine a área de uma calota esférica de 75 cm de altura de uma esfera de 70 cm de raio.
- 1095.** Determine a área de uma esfera em que uma zona de 10 cm de altura tem área de $120\pi\text{ cm}^2$.
- 1096.** Determine o volume de uma esfera, sabendo que uma calota dessa esfera tem 47 cm de altura e $198\pi\text{ cm}^2$ de área.
- 1097.** Determine a altura de uma zona esférica, sabendo que sua área é igual ao quíntuplo da área do círculo máximo da esfera na qual está contida.
- 1098.** Qual é a fração da área da superfície da Terra suposta esférica (raio = $6\,300\text{ km}$) observada por um cosmonauta que se acha à altura de 300 km ?

Solução

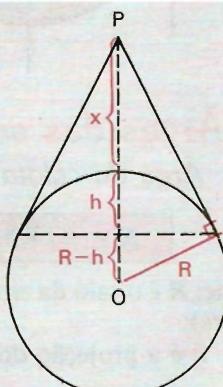
Sejam:

$x = 300$ a altitude,

$R = 6\,300$ o raio da Terra e
 h a altura da calota visível.

O problema pede: $\frac{A_{\text{calota}}}{A_{\text{sup.esf.}}}$

$$\frac{A_{\text{calota}}}{A_{\text{sup.esf.}}} = \frac{2\pi Rh}{4\pi R^2} = \frac{h}{2R}$$



Calculando h , no triângulo retângulo PTO , temos:

$$R^2 = (R - h)(x + R) \implies h = \frac{Rx}{x + R}$$

$$\implies \frac{h}{2R} = \frac{x}{2(x + R)}.$$

$$\text{Substituindo } x \text{ e } R, \text{ vem: } \frac{h}{2R} = \frac{300}{2(300 + 6300)} \implies \frac{h}{2R} = \frac{I}{44}.$$

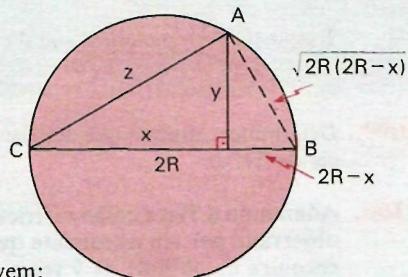
Resposta: $\frac{I}{44}$ da superfície da Terra.

- 1099.** Determine a altura a que deve se elevar um astronauta para ver $1/36$ da superfície da Terra.
- 1100.** Admitindo a Terra como esférica, determine a altura e a área da calota esférica observada por um astronauta que sobrevoa a Terra, no instante em que ele se encontra na altitude de 9 vezes o raio terrestre. Adote o raio da Terra como unidade de medida.
- 1101.** Um ponto luminoso está situado a 2 m de distância de uma esfera de raio igual a 4 m . Qual o valor da área da porção iluminada da esfera?
- 1102.** Determine a que distância x da superfície de uma esfera de raio R deve ficar um ponto M , a fim de que a calota visível desse ponto seja uma fração dada $1/m$ da superfície da esfera.
- 1103.** Uma esfera é seccionada por um plano a 3 cm do centro da esfera. Sabendo que as áreas das calotas determinadas estão entre si como $3/5$, calcule o volume da esfera.
- 1104.** Consideremos duas esferas concêntricas. A esfera exterior é seccionada por um plano tangente à interior, determinando uma calota esférica de $100\pi\text{ cm}^2$ de área. Calcule o raio da esfera exterior, sendo 3 cm a medida do raio da esfera interior.
- 1105.** Seccionando uma esfera por um plano, obtemos duas calotas cujas áreas estão na razão $2/5$. Calcule a superfície da esfera, sendo 4 cm a medida da corda do arco gerador da menor calota.
- 1106.** Um arco de 60° , pertencente a uma circunferência de raio 10 cm , gira em torno de um diâmetro que passa por uma de suas extremidades. Determine a área da calota gerada.
- 1107.** Calcule a razão entre as duas calotas esféricas em que uma superfície esférica é dividida por um plano que passa por uma face do cubo inscrito.

- 1108.** Corta-se uma esfera de raio R por um plano α . A diferença das áreas das calotas obtidas é igual à área da secção determinada pelo plano. Qual a distância do plano ao centro da esfera?
- 1109.** Dada uma circunferência de raio R e diâmetro CB , uma corda AC é tal que, girando a figura em torno de AB , a área da calota gerada por AC e a área lateral do cone de geratriz \overline{AC} estão na razão $M : (m/n > 1)$. Calcule a projeção de \overline{AC} sobre \overline{BC} .

Solução

$$\begin{aligned}\frac{A_{\text{calota}}}{A_{\text{lateral}}} &= \frac{m}{n} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{2\pi Rx}{\pi yz} &= \frac{m}{n} \Rightarrow \\ \Rightarrow 2Rxn &= myz \quad (1)\end{aligned}$$



Do triângulo ACB retângulo em A , vem:

$$yz = x\sqrt{2R(2R-x)} \quad (2)$$

$$\begin{aligned}(1) \text{ e } (2) \Rightarrow 2Rxn &= mx\sqrt{2R(2R-x)} \Rightarrow m^2x = 2R(m^2 - n^2) \Rightarrow \\ \Rightarrow x &= \frac{m^2 - n^2}{m^2} \cdot 2R\end{aligned}$$

Resposta: A projeção mede $\frac{m^2 - n^2}{m^2} \cdot 2R$.

- 1110.** Determine a distância de um plano secante ao centro de uma esfera, sabendo que a maior calota determinada por esse plano tem área igual à média geométrica entre a área da menor calota e a área da esfera na qual estão contidas as calotas.
- 1111.** A geratriz de um cone forma com o eixo um ângulo de 30° , sendo esse cone circunscrito a uma esfera de raio 12 cm . Obtenha a área da menor calota determinada pelo círculo de contato das duas superfícies.
- 1112.** Determine o raio da esfera na qual seja possível destacar uma calota de altura igual a 2 m e cuja área seja igual ao triplo da área lateral do cone, tendo o vértice no centro da esfera e por base a base da calota.
- 1113.** Determine a medida da área de uma zona cujos raios das bases medem 3 cm e 5 cm , respectivamente, sendo 8 cm a medida da altura da zona.
- 1114.** Uma zona esférica de 5 cm de altura é equivalente a um fuso esférico de 45° da mesma esfera. Determine o volume e a área da esfera.

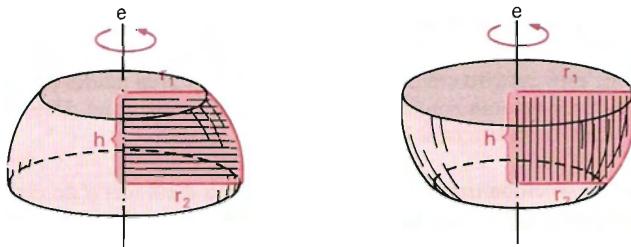
- 1115.** Determine o raio de uma esfera, sabendo que a diferença entre a sua área e a de uma sua zona de 5 cm de altura é igual à área de um fuso de 60° da mesma esfera.
- 1116.** A soma das áreas de um fuso de 60° e de uma zona esférica de 8 cm de altura é igual a $\frac{3}{2}$ da área da esfera. Determine o volume da esfera.
- 1117.** Uma zona esférica e um fuso de uma mesma esfera têm áreas iguais. A altura da zona é $1/n$ do raio. Calcule o arco equatorial do fuso.
- 1118.** Dois planos eqüidistantes do centro de uma esfera de raio R seccionam essa esfera, determinando uma zona cuja área é igual à soma das áreas de suas bases. Obtenha a distância entre esses dois planos.
- 1119.** A que distância do centro de uma esfera devemos traçar um plano para que a área da zona (calota) determinada seja igual à área lateral de um cone cuja base é o círculo da secção do plano com a esfera e cujo vértice é o centro da esfera, sendo 10 cm a medida do raio da esfera?
- 1120.** Um cone está inscrito em uma esfera de raio r . A área lateral do cone é a quinta parte da área de uma zona de altura igual à altura do cone. Determine a distância do centro da esfera à base do cone.
- 1121.** Um plano secciona uma esfera de raio r a uma distância d do centro da esfera, determinando uma zona (calota) cuja área é igual à área de uma outra esfera de raio igual ao triplo de d . Obtenha essa distância d .
- 1122.** Dois planos seccionam uma esfera, sendo que o primeiro passa pelo centro da esfera e o segundo a uma distância d do centro da esfera. Sabendo que a área da zona esférica determinada por esses dois planos é igual à soma das áreas do círculo máximo da esfera com a área da secção à distância d do centro da esfera, obtenha d .
- 1123.** É dado um semicírculo \widehat{AB} de raio R e um ponto P no prolongamento do diâmetro. Calcule \overline{OP} , de modo que a tangente \overline{PC} possa gerar em torno do diâmetro uma área igual à área gerada pelo arco \widehat{AC} em torno do mesmo diâmetro.
-
- 1124.** Seja uma esfera de raio R cortada por um feixe de N planos que tem uma reta comum, determinando nesta $N + 1$ sólidos. Sendo S a superfície total desses sólidos, prove que:

$$\frac{S}{2\pi R^2} - 2 \leq N.$$

III. Sólidos esféricos: definições e volumes

283. Segmento esférico de duas bases

Consideremos um segmento circular de duas bases e um eixo (reta) perpendicular a essas bases pelo centro e que divide o segmento em duas partes congruentes. Girando uma dessas partes em torno do eixo, obtém-se um sólido que é chamado *segmento esférico de duas bases*.



284. Volume

$$V = \frac{\pi h}{6} [3(r_1^2 + r_2^2) + h^2]$$

em que

r_1 é a medida do raio de uma base

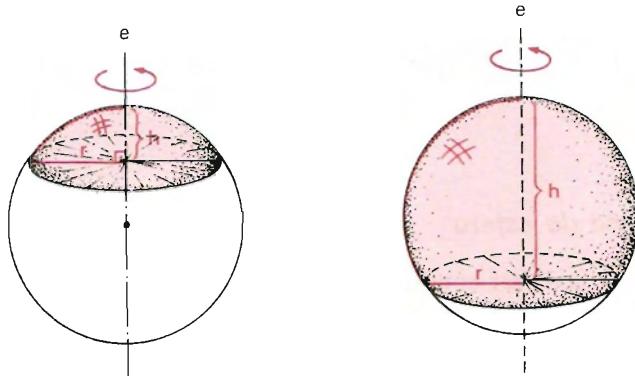
r_2 é a medida do raio da outra base e

h é a medida da altura (projeção do arco sobre o eixo).

Veja a dedução no item 293.

285. Segmento esférico de uma base

Consideremos um segmento circular de uma base e um eixo (reta) perpendicular a ela pelo centro e que divide o segmento em duas partes congruentes. Girando uma dessas partes em torno do eixo, obtém-se um sólido que é chamado *segmento esférico de uma base*.



286. Volume

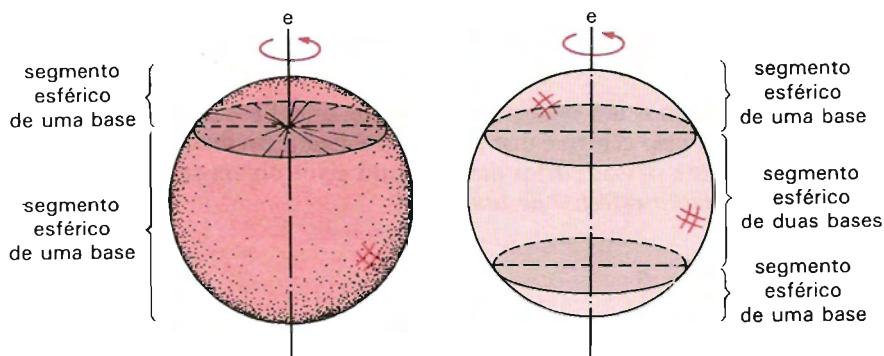
Decorre da fórmula do volume do segmento esférico de duas bases, fazendo: $r_1 = r$ e $r_2 = 0$.

$$V = \frac{\pi h}{6} [3(r^2 + 0) + h^2] \implies$$

$$V = \frac{\pi h}{6} [3r^2 + h^2]$$

287. Outra definição para os segmentos esféricos

Seccionando uma esfera por dois planos paralelos entre si, dividimos a esfera em três partes; a que está compreendida entre os dois planos, reunida aos dois círculos-secção, é chamada *segmento esférico de duas bases*, e cada uma das outras duas, reunidas ao respectivo círculo-secção, é chamada *segmento esférico de uma base*.

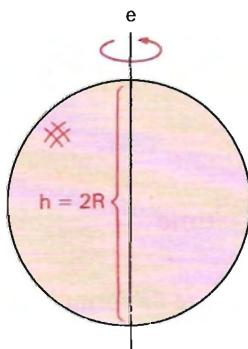


288. Volume da esfera

A esfera pode ser considerada, por extensão, um segmento esférico em que $r_1 = 0$, $r_2 = R$ e $h = 2R$. Daí, o volume da esfera é:

$$V = \frac{\pi(2R)}{6} [3(0 + 0) + \underbrace{(2R)^2}_{h}] \Rightarrow$$

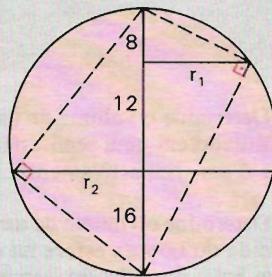
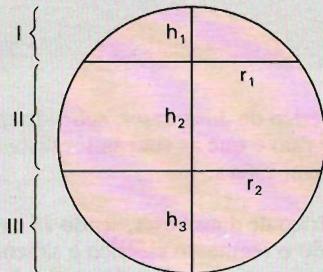
$$\Rightarrow V = \frac{4}{3} \pi R^3$$



EXERCÍCIOS

- 1125.** Determine o volume de um segmento esférico de uma base, sendo de $16\pi m^2$ a área da base e 2 m a altura do segmento.
- 1126.** O raio da base e a altura de um segmento esférico de uma base medem, respectivamente, 8 cm e 12 cm. Determine o volume do segmento esférico.

- 1127.** Determine o volume de um segmento esférico cuja calota tem $100\pi \text{ cm}^2$ de área, estando ambos situados em uma esfera de 20 cm de diâmetro.
- 1128.** Determine o volume do segmento esférico obtido da secção de uma esfera de 10 cm de raio, por um plano, que passa a 2 cm do centro da esfera.
- 1129.** Determine o volume de um segmento esférico de duas bases, sendo 4 cm a altura do segmento e 8 cm os diâmetros das bases.
- 1130.** Uma esfera de 18 m de raio é seccionada por planos perpendiculares a um diâmetro, dividindo-o em partes proporcionais a $2, 3$ e 4 . Calcule as áreas totais e os volumes dos sólidos determinados.

Solução

Os sólidos determinados são segmentos esféricos.

a) Cálculo dos elementos caracterizados na figura.

$$R = 18 \quad h_1 = 2k \quad h_2 = 3k \quad h_3 = 4k$$

$$h_1 + h_2 + h_3 = 36 \implies 9k = 36 \implies k = 4$$

$$h_1 = 8 \quad h_2 = 12 \quad h_3 = 16$$

Dos triângulos retângulos vem:

$$r_1^2 = 8 \cdot 28 \implies r_1^2 = 224 \quad r_2^2 = 16 \cdot 20 \implies r_2^2 = 320$$

b) Cálculo das áreas e volumes.

Do segmento esférico I.

$$\begin{aligned} A_t &= A_{\text{calota}} + A_{\text{circulo}} \implies A_t = 2\pi Rh_1 + \pi r_1^2 \implies \\ &\implies A_t = 2\pi \cdot 18 \cdot 8 + \pi \cdot 224 \implies A_t = 512\pi \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$V = \frac{\pi h_1}{6} [3r_1^2 + h_1^2] \Rightarrow V = \frac{\pi \cdot 8}{6} [3 \cdot 224 + 64] \Rightarrow V = \frac{2944}{3}\pi \text{ m}^3$$

Do segmento esférico II.

$$A_t = A_{\text{zona}} + A_{\text{círculo I}} + A_{\text{círculo II}} \Rightarrow A_t = 2\pi Rh_2 + \pi r_1^2 + \pi r_2^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow A_t = 2\pi \cdot 18 \cdot 12 + \pi \cdot 224 + \pi \cdot 320 \Rightarrow A_t = 976\pi \text{ m}^2$$

$$V = \frac{\pi h_2}{6} [3(r_1^2 + r_2^2) + h_2^2] \Rightarrow V = \frac{\pi 12}{6} [3(224 + 320) + 12^2] = \\ \Rightarrow V = 3552\pi \text{ m}^3$$

Do segmento esférico III.

$$A_t = A_{\text{calota}} + A_{\text{círculo}} \Rightarrow A_t = 2\pi Rh_3 + \pi r_2^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow A_t = 2 \cdot \pi \cdot 18 \cdot 16 + \pi \cdot 320 \Rightarrow A_t = 896\pi \text{ m}^2$$

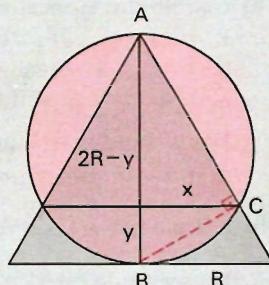
$$V = \frac{\pi h_3}{6} [3r_2^2 + h_3^2] \Rightarrow V = \frac{\pi 16}{6} [3 \cdot 320 + 16^2] \Rightarrow \\ \Rightarrow V = \frac{9728}{3}\pi \text{ m}^3$$

- 1131.** Determine o volume de um segmento esférico de duas bases, sabendo que está situado em uma semi-esfera de 20 cm de raio e que as suas bases distam 3 cm e 6 cm , respectivamente, do centro da semi-esfera.
- 1132.** Determine o volume de um segmento esférico de duas bases, sendo 15 cm a medida do raio da esfera na qual está contido o segmento esférico e sabendo que as bases paralelas do segmento esférico distam cada uma 6 cm do centro da esfera.
- 1133.** Dada uma esfera S de diâmetro $AB = 2R$, considera-se o cone C de altura AB e de raio R . Calcule o volume do sólido comum à esfera S e ao cone C .

Solução

O sólido comum é a reunião de um cone de raio x e altura $2R - y$, com um segmento esférico de raio x e altura y .

$$V = \frac{1}{3}\pi x^2 (2R - y) + \frac{\pi y}{6} [3x^2 + y^2]$$



Cálculo de x e y .

$$\text{Da semelhança: } \frac{x}{R} = \frac{2R - y}{2R} \Rightarrow x = \frac{2R - y}{2}. \quad (1)$$

$$\text{Do triângulo } ACB: x^2 = y(2R - y). \quad (2)$$

$$\text{De (1) e (2) saem: } x = \frac{4}{5} R \quad y = \frac{2}{5} R$$

Substituindo x e y em V , temos:

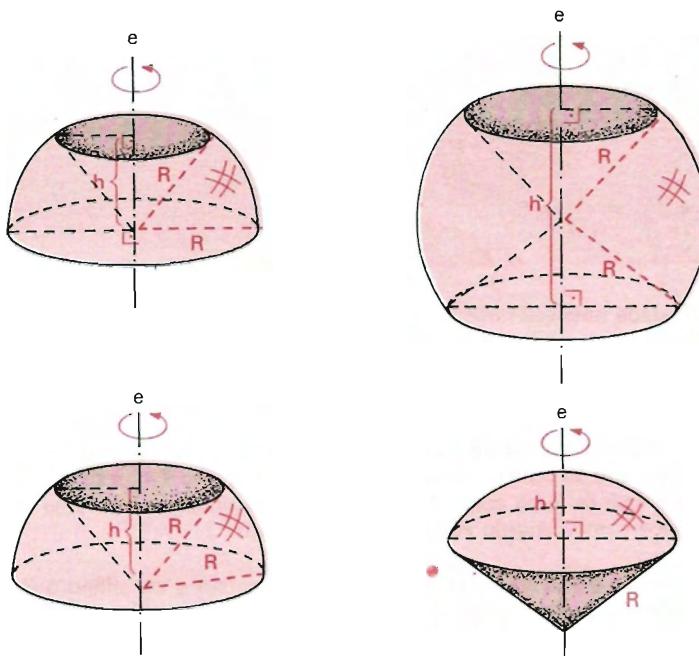
$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{3} \pi \cdot \frac{16}{25} R^2 \cdot 2x + \frac{\pi}{6} \cdot \frac{2}{5} R \left(3 \cdot \frac{16}{25} R^2 + \frac{4}{25} R^2 \right) \Rightarrow \\ \Rightarrow V &= \frac{12}{25} \pi R^3 \end{aligned}$$

- 1134.** Seja dada uma esfera de raio R em um ponto P distante $h > R$ do seu centro. Considere-se o cone indefinido, formado pela totalidade das retas tangentes à esfera, traçadas pelo ponto P . Calcule o volume do sólido, cujos pontos são internos ao cone e externos à esfera.
- 1135.** Uma esfera de 30 m de diâmetro foi seccionada por dois planos paralelos do mesmo lado do centro e distantes deste centro 12 m e 8 m, respectivamente. Calcule a área da zona compreendida entre esses planos e o volume do segmento esférico compreendido entre esses dois planos.
- 1136.** Obtenha a distância entre o centro de uma esfera e um plano que a secciona determinando um segmento esférico, de tal maneira que o volume do segmento esférico seja igual ao volume de um cone de revolução cuja base é a secção da esfera e cujo vértice é o centro da esfera, sendo r o raio da esfera.
- 1137.** Seccionando um hemisfério de raio r , por um plano paralelo à base, obtemos um segmento esférico de uma base. Sendo o volume desse segmento igual ao volume de um cilindro cuja base é a secção e cuja altura é igual à distância entre o plano e a base do hemisfério, determine essa distância.
- 1138.** Num segmento esférico de uma só base, de uma esfera e raio R , está inscrito um cone, cujo vértice é um dos pólos relativos a sua base. Qual a área da base, se a razão entre o volume do cone e o do segmento esférico é igual à constante K ? (Discuta o problema.)

289. Setor esférico

É o sólido de revolução obtido pela rotação de um setor circular em torno de um eixo tal que:

- passa pelo vértice do setor circular;
- não intercepta o arco do setor circular ou o intercepta num extremo;
- é coplanar com o setor circular.



290. Volume do setor

$$V = \frac{2}{3} \pi R^2 h$$

em que

R é a medida do raio do setor (note que é o raio da esfera) e
 h é a medida da altura do setor (projeção do arco sobre o eixo).

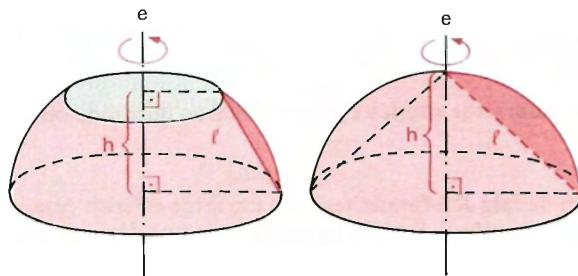
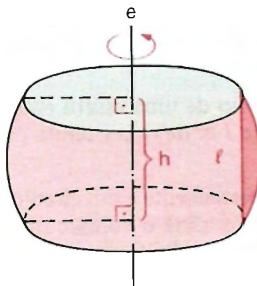
Nota: A esfera pode ser considerada, por extensão, um setor esférico de altura $h = 2R$.

$$V = \frac{2}{3} \pi R^2 \cdot \frac{2R}{h} \Rightarrow V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

291. Anel esférico

É um sólido de revolução que se obtém pela rotação de um segmento circular (de uma base) em torno de um eixo tal que:

- a) passa pelo centro do círculo que define o segmento circular;
- b) não intercepta o arco do segmento circular ou intercepta-o num dos extremos;
- c) é coplanar com o segmento circular.



292. Volume do anel

$$V = \frac{\pi h}{6} \ell^2$$

em que

h é a medida da altura (projeção do arco sobre o eixo) e
 ℓ é a medida da corda (base do segmento circular).

EXERCÍCIOS

- 1139.** Numa esfera de 1 m de raio, uma zona de 1 m^2 serve de base a um setor esférico. Determine o volume do setor.
- 1140.** Um setor esférico tem volume igual a $200\pi\text{ cm}^3$, sua zona de base tem área igual a $100\pi\text{ cm}^2$. Determine o volume da esfera a qual pertence o setor esférico.
- 1141.** O volume de um setor esférico é igual a $1350\pi\text{ cm}^3$. O raio da esfera no qual está contido mede 15 cm . Determine a medida da área da zona correspondente.
- 1142.** Determine a medida do raio de uma esfera cujo volume é igual ao volume de um setor de uma esfera de 1 m de raio e tendo por base uma zona de $80\pi\text{ cm}^2$.
- 1143.** Um setor circular AOB , pertencente a um círculo de 10 cm de raio, gira em torno do diâmetro POQ . Determine o volume do sólido gerado, sabendo que o raio AO forma com o diâmetro POQ um ângulo de 60° e que o raio OB forma com o mesmo diâmetro um ângulo de 45° .
- 1144.** Dois setores esféricos de uma mesma esfera e de mesmo volume têm necessariamente a mesma altura?
- 1145.** O volume de um setor esférico é proporcional ao quadrado ou ao cubo do raio? Justifique.
- 1146.** Uma esfera de raio R é furada segundo um setor esférico cujo vértice coincide com o centro da esfera. Determine a expressão que dá o raio da circunferência segundo o qual o setor corta a esfera, de tal maneira que o volume do setor seja $1/n$ do volume da esfera.
- 1147.** Um anel esférico é gerado por um segmento circular cuja corda mede ℓ . Sendo V o volume do anel, calcule a projeção da corda sobre o eixo.
- 1148.** Determine o volume gerado pelo segmento circular AMB , girando ao redor do diâmetro PQ , sendo a corda AB deste segmento igual a 5 cm , a distância do ponto A ao eixo igual a 3 cm e a distância do ponto B ao eixo igual a 6 cm .
- 1149.** Dado um hemisfério H , definido por seu círculo máximo C e pelo pólo correspondente P , determine o volume interior a H e exterior a quatro cones, tendo P para vértice comum e para bases quatro círculos iguais, situados no plano C , tangentes interiormente a este círculo e exteriormente entre si.

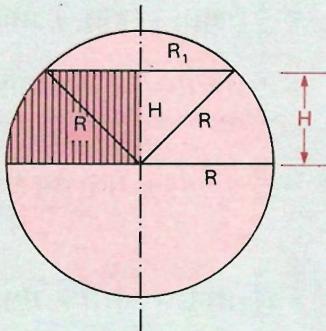
- 1150.** Deduza a fórmula do *volume do segmento esférico*, supondo conhecida a fórmula do volume do setor esférico.

Solução

Dividamos em 2 casos:

1º caso: Uma das bases do segmento esférico é círculo máximo da esfera.

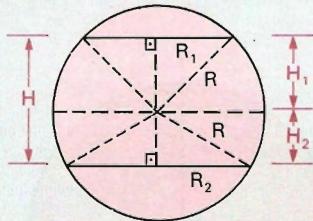
$$\left. \begin{array}{l} V_{\text{segm.}} = V_{\text{setor}} + V_{\text{cone}} \\ V_{\text{setor}} = \frac{2}{3} \pi R^2 H = \frac{\pi H}{6} 4R^2 \\ V_{\text{cone}} = \frac{1}{3} \pi R_1^2 H = \frac{\pi H}{6} 2R_1^2 \end{array} \right\} \Rightarrow$$



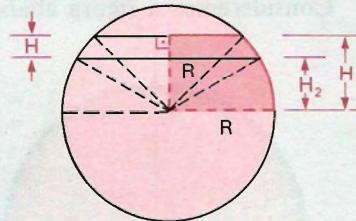
$$\Rightarrow V_{\text{segm.}} = \frac{\pi H}{6} [4R^2 + 2R_1^2] = \frac{\pi H}{6} [3R^2 + 3R_1^2 + \underbrace{R^2 - R_1^2}_{H^2}] \xrightarrow{\text{artifício}}$$

$$\Rightarrow V_{\text{segm.}} = \frac{\pi H}{6} [3(R_1^2 + R^2) + H^2]$$

2º caso: Nenhuma das bases do segmento esférico é círculo máximo da esfera. Recaimos em soma ou diferença de dois segmentos do 1º caso.



$$H = H_1 + H_2$$



$$H = H_1 - H_2$$

$$\begin{aligned} V_{\text{segm.}} &= V_{\text{segm.}_1} \pm V_{\text{segm.}_2} = \\ &= \frac{\pi H_1}{6} [3(R_1^2 + R^2) + H_1^2] \pm \frac{\pi H_2}{6} [3(R^2 + R_2^2) + H_2^2] = \end{aligned}$$

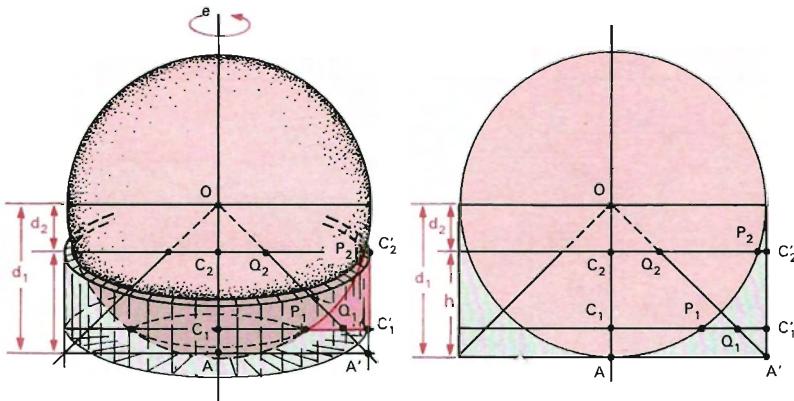
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\pi}{6} [3R_1^2H_1 + 3R_2^2H_1 + H_1^3 + 3R_1^2H_2 + 3R_2^2H_2 + H_2^3] = \\
 &\quad \underbrace{R_2^2 + H_2^2}_{R_1^2 + H_1^2} \quad \underbrace{R_1^2 + H_1^2}_{R_2^2 + H_2^2} \\
 &= \frac{\pi}{6} [3R_1^2H_1 + 3R_2^2H_1 + 3H_2^2H_1 + H_1^3 + 3R_1^2H_2 + 3H_1^2H_2 + 3R_2^2H_2 + H_2^3] = \\
 &= \underbrace{\frac{\pi}{6} [3R_1^2(H_1 + H_2) + 3R_2^2(H_1 + H_2) + H_1^3 + 3H_1^2H_2]}_{H} + \underbrace{3H_1H_2^2 + H_2^3}_{H} = \\
 &= \frac{\pi}{6} [(3(R_1^2 + R_2^2)H + H^3)] \Rightarrow V_{\text{segm.}} = \frac{\pi H}{6} [3(R_1^2 + R_2^2) + H^2]
 \end{aligned}$$

IV. Deduções das fórmulas de volumes dos sólidos esféricos

A dedução das fórmulas de volumes dos sólidos esféricos (segmento esférico, setor esférico e anel esférico) pode ser feita a partir do segmento esférico de raios r_1 e r_2 e altura h .

293. Volume do segmento esférico

Consideremos a figura abaixo:



em que

$$OA = AA' = OP_1 = OP_2 = R \text{ ("raio da esfera")}$$

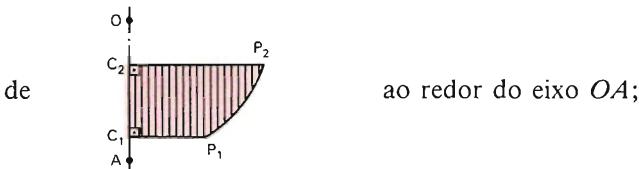
$C_1P_1 = r_1$ e $C_2P_2 = r_2$ (raios das bases do segmento esférico)

$$OC_1 = C_1Q_1 = d_1 \text{ e } OC_2 = C_2Q_2 = d_2$$

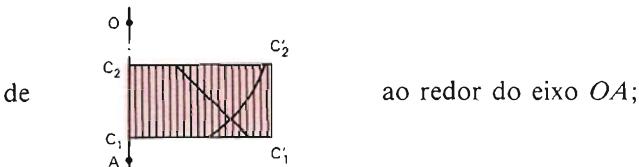
$$C_1C_2 = h = d_1 - d_2$$

Nessa figura devemos reconhecer:

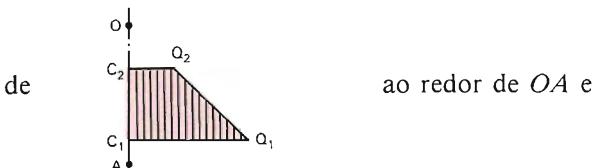
- a) o *segmento esférico* gerado pela rotação



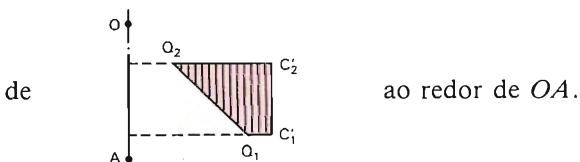
- b) o *cilindro* gerado pela rotação



- c) o *tronco de cone* gerado pela rotação



- d) a *parte da anticlépsidra* gerada pela rotação



Pelo visto no item 224 o segmento esférico é equivalente à parte da anticlépsidra acima e, então, seu volume é dado pela diferença entre os volumes do cilindro e do tronco de cone acima identificados.

Então:

$$V = \pi R^2 h - \frac{\pi h}{3} [(C_1 Q_1)^2 + (C_1 Q_1)(C_2 Q_2) + (C_2 Q_2)^2] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \pi R^2 h - \frac{\pi h}{3} [d_1^2 + d_1 d_2 + d_2^2] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \frac{\pi h}{6} [6R^2 - 2d_1^2 - 2d_1 d_2 - 2d_2^2] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \frac{\pi h}{6} [3R^2 + 3R^2 - 3d_1^2 - 3d_2^2 + d_1 + d_2 - 2d_1 d_2] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \frac{\pi h}{6} [3(R^2 - d_1^2) + 3(R^2 - d_2^2) + (d_1 - d_2)^2] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \frac{\pi h}{6} [3r_1^2 + 3r_2^2 + h^2] \Rightarrow$$

$$V = \frac{\pi h}{6} [3(r_1^2 + r_2^2) + h^2]$$

Nota: Da fórmula do volume do segmento esférico de duas bases sai a do volume do segmento esférico de uma base e a do volume da esfera.

294. Volume do setor esférico

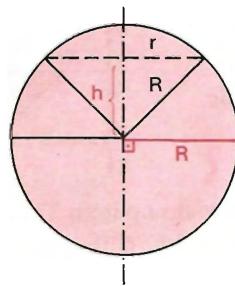
Sendo conhecida a fórmula do volume do segmento esférico, deduzimos a fórmula do volume do setor esférico, dividindo em três casos:

1º caso: Um dos raios do contorno do setor circular (que gera o setor esférico) é perpendicular ao eixo.

$$V_{\text{setor}} = V_{\text{segm. esf.}} - V_{\text{cone}}$$

$$\text{Sendo } V_{\text{segm. esf.}} = \frac{\pi h}{6} [3(R^2 + r^2) + h^2]$$

$$\text{e } V_{\text{cone}} = \frac{\pi r^2 h}{3} = \frac{2\pi r^2 h}{6}$$



vem:

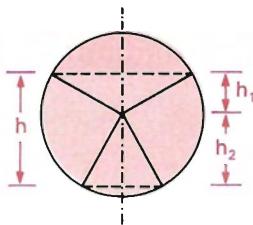
$$V_{\text{setor}} = \frac{\pi h}{6} [3R^2 + 3r^2 + h^2 - 2r^2] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{\text{setor}} = \frac{\pi h}{6} [3R^2 + \underbrace{r^2 + h^2}_{R^2}] \Rightarrow V_{\text{setor}} = \frac{\pi h}{6} \cdot 4R^2 \Rightarrow$$

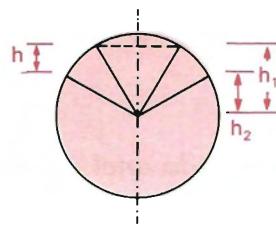
$$\Rightarrow \boxed{V_{\text{setor}} = \frac{2}{3} \pi R^2 h}$$

2º caso: Nenhum dos raios do contorno do setor circular é perpendicular ao eixo.

Recaímos em soma ou diferença de dois setores do 1º caso.



$$h = h_1 + h_2$$



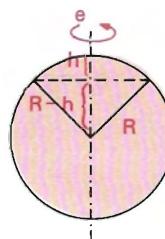
$$h = h_1 - h_2$$

$$V_{\text{setor}} = V_{\text{setor } 1} \pm V_{\text{setor } 2} = \frac{2}{3} \pi R^2 \underbrace{(h_1 \pm h_2)}_h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{\text{setor}} = \frac{2}{3} \pi R^2 h}$$

3º caso: Um dos raios do contorno do setor circular (que gera o setor esférico) está contido no eixo.

$$\left. \begin{aligned} V_{\text{setor}} &= V_{\text{segm.}} + V_{\text{cone}} \\ V_{\text{segm.}} &= \frac{\pi h}{6} [3r^2 + h^2] \\ V_{\text{cone}} &= \frac{\pi}{3} r^2 (R - h) \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$



$$\Rightarrow V_{\text{setor}} = \frac{\pi h}{6} [3r^2 + h^2] + \frac{\pi r^2}{3} (R - h) =$$

$$= \frac{\pi}{6} [3r^2h + h^3 + 2Rh^2 - 2r^2h] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{\text{setor}} = \frac{\pi}{6} \cdot [r^2h + h^3 + 2Rh^2]$$

Do triângulo retângulo: $r^2 = R^2 - (R - h)^2 = 2Rh - h^2$.

$$V_{\text{setor}} = \frac{\pi}{6} [(2Rh - h^2)h + h^3 + 2R(2Rh - h^2)] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{\text{setor}} = \frac{\pi}{6} [2Rh^2 - h^3 + h^3 + 4R^2h - 2Rh^2] \Rightarrow$$

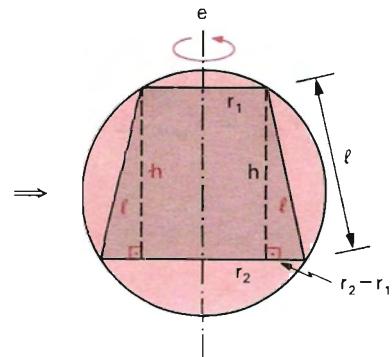
$$\Rightarrow V_{\text{setor}} = \frac{\pi}{6} \cdot 4R^2h \Rightarrow \boxed{V_{\text{setor}} = \frac{1}{3} \pi R^2 h}$$

295. Volume do anel esférico

$$V_{\text{anel}} = V_{\text{segm. esf.}} - V_{\text{tronco de cone}}$$

$$V_{\text{segm.}} = \frac{\pi h}{6} [3(r_1^2 + r_2^2) + h^2]$$

$$V_{\text{tronco}} = \frac{\pi h}{3} [r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2]$$



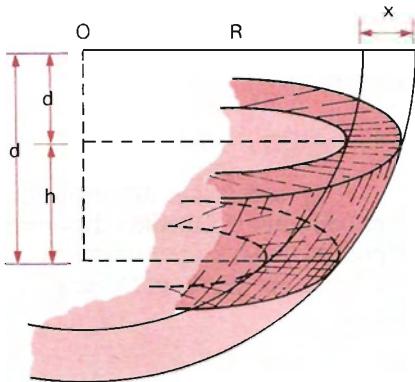
$$\Rightarrow V_{\text{anel}} = \frac{\pi h}{6} [3r_1^2 + 3r_2^2 + h^2 - 2r_1^2 - 2r_1 r_2 - 2r_2^2] =$$

$$= \frac{\pi h}{6} [\underbrace{r_1^2 - 2r_1 r_2 + r_2^2}_{l^2} + h^2] = \frac{\pi h}{6} [(r_2 - r_1)^2 + h^2] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{\text{anel}} = \frac{\pi h}{6} l^2}$$

296. Área da calota ou da zona esférica

Para o cálculo destas áreas vamos utilizar a noção estabelecida no item 229.



O volume do segmento esférico correspondente à zona (ou calota) esférica é dado por:

$$V_1 = \pi R^2 h - \frac{1}{3} \pi h (d_1^2 + d_1 \cdot d_2 + d_2^2).$$

Para a esfera concêntrica de raio $r + x$, o volume é:

$$V_2 = \pi (R + x)^2 h - \frac{1}{3} \pi h (d_1^2 + d_1 \cdot d_2 + d_2^2).$$

Portanto:

$$\begin{aligned} V_p &= V_2 - V_1 \implies V_p = \pi (R + x)^2 h - \pi R^2 h \implies \\ \implies V_p &= \pi (2R + x) h x \implies \frac{V_p}{x} = \pi (2R + x) h \end{aligned}$$

Então, para $x = 0$, vem:

$$A_{\text{zona (ou calota)}} = \pi (2R + 0) h = 2\pi Rh$$

$A_{\text{zona (ou calota)}} = 2\pi Rh$

LEITURA

Riemann, o Grande Filósofo da Geometria

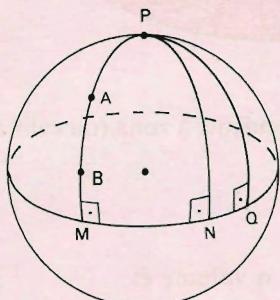
Hygino H. Domingues

Qual a menor distância entre dois pontos? O leigo (porque é leigo) dirá que é a medida do segmento de reta com extremidades nesses pontos. Mas, e se se trata de dois pontos A e B sobre uma superfície esférica (da Terra, por exemplo) e se procura o menor caminho de um

ao outro sobre essa superfície? Ora, se os pontos estão perto um do outro, então o segmento de reta AB pode fornecer uma boa aproximação; caso contrário (pode-se provar), a resposta é o menor dos arcos do círculo máximo da esfera por esses dois pontos. Questões como essa levam às seguintes indagações: não seria importante uma geometria intrínseca da superfície esférica, em vez de considerá-la tão-somente como uma parte do espaço tridimensional euclidiano? O mesmo não é válido para outras superfícies?

A resposta afirmativa parece óbvia. No entanto, a geometria euclidiana reinava de maneira tão absoluta até as primeiras décadas do século XIX que nem sequer se cogitava dessas questões. Immanuel Kant (1724-1804), o mais respeitado filósofo do século XVIII, apoiava suas idéias numa suposta verdade inquestionável dessa geometria. Em 1826 Lobachevsky golpeou fatalmente o mito da unicidade da geometria euclidiana (ver pág. 266), mas, por motivos vários, seu trabalho não alcançou grande repercussão nos primeiros tempos. De qualquer maneira, isso não bastava; era preciso buscar uma visão global da geometria, através de idéias gerais, em espaços de dimensão qualquer. Inclusive o quadro das geometrias não euclidianas se completaria como subproduto dessa abordagem. Quem brilhantemente inaugurou esse trabalho foi G. F. Bernhard Riemann (1826-1866).

Filho de um pastor luterano, Riemann nasceu na aldeia de Breselens, Hanover, na Alemanha. Além da pobreza, teve de lutar sempre



contra a timidez e a fragilidade física. Aos 19 anos de idade, atendendo a orientação paterna, ingressa na Universidade de Göttingen para estudar filosofia e teologia. Mas sua vocação prevaleceu e acabou cursando matemática, o primeiro ano em Göttingen, transferindo-se depois para Berlim. De volta a Göttingen, obtém em 1851 o título de doutor, sob a orientação de Gauss, com uma tese que introduz as hoje chamadas *superfícies de Riemann*.

Sua carreira acadêmica foi rápida: em 1859 já sucedia Dirichlet na cadeira de matemática de Göttingen. Em 1862, um mês após seu casamento, adocece gravemente; os quatro anos seguintes passou-os em tratamentos. E morreu na Itália, ainda sem completar 40 anos, onde procurara um clima melhor para inutilmente combater sua tuberculose. Nessas condições não é de estranhar que a obra matemática de Riemann não seja vasta; mas é uma das mais importantes em todos os tempos pelos novos e produtivos campos que abriu.

Dos mais inovadores é um trabalho seu de 1854 sobre os fundamentos em que se baseia a geometria. Nele aparece a importante distinção entre “infinito” e “ilimitado”, que no futuro teria papel importante na teoria da relatividade. Por exemplo, os círculos máximos de uma esfera são finitos (percorrendo-os sempre se volta ao ponto de partida) mas ilimitados (pode-se percorrê-los indefinidamente). Daí a uma geometria sem retas paralelas não vai muito. Isso, contudo, exige dois outros afastamentos da geometria euclidiana para evitar contradições: que as “retas” sejam finitas (porém ilimitadas) e que eventualmente possam se cruzar em mais de um ponto.

Mas haverá alguma superfície cuja geometria intrínseca corresponda a tais imposições? Sim, a superfície esférica (por exemplo), tomando como “retas” os círculos máximos (que sempre se interceptam em dois pontos). Dois resultados dessa geometria podem ser visualizados na figura: “a soma dos ângulos de um triângulo é maior que 180° ” e “todas as perpendiculares a uma mesma ‘reta’ cortam-se num ponto”.

Enfim a geometria estava totalmente livre.



G. F. Bernhard Riemann (1826-1866).

Respostas dos Exercícios

Capítulo 1

1. Resolvido.
2. Infinitas.
3. a) 3 retas: \overleftrightarrow{AD} , \overleftrightarrow{BD} , \overleftrightarrow{CD}
b) 6 retas: \overleftrightarrow{AB} , \overleftrightarrow{AC} , \overleftrightarrow{AD} , \overleftrightarrow{BC} , \overleftrightarrow{BD} e \overleftrightarrow{CD}
4. Nenhum, um só ou quatro.
5. Resolvido.
6. Postulado da determinação de planos.
7. Resolvido.
8. Infinitos.
9. A concorrente está contida no plano das paralelas.
10. Resolvido.
11. Faça o plano (r, P) coincidir com o plano (r, s) .
12. a) V b) F c) F d) V e) V
13. Resolvido.
14. Use o método indireto de demonstração.
15. Use o método indireto de demonstração.
16. Não são obrigatoriamente reversas. Podem ser paralelas, concorrentes ou reversas.
17. Resolvido.

- | | | | |
|----------|------|------|------|
| 18. a) V | e) V | h) F | k) F |
| b) V | f) F | i) F | l) V |
| c) F | g) V | j) F | m) V |
| d) V | | | |
- | | | | |
|----------|------|------|------|
| 19. a) F | c) F | e) V | g) V |
| b) V | d) V | f) F | h) F |
| | | | |

20. a) V c) F e) F g) V
b) V d) V f) V h) V
21. Resolvido.
22. Sendo O tal que $\overleftrightarrow{AB} \cap \overleftrightarrow{CD} = \{O\}$, então $\beta \cap \gamma = \overleftrightarrow{OP}$.
23. Resolvido.
24. $\alpha \cap \beta = \overleftrightarrow{RS}$
25. É o conjunto formado pelas extremidades do diâmetro comum.
26. Os pontos O , P e R pertencem à interseção de dois planos que é uma única reta.
27. Resolvido.
28. Resolvido.
29. Aplique o 2º caso do teorema dos 3 planos secantes.
30. Se $x = \beta \cap \gamma$, x, a e b ou incidem num mesmo ponto (1º caso do teorema dos 3 planos secantes) ou $x \parallel a$ e $x \parallel b$ (2º caso do mesmo teorema).
31. a) $a \cap b \cap c = \{P\}$
b) $b \parallel a$, $b \parallel c$
c) $a \cap b \cap c = \{P\}$ ou $(a \parallel b, a \parallel c, b \parallel c)$

Capítulo II

32. Use o fato de que o segmento com extremidades nos pontos médios de dois lados de um triângulo é paralelo e metade do terceiro lado.

- 33.** É análogo ao anterior (veja um octaedro num tetraedro).
- 34.** Use o fato de que as diagonais de um paralelogramo interceptam-se nos respectivos pontos médios.
- 35.** Tome uma reta no plano ϵ , por um ponto fora do plano uma paralela a essa reta. Infinitas soluções.
- 36.** Por um ponto fora da reta conduza uma paralela a ela. Por esta reta conduzida, passe um plano. Infinitas soluções.
- 37.** Resolvido.
- 38.** É aplicação do exercício 37.
- 39.** Use o método indireto de demonstração e posições de reta e plano.
- 40.** Por um ponto de uma, conduza uma reta paralela à outra.
- 41.** É aplicação do exercício 37.
- 42.** Basta conduzir pelo ponto uma reta paralela à interseção dos planos.
- 43.** Resolvido.
- 44.** No 1º caso e no 2º caso o problema não tem solução. No 3º caso basta conduzir, por P , as retas r' e s' respectivamente paralelas a r e s .
- 45.** Existem infinitos pontos P . Analise o 2º caso.
- 46.** Use o método indireto e o exercício 38.
- 47.** a) F e) V i) F l) V
 b) V f) F j) V m) V
 c) V g) F k) F n) F
 d) V h) F
- 48.** a) F b) V c) F d) F
- 49.** $(\alpha \cap \beta = \phi, a \subset \beta) \Rightarrow a \cap \alpha = \phi \Rightarrow a \parallel \alpha$
- 50.** Basta considerar, por P , duas retas respectivamente paralelas a duas retas concorrentes do plano.
- 51.** Analise as posições relativas da reta com o plano. Método indireto e exercício 37.
- 52.** Aplique o exercício 51.
- 53.** Resolvido.
- 54.** Os lados opostos de um paralelogramo são congruentes.
- 55.** Use o método indireto.
- 56.** Resolvido.
- 57.** Aplique o exercício 56.
- 58.** Eles se interceptam: aplique o método indireto e o exercício 56. Na outra parte aplique o exercício 53 duas vezes.
- 59.** Método indireto e aplique o exercício 38.
- 60.** a) $\subset \alpha$; o problema não tem solução.
 $a \parallel \alpha$ e $\beta = (a, P)$ é secante com α ; o problema não tem solução.
 $a \parallel \alpha$ e $\beta = (a, P)$ é paralelo a α — infinitas soluções
 a e α concorrentes — uma única solução.
- 61.** No 1º caso, o problema admite solução única (analise a figura deste caso). No 2º caso, o problema não tem solução.
- 62.** Chame de ℓ a interseção de α e β . Recai no exercício 61.
- 63.** Tome um ponto P numa das retas e a solução é a interseção x dos planos determinados por P e pelas outras duas retas. No 1º caso há restrições para P .
- 64.** a) F e) V i) F m) F
 b) V f) F j) F n) V
 c) V g) F k) F o) F
 d) F h) V l) F
- 65.** a) F b) V c) V d) F
- 66.** a) V c) V e) V g) F
 b) F d) V f) F h) V

Capítulo III

- 67.** $(AB \perp BC, BC \parallel DE) \Rightarrow AB \perp DE$
- 68.** Resolvido.
- 69.** Use o teorema fundamental.
- 70.** Resolvido.
- 71.** O ponto médio de uma aresta e a aresta oposta determinam um plano perpendicular à primeira.
- 72.** Resolvido.
- 73.** Tome o mesmo plano β do exercício 72 e prove que $b \perp \beta$.
- 74.** É reto. Justificação: é o teorema das três perpendiculares.
- 75.** Prove que a reta é paralela a uma reta do plano.
- 76.** Por um ponto do plano conduza duas retas respectivamente paralelas às retas dadas.
- 77.** a) V e) V i) V l) F
 b) F f) F j) V m) V
 c) V g) V k) V n) V
 d) F h) F
- 78.** Resolvido.
- 79.** Resolvido.

- 80.** a) Use o método indireto e o exercício 78.
 b) Resolvido.
 c) Considere no plano duas retas concorrentes.
 d) Pelo ponto onde uma das retas fura o plano, passe uma paralela à outra. Use a unicidade.
- 81.** Use o exercício 80 *b* e *d*.
- 82.** Use o exercício 80 *c* e *a*.
- 83.** Considere em β uma reta b perpendicular à intersecção.
- 84.** Pelo ponto P , intersecção de α com b , conduza uma reta i perpendicular à reta α . Veja o plano (b, i) .
- 85.** Resolvido.
- 86.** Use o exercício 85.
- 87.** Basta aplicar a definição de planos perpendiculares.
- 88.** Tome b em α , paralela à reta α . Use o exercício 80 *c*.
- 89.** Resolvido.
- 90.** Método indireto, usando o exercício 89.
- 91.** a) F d) F g) V j) V
 b) V e) F h) V k) F
 c) F f) F i) F

Capítulo IV

- 92.** Lados opostos de um retângulo são congruentes.
- 93.** Resolvido.
- 94.** a) V d) V f) V h) F
 b) F e) V g) F i) F
 c) F
- 95.** a) F c) V e) V g) V
 b) V d) V f) F
- 96.** Duas retas concorrentes ou duas retas coincidentes ou uma reta e um ponto pertencente a ela.
- 97.** Paralelas, concorrentes, ou uma reta e um ponto fora dela.
- 98.** Resolvido.
- 99.** Prove que $s \perp (i, r')$. Veja o exercício 98.
- 100.** Prove que $s' \perp (r, r')$ e $s \perp (r, r')$. Daí sai que $s \parallel s'$, ou seja, $s \parallel \alpha$ ou $s \subset \alpha$

- 101.** a) F d) V g) V j) F
 b) F e) F h) F k) F
 c) F f) F i) V

- 102.** Resolvido.
- 103.** Não. O plano pode ser paralelo ao segmento.
- 104.** Resolvido.
- 105.** Passe por M , ponto médio de \overline{AB} , uma reta $r' \parallel r$. Infinitas soluções (nos 3 casos possíveis).
- 106.** Basta conduzir por M , ponto médio de \overline{AB} , o plano perpendicular a r . Se $r \perp \overline{AB}$, infinitas soluções; caso contrário, solução única.
- 107.** Por M trace um plano paralelo a α . Se $\overline{AB} \parallel \alpha$ ou $\overline{AB} \subset \alpha$, infinitas soluções. Se $\overline{AB} \not\parallel \alpha$ e \overline{AB} concorrentes, solução única.
- 108.** Pelo ponto médio de \overline{AB} , conduza $r \perp \alpha$. Infinitas soluções.
- 109.** Todos os planos do feixe de planos paralelos a (A, B, C) . Tome os pontos médios dos lados do triângulo ABC e descubra mais três feixes de planos.
- 110.** Se $P \notin (A, B, C)$ com o ponto médio dos lados do triângulo ABC , temos 3 soluções e mais uma que é o plano, por P , paralelo ao (A, B, C) .
- 111.** Analise o tetraedro $ABCD$. Observe o octaedro cujos vértices são os pontos médios das arestas do tetraedro. Ache 7 planos.
- 112.** Por P conduza uma reta $e \perp \alpha$. Por e passe um plano β . Em β , conduza g tal que $e \widehat{\cap} g = 90^\circ - \theta$. Infinitas soluções (só em β há duas).
- 113.** Veja o exercício anterior.
- 114.** Por P conduza g tal que $\widehat{ga} = \theta$. Em α trace $t \perp g$. O plano pedido é o (t, P) . Infinitas soluções.
- 115.** Resolvido.
- 116.** Resolvido.
- 117.** O lugar geométrico é a superfície esférica de diâmetro \overline{OP} .
- 118.** O lugar é uma circunferência λ , contida em α , de diâmetro \overline{OP}' , sendo P' a projeção ortogonal de P sobre α .
- 119.** É uma circunferência λ , contida no plano perpendicular a r por P , de diâmetro \overline{OP} , sendo O a intersecção de r com aquele plano.

Capítulo V

- 120.** Resolvido.
- 121.** Resolvido.
- 122.** Resolvido.
- 123.** Resolvido.

124. 45°

125. 50° ou 130°

126. 80°

127. Trace uma secção reta e recaia em ângulos opostos pelo vértice.

128. a ou 180° – a

129. Resolvido.

130. $5\sqrt{3}$ cm

131. 10 cm

132. 20 cm

133. $10\sqrt{3}$ cm

134. Resolvido.

135. 10 cm

136. 15 cm

137. $\frac{12\sqrt{3}}{5}$ cm

138. 10 cm

139. $\frac{3m}{2}; \frac{3m}{4}$

140. a) V b) V c) F d) F e) V

141. a) V c) F e) F g) F i) V
b) V d) V f) V h) V j) V

142. a) V b) V c) V d) V e) V f) V

143. Resolvido.

144. Resolvido.

145. Analise dois casos: 1º: \vec{AB} ortogonal a r (é imediato). 2º: \vec{AB} não ortogonal a r . Sai por congruência de triângulos e perpendicularidade de reta e plano.

146. Resolvido.

147. Resolvido.

Capítulo VI

148. Resolvido.

149. Resolvido.

150. $30^\circ < x < 110^\circ$

151. $30^\circ < x < 90^\circ$

152. $0^\circ < x < 120^\circ$

153. Resolvido.

154. a) F c) F e) F g) V
b) V d) V f) F

155. oito

156. Resolvido.

157. a) sim c) não e) não g) sim
b) não d) não f) não h) sim

158. Não. As faces do polar mediriam 140° , 130° e 120° , o que é impossível.

159. Entre 90° e 270° .

160. $10^\circ < x < 130^\circ$

161. Resolvido.

162. Resolvido.

$$\frac{\ell\sqrt{6}}{6}$$

163. a) V c) V e) F g) V
b) F d) F f) F h) V

164. V(a, b, c) tem di(a) reto. Tome A em Va e por ele trace a secção reta do di(a) determinando B em Vb e C em Vc . Use o teorema de Pitágoras em 3 triângulos e o teorema dos cossenos no triângulo VBC .

165. $3\sqrt{6}$ cm

166. Resolvido.

167. Resolvido.

168. Resolvido.

169. No triedro $V(a, b, c)$, tome $A \in a$, $B \in b$ e $C \in c$ tais que $VA = VB = VC$. Sendo G o baricentro do $\triangle ABC$, a reta comum é \vec{VG} .

170. As bissetrizes estão no plano determinado por \overleftrightarrow{MP} e b' , sendo M e P os respectivos pontos médios de \overline{BC} e \overline{AB} e b' a bissetriz de $a'\widehat{V}c$ (em que Va' é oposta a Va).

171. Por um ponto $A \in Va$, $A \neq V$, conduza um plano perpendicular a Va determinando B em b e C em c . A reta comum é \vec{VH} , em que H é o ortocentro do $\triangle ABC$.

172. Conduza os planos α , β e γ do problema 171. As três retas são perpendiculares à reta comum de α , β e γ pelo ponto V .

173. Resolvido.

174. $0^\circ < x < 10^\circ$

175. $70^\circ < x < 170^\circ$

176. $10^\circ < x < 50^\circ$

177. a) não
b) não
c) sim
d) sim
e) sim

178. a) 3, 4 ou 5 faces
b) 3 faces
c) Não é possível.

179. 5

Capítulo VII

- 180.** Resolvido.
- 181.** 10
- 182.** 6
- 183.** 8
- 184.** 9
- 185.** 11
- 186.** 8 e 4
- 187.** Resolvido.
- 188.** 10
- 189.** 29, 68 e 41
- 190.** 26
- 191.** 14, 24 e 12
- 192.** 10, 24 e 16
- 193.** 20
- 194.** 20
- 195.** 3 triangulares, 2 quadrangulares e 1 pentagonal
- 196.** 13
- 197.** $\frac{4 + a(\ell-2) + b(m-2) + c(n-2)}{2}$; $(al + bm + cn)$
deve ser par.
- 198.** Resolvido.
- 199.** a) 720° c) 1440° e) $3\ 600^\circ$
b) $2\ 160^\circ$ d) $6\ 480^\circ$
- 200.** 7 triangulares e 5 pentagonais
- 201.** 4
- 202.** 6 triangulares e 3 quadrangulares
- 203.** 27, 9 e 19
- 204.** Resolvido.
- 205.** Resolvido.
- 206.** Resolvido.
- 207.** Vide o exercício 205.
- 208.** Em $2V - 2A + 2F = 4$, substitua $2A$ com vértices.
- 209.** Resolvido.
- 210.** Em $4V - 4A + 4F = 8$, substitua $2A$ com faces e outros $2A$ com vértices.
- 211.** Prove primeiro que $3F \leq 2A$ e $3V \leq 2A$. Utilize essas desigualdades e a relação de Euler para provar as demais.
- 212.** V = 60 (átomos)
A = 90 (ligações)

Capítulo VIII

- 213.** a) prisma pentagonal
b) prisma hexagonal
c) prisma pentagonal
d) prisma octogonal
- 214.** Resolvido.
- 215.** prisma decagonal
- 216.** prisma pentagonal
- 217.** $40\ r$
- 218.** $22\ r$
- 219.** Resolvido.
- 220.** $56\ r$
- 221.** $(n - 1) \cdot 4r$
- 222.** $2\ 160^\circ$
- 223.** $1\ 080^\circ$
- 224.** O número de diagonais de um polígono de n lados é $\frac{n(n - 3)}{2}$.
- 225.** Use congruência de triângulos retângulos.
- 226.** Resolvido.
- 227.** Use o fato de que dois planos paralelos interceptam um terceiro em retas paralelas.
- 228.** a) $d = \frac{\sqrt{3}}{2}\ \text{cm}$, $S = 37,5\ \text{cm}^2$
b) $d = \frac{\sqrt{57}}{2}\ \text{cm}$, $S = 28\ \text{cm}^2$
c) $d = \frac{\sqrt{61}}{2}\ \text{cm}$, $S = 27\ \text{cm}^2$
- 229.** a) $d = x\sqrt{3}$, $S = 6x^2$
b) $d = a\sqrt{14}$, $S = 22a^2$
c) $d = \sqrt{3x^2 + 6x + 5}$, $S = 6x^2 + 12x + 4$
- 230.** $\sqrt{6}\ \text{m}$
- 231.** $\sqrt{3y^2 + 2}$
- 232.** $\frac{5\sqrt{3}}{2}\ \text{cm}$
- 233.** 5 cm
- 234.** Resolvido.
- 235.** $\sqrt{3}\ \text{cm}$
- 236.** $\sqrt{3}\ \text{cm}$
- 237.** 3 cm

238. $2,8\sqrt{3}$ cm

239. $\frac{8}{3 + \sqrt{3} + 3\sqrt{2}}$ cm

240. Resolvido.

241. $\sqrt{38}$ cm

242. Basta usar a expressão de d^2 .

243. Note que $(a+b+c)^2 = d^2 + S$.

244. Resolvido.

245. $5\sqrt{21}$ cm, $8\sqrt{21}$ cm e $10\sqrt{21}$ cm

246. 4 m, 6 m e 8 m

247. $\frac{ad}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$; $\frac{bd}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$; $\frac{cd}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$

248. 5 m

249. Resolvido.

250. $\sqrt{\frac{Sst}{2r(r+s+t)}}$; $\sqrt{\frac{Srt}{2s(r+s+t)}}$; $\sqrt{\frac{Srs}{2t(r+s+t)}}$

251. $\ell \sqrt{\frac{rq}{p(r+q+p)}}$; $\ell \sqrt{\frac{rp}{q(r+q+p)}}$; $\ell \sqrt{\frac{pq}{r(r+q+p)}}$

252. $\frac{100\sqrt{6}}{3}$ cm

253. a) $S = 24$ cm², $V = 8$ cm³

b) $S = 30,50$ cm², $V = 10,500$ cm³

c) $S = 13,50$ cm², $V = 3,375$ cm³

254. a) $S = 4a^2$, $V = \frac{a^3}{2}$

b) $S = 6b^2$, $V = b^3$

c) $S = 16x^2 + 6x$, $V = 6x^3 + 3x^2$

255. 3 m

256. $d = \sqrt{155}$ cm, $S = 286$ cm², $V = 315$ cm³

257. 12 cm, $12\sqrt{3}$ cm

258. 100 cm³

259. 64 cm³

260. 1,2 m; 1,728 m³

261. $d = 2,5\sqrt{3}$ cm; $S = 37,5$ cm²; $V = 15,625$ cm³

262. $d = 5\sqrt{3}$ cm; $S = 150$ cm²; $V = 125$ cm³

263. a) $S = 3f^2$, $V = \frac{f^3\sqrt{2}}{4}$

b) $S = 2d^2$, $V = \frac{d^3\sqrt{3}}{9}$

264. 4 cm, $4\sqrt{3}$ cm

265. $S = 1\ 152$ cm², $V = 1\ 536\sqrt{3}$ cm³

266. 0,030 m³

267. a) A área é quadruplicada;
o volume fica multiplicado por 8.

b) A área é reduzida a $\frac{1}{9}$;
o volume é reduzido a $\frac{1}{27}$.

c) A área é reduzida a $\frac{1}{4}$;
o volume é reduzido a $\frac{1}{8}$.

d) A área é multiplicada por k^2 ;
o volume é multiplicado por k^3 .

268. 80 galões

269. Resolvido.

270. $48\ 000\sqrt{6}$ cm³

271. 8 000 m³

272. $3\sqrt{3}$ cm

273. 30 cm; 5 400 cm²

274. 48 cm; 13 824 cm²

275. 258 dm²

276. $\frac{9\sqrt{14}}{2}$ cm, $9\sqrt{14}$ cm, $\frac{27\sqrt{14}}{2}$ cm; 6 237 cm²;
 $567\sqrt{14}$ cm³

277. 12 cm, 6 cm, 4 cm; 14 cm; 288 cm³

278. 200 cm²; 250 cm³

279. 12 m²

280. Resolvido.

281. 20 cm, 15 cm, 10 cm; $V = 3\ 000$ cm³

282. $V = 2\ 880 a^3$; $S = 1\ 224$ cm²

283. 4 cm, 12 cm, 3 cm ou $(7 + \sqrt{23})$ cm, 5 cm,
 $(7 - \sqrt{23})$ cm

284. 54 cm³

285. $V_{\text{ortoedro}} : V_{\text{cubo}} = 208$; 243

286. 540 l; 0,06 m

287. Resolvido.

288. $\frac{4V}{\ell} + 2\ell^2$

289. 10 m, 15 m, 6 m

290. 112 cm^3 ou 108 cm^3

291. $V_{\text{cubo}} : V_{\text{ortoedro}} = 6 : (11 - 2\sqrt{10})$

292. Resolvido.

293. $\frac{6}{5}$ e 1

294. $\frac{11}{3}$

295. O ortoedro de menor superfície é o cubo.

296. $18(8 + 3\sqrt{2}) \text{ cm}^3$; 240 cm^2

297. Resolvido.

298. a) Observe os triângulos formados pela diagonal, aresta e diagonal de uma face.

b) Relação métrica no triângulo acima.

299. $2,7\sqrt{6} \text{ cm}$; $87,48 \text{ cm}^2$; $39,366\sqrt{2} \text{ cm}^3$

300. Desenvolvimento algébrico.

301. a) cubo de aresta $\sqrt[3]{V}$.

b) cubo de aresta $\frac{\sqrt[3]{6}}{6}$

302. a) $A_t = 42 \text{ cm}^2$, $A_l = 54 \text{ cm}^2$, $V = 21 \text{ cm}^3$

b) $A_t = 15 \text{ cm}^2$, $A_l = \frac{3}{2}(10 + \sqrt{2}) \text{ cm}^2$,

$$V = \frac{7\sqrt{3}}{2} \text{ cm}^3$$

c) $A_t = 30\sqrt{3} \text{ cm}^2$, $A_l = 6(3 + 5\sqrt{3}) \text{ cm}^2$,

$$V = \frac{45\sqrt{3}}{2} \text{ cm}^3$$

303. a) $A_t = 6a^2$, $A_l = \frac{12 + \sqrt{3}}{2} a^2$, $V = \frac{\sqrt{3}}{2} a$

b) $A_t = 15x^2$, $A_l = 3(5 + \sqrt{3})x^2$, $V = \frac{15\sqrt{3}}{4} x$

c) $A_t = \frac{7}{3} k^2$, $A_l = \frac{19}{6} k^2$, $V = \frac{5}{12} k^3$

304. $A_t = 60(1 + \sqrt{2}) \text{ cm}^2$, $V = 90 \text{ cm}^3$

305. $A_t = 20(32 + 25\sqrt{2}) \text{ cm}^2$, $V = 2\ 000\sqrt{2} \text{ cm}^3$

306. $A_t = 1\ 200 \text{ cm}^2$, $V = 2\ 400\sqrt{3} \text{ cm}^3$

307. $\frac{2}{3}\sqrt[3]{2\ 700}$

308. $\frac{4\sqrt{3}}{9} \text{ m}$, $\frac{3\sqrt{3}}{2} \text{ m}$

309. 230 cm^2

310. $A_t = 32(6 + \sqrt{3}) \text{ cm}^2$

311. Resolvido.

312. $\frac{3a^3}{4}$

313. $6r = s$

314. 9 m^3

315. $4\sqrt{3} \text{ cm}$

316. 60 cm^3 ou $11\ 760 \text{ cm}^3$

317. $A_t = 270 \text{ cm}^2$, $V = 45\sqrt{15} \text{ cm}^3$

318. 6 dm

319. $A_t = 1\ 020 \text{ m}^2$, $V = 1\ 800 \text{ m}^3$

320. 280 cm^2

321. 144 m^2

322. $A_t = 48(6 + \sqrt{2}) \text{ m}^2$, $V = 288\sqrt{3} \text{ m}^3$

323. $A_t = 192\sqrt{3} \text{ cm}^2$, $V = 1\ 152 \text{ cm}^3$

324. Resolvido.

325. $A_t = 248 \text{ cm}^2$, $V = 240 \text{ cm}^3$

326. $80\sqrt{29} \text{ cm}^2$

327. 2 cm, $A_t = 2(6 + \sqrt{3}) \text{ cm}^2$

328. $V = 6 \text{ dm}^3$, $A_t = 14\sqrt{3} \text{ dm}^2$

329. $\frac{11\sqrt{33}}{4} \text{ m}^3$

330. 24 m³

331. $64(4 + 3\sqrt{2}) \text{ cm}^2$

332. 108 m³

333. Resolvido.

334. 24 dm³

335. $480\sqrt{3} \text{ cm}^3$

336. Resolvido.

337. $120(2 + \sqrt{3}) \text{ cm}^3$

338. Resolvido.

339. $4\sqrt{2} \text{ m}^3$

340. $(6 + \sqrt{3} - \sqrt{3 + 12\sqrt{3}}) \text{ dm}^3$

341. $\frac{4\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{V}{A}, \frac{\sqrt{3}}{24} \cdot \frac{A^2}{V}$

342. $2a\sqrt{2}$

343. É um retângulo de dimensões a e $a\sqrt{2}$; $a^2\sqrt{2}$.

344. $36\sqrt{2} \text{ cm}^2$

345. $A_t = 35\sqrt{2}$

346. Resolvido.

347. $\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}$

348. $\frac{23\sqrt{6}(2-\sqrt{3})}{10}$ cm

349. a) O plano (B, E, P) intercepta as faces opositas do cubo em segmentos paralelos.

b) bases: $a\sqrt{2}$ e $\frac{a\sqrt{2}}{2}$; $\frac{a\sqrt{5}}{2}$; $S = \frac{9a^2}{8}$

350. Os lados do triângulo são diagonais das faces. Os extremos da diagonal estão a igual distância dos vértices do triângulo.

Ponto médio

$$S = \frac{a^2\sqrt{3}}{2}$$

351. $45^\circ, 90^\circ, 45^\circ$

352. 30°

353. a) $\text{arc cos } \frac{\sqrt{6}}{3}$ ou $\text{arc sen } \frac{\sqrt{3}}{3}$

b) $\text{arc cos } \frac{\sqrt{3}}{3}$ ou $\text{arc sen } \frac{\sqrt{6}}{3}$

354. 45°

355. 6 m^3

356. $2\ 016 \text{ a}^3$

357. $1\ 080 \text{ cm}^3$

358. $192\sqrt{2} \text{ cm}^3$

359. 45 cm^3

360. $V = 540\sqrt{3} \text{ cm}^2$;

$$A_r = 360 \text{ cm}^2$$

361. $\frac{4\sqrt{3}}{3} a$

362. 237,5%

363. 32

364. a) $\frac{a\sqrt{6}}{3}$

b) $\widehat{IKJ} = \text{arc cos } \frac{2a\sqrt{5}}{15}$

365. $\frac{5}{6} a^3$

366. a) Observe os triângulos PAM e ABM .

b) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ unidades de comprimento

367. $\frac{\sqrt{3}}{3} \text{ m}$

368. $\frac{\sqrt{d^2+S}}{3} - \sqrt{\frac{2d^2-S}{6}}$; $\frac{\sqrt{d^2+S}}{3}$; $\frac{\sqrt{d^2+S}}{3} + \sqrt{\frac{2d^2-S}{6}}$

em que $\frac{S}{2} \leq d^2 < \frac{5S}{4}$ (as dimensões além de reais devem ser positivas).

369. Use o fato de a soma dos diédros de um triedro estar entre 2 retos e 6 retos.

370. É a generalização do exercício anterior.

371. Prove que a soma das distâncias do enunciado é a constante $\frac{V}{S} + \frac{2S}{\ell}$, em que ℓ é o lado da secção, S é a área da secção e V é o volume do prisma.

372. Use base média de um trapézio.

373. Use a relação de Stewart da Geometria Plana ou a expressão da mediana de um triângulo qualquer.

374. O plano deve passar por uma diagonal e pelo ponto médio de uma aresta. A área mínima é $\frac{a^2\sqrt{6}}{2}$.

375. $V_1 = \frac{a^3\sqrt{6}}{36}$, $V_2 = \frac{36 - \sqrt{6}}{36} a^3$

376. a) $\frac{\sqrt{3}}{8} \text{ sen}^2 \alpha \cos \alpha$ b) $\text{tg } \alpha = \sqrt{2}$

Capítulo IX

377. pirâmide hexagonal

378. pirâmide pentadecagonal

379. 27

380. 10 retos

381. Resolvido.

382. $(n-1) \cdot 4$ retos

383. a) pirâmide pentagonal

b) pirâmide heptagonal

c) pirâmide hexagonal

d) pirâmide decagonal

384. a) $A_r = 25\sqrt{3} \text{ cm}^2$ $A_t = 25(1 + \sqrt{3}) \text{ cm}^2$

b) $A_r = 48\sqrt{6} \text{ cm}^2$ $A_t = 24\sqrt{3}(1 + 2\sqrt{2}) \text{ cm}^2$
 $V = 48\sqrt{7} \text{ cm}^3$

385. Resolvido.

386. $\sqrt{6} \text{ cm}$; $9\sqrt{3} \text{ cm}^2$ e $\frac{9\sqrt{2}}{4} \text{ cm}^3$

- 387.** 3 cm
388. $2\sqrt{2}$ cm; $2\sqrt{6}$ cm³
389. 6 m
390. $144\sqrt{3}$ m²
391. 3 m
392. $\sqrt{6}$ cm
393. 16 cm
394. Resolvido.
395. 8 cm³
396. $A_t = 4320$ cm²; $A_t = 108(40 + 3\sqrt{3})$ cm²
397. $A_t = 28$ m²; $A_t = 32$ m²
398. $A_t = 21\sqrt{3}$ cm², $A_t = 24\sqrt{3}$ cm²
399. 192 m²
400. Resolvido.
401. $\frac{8\sqrt{2}}{3}$ cm³
402. 10 cm e 24 cm e $10(37 + 12\sqrt{2})$ cm²
403. $2(5\sqrt{651} + 24\sqrt{133} + 120)$ cm²
404. 81 cm²
405. 30 cm²
406. 192 cm²
407. $A_b = 25\sqrt{3}$ cm², $A_t = 25\sqrt{39}$ cm²,
 $A_t = 25(\sqrt{39} + \sqrt{3})$ cm²
408. $64\sqrt{7}$ cm²
409. $4\sqrt{2}$ m
410. Resolvido.
411. $A_t = 24$ cm²; $A_t = 6(\sqrt{3} + 4)$ cm²
412. $2\sqrt{34}$ cm
413. $9\sqrt{33}$ cm
414. $A_t = 60\sqrt{21}$ cm²;
 $A_t = 30(5\sqrt{3} + 2\sqrt{21})$ cm²
415. 360 cm²; $18(20 + 3\sqrt{3})$ cm²
416. $2\sqrt{5}$ cm; 96 cm²
417. $\frac{500\sqrt{7}}{3}$ cm³
418. 120 cm³
419. $\frac{a^3\sqrt{3}}{2}$
420. 6
421. 2
422. $1152\sqrt{3}$ m³
423. $\frac{\sqrt{23}}{3}$ m³
424. $\frac{4\sqrt{93}}{3}$ cm
425. Resolvido.
426. $48\sqrt{3}$ cm³
427. $B = 9\sqrt{3}$ cm²; $A_t = 9\sqrt{39}$ cm²;
 $A_t = 9\sqrt{3}(\sqrt{13} + 1)$ cm²; $V = 18\sqrt{3}$ cm³
428. Resolvido.
429. $8\sqrt{3}$ cm²; $\frac{8\sqrt{2}}{3}$ cm³
430. $288\sqrt{2}$ cm³
431. 4 cm, 60 cm², 48 cm³
432. $24\sqrt{3}$ cm³
433. $144\sqrt{3}$ cm³
434. $a = \frac{17}{2}$ m, $h = \frac{15}{2}$ m
435. $\frac{9\sqrt{33}}{2}$ m, $\frac{243\sqrt{11}}{4}$ m³
436. $\frac{105\sqrt{95}}{2}$ m³
437. $\frac{54}{17}$ m
438. $40\sqrt{3}$ m³
439. $\frac{9\sqrt{15}}{8}$ cm³
440. $A_t = 4\sqrt{327}$ cm², $A_t = 4\sqrt{3}(\sqrt{109} + 1)$ cm²
441. $2\sqrt{3}$ cm
442. 60°
443. Resolvido.
444. $\frac{a}{2}$; $\frac{a\sqrt{21}}{6}$; $\frac{a^3\sqrt{3}}{24}$
445. a) 60° ; b) $A_t = \frac{3\sqrt{15}}{2}a^2$;
 $A_t = \frac{3(\sqrt{3} + \sqrt{15})}{2}a^2$, $V = \frac{3a^3}{2}$
446. 60°
447. $36\sqrt{3}$ m³; 108 m²
448. 2 m³
449. $80\sqrt{3}$ m³
450. $\frac{2592}{5}$ dm³

451. 180 cm^3

452. Resolvido.

453. $576\sqrt{3} \text{ cm}^3$

454. $9 \text{ cm}^2; 9\sqrt{2} \text{ cm}^3$

455. 8,64 cm

456. $A_t = a^2\sqrt{5};$

$$A_t = (\sqrt{5} + 1)a^2; V = \frac{1}{3}a^3$$

457. 6a

458. Resolvido.

$$\frac{a^2\sqrt{2}}{4}$$

460. Resolvido.

461. $16\sqrt{2} \text{ m}^2$

$$\text{462. } 2a, a\sqrt{3}, A_t = (2\sqrt{3} + \sqrt{2})a^2; V = \frac{a^3\sqrt{2}}{3}$$

463. Resolvido.

$$\text{464. } \frac{(n+2)h^3}{3(k^2-1)} \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{n+2}$$

$$\frac{k\sqrt{6}}{3}$$

$$\text{466. } \frac{3\sqrt{3}}{2} r^3$$

467. Calcule MH , HB , MB e use o reciproco da relação de Pitágoras.

$$\text{468. } \frac{850}{3}$$

$$\text{469. } \frac{2\ell^2}{3}$$

470. Não é possível. Observe que a base seria um hexágono regular.

$$\text{471. } \frac{46}{3} \text{ m}^3$$

$$\text{472. } 2\sqrt{2} \text{ m}; 8 \text{ m}^2; \frac{8\sqrt{2}}{3} \text{ m}^3$$

473. Os triângulos são retângulos em D , D , A e C .
 $A_t = 12(7 + \sqrt{5}) \text{ m}^2$

474. Parta da expressão de V e substitua os elementos em função de S e A .

475. Sendo $ABCD$ o tetraedro, procure trabalhar com um prisma $BCDAEF$.

476. Sendo $ABCD$ o tetraedro e $DB'C'$ a projeção, procure raciocinar com um prisma $DB'C'ABE$.

477. Note que os tetraedros têm mesma altura e bases equivalentes.

478. Utilize a relação métrica no triângulo retângulo:
 $\frac{1}{h^2} = \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2}$, em que b e c são catetos e h é a altura relativa à hipotenusa.

479. a) Observe que a soma dos volumes de $P(AMN)$, $P(AMQ)$ e $P(ANQ)$ é o volume de $A(MNQ)$.

b) Deve ser escolhido de modo que: $PA = 3a$, $PB = 3b$ e $PC = 3c$.

480. Use o teorema da bisetriz interna (Geometria Plana).

481. Tome dois dos segmentos citados, use semelhança de triângulos e a propriedade do bari-centro.

482. Considere o segmento com extremidades num vértice e no bari-centro da face oposta. O ponto que divide esse segmento na razão 3 : 1 a partir do vértice é o ponto pedido.

483. Estabeleça uma a uma as razões entre os volumes de $P(BCD)$, $P(ACD)$, $P(ABD)$, $P(ABC)$ e o volume de $ABCD$.

484. Resolvido.

485. Use o resultado do exercício 484.

486. Se $A(BCDE)$ é a pirâmide, o plano é definido por B , C e X , em que X é um ponto de AD tal que $\frac{AX}{AD} = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$.

487. a) Use o exercício 475.
b) Trace as alturas CH e DH das faces ABC e ABD .
c) Cada diedro, com 2 dos ângulos citados, dá 2 retas.

488. Use paralelismo.

$$\text{489. } \frac{2}{3} V$$

$$\text{490. } a = d \sqrt{\frac{2 \operatorname{sen} \alpha}{\operatorname{sen} \beta \operatorname{sen} \varphi}}; b = d \sqrt{\frac{2 \operatorname{sen} \beta}{\operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \alpha}};$$

$$c = d \sqrt{\frac{2 \operatorname{sen} \varphi}{\operatorname{sen} \alpha \operatorname{sen} \beta}}$$

491. a) Use a relação de Stewart ou a expressão da mediana de um triângulo.
b) Use o item a.

492. Use o exercício 480.

493. a) A superfície lateral é máxima se $\widehat{APB} = 90^\circ$.
b) O volume é máximo se $PABC$ é tetraedro trirretângulo.

Capítulo X

494. a) $A_t = 4\pi \text{ cm}^2$, $A_t = 6\pi \text{ cm}^2$, $V = 2\pi \text{ cm}^3$
 b) $A_t = 5\pi \text{ cm}^2$, $A_t = 7\pi \text{ cm}^2$, $V = 2,5 \text{ cm}^3$
 c) $A_t = 120(\pi + 2) \text{ mm}^2$, $A_t = 8(23\pi + 30) \text{ mm}^2$,
 $V = 480\pi \text{ mm}^3$

495. a) $A_t = 4\pi x^2$, $A_t = 6\pi x^2$, $V = 2\pi x^3$
 b) $A_t = 7\pi r^2$, $A_t = 9\pi r^2$, $V = \frac{7\pi}{2} r^3$
 c) $A_t = 2(\pi + 2)a^2$, $A_t = (3\pi + 4)a^2$, $V = \pi a^3$

496. $\frac{\sqrt{3}}{8} \pi g^3$

497. 5 cm

498. $80\pi \text{ cm}^2$

499. $18\pi \text{ cm}^2$

500. $2r$

501. Saia da A_t e chegue na B .

502. $2\pi \text{ cm}^2$

503. 3 m

504. $18\pi \text{ m}^2$

505. $\frac{15}{4} \text{ cm}$

506. $\frac{25}{2} \text{ cm}$

507. $\frac{16}{\pi} \text{ m}$

508. Resolvido.

509. $225\pi \text{ cm}^2$

510. $1\ 200\pi \text{ cm}^2$

511. $r\sqrt{6}$

512. $100\pi \text{ cm}^2$; $250\pi \text{ cm}^3$

513. $375\pi \text{ m}^3$

514. 49 455 litros

515. 100 m

516. 8 cm

517. Resolvido.

518. $A_t = 25\pi^2 \text{ cm}^2$; $A_t = 25\pi(\pi + 2) \text{ cm}^2$;
 $V = \frac{125\pi^2}{2} \text{ cm}^3$

519. — o volume quadruplica
 — o volume fica 16 vezes maior
 — o volume fica reduzido a $\frac{1}{4}$

520. $4\ 000\pi \text{ cm}^3$

521. $6\ 912\pi \text{ m}^3$

522. $\frac{a^3}{4\pi}$

523. $\frac{abc}{\pi r^2}$

524. $3\ 750\pi \text{ cm}^2$

525. 2 cm

526. $S\pi$

527. π

528. $289\pi \text{ cm}^2$

529. $\frac{23\pi r^3}{2}$

530. 120 cm^2

531. $\frac{3\pi S}{2}$

532. $\frac{3}{2}$

533. 10 m

534. $\frac{96\pi}{5} \text{ cm}^2$

535. $r = 2 \text{ h}$

536. Verifique que $A_t = \frac{A_t}{2}$.

537. $\frac{2V}{A_t}$

538. $\frac{2V}{r}$

539. πh^2 ; $\frac{3\pi h^2}{2}$; $\frac{\pi h^3}{4}$

540. $87\ 500\pi \text{ cm}^3$

541. $4\sqrt{33} \text{ cm}^2$

542. Resolvido.

543. $h = 9\sqrt{3} \text{ cm}$; $r = 5\sqrt{3} \text{ cm}$

544. $100\pi \text{ cm}^2$

545. 5 m

546. Aumenta k^2 vezes.

547. $\frac{225\pi}{2} \text{ cm}^2$

548. 10 m^2

549. $\frac{1 + \sqrt{101}}{10} \text{ cm}$

550. Parta do produto citado e chegue ao volume.

551. $\sqrt{\frac{\pi}{\pi - 1}}$

552. Deve aumentar $\frac{r^2}{g}$.

553. O volume maior é aquele segundo o comprimento.

554. O volume menor é aquele segundo a largura.

555. Resolvido.

556. $[32\sqrt{5} + (5 + 4\sqrt{5})4\pi] \text{ cm}^2$

557. $\frac{\sqrt{2}(\pi + 2)}{2\pi} h$

558. $\frac{A_t}{2\pi \sqrt{\frac{B}{\pi}}}$

559. $\frac{-h + \sqrt{h^2 + 2a^2}}{2}$

560. $36\sqrt{2}\pi \text{ cm}^3$

561. $\frac{375\sqrt{3}\pi}{2} \text{ cm}^3$

562. Deve aumentar $2g - r$; g = geratriz e r = raio da base.

563. $\frac{V}{V'} = \frac{3}{4}$, $\frac{A_t}{A'_t} = \frac{19}{26}$

564. Resolvido.

565. $2\sqrt{\frac{\pi V}{h}}$

566. $2\left(\sqrt{\pi h}V + \frac{V}{h}\right)$

567. Resolvido.

568. $4\sqrt{3}$

569. 1 cm^2

570. $\frac{\pi\sqrt{2}}{\pi + 2}$

571. $\frac{R}{r}$

572. 9 cm

573. $V_1 = \frac{1296\pi}{125} \text{ m}^3$; $V_2 = \frac{20736\pi}{125} \text{ m}^3$

574. $\frac{A}{\sqrt{S - A}}$

575. Resolvido.

576. $\frac{r\sqrt{16 - \pi^2}}{4}$

577. $\frac{160\sqrt{3}}{3} \text{ cm}^2$

578. $r = \frac{a\sqrt{3}}{3}$, $h = \frac{2a\sqrt{3}}{3}$

579. $r = h = \frac{a\sqrt{6}}{3}$

580. $r = \sqrt[3]{\frac{V}{2\pi}}$, $h = 2\sqrt[3]{\frac{V}{2\pi}}$

581. $\pi A\sqrt{S - A}$

582. O plano deve ser traçado a uma distância $\frac{h\pm\sqrt{h^2 - r^2}}{2}$ da base, sendo $h \geq r$.

583. A primeira embalagem é mais vantajosa para o comprador.

584. 54π , 9π , 36π

585. a) A embalagem A gasta mais material ($S_A > S_B$).

b) A embalagem A é mais econômica ($V_A = 2V_B$).

586. $R = \frac{2\sqrt{3} + 3}{3} r$

587. Use P.G. ilimitada. $V = \frac{9\pi}{5}$.

588. $R = 3 \text{ cm}$ e $r = 2 \text{ cm}$

589. $\frac{10}{3} (4\pi - 3\sqrt{3}) \text{ cm}^3$

590. a) Não, porém o sólido é equivalente a um cilindro. (Veja o princípio de Cavalieri.)

b) $V_S = \pi$

Capítulo XI

591. a) $A_t = 242\pi \text{ cm}^2$; $A_l = 363\pi \text{ cm}^2$;
 $V = \frac{1331\pi}{3} \text{ cm}^3$

b) $A_t = 50\pi\sqrt{53} \text{ cm}^2$; $A_l = 50(2 + \sqrt{53})\pi \text{ cm}^2$;
 $V = \frac{3500\pi}{3} \text{ cm}^3$

c) $A_t = \frac{1}{2} (15\pi + 24) \text{ cm}^2$; $A_l = 12(\pi + 1) \text{ cm}^2$;
 $V = 6\pi \text{ cm}^3$

592. a) $A_t = \frac{\pi\sqrt{17}}{8} h^2$; $A_l = \frac{\pi(2 + \sqrt{17})}{8} h^2$;
 $V = \frac{\pi}{12} h^3$

b) $A_t = 2\pi r^2$; $A_l = 3\pi r^2$; $V = \frac{\sqrt{3}}{3} \pi r^3$

c) $A_t = \frac{1}{4} (\pi + \sqrt{3})d^2$; $A_l = \frac{1}{8} (3\pi + 2)d^2$;
 $V = \frac{\pi\sqrt{3}}{48} d^3$

593. 8 cm

594. 66 cm

595. $\pi \cdot r$

596. 3 cm

597. 4 cm

598. Resolvido.

599. $\frac{a}{2}; \frac{\sqrt{3}a}{2}$

600. $2\sqrt{29}$ cm

601. $200\pi \text{ cm}^2$

602. $48\pi \text{ dm}^2$

603. $A_t = 65\pi \text{ cm}^2$ $A_t = 90\pi \text{ cm}^2$

604. $3\sqrt{6}$ cm

605. $24\pi \text{ cm}^3; 36\pi \text{ cm}^2$

606. $50\pi \text{ cm}^2$

607. $144\pi(1 + \sqrt{2}) \text{ cm}^2$

608. $96\pi\sqrt{3} \text{ cm}^2$

609. $\pi(1 + \sqrt{2})A$

610. Resolvido.

611. $\frac{1}{6}$

612. $\frac{10}{3}\sqrt{55}$ cm

613. 60°

614. 288°

615. 180°

616. 240°

617. $980\pi \text{ cm}^2$

618. $2,5\pi\sqrt{22,25} \text{ cm}^2$

619. $119\pi \text{ cm}^2$

620. 20 cm

621. $12\pi \text{ cm}^2$

622. O volume dobra; o volume quadruplica.

623. $\frac{3bc}{\pi a}$

624. $\frac{35\pi\sqrt{1190}}{3} \text{ cm}^3$

625. $2,56\pi \text{ dm}^3$

626. $\frac{136\pi}{25} \text{ cm}^2$

627. $9\sqrt{\pi^2 + 1}$ cm

628. Resolvido.

629. $A_t = \frac{4}{9}\pi R^2; V = \frac{2\sqrt{2}}{81}\pi R^3$

630. $\frac{\sqrt{10}}{5}\pi \text{ rad} = (36\sqrt{10})^\circ$

631. $\frac{14}{25}\pi \text{ rad}$

632. 30°

633. $\frac{r\sqrt{3}}{3}$

634. $h = \pi R; A_t = \pi R^2\sqrt{\pi^2 + 1}; V = \frac{\pi^2 R^3}{3}$

635. $\frac{\sqrt{5}}{5}$

636. $r = 10$ cm, $g = 14$ cm

637. $\frac{2\sqrt{5}}{5}$

638. $\frac{4\pi r^3}{9}$

639. $\frac{-g + \sqrt{g^2 + 4a^2}}{2}$

640. $\frac{A}{48}\sqrt{\frac{195A}{2\pi}}$

641. $\frac{40\pi\sqrt{481}}{3} \text{ cm}^3$

642. $\frac{S\sqrt{\pi S}}{9\pi}$

643. $3\sqrt[3]{12}$ cm, $4\sqrt[3]{12}$ cm, $5\sqrt[3]{12}$ cm

644. $\frac{375\sqrt{55}}{64}\pi \text{ cm}^3$

645. $A_t = 72\sqrt[3]{4}(\pi\sqrt{2} + 2) \text{ cm}^2$

646. $A_t = 224\pi \text{ cm}^2, V = 392\pi \text{ cm}^3$

647. $96\pi \text{ cm}^3$

648. $\frac{10\sqrt[3]{109}}{\sqrt[3]{\pi}}$

649. Parta do produto e chegue ao volume.

650. $\frac{19\pi r^3}{9}$

651. 2 cm

652. $r = \frac{1}{\sqrt{h^2 + 2}}$; $g = \frac{h^2 + 1}{\sqrt{h^2 + 2}}$

653. $\frac{A^2\sqrt{\pi^2 g^4 - A^2}}{3\pi^2 g^3}$

654. $\frac{hS^2}{3(\pi h^2 + 2S)}$

655. $V = \frac{(S - A)}{3} \sqrt{\frac{A^2 - (S - A)^2}{(S - A)\pi}}$

656. $\frac{I}{3} \sqrt{S^2 - 2\pi Sr^2}$

657. Parta do 2º membro, substitua S e A e chegue ao 1º membro.

658. Resolvido.

659. $r = 3 \text{ cm}; h = 4 \text{ cm}; g = 5 \text{ cm}$

660. $\frac{(2r - h) + \sqrt{h^2 + 4rh}}{2}$ ou

$$\left(\frac{(2r - h) - \sqrt{h^2 + 4rh}}{2} \text{ para } r > 2h \right)$$

661. No cone, $g > h$.

662. Resolvido.

663. a) Se $r > h$, então $V_1 > V_2$. O volume diminui.

b) Se $r = h$, então $V_1 = V_2$. O volume não se alterou.

c) Se $r < h$, então $V_1 < V_2$. O volume aumentou.

664. πm

665. $\frac{\pi}{4} m^2$

666. a) $\frac{\sqrt{6}\pi l^3}{27}$

b) $\frac{2\sqrt{2}}{3} \pi l^2$

667. $r = \sqrt[3]{\frac{3V}{\pi \cdot \operatorname{tg} \alpha}}$

$h = \sqrt[3]{\frac{3V \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha}{\pi}}$

668. $\beta = 2\pi \operatorname{sen} \alpha$

Capítulo XII

669. a) $A = 10,24\pi \text{ cm}^2$ $V = 5,46 \text{ cm}^3$

670. a) $\frac{\pi}{12} x^2$

b) $A_t = \frac{\pi}{3} x^2$

$V = \frac{\pi}{72} x^3$

671. 29 cm

672. 28 cm

673. 15 cm

674. 4 r

675. 3 cm

676. Resolvido.

677. $1225\pi \text{ cm}^2$

678. $1369\pi \text{ cm}^2$

679. $\frac{17\sqrt{3}}{2} \text{ cm}$

680. $\frac{27}{475}$

681. $3364\pi \text{ cm}^2$; $\frac{97556\pi \text{ cm}^3}{3}$

682. $576\pi \text{ cm}^2$

683. $17,2 \text{ cm}$

684. $676\pi \text{ cm}^2$

685. 6 cm

686. $972\pi \text{ cm}^3$

687. $\frac{500}{3} \pi \text{ cm}^3$

688. 3

689. $\frac{8\pi\sqrt{2}}{3} \text{ m}^3$, $8\pi \text{ m}^2$

690. $36\pi \text{ cm}^2$; $36\pi \text{ cm}^3$

691. $72\pi \text{ m}^2$

692. $\frac{169}{24} \text{ cm}$

693. $8\sqrt{5} \text{ cm}$ ou $4\sqrt{5} \text{ cm}$

694. $2\sqrt{5} \text{ cm}$

695. $\frac{4r}{3}$

696. $\frac{625\sqrt{5}\pi}{4} \text{ cm}^2$

697. $r \sqrt[3]{35}$

698. $\frac{\sqrt{3}}{2}$

699. $161\pi \text{ cm}^2$

700. $10\sqrt[3]{2} \text{ cm}$

701. $\frac{25}{9}$

702. Aumenta oito vezes; aumenta vinte e sete vezes.

703. Aumenta 700%; aumenta 6 300%; diminui 12,5%.

704. Aumenta 900%; aumenta 625%; diminui 6,25%.

705. Resolvido.

706. $\frac{16 \cdot 10^8}{\pi} \text{ km}^2$

707. $A = 100\pi \text{ cm}^2$; aumenta $44\pi \text{ cm}^2$.

708. $676\pi \text{ cm}^2$

709. 1,5 cm

710. $\pi(r^2 - 225) \text{ cm}$ $r > 15$

711. $\frac{c^2}{\pi}$

712. 4A

713. $\frac{4\pi a^2}{3}$

714. $\sqrt{\frac{\pi r^2 - A}{\pi}}$

715. $\frac{c^3}{6\pi^2}$

716. $3\sqrt{\frac{1}{5}} \text{ m}$

717. $3\sqrt[3]{\frac{2}{9\pi}}$

718. $2a^2 \sqrt[3]{\frac{9\pi}{2}}$

719. $\frac{1715\sqrt{10}}{3}\pi \text{ cm}^3$

720. 3

721. πd^2

722. $\frac{4}{3}$

723. a) 3 cm

b) $\frac{3}{2}$

724. $\frac{21\sqrt{6}}{64}$

725. Os volumes das esferas são iguais.

726. O volume do cubo é maior.

727. $\frac{\sqrt{6}\pi}{2\pi}$

728. $\sqrt{6} \text{ dm}$

729. 60°

730. $\frac{14}{45}\pi \text{ m}^2$

731. $50\pi \text{ cm}^2$

732. $\frac{2\sqrt{2}}{3} \text{ cm}$

733. $108\pi \text{ cm}^2$

734. $4\sqrt{3} \text{ cm}$

735. $\frac{4\pi r^2}{3}; \frac{\pi r^3}{9}$

736. $48\pi \text{ m}^3$

737. $81\pi \text{ m}^3$

738. $r = 20(\sqrt{2} - 1) \text{ cm}; R = 20(2 - \sqrt{2}) \text{ cm}$

739. $r = 24(\sqrt{2} - 1) \text{ cm}; R = 24(2 - \sqrt{2}) \text{ cm}$

740. $5\sqrt[3]{4} \text{ cm}$

741. 8

742. a) Use o teorema de Pitágoras e a aproximação sugerida.
b) 21 km

743. 4

744. a) Use o teorema de Pitágoras.

b) $\frac{r\sqrt{2}}{2}$

Capítulo XIII

745. a) $\frac{1}{2}$

d) $\frac{1}{8}$

b) 2,5 cm

e) Sim, veja a teoria.

c) $\frac{1}{4}$

746. $A \sqrt[3]{2}$

747. $h = 10 \text{ cm}, \ell = 6 \text{ cm}$

748. 32 cm^3

749. 8

750. $\frac{h}{2}$

751. $10\sqrt[3]{3} \text{ cm}^3$

752. $\frac{45}{4} \text{ m}$

753. $r = \frac{1}{2} \text{ m}; h = 1 \text{ m}$

754. 100 m^2

755. $3\sqrt[3]{18} \text{ cm}$

756. $\frac{4}{25}$

757. $h = 4\sqrt[3]{3} \text{ cm}; r = 3\sqrt[3]{3} \text{ cm}$

758. $h \sqrt{\frac{b}{B}}$

759. $40\sqrt[3]{4} \text{ cm}; 20\sqrt[3]{4} \text{ cm}; 30\sqrt[3]{4} \text{ cm}$

760. 54 m^3

761. $\frac{500}{3} \text{ m}^3$

762. 576 cm^2

763. $h = \frac{20}{3} \text{ cm}; \ell = \frac{8}{3} \text{ cm}$

764. $16\sqrt{\frac{3}{2}} \text{ cm}^3$

765. $2\sqrt[3]{4} \text{ m}$

766. a) 14 cm^2

b) $3(8 + 5\sqrt{3}) \text{ cm}^2$

767. 200 dm^2

768. 6 cm

769. 1024 cm^2

770. 864 cm^2

771. $\frac{351\sqrt{3}}{2} \text{ cm}^3$

772. 6 cm

773. $\frac{185}{2} \text{ m}^3$

774. 336 dm^3

775. Resolvido.

776. 228 cm^3

777. $78\sqrt{7} \text{ m}^3$

778. $1\ 950\sqrt{3} \text{ cm}^2; 5\ 700\sqrt{3} \text{ cm}^3$

779. 9 cm

780. $\frac{h\sqrt{B}}{\sqrt{B} - \sqrt{B'}}$

781. $\frac{ab}{a+b}$

782. $\frac{h}{6} (\sqrt{B} - \sqrt{b})^2$

783. $\frac{224\sqrt{2}}{3} \text{ cm}^3$

784. $k^2 = \frac{3 - \sqrt{5}}{2}$

785. $(\sqrt{3} + 6) \text{ dm}^2$

786. $50(6 + 5\sqrt{6}) \text{ cm}^2$

787. $\frac{109\sqrt{3}}{36} \text{ dm}$

788. Resolvido.

789. $52\sqrt{7} \text{ cm}^3$

790. 208 cm^3

791. 156 cm^2

792. 42 m^3

793. $V_T = 224(\sqrt{2} + 1) \text{ cm}^3$

$V_P = 256(\sqrt{2} + 1) \text{ cm}^3$

794. a) $6 \text{ m}^2 \text{ e } \frac{3}{2} \text{ m}^2$

b) $\frac{21\sqrt{3}}{5} \text{ m}^3$

795. a) $2,795\pi \text{ cm}^3$

b) $0,784\pi \text{ cm}^3$

796. $33\pi \text{ dm}^2; \frac{19\sqrt{15}\pi}{3} \text{ dm}^3$

797. $h = 7,5 \text{ cm}; V = 4\ 750\pi \text{ cm}^3$

b) $400\pi \text{ cm}^2$

B = $900\pi \text{ cm}^2$

798. $124\pi \text{ cm}^3$

799. $\frac{39}{10} x^2\pi$

800. r = 2 dm, R = 4 dm, h = 8 dm, a = $2\sqrt{17} \text{ dm}$

801. $9\ 100\pi \text{ cm}^3$

802. $\frac{60}{19} \text{ m}$

803. $A_t = 160\pi \text{ cm}^2 \quad A_b = 306\pi \text{ cm}^2$

804. $140\pi \text{ cm}^2$

805. $\frac{24}{5} \text{ m}$

806. 20 cm

807. 14 m

808. $\frac{V_C}{V_T} = \frac{3}{8 + 3\sqrt{5}}$

809. 13 cm

810. $\frac{V_T}{V_C} = \frac{8 + 3\sqrt{5}}{3}$

811. $\frac{2Rr}{R+r}$

812. $\frac{7\pi}{3} \text{ m}^3$

813. $\frac{7\ 000\pi}{3} \text{ cm}^3$

814. g = R

815. $\frac{R}{r} = 1 + \sqrt{3}$

816. Demonstração.

817. $\frac{8\pi}{3} (3 + \sqrt{2})$

818. $3\sqrt{17\pi} r^2, \frac{4 + \sqrt{19}}{3} r$

819. $\frac{1}{3} \pi \frac{R^2 rh}{R-r}$

820. $\frac{23 - 4\sqrt{19}}{49} \text{ cm}$

821. Demonstração.

822. $x = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{4a^2 + h^2 - g^2}{3}} + \sqrt{g^2 - h^2} \right)$

$y = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{4a^2 + h^2 - g^2}{3}} - \sqrt{g^2 - h^2} \right)$

com $g^2 - 4a^2 < h^2 < g^2$

823. $r = 10\sqrt{3}$ cm; $h = 20\sqrt{3}$ cm

824. $3(5 - \sqrt{15})$ cm

825. $\frac{500}{3} \text{ m}^2$

826. $1050\pi\sqrt{3}$ cm³

827. $\frac{A \cdot d^2}{g^2 - r^2}$

828. $\frac{8\sqrt{3}}{49}$

829. $18\sqrt{2}$ cm

830. $\frac{h\sqrt{4}}{2}$

831. $12\sqrt[3]{4}$ cm

832. Resolvido.

833. $\frac{h\sqrt{3}}{3}$

834. $\frac{Bt^2\pi}{\pi g^2 - B}$

835. 20 cm

836. $\sqrt{g(g - R)}$

837. $\frac{3\sqrt{10}}{5}$ cm

838. $\frac{g^2 - r^2}{g}$

839. $\sqrt{g(g - r)}$

840. $(g + r)\sqrt{\frac{g - r}{2g}}$

841. $\sqrt[3]{\frac{3 - \sqrt{5}}{2}}$

842. $\frac{3600\pi}{7} \text{ m}^3$; $\frac{11600\pi}{49} \text{ m}^2$

843. $\ell^3\sqrt{\frac{V'}{V}}$

844. $\frac{15}{512} \text{ dm}^3$; $\frac{7665}{512} \text{ dm}^3$

845. $\frac{4\sqrt[3]{25}}{5}$ m; $2\sqrt[3]{4}$ m

846. $63\sqrt{3}$ dm³

847. $4\sqrt[3]{9}$ m; $4\sqrt[3]{18}$ m

848. Resolvido.

849. 240 m e 210 m

850. 550

851. $x = \frac{h\sqrt[3]{4}}{2}$; $x_i = h\sqrt[3]{\frac{i}{n}}$

852. $\frac{12\sqrt[3]{147}}{7}$

853. $7\sqrt[3]{18}$ m; $7\sqrt[3]{9}$ m

854. $\frac{4\sqrt[3]{900}}{3}$ m; $4\sqrt[3]{75}$ m

855. 6 cm e 2 cm

856. $\frac{3\sqrt{2}}{4}r$

857. 9 m²

858. $\frac{\sqrt{Rg(g^2 - R^2)}}{R}$

859. $\frac{\pi}{4}m$

860. O plano deve passar a 2 m da base maior.

861. $\sqrt[3]{\frac{aR^3 + br^3}{a+b}}$

862. $\sqrt[3]{\left(\frac{pB\sqrt{B} + qb\sqrt{b}}{p+q}\right)^2}$

863. 7

864. $\frac{26}{3}m$

865. $\frac{7a + 4\sqrt{ab} + b}{a + 4\sqrt{ab} + 7b}$

866. 9728 cm^3 e 2368 cm^3

867. $6(2 - \sqrt[3]{3}) \text{ cm}$

868. $\left(\sqrt[3]{\frac{R^3 + 2r^3}{2R^3 + r^3}}\right)^2$

869. $\frac{125\sqrt{3}}{4} \text{ cm}^3$

870. a) $2,25 \text{ cm}^3$

b) 2 cm^3

871. a) $13x^3$

b) $\frac{\pi}{4}x^3$

872. $200\sqrt{3} \text{ cm}^3$

873. 3 cm

874. $C = \frac{3V}{B} - (a + b)$

875. $144\pi \text{ cm}^2$, $V = 432\pi \text{ cm}^3$

876. Demonstração.

877. $\frac{1}{2}\pi r^2(a + b)$

878. $H = 2h$

879. $1000\pi \text{ cm}^3$

Capítulo XIV

880. $\frac{\pi}{6} \text{ dm}^3$

881. $864\sqrt{3} \pi \text{ cm}^3$

882. $\frac{4096\sqrt{3}}{9} \text{ cm}^3$

883. $100 \text{ cm}^2; 125 \text{ cm}^3$

884. $\frac{27\sqrt{3}\pi}{2} \text{ cm}^3$

885. $\frac{4,608}{\sqrt{3}} \text{ cm}^3$

886. $\frac{\pi}{2}$

887. $\frac{\sqrt{3}}{9}$

888. $\frac{\sqrt{3}}{9}$

889. $\frac{8r^3\sqrt{3}}{9}$

890. $\frac{A\sqrt{A}}{3\pi\sqrt{3\pi}}$

891. $\frac{2V}{\pi\sqrt{3}}$

892. $\frac{\pi A}{2}$

893. $\sqrt{41,07} \text{ cm}$

894. $12\sqrt{3} \text{ cm}$

895. $36\pi\sqrt{\pi}(6 - \pi) \text{ cm}^3$

896. $\left(512 - \frac{512\pi}{3}\right) \text{ cm}^3$

897. 36 cm^3

898. $\frac{4}{3} r^3 (\pi - 1)$

899. $144\sqrt{3} \text{ cm}^2$

900. $3\sqrt{3}$

901. $9 \text{ dm}; \frac{27\sqrt{3}}{8} \text{ dm}^2$

902. $13\sqrt{3} \text{ m}^2$

903. $96\sqrt{2} \text{ cm}^3$

904. 9 m^3

905. $24\sqrt{3} R^2; 8\sqrt{3} R^3$

906. $\frac{\pi\sqrt{6}a^3}{216}$

907. $\frac{3\pi a^2}{2}$

908. $\frac{\pi a^2}{6}; \frac{3\pi a^2}{2}; \frac{\pi\sqrt{6}a^3}{216}; \frac{\pi\sqrt{6}a^3}{8}$

909. $\frac{2}{\sqrt[6]{6}} \cdot \sqrt[3]{\frac{V}{\pi}}$

910. 9

911. 27

912. a) $\frac{a}{2}$
b) $\frac{a\sqrt{2}}{6}$
c) $\frac{a}{6}$

913. 9 m^3

914. $\frac{128}{3} \text{ cm}^2$

915. $2\sqrt{3}$

916. $\frac{V}{3}$

917. P é octaedro regular, $\frac{\ell^2\sqrt{3}}{2}, \frac{\ell^3\sqrt{2}}{24}$.

918. $\frac{\pi\ell^2}{3}$

919. $\frac{3}{8}$ ou $\frac{8}{3}$

920. $\frac{3}{\pi}$

921. $\pi \cdot \frac{343}{2} \text{ cm}^3$

922. $\frac{A_{\text{octâma}}}{A_{\text{cilindro}}} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi}$

923. $5\left(25 - \frac{9\pi}{4}\right) \text{ cm}^3$

924. $72\pi \text{ cm}^3$

925. $300\pi \text{ cm}^3$

926. $600(4 - \pi) \text{ cm}^2$

927. $4R(R + h\sqrt{2})$

928. a) $\sqrt{3}\pi \cdot a \cdot h; \frac{3\pi a^2 \cdot h}{4}$

b) $2\pi ah \cdot \pi a^2 h$
 $\frac{4\pi\sqrt{3}ha}{3}; \frac{4\pi a^2 \cdot h}{3}$

c) $\frac{A_{C_1}}{A_{C_2}} = \frac{\sqrt{3}}{2}; \frac{V_{C_1}}{V_{C_2}} = \frac{3}{4}$

929. $V_c = 96\pi \text{ cm}^3; V_p = 192 \text{ cm}^3$

930. $5\sqrt{3} \text{ cm}$

931. $\frac{\pi a^3}{2}$

932. $g = 10 \text{ m}, V = 144\sqrt{3} \text{ m}^3; l_6 = 6 \text{ m}$

933. $\frac{1}{3}; 144\sqrt{3} \text{ cm}^3$

934. Resolvido.

935. $\frac{1}{6} abc$

936. $l^2\sqrt{5}, \frac{l^3}{3}$

937. 8 m^3

938. $\frac{h \pm \sqrt{h^2 - 4ah}}{2}$, com $h \geq 4a$

939. $9\sqrt{2} \text{ m}^3$ ou $3\sqrt{2} \text{ m}^3$

940. $\frac{5}{6} abc$

941. Demonstração.

942. $\frac{2}{3\pi}$

943. $\frac{r\sqrt{6}}{4\pi}$

944. $432\pi \text{ cm}^3$

945. $\frac{2(2 + \sqrt{3})}{9}$

946. raio da base = $\frac{2Rh}{2h + \sqrt{h^2 + R^2}}$,

altura = $\frac{h\sqrt{h^2 + R^2}}{2h + \sqrt{h^2 + R^2}}$

947. $\frac{hg}{g + 2h}$

948. $r = R \sqrt{\frac{R}{G + R}}, h = \sqrt{G - R}(\sqrt{G + R} - \sqrt{F}$

949. $\frac{5\pi R^3}{6}$

950. $\operatorname{arctg} \frac{1}{2}$

951. $\operatorname{arc sen} \frac{3}{5}$

952. $6 \left(\frac{\sqrt{2}l \operatorname{sen} \alpha}{\sqrt{2} + \operatorname{tg} \alpha} \right)$

953. $\frac{a^3(6 - \pi)}{6}$

954. $100\pi \text{ cm}^2, \frac{500\pi}{3} \text{ cm}^3$

955. $600\pi \text{ m}^2$

956. $225\pi \text{ cm}^2$

957. 12 cm^3

958. $\frac{4\sqrt{2}}{3}$

959. $\frac{2}{3}; \frac{2}{3}$

960. $H = \frac{a^2 - r^2}{r}$

961. $2\sqrt{2}$

962. $A_f = \pi\sqrt{3} r^2, V = \frac{\sqrt{3}\pi}{4} r^3$

$A_t = \left(\frac{1}{2} + \sqrt{3} \right) \pi r^2$

963. $\frac{128\pi}{3} \text{ cm}^3$

964. $500\sqrt{2}\pi \text{ cm}^3$

965. $\frac{4R^3}{4r^2}$

966. $R = 5 \text{ cm}, \frac{V_{cil.}}{V_{esf.}} = \frac{54}{125}, \frac{V_{cil. eq.}}{V_{cil.}} = \frac{125\sqrt{2}}{144}$

967. diâmetro da base

$x = \frac{\sqrt{d^2 + 2a^2} + \sqrt{d^2 - 2a^2}}{2}$

altura

$y = \frac{\sqrt{d^2 + 2a^2} - \sqrt{d^2 - 2a^2}}{2}$

condição: $d \geq a\sqrt{2}$

968. Demonstração.

969. Demonstração.

970. $9(16 + 3\sqrt{3}) \text{ m}^2$

971. $R(\sqrt{2} - 1)$

972. $4(\sqrt{2} + 1) \text{ cm}$

973. $\frac{2}{3} \cdot (2\sqrt{3} + 3)r$

974. Os volumes são iguais.

975. Demonstração.

976. $\sqrt{6}\pi R^2$

977. $3\sqrt{3}$

978. $\frac{2(3 + \sqrt{3})^3}{9\pi}$

979. Resolvido.

980. $R = 7,5 \text{ m}$, $G = 19,5 \text{ m}$

981. $H = 16 \text{ cm}$, $G = 20 \text{ cm}$

982. $2R = 12 \text{ cm}$

983. $\frac{243\pi}{2} \text{ cm}^3$

984. $\frac{100\pi}{3} \text{ cm}^2$

985. $36\pi \text{ cm}^3$

986. a) $H = \sqrt{G^2 - R^2}$; $r = \frac{R\sqrt{G^2 - R^2}}{R + G}$

b) $R = \sqrt{G^2 - H^2}$; $r = \frac{H\sqrt{G^2 - R^2}}{G + \sqrt{G^2 - H^2}}$

c) $G = \sqrt{H^2 + R^2}$; $r = \frac{RH}{R + \sqrt{H^2 + R^2}}$

d) $G = \frac{H(H - r)}{\sqrt{H(H - 2r)}}$; $R = \frac{rH}{\sqrt{H(H - 2r)}}$

987. $\frac{\pi r^2 h^2}{3(h - 2r)}$; $\frac{\pi r(h - r) \cdot h}{h - 2r}$

988. 10 cm

989. $\frac{\sqrt{30}}{2} \text{ cm}$

990. $\frac{\pi}{3}$

991. $H = \frac{25r^2}{2R}$, $\frac{10Rr}{25r - 2R}$

992. $\frac{\pi r^2(r + \sqrt{d^2 + r^2})^3}{3d^2}$

993. $2916\pi \text{ cm}^2$

994. $2 \arcsen \frac{5}{6}$ ou $2 \arcsen \frac{1}{6}$

995. $\frac{9\pi a^3(\sqrt{5} - 2)}{2}$

996. Demonstração.

997. $3R$

998. $\frac{4(10 - \sqrt{34})}{11} \text{ cm}$

999. $\frac{6\sqrt{3}}{5\pi}$

1000. $\frac{\sqrt{210} + 3\sqrt{2}}{8}$

1001. $\frac{\sqrt{3} \operatorname{tg} \alpha}{2 \pi \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$

1002. Resolvido.

1003. 27 cm

1004. $\frac{152625\pi}{6} \text{ cm}^3$

1005. $\frac{256\pi}{3} \text{ cm}^3$

1006. $\frac{\pi}{6} \cdot \frac{g^6}{h^3}$

1007. $V = \frac{\pi h^2 (2R - h)}{3}$; $A_t = \pi h \sqrt{2R(2R - h)}$

1008. $\frac{\sqrt{5} + 1}{2}$

1009. Posição do centro: é a interseção do plano mediador de AD com a reta perpendicular ao plano ABC pelo circuncentro do triângulo
 $R = \frac{2\sqrt{3}}{3} \ell$.

1010. Demonstração.

1011. a) 4

b) $2\sqrt{2}$

1012. $\frac{3}{16}$

1013. a) $B = \frac{1}{2}\pi R^2$; $A_t = 2\pi R^2$; $A_1 = 3\pi R^2$
 $V = \frac{\sqrt{2}}{2}\pi R^3$

b) $B = \frac{3}{4}\pi R^2$; $A_t = \frac{3}{2}\pi R^2$; $A_1 = \frac{9}{4}\pi R^2$
 $V = \frac{3}{8}\pi R^3$

c) $V_{\text{cil.}}^2 = V_{\text{cone}} \cdot V_{\text{esf.}}$

1014. Demonstração.

1015. Resolvido.

1016. $\frac{32\pi}{3} \text{ m}^3$

1017. $\frac{h}{2} = \sqrt{R \cdot r}$

1018. $12\pi R^2$

1019. $3500\pi \text{ cm}^3$

1020. $A_1 = \frac{\pi}{2}(4g^2 - h^2)$, $V = \frac{\pi h}{6}(2g^2 - h^2 + 2r^2)$

1021. $\frac{81}{16} \text{ cm}^3$

1022. 2

1023. $\frac{V_e}{V_c} = 2$

1024. $\frac{500\pi}{3} \text{ cm}^3$

1025. $\frac{r}{5}$

1026. 1

1027. $\frac{485\sqrt{3}}{18} \text{ dm}^3$

1028. 1 m

1029. $\frac{2\pi r^3\sqrt{3}}{27}$

1030. $\frac{28\pi}{3} \text{ cm}^3$

1031. $100\pi \text{ cm}^2$, $\frac{500\pi}{3} \text{ cm}^3$

1032. $\frac{2\pi R^2 h}{81}$

1033. $\frac{3r}{4}$

1034. $\frac{h}{2}$

1035. $\frac{2304\pi}{125} \text{ cm}^3$

1036. $4(196 - 13\pi) \text{ cm}^3$

Capítulo XV

1037. Resolvido.

1038. $\frac{4}{27}\pi ah^2$

1039. $\frac{8\pi ah^2}{81}$

1040. $\frac{\pi \cdot h^2 \cdot a}{3}$

1041. $\frac{55\pi}{2} \text{ cm}^3$

1042. $400\pi \text{ cm}^3$; $\frac{2000\sqrt{3}\pi}{3} \text{ cm}^3$

1043. $\frac{25\pi}{2} \text{ cm}^2$, $\frac{250\pi}{9} \text{ cm}^3$

1044. $\sqrt{2} \text{ m}$

1045. $9 \cdot \pi \cdot \sqrt{2} \text{ m}^3$

1046. $\frac{3072\pi}{5} \text{ cm}^3$

1047. $\frac{\pi}{2} a^3$

1048. Resolvido.

1049. $V = \frac{\pi a^3}{4}$, $A = \pi a^2\sqrt{3}$

1050. $\frac{\pi a^3}{2}$

1051. $\frac{\pi a^3\sqrt{3}}{4}$

1052. $\frac{1875\pi}{64} \text{ cm}^3$

1053. $V = \frac{\sqrt{3}\pi a^3}{4}$, $A = 3\pi a^2$

1054. $\frac{\pi}{2} \text{ m}^3$, $2\sqrt{3}\pi \text{ m}^2$

1055. $V = \frac{3\sqrt{3}\pi a^3}{4}$, $A = 9\pi a^2$

1056. $V = \pi a^3$, $A = 4\pi a^2$

1057. $V = \pi a^2\sqrt{2}$, $A = 4\pi a^2\sqrt{2}$

1058. $\sqrt{2}\pi \text{ m}^3$, $4\sqrt{2}\pi \text{ m}^2$

1059. $3300\pi \text{ cm}^3$

1060. $A_1 = 480\pi \text{ cm}^2$

1061. $2916\pi \text{ cm}^3$; $468\sqrt{3}\pi \text{ cm}^2$

1062. Demonstração.

1063. $60\pi \text{ cm}^3$

1064. $80\pi \text{ cm}^3$

1065. $69984\pi \text{ cm}^3$; 5184cm^2

1066. $\frac{12800\pi}{3} \text{ cm}^3$

1067. $584\pi \text{ cm}^3$

1068. $\frac{(3m - 4h)\pi h^2}{3}$

1069. $2304\pi \text{ cm}^3$

1070. $200\sqrt{3} \text{ m}^2$

1071. Demonstração.

1072. $R = \sqrt{\frac{B^2 - 4\pi A^2}{2\pi B}}$

$$g = \frac{B^2 + 4\pi^2 A^2}{\sqrt{2\pi B(B^2 - 4\pi A^2)}}$$

1073. Demonstração.

1074. Demonstração.

1075. Demonstração.

1076. Demonstração.

1077. Demonstração.

1078. $\frac{a}{3}$ ou $\frac{2a}{3}$

1079. Resolvido.

1080. Demonstração.

1081. Demonstração.

1082. $\frac{B}{\pi A}$

1083. $x = \sqrt{\frac{V'^2}{\pi V}}, y = \sqrt[3]{\frac{V^2}{\pi V'}}$

1084. Demonstração.

1085. $\pi a^3 \operatorname{sen}^2 \theta$

1086. $A = 4\pi d (a + b), V = 2\pi abd$

1087. $V_{\text{cil.}} = 6V_{\text{cone}}$

1088. $V_{\text{cil.}} = 2744 \pi \text{ cm}^3; V_{\text{sol.}} = \frac{7840}{3} \pi \text{ cm}^3$

1089. $BM = a\sqrt{3}, MBC = 30^\circ; A = \frac{3 + \sqrt{3}}{2} \pi a^2$

$$V = \frac{\pi a^3}{2}$$

1090. Resolvido.

1091. $7392\sqrt{21} \text{ cm}^3$

1092. $\frac{16\sqrt{3}}{21}$

1093. a) $20\pi \text{ cm}^2$

d) $\frac{4\pi}{3} \text{ cm}^3$

b) $\frac{1}{2} \text{ cm}$

e) $\frac{3\sqrt{5}\pi}{4} \text{ cm}^2$

c) $4\pi \text{ cm}^2$

1102. $\frac{2R}{m-2}, m > 2$

1103. $2304 \pi \text{ cm}^3$

1104. $\frac{3 + \sqrt{209}}{2} \text{ cm}$

1105. $56\pi \text{ cm}^2$

1106. $100\pi \text{ cm}^2$

1107. $2 - \sqrt{3}$

1108. $(\sqrt{3} - 2)R$

1109. Resolvido.

1110. $(\sqrt{5} - 2)r$

1111. $144\pi \text{ cm}^2$

1112. $\frac{13}{9} \text{ cm}$

1113. $16\sqrt{34} \pi \text{ cm}^2$

1114. $\frac{32000\pi}{3} \text{ cm}^3; 1600\pi \text{ cm}^2$

1115. 3 cm

1116. $36\pi \text{ cm}^3$

1117. $\frac{\pi}{n} \text{ rad}$

1118. $(\sqrt{2} - 1)2r$

1119. $5(4 - \sqrt{10}) \text{ cm}$

1120. $\frac{23r}{25}$

1121. $d = \frac{1 + \sqrt{73}}{36} r, d = \frac{-1 + \sqrt{73}}{36} r$

1122. $(\sqrt{3} - 1)r$

1123. $3R$

1124. Demonstração.

1125. $\frac{52\pi}{3} \text{ m}^3$

1126. $672\pi \text{ cm}^3$

1127. $\frac{625\pi}{3} \text{ cm}^3$

1128. $\frac{1408\pi}{3} \text{ cm}^3$

1129. $\frac{224}{3}\pi \text{ cm}^3$

1130. Resolvido.

1131. $1137\pi \text{ cm}^3$

1132. $2556\pi \text{ cm}^3$

1133. Resolvido.

Capítulo XVI

1094. $10500\pi \text{ cm}^2$

1095. $144\pi \text{ cm}^2$

1096. aproximadamente $12,52\pi \text{ cm}^3$

1097. $\frac{5R}{2}$

1098. Resolvido.

1099. $\frac{R}{17}$

1100. $h = \frac{9}{10}R, A = \frac{9}{5}\pi R^2$

1101. $\frac{32\pi}{3} \text{ m}^2$

1134. $\frac{\pi}{3} \cdot \frac{R^2}{n} \cdot (h - R)^2$

1135. $120\pi \text{ m}^2; V = \frac{1484 \pi}{3} \text{ cm}^3$

1136. $\frac{(\sqrt{5} - 1)}{2} r$

1137. $\frac{(\sqrt{3} - 1)}{2} r$

1138. $\frac{k(2 - 3k)}{(1 - k)^2} \pi R^2, k < \frac{2}{3}$

1139. $\frac{1}{3} m^3$

1140. $288 \pi \text{ cm}^3$

1141. 270 cm^2

1142. $\sqrt[3]{20} \text{ cm}$

1143. $\frac{1000}{3} (\sqrt{2} \pm 1) \pi \text{ cm}^2$

1144. Sim; vide expressão do volume.

1145. Ao quadrado; vide a fórmula.

1146. $\frac{\sqrt{n-1}}{n} \cdot 2R, n > 1$

1147. $\frac{6V}{\pi r^2}$

1148. $\frac{50 \pi}{3} \text{ cm}^3$

1149. $\frac{2}{3} (4\sqrt{2} - 5)\pi R^3$

1150. $\frac{\pi H}{6} [3(R_1^2 + R_2^2) + H^2]$

1151. Resolvido.

Testes de Vestibulares

Paralelismo — Perpendicularidade

1. (ITA-70) Quando a projeção de um ângulo θ sobre um plano paralelo a um de seus lados é um ângulo reto, podemos afirmar que:
- a) $90^\circ < \theta < 180^\circ$
 - b) $\theta < 90^\circ$
 - c) $\theta = 90^\circ$
 - d) $\theta = 2\pi$ Rd
 - e) nenhuma das respostas anteriores é válida

2. (CESCEM-70) Do enunciado abaixo:

“A condição necessária e suficiente para que uma reta seja paralela a um plano que não a contém é que ela seja paralela a uma reta desse plano.”

Podemos concluir que:

- a) A condição ser suficiente significa que: todo plano paralelo a uma reta contém a paralela traçada a esta reta por um qualquer de seus pontos.
- b) A condição ser necessária significa que: toda reta paralela a uma reta de um plano é paralela a este plano.
- c) A condição ser suficiente significa que: todo plano paralelo a uma reta conterá todas as retas paralelas à reta dada.
- d) A condição ser necessária significa que: todo plano paralelo a uma reta contém a paralela traçada a esta reta por um qualquer de seus pontos.
- e) Nenhuma das anteriores.

3. (CESCEM-73) Sejam G , H e I , respectivamente, os pontos de encontro das medianas, alturas e bissetrizes do triângulo ABC . Quaisquer que sejam os comprimentos OA , OB e OC , podemos concluir que:

- a) P coincide com I .
- b) P coincide com H .
- c) P coincide com G .
- d) P não coincide com nenhum dos pontos G , H e I .
- e) P é equidistante dos pontos A , B e C .

4. (U.MACK.-73) Marque uma das alternativas:

- a) se existir um(a) e um(a) só
- b) se existirem exatamente dois (duas) distinto(a)s
- c) se existir um número finito porém maior que 2
- d) se existirem infinito(a)s
- e) se não existir nenhum(a)

de modo que as afirmações que se seguem fiquem corretas:

1º reta perpendicular a duas retas reversas.

2º plano paralelo a duas retas reversas.

3º dadas duas retas reversas e não ortogonais, plano contendo uma das retas e perpendicular à outra.

4º retas \overleftrightarrow{AB} e \overleftrightarrow{CD} reversas, plano por \overleftrightarrow{CD} e equidistante dos pontos A e B.

5. (ITA-77) Seja p um plano. Sejam A, B, C e D pontos de p e M um ponto qualquer não pertencente a p . Então:

- a) se C dividir o segmento AB em partes iguais a $\overline{MA} = \overline{MB}$, então o segmento MC é perpendicular a p .
- b) se ABC for um triângulo equilátero e D for equidistante de A, B e C , então o segmento MD é perpendicular a p .
- c) se ABC for um triângulo equilátero e D for equidistante de A, B e C , então $\overline{MA} = \overline{MB} = \overline{MC}$ implica que o segmento MD é perpendicular a p .
- d) se ABC for um triângulo equilátero e o segmento MD for perpendicular a p , então D é equidistante de A, B e C .
- e) Nenhuma das respostas anteriores.

6. (U.MACK.-79) Considere as afirmações:

I - Se uma reta é paralela a dois planos, então estes planos são paralelos.

II - Se dois planos são paralelos, toda reta de um é paralela a uma reta do outro.

III - Se duas retas são reversas, então existe uma única perpendicular comum a elas.

Então:

- a) todas são verdadeiras.
- b) somente a II é verdadeira.
- c) somente a III é verdadeira.
- d) somente a I é verdadeira.
- e) somente II e III são verdadeiras.

7. (U.MACK.-79) O triângulo MNP retângulo em N e o paralelogramo $NPQR$ situam-se em planos distintos.

Então, a afirmação "MN e QR são segmentos ortogonais":

- a) é sempre verdadeira.
- b) não pode ser analisada por falta de dados.
- c) é verdadeira somente se $MN = QR$.
- d) nunca é verdadeira.
- e) é verdadeira somente se $MN = 2QR$.

8. (PUC-SP-80) Se r e s são retas reversas, então pode-se garantir que:

- a) todo plano que contém r também contém s .
- b) existe um plano que contém r e é perpendicular a s .
- c) existe um único plano que contém r e s .
- d) existe um plano que contém r e é paralelo a s .
- e) toda reta que encontra r encontra s .

- 9.** (U.MACK-80) Considerando-se as afirmações abaixo, assinale a alternativa correta:
- Se uma reta é paralela a dois planos, então esses planos são paralelos.
 - Dadas duas retas reversas, sempre existe reta que se apóia em ambas.
 - Se um plano é perpendicular a dois planos secantes, então é perpendicular à interseção desses planos.
 - Somente a afirmação I é verdadeira.
 - Somente a afirmação II é verdadeira.
 - São verdadeiras as afirmações II e III, apenas.
 - Todas as afirmações são verdadeiras.
 - Nenhuma afirmação é verdadeira.
- 10.** (FUVEST-80) São dados cinco pontos não coplanares A, B, C, D, E . Sabe-se que $ABCD$ é um retângulo, $AE \perp AB$ e $AE \perp AD$. Pode-se concluir que são perpendiculares as retas:
- EA e EB
 - EC e CA
 - EB e BA
 - EA e AC
 - AC e BE
- 11.** (PUC-SP-80) Assinale a afirmação verdadeira:
- Dois planos paralelos a uma reta são paralelos entre si.
 - Dois planos perpendiculares a uma reta são perpendiculares entre si.
 - Dois planos perpendiculares a um plano são paralelos entre si.
 - Dois planos paralelos a um plano são paralelos entre si.
 - Dois planos perpendiculares a um terceiro são perpendiculares entre si.
- 12.** (PUC-SP-81) Dois planos β e γ se cortam na reta r e são perpendiculares a um plano α . Então:
- β e γ são perpendiculares.
 - r é perpendicular a α .
 - r é paralela a α .
 - todo plano perpendicular a α encontra r .
 - existe uma reta paralela a α e a r .
- 13.** (U.F.BA-81) Sendo α e β dois planos e r_1 e r_2 duas retas, tais que $\alpha \parallel \beta$, $r_1 \perp \alpha$ e $r_2 \parallel \beta$, então r_1 e r_2 podem ser:
- paralelas a α .
 - perpendiculares a β .
 - coincidentes.
 - oblíquas.
 - ortogonais.
- 14.** (U.F.UBERLÂNDIA-82) Das alternativas abaixo
- Dois planos distintos perpendiculares a um terceiro são paralelos entre si.
 - Se dois planos são perpendiculares, então toda reta de um forma um ângulo reto com qualquer reta do outro.
 - Distância entre duas retas é a distância entre um ponto qualquer de uma e a outra.
 - Se três retas são, duas a duas, reversas e não paralelas a um mesmo plano, então por qualquer ponto de uma passa reta que se apóia nas outras duas.
- pode-se afirmar que:
- todas as alternativas são verdadeiras.
 - todas as alternativas são falsas.
 - apenas a alternativa I é falsa.
 - apenas a alternativa I é verdadeira.
 - apenas as alternativas I, II e III são verdadeiras.
- 15.** (FUVEST-82) Sejam r e s duas retas distintas. Podemos afirmar que sempre:
- existe uma reta perpendicular a r e a s .
 - r e s determinam um único plano.
 - existe um plano que contém s e não intercepta r .
 - existe uma reta que é paralela a r e a s .
 - existe um plano que contém r e um único ponto de s .

16. (U.MACK.-82) Considere as afirmações:

- I - Uma reta perpendicular a um plano é perpendicular a pelo menos uma reta do plano.
- II - Se uma reta é perpendicular a um plano, por ela passam infinitos planos perpendiculares ao plano considerado.
- III - Se duas retas quaisquer são paralelas a um plano, então elas são paralelas uma a outra.

Podemos afirmar que:

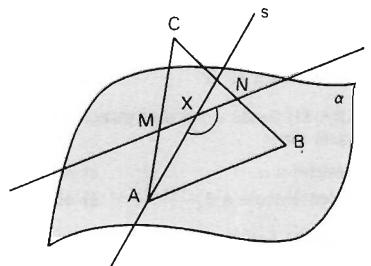
- a) todas as afirmações são corretas.
- b) apenas a primeira afirmação é correta.
- c) apenas a segunda afirmação é correta.
- d) apenas a segunda e a terceira afirmações são corretas.
- e) apenas a primeira e a segunda afirmações são corretas.

17. (PUC-SP-82) Um triângulo isósceles ABC , com $AB = BC = 30$ e $AC = 24$, tem o lado AC contido em um plano α e o vértice B a uma distância 18 de α . A projeção ortogonal do triângulo ABC sobre o plano α é um triângulo:

- a) retângulo.
- b) obtusângulo.
- c) equilátero.
- d) isósceles, mas não equilátero.
- e) semelhante ao triângulo ABC .

18. (F.C.M.STA.CASA-82) Na figura ao lado, tem-se o triângulo ABC tal que \overline{AB} está contido num plano α , $C \notin \alpha$ e os ângulos de vértices B e C medem, respectivamente, 70° e 60° . Se $r \parallel \alpha$, $r \cap \overline{AC} = \{M\}$, $r \cap \overline{BC} = \{N\}$, s contém a bisetriz do ângulo \widehat{CAB} e $r \cap s = \{X\}$, então a medida do ângulo \widehat{AXN} , assinalado, é:

- a) 165°
- b) 155°
- c) 145°
- d) 130°
- e) 120°



19. (PUC-SP-83) Em relação ao plano α , os pontos A e B estão no mesmo semi-espaco e os pontos A e C estão em semi-espacos opostos. Em relação ao plano β , os pontos A e B estão em semi-espacos opostos, bem como os pontos A e C . Pode-se concluir que o segmento BC :

- a) é paralelo a $\alpha \cap \beta$.
- b) encontra α e β .
- c) encontra α , mas não β .
- d) encontra β , mas não α .
- e) não encontra α nem β .

20. (F.SANTANA-83) Sejam α e β dois planos paralelos e seja r uma reta de α . Assinale a sentença verdadeira:

- a) Toda reta de β é paralela a r .
- b) Toda reta perpendicular a β é perpendicular a r .
- c) Não existe em β uma reta paralela a r .
- d) Se s é uma reta de β , não paralela a r , existe em β uma reta concorrente com s e paralela a r .
- e) Se s é uma reta de β , não paralela a r , existe em β uma reta paralela a s , que é paralela a r .

21. (U.F.PE-83) Considere as seguintes sentenças:

- I - Se dois planos distintos têm um ponto comum, então terão também outro ponto comum, distinto do primeiro.
- II - Três pontos distintos determinam um único plano.
- III - A distância entre dois pontos de uma reta é um número real que depende da unidade da medida escolhida.

Assinale a alternativa correta:

- a) Apenas II é falsa.
- b) I e II são falsas.
- c) II e III são verdadeiras.
- d) I, II e III são falsas.
- e) Apenas I é verdadeira.

22. (U.F.PELOTAS-83) Assinale a afirmativa verdadeira:

- a) Por um ponto qualquer existe uma única reta perpendicular a um plano dado.
- b) Dadas duas retas reversas, qualquer plano que passa por uma encontra a outra.
- c) Se dois planos são paralelos, toda reta que tem um ponto comum com um deles, tem um ponto comum com o outro.

23. (FUVEST-83) Dados um plano α e uma reta r , podemos afirmar que:

- a) existe um plano β que contém r e é perpendicular a α .
- b) existe um único plano β que contém r e é perpendicular a α .
- c) existe um plano β que contém r e é paralelo a α .
- d) existe um único plano β que contém r e é paralelo a α .
- e) qualquer plano β que contém r intercepta o plano α .

24. (PUC-SP-83) Os planos α e β são paralelos. A reta r é perpendicular a α e a reta s é perpendicular a β . Pode-se concluir que r e s :

- a) não têm ponto comum.
- b) são perpendiculares.
- c) são reversas.
- d) são ortogonais.
- e) são coplanares.

25. (U.F.GO-83) O lugar geométrico dos pontos do espaço equidistantes de três pontos não colineares é:

- a) uma esfera.
- b) uma circunferência.
- c) um plano.
- d) uma reta.
- e) um ponto.

26. (U.F.SE-84) Sejam α e β dois planos paralelos e γ um plano oblíquo a eles. A intersecção de γ com α e β é constituída por:

- a) retas paralelas.
- b) retas ortogonais.
- c) um plano, paralelo a α e β .
- d) retas reversas, não ortogonais.
- e) retas concorrentes, não perpendiculares.

27. (VUNESP-84) Seja α um plano e b uma reta não perpendicular a α . Então:

- a) não existe plano passando por b perpendicular a α .
- b) existem, no mínimo, dois planos passando por b e perpendiculares a α .
- c) existe um e um só plano passando por b e perpendicular a α .
- d) existe uma infinidade de planos passando por b e perpendiculares a α .
- e) todo plano passando por b não é perpendicular a α .

- 28.** (U.F.PE-84) Assinale a alternativa correta, considerando r , s e t como sendo retas no espaço.
- Se r e s são ambas perpendiculares a t , então r e s são paralelas.
 - Se r é perpendicular a s e s é perpendicular a t , então r é perpendicular a t .
 - Se r é perpendicular a s e s é perpendicular a t , então r e t são paralelas.
 - Se r é perpendicular a s e α é um plano que contém s , então r é perpendicular a α .
 - Se r e t são perpendiculares a s no mesmo ponto, então existe um plano que contém r e t e é perpendicular a s .

- 29.** (CESESP-85) Uma e só uma das alternativas abaixo é falsa. Assinale-a.

- Por um ponto P de uma reta r no espaço passam infinitas retas perpendiculares a r .
- Se no espaço duas retas se interceptam, elas determinam um único plano que as contém.
- Duas retas no espaço determinam um plano se, e somente se, elas são concorrentes ou paralelas.
- Se três retas não coplanares têm um único ponto comum, elas determinam três planos.
- Cinco pontos não coplanares determinam, no máximo, três planos.

- 30.** (PUC-SP-85) Qual das afirmações abaixo é verdadeira?

- Se uma reta é paralela a dois planos, então esses planos são paralelos.
- Se duas retas concorrentes de um plano são, respectivamente, paralelas a duas retas de outro plano, então esses planos são paralelos.
- Se uma reta é paralela a um plano, então essa reta é paralela a todas as retas do plano.

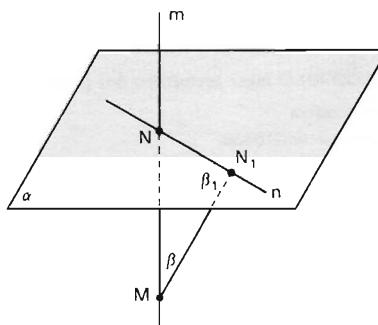
- 31.** (VUNESP-85) Das afirmações abaixo:

- Duas retas perpendiculares a um mesmo plano são coplanares.
 - Duas retas paralelas a um mesmo plano são paralelas entre si.
 - Se um plano intercepta dois outros planos em retas paralelas, então os dois planos são paralelos.
- temos que:

- apenas uma é falsa.
- apenas uma é verdadeira.
- apenas duas são verdadeiras.
- todas são falsas.
- todas são verdadeiras.

- 32.** (U.F.PR-85) Analisando a figura, na qual a reta m é perpendicular ao plano α e n é uma reta desse mesmo plano, pode-se concluir corretamente que:

- m é perpendicular a n .
- m e n determinam um plano perpendicular a α .
- m pertence a α .
- a soma dos ângulos β e β_1 é igual a 90° .
- o triângulo MNN_1 é equilátero.



- 33.** (PUC-SP-85) Um ângulo α é reto. Seja π um plano. Quantas das quatro seguintes afirmações são corretas?

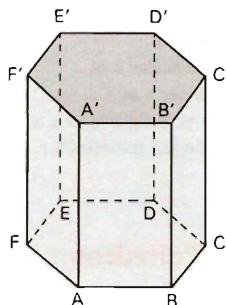
- A projeção ortogonal de α sobre π é um ângulo reto.
- Se um lado de α é paralelo a π , então a projeção ortogonal de α sobre π é um ângulo reto.
- A projeção ortogonal de α sobre π pode ser ângulo raso.
- A projeção ortogonal de α sobre π não pode ser ângulo nulo.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

34. (CESESP-86) Assinale, dentre as proposições abaixo, aquela que é falsa.

- Se uma reta é perpendicular a dois planos, estes são paralelos entre si.
- Se dois planos são paralelos, qualquer reta contida em um deles é paralela ao outro.
- Se dois planos são paralelos, qualquer plano concorrente e não coincidente com um deles é concorrente com o outro.
- Dado um plano π e uma reta r não contida nele tal que r é perpendicular a outra reta que, por sua vez, é perpendicular a π , então r é paralela a π .
- Alguma das proposições A, B, C ou D é falsa.

35. (U.F.R.PE-88) Considere um prisma regular de base hexagonal.



Assinale as proposições verdadeiras e as proposições falsas nos itens abaixo:

- Os segmentos \overline{AF} e $\overline{A'F}$ determinam retas paralelas.
- O plano da face $ABB'A'$ é perpendicular ao plano da base.
- os segmentos \overline{AB} e $\overline{E'D'}$ não são coplanares.
- Os segmentos \overline{AB} e \overline{AF} determinam um ângulo de 50° .
- Os planos das faces $AA'FF'$ e $CC'D'D$ são paralelos.

36. (COVEST-89) Assinale as proposições verdadeiras e as proposições falsas, dentre os itens abaixo:

- Se duas retas distintas, no espaço, não são paralelas, então elas são concorrentes.
- Se dois planos são paralelos, então toda reta de um deles é paralela a qualquer reta do outro.
- Se dois planos são secantes, então uma reta de um deles pode não interceptar o outro plano.
- Se dois planos são paralelos, então toda reta de um deles é paralela ao outro plano.
- Se dois planos são perpendiculares, toda reta de um deles é perpendicular ao outro plano.

37. (FATEC-90) Se considerarmos as retas suportes das arestas de um cubo, então o número de pares de retas reversas que podemos formar é:

- a) 8 b) 16 c) 24 d) 32 e) 40

38. (FUVEST-90) Os segmentos \overline{VA} , \overline{VB} e \overline{VC} são arestas de um cubo. Um plano α , paralelo ao plano ABC , divide esse cubo em duas partes iguais. A interseção do plano α com o cubo é um:

- triângulo.
- quadrado.
- retângulo.
- pentágono.
- hexágono.

- 39.** (UNESP-91) Sejam α e β planos perpendiculares, $\alpha \cap \beta = r$. Em α considera-se uma reta s perpendicular a r , $s \cap r = (A)$, e em β considera-se t oblíqua a r , $t \cap r = (A)$. Dentre as afirmações:

- I) s é perpendicular a β .
- II) t é perpendicular a s .
- III) O plano determinado por s e t é perpendicular a β .
- IV) Todo plano perpendicular a s e que não contém A é paralelo a β .

pode-se garantir que:

- a) somente I é falsa.
- b) somente II é falsa.
- c) somente III é falsa.
- d) somente IV é falsa.
- e) nenhuma é falsa.

- 40.** (U.C.SALVADOR-92) Sejam o plano α e a reta r , paralela a α . Nestas condições, é verdade que:

- a) toda reta paralela a r está contida em α .
- b) toda reta perpendicular a r é perpendicular a α .
- c) toda reta ortogonal a r é perpendicular a α .
- d) existem retas paralelas a r que são perpendiculares a α .
- e) existem retas contidas em α que não são paralelas a r .

Diedros — Triedros — Poliedros convexos

- 41.** (PUC-SP-79) A soma dos diedros de um triedro está compreendida entre:

- a) 3 retos e 6 retos.
- b) 1 reto e 2 retos.
- c) 2 retos e 6 retos.
- d) 2 retos e 5 retos.
- e) 3 retos e 5 retos.

- 42.** (PUC-SP-80) Qual é o poliedro regular que tem 12 vértices e 30 arestas?

- a) hexaedro
- b) octaedro
- c) dodecaedro
- d) icosaedro
- e) tridecaedro

- 43.** (F.C.M.STA.CASA-80) Considere as proposições:

- I - Dois ângulos não situados em um mesmo plano e de lados paralelos:
1º têm sempre medidas iguais;
2º determinam planos paralelos.
- II - Se uma reta é paralela a um plano, todo plano conduzido pela reta e cortando o primeiro plano dá uma intersecção paralela à reta dada.
- III - De um ponto tomado no interior de um ângulo diedro, duas perpendiculares às faces formam um ângulo suplementar desse diedro.

Então assinale:

- a) se somente as proposições I e II estiverem corretas.
- b) se somente as proposições I e III estiverem corretas.
- c) se somente as proposições II e III estiverem corretas.
- d) se todas as proposições estiverem corretas.
- e) se nenhuma proposição estiver correta.

- 44.** (U.MACK.-81) Um poliedro convexo tem 15 faces. De dois de seus vértices partem 5 arestas, de quatro outros partem 4 arestas e dos restantes partem 3 arestas. O número de arestas do poliedro é:

- a) 75
- b) 53
- c) 31
- d) 45
- e) 25

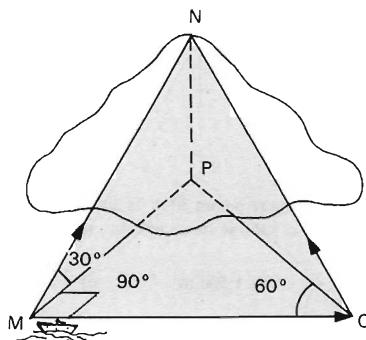
(PUC-SP-83) São dados três planos, dois a dois perpendiculares. Deseja-se construir uma esfera, de raio dado R , tangente aos três planos. Quantas soluções tem o problema?

- a) uma b) três c) quatro d) oito e) depende de R

46. (CESGRANRIO-84) Um poliedro convexo é formado por 80 faces triangulares e 12 pentagonais. O número de vértices do poliedro é:

- a) 80 b) 60 c) 50 d) 48 e) 36

47. (CESESP-86) De um navio no ponto M (ver figura abaixo), pretende-se medir a altura NP de uma ilha. O ângulo NMP mede exatamente 30° . Deslocando-se 1 km numa direção MQ , perpendicular a MP , a nova visada do topo da ilha forma 60° com QM . Qual a medida, em quilômetros, mais aproximada da altura NP ?



- a) 1 b) $\sqrt{3}$ c) $\sqrt{3}/2$ d) $\sqrt{3}/3$ e) $\sqrt{2}$

48. (ESCOLA NÁVAL-88) Um poliedro convexo é formado por 10 faces triangulares e 10 faces pentagonais. O número de diagonais desse poliedro é:

- a) 60 b) 81 c) 100 d) 121 e) 141

49. (CESGRANRIO-89) Se um poliedro regular têm exatamente três diagonais, então o seu número de arestas é:

- a) 12 b) 10 c) 8 d) 6 e) 4

Prisma

50. (PUC-SP-81) Quantas diagonais possui um prisma pentagonal?

- a) 5 b) 10 c) 15 d) 18 e) 24

51. (U.C.MG-81) O volume, em litros, de um cubo de 5 cm de aresta é de:

- a) 0,0125 b) 0,1250 c) 1,2500 d) 12,500 e) 125,00

52. (U.F.RS-81) Uma caixa tem 1 m de comprimento, 2 m de largura e 3 m de altura. Uma segunda caixa de mesmo volume tem comprimento x metros maior do que o da anterior, largura x metros maior do que a da anterior e altura x metros menor do que a da anterior. O valor de x é:

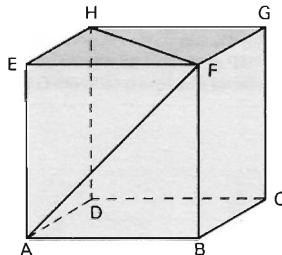
- a) $\sqrt{2}$ b) $\sqrt{3}$ c) $\sqrt{5}$ d) $\sqrt{6}$ e) $\sqrt{7}$

- 53.** (U.F.ES-82) Uma formiga mora na superfície de um cubo de aresta a . O menor caminho que ela deve seguir para ir de um vértice ao vértice oposto tem comprimento:

a) $a\sqrt{2}$ b) $a\sqrt{3}$ c) $3a$ d) $(1 + \sqrt{2})a$ e) $a\sqrt{5}$

- 54.** (CESGRANRIO-82) O ângulo $A\hat{F}H$ formado pelas diagonais AF e FH de faces de um cubo vale:

a) 30°
b) 45°
c) 60°
d) 90°
e) 108°



- 55.** (U.F.UBERLÂNDIA-82) Dá-se um prisma reto com 20 m de altura, sendo a base um paralelogramo cujas dimensões são 8 m e $10\sqrt{2}\text{ m}$. Qual é o volume desse prisma, sabendo-se que um dos ângulos da base mede 135° ?

a) $1\,800\text{ m}^3$ b) $1\,600\text{ m}^3$ c) $1\,500\text{ m}^3$ d) $1\,650\text{ m}^3$ e) $1\,750\text{ m}^3$

- 56.** (F.C.M.STA.CASA-82) Dispondo-se de uma folha de cartolina, medindo 50 cm de comprimento por 30 cm de largura, pode-se construir uma caixa aberta, cortando-se um quadrado de 8 cm de lado em cada canto da folha. O volume dessa caixa, em cm^3 , será:

a) 1 244 b) 1 828 c) 2 324 d) 3 808 e) 12 000

- 57.** (U.F.RS-83) Se A , B , C e D são os centros das faces laterais de um cubo de volume 8 , então a área do polígono cujos vértices são A , B , C e D é:

a) 2 b) $\sqrt{2}$ c) 4 d) $2\sqrt{2}$ e) $8\sqrt{2}$

- 58.** (U.F.GO-83) A aresta, a diagonal e o volume de um cubo estão, nesta ordem, em progressão geométrica. A área total deste cubo é:

a) $6\sqrt{3}$
b) $6(2\sqrt{3} - 1)$
c) 3

d) 12

e) 18

- 59.** (U.F.PELOTAS-83) As dimensões de um paralelepípedo retângulo são inversamente proporcionais aos números 12 , 6 e 4 . Se sua área total é 88 cm^2 , o seu volume, em cm^3 , é:

a) 288 b) 144 c) 128 d) 64 e) 48

- 60.** (U.E.BA-84) As arestas de um paralelepípedo retângulo medem 3 cm , 4 cm e 5 cm . A medida da diagonal desse paralelepípedo, em cm , é:

a) $5\sqrt{2}$ b) $8\sqrt{2}$ c) $10\sqrt{2}$ d) $12\sqrt{2}$ e) $15\sqrt{2}$

- 61.** (U.F.PA-84) Qual a área total de um paralelepípedo reto cujas dimensões são 2 , 3 e 4 cm ?

a) 24 cm^2 b) 26 cm^2 c) 30 cm^2 d) 40 cm^2 e) 52 cm^2

- 62.** (U.F.RN-84) Considere um paralelepípedo com 12 m de comprimento, 4 m de largura e 3 m de altura. Se o seu volume for aumentado de 624 m^3 , então sua altura aumentará de:

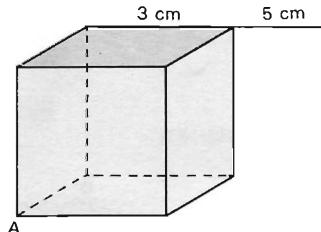
a) 7 m b) 9 m c) 11 m d) 13 m e) 12 m

63. (U.C.MG-85) A medida do cosseno do ângulo formado por uma diagonal de um cubo e cada uma das arestas concorrentes em um mesmo vértice é igual a:

a) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ b) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ c) $\frac{\sqrt{2}}{3}$ d) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ e) $\frac{3}{\sqrt{2}}$

64. (CESGRANRIO-85) Na figura, cada aresta do cubo mede 3 cm. Prolongando-se uma delas de 5 cm, obtemos o ponto M. A distância, em centímetros, de M ao vértice A é:

a) $2\sqrt{21}$
b) $\sqrt{82}$
c) $8\sqrt{3}$
d) $8\sqrt{2}$
e) 9



65. (CESGRANRIO-85) Numa cozinha de 3 m de comprimento, 2 m de largura e de 2,80 m de altura, as portas e janelas ocupam uma área de 4 m². Para azulejar as quatro paredes, o pedreiro aconselha a compra de 10% a mais da metragem a ladrilhar. A metragem de ladrilhos a comprar é:

a) 24,40 m² b) 24,80 m² c) 25,50 m² d) 26,40 m² e) 26,80 m²

66. (VUNESP-85) As faces de um paralelepípedo retangular têm por área 6 cm², 9 cm² e 24 cm². O volume deste paralelepípedo é:

a) 1 296 cm³ b) 48 cm³ c) 39 cm³ d) 36 cm³ e) $6\sqrt{6}$ cm³

67. (U.F.BA-85) Um prisma hexagonal regular tem para altura a diagonal de um cubo de aresta a . Se o volume do cubo é igual ao do prisma, a aresta da base do prisma mede:

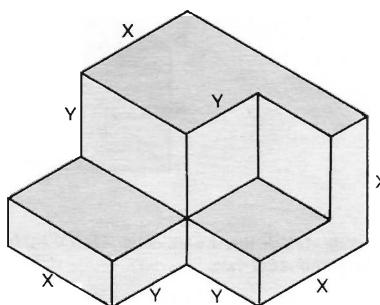
a) $a\sqrt{3}$ b) $a\sqrt{2}$ c) $\frac{a\sqrt{3}}{3}$ d) $\frac{a\sqrt{2}}{3}$ e) $\frac{a\sqrt{3}}{2}$

68. (PUC-SP-85) Se a área da base de um prisma diminui de 10% e a altura aumenta de 20%, o seu volume:

- a) aumenta de 8%.
b) aumenta de 15%.
c) aumenta de 108%.
d) diminui de 8%.
e) não se altera.

69. (CESESP-86) Assinale a única alternativa cuja expressão algébrica correspondente é o volume do sólido da figura abaixo.

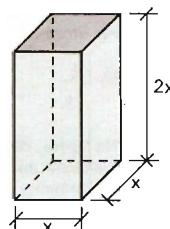
a) $(x + y)(x - y)x$
b) $x^3 + 2x^2y + xy^2$
c) $x^2 - xy + y^2$
d) $x^4 + x^3y - xy^3$
e) $x^3 + 2x^2 - xy^2 - y^3$



- 70.** (FATEC-87) Na figura ao lado, tem-se um prisma reto cuja diagonal principal mede $3a\sqrt{2}$.

A área total desse prisma é:

- a) $30a^2$
 b) $24a^2$
 c) $18a^2$
 d) $12a^2$
 e) $6a^2$



- 71** (CESGRANRIO-87)

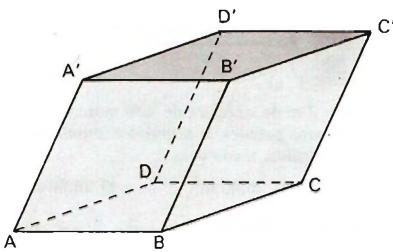


Fig. I

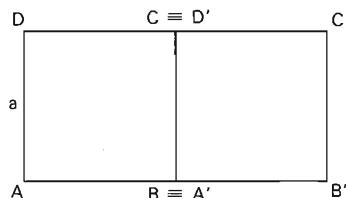


Fig. II

Seja $ABCD A'B'C'D'$ um prisma oblíquo de bases quadradas, mostrado em perspectiva na figura I. Na figura II o prisma é visto de cima sobre a base $ABCD$.

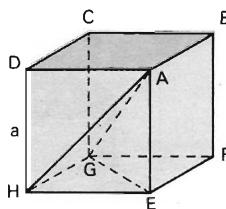
O lado da base mede a e cada aresta lateral faz ângulo de 45° com os planos das bases.

Então o perímetro da seção reta do prisma é:

- a) $a(2 + \sqrt{2})$ d) $3a$
 b) $2a(1 + \sqrt{2})$ e) $4a$
 c) $2a\sqrt{2}$

72. (FUVEST-87) Qual é a distância entre os centros de duas faces adjacentes de um cubo de aresta 4?

- 72 (CESGRANRIO-87)'



Considere a pirâmide $AEGH$ inscrita no cubo $ABCDEFGH$ de aresta a , como se vê na figura. Então a distância de H ao plano AEG vale:

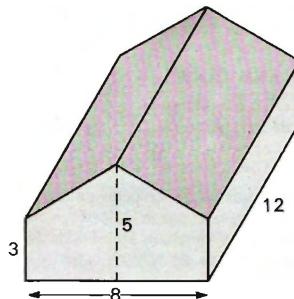
- $$\text{a) } \frac{a\sqrt{3}}{2} \quad \text{b) } \frac{2a}{3} \quad \text{c) } \frac{a\sqrt{2}}{2} \quad \text{d) } \frac{a\sqrt{3}}{3} \quad \text{e) } \frac{a}{2}$$

74. (CESGRANRIO-88) Um tanque cúbico, com face inferior horizontal, tem de volume $1\ m^3$ e contém água até sua metade. Após mergulhar uma pedra de granito, o nível d'água subiu $8\ cm$. O volume dessa pedra é:

- | | |
|-------------------|---------------------|
| a) $80\ cm^3$ | d) $80\ 000\ cm^3$ |
| b) $800\ cm^3$ | e) $800\ 000\ cm^3$ |
| c) $8\ 000\ cm^3$ | |

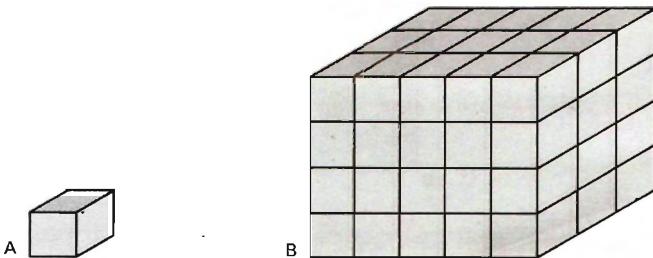
75. (VUNESP-88) O volume de ar contido em um galpão com a forma e dimensões dadas pela figura abaixo é:

- a) 288
- b) 384
- c) 480
- d) 360
- e) 768



76. (VUNESP-89) Quantos cubos A precisam ser empilhados para formar o paralelepípedo B?

- a) 60
- b) 47
- c) 94
- d) 39
- e) 48



77. (U.F.MG-89) A capacidade de um reservatório em forma de um paralelepípedo retângulo, cujas dimensões são $50\ cm$, $2\ m$ e $3\ m$, é, em litros:

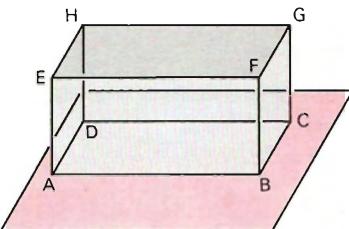
- a) 3
- b) 30
- c) 300
- d) 3 000
- e) 30 000

78. (COVEST-89) Uma caixa de embalagem de certo produto tem a forma de um prisma reto com $50\ cm$ de comprimento, $40\ cm$ de largura, $30\ cm$ de altura, e seu volume total é 7% maior do que o volume útil. Indique o valor mais próximo do volume útil.

- a) $0,055\ m^3$
- b) $0,052\ m^3$
- c) $0,056\ m^3$
- d) $0,054\ m^3$
- e) $0,057\ m^3$

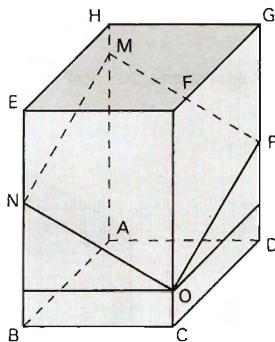
79. (U.F.R.PE-90) Uma armação de arame na forma de um prisma reto de base retangular está apoiada no assoalho horizontal. Uma lâmpada situada acima do objeto projeta sua sombra no assoalho. Independentemente da posição da lâmpada, sempre acima do objeto, que afirmações são verdadeiras e que afirmações são falsas?

- a) A sombra do retângulo $EFGH$ é um retângulo.
- b) A sombra do retângulo $BCGF$ é um retângulo.
- c) A sombra do retângulo $EFGH$ pode coincidir com $ABCD$.
- d) A sombra do retângulo $ABFE$ é um trapézio.
- e) Os comprimentos das arestas \overline{EF} e \overline{FG} são proporcionais aos comprimentos de suas sombras.



80. (U.F.VIÇOSA-90) A figura abaixo é um paralelepípedo de base quadrada e de vértices A, B, C, D, E, F, G e H . Sabe-se que um plano intercepta o paralelepípedo, como na figura. Dessa intersecção resulta o quadrilátero $MNOP$, cujos lados ON e OP formam ângulos de 30° com a face $ABCD$. Se a área da base do paralelepípedo vale 3 , então o perímetro de $MNOP$ vale:

- a) 8
- b) 4
- c) 6
- d) 10
- e) 12

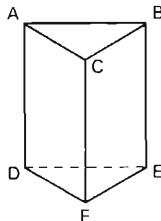


81. (ITA-90) Considere um prisma triangular regular cuja aresta da base mede $x \text{ cm}$. Sua altura é igual ao menor lado de um triângulo ABC inscritível num círculo de raio $x \text{ cm}$. Sabendo-se que o triângulo ABC é semelhante ao triângulo de lados $3 \text{ cm}, 4 \text{ cm}$ e 5 cm , o volume do prisma em cm^3 é:

- a) $\frac{\sqrt{2}}{3} x^3$
- b) $\frac{2\sqrt{2}}{5} x^3$
- c) $\frac{3\sqrt{3}}{10} x^3$
- d) $\frac{\sqrt{3}}{10} x^3$
- e) n.d.a.

82. (CESGRANRIO-91) Se a diagonal de uma face de um cubo mede $5\sqrt{2}$, então o volume desse cubo é:
- | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|
| a) 600, 3 | b) 625 | c) 225 | d) 125 |
| e) 100, 3 | | | |

- 83.** (U.C.SALVADOR-91) No prisma reto de base triangular, da figura, todas as arestas medem 2 m.

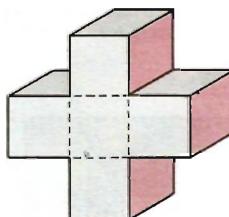


O volume desse prisma, em metros cúbicos, é:

- a) $2\sqrt{2}$ b) $2\sqrt{3}$ c) 4 d) $4\sqrt{2}$ e) $4\sqrt{3}$

- 84.** (U.F.CE-91) Os cinco cubos idênticos e justapostos formam uma cruz, como mostra a figura. Se a área total da cruz é 198 cm^2 , então o volume, em cm^3 , de cada cubo é igual a:

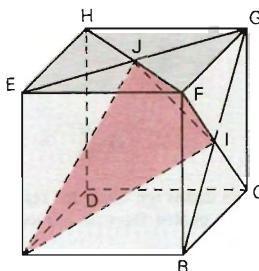
- a) $2\sqrt{2}$ c) 8 e) 64
b) $3\sqrt{3}$ d) 27



- 85.** (FUVEST-FGV-91) Na figura a seguir I e J são os centros das faces $BCGF$ e $EFGH$ do cubo $ABCDEFGH$ de aresta a .

Os comprimentos dos segmentos \overline{AI} e \overline{IJ} são, respectivamente:

- a) $\frac{a\sqrt{6}}{2}, a\sqrt{2}$
b) $\frac{a\sqrt{6}}{2}, \frac{a\sqrt{2}}{2}$
c) $a\sqrt{6}, \frac{a\sqrt{2}}{2}$
d) $a\sqrt{6}, a\sqrt{2}$
e) $2a, \frac{a}{2}$



- 86.** (U.F.CE-92) As dimensões da base de um paralelepípedo retângulo P são 3 m e 5 m, respectivamente, e seu volume é 60 m^3 . O comprimento, em metros, do maior segmento de reta que une dois pontos de P é igual a:

- a) $2\sqrt{5}$ b) $3\sqrt{5}$ c) $4\sqrt{5}$ d) $5\sqrt{2}$ e) $6\sqrt{2}$

- 87.** (U.F.MG-92) Um depósito em forma de paralelepípedo retângulo tem as seguintes dimensões internas: 14 m, 22 m e 6 m. Pretende-se encher totalmente esse depósito com caixas cúbicas de mesmo volume e de dimensões inteiros.

O número mínimo de caixas desse tipo que enchem totalmente o depósito é:

- a) 231 b) 308 c) 616 d) 1 078 e) 1 848

Pirâmide

88. (PUC-RS-80) Se “ ℓ ” é a medida da aresta de um tetraedro regular, então sua altura mede:

- a) $\frac{\ell\sqrt{2}}{3}$ b) $\frac{\ell\sqrt{3}}{2}$ c) $\frac{\ell\sqrt{3}}{4}$ d) $\frac{\ell\sqrt{6}}{3}$ e) $\frac{\ell\sqrt{6}}{9}$

89. (U.F.PR-80) Calculando a distância de um ponto do espaço ao plano de um triângulo equilátero de 6 unidades de comprimento de lado, sabendo que o ponto equidista 4 unidades dos vértices do triângulo, obtém-se:

- a) 6 unidades.
b) 5 unidades.
c) 4 unidades.
d) 3 unidades.
e) 2 unidades.

90. (CESGRANRIO-80) Para fazer o telhado de uma casa de cartolina, um quadrado de centro O e de lado 2ℓ é recortado, como mostra a figura I. Os lados $AB = CD = EF = GH$ medem $\ell\sqrt{3}$. Montado o telhado (figura II), sua altura h é:

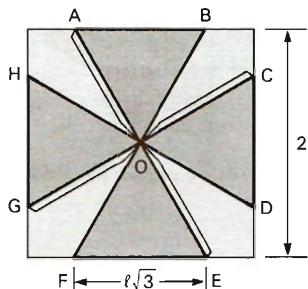


Fig. I

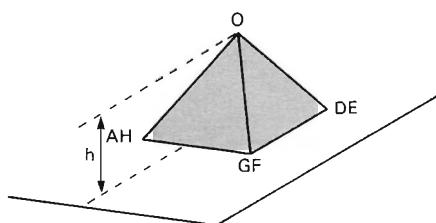


Fig. II

91. (F.C.M.STA.CASA-80) Sejam dados um tetraedro regular e um ponto interno qualquer. Sejam x, y, z e t as distâncias desse ponto às quatro faces do tetraedro. Podemos então afirmar que:

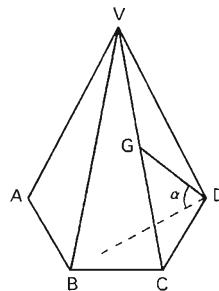
- a) seu volume $V = \frac{l}{3} S (x + y - z + t)^2$ (com S : área de uma face).
 b) sua altura $h = x + y + z + t$.
 c) sua área total $A = h^2 (x + y - t + z)$.
 d) a área de uma face $S = \frac{l}{3} (x + y) (z - t) + x$.
 e) n.d.a.

92. (PUC-SP-80) Os triângulos equiláteros ABC e DEF possuem lados iguais a 2 e estão em planos paralelos, cuja distância é 2. As retas AD , BE e CF são paralelas entre si. O volume do tetraedro $ACDE$ é:

- a) $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ b) $\frac{\sqrt{2}}{6}$ c) $\frac{6}{\sqrt{3}}$ d) $\frac{3\sqrt{2}}{2}$ e) $\frac{\sqrt{3}}{8}$

93. (CESGRANRIO-80) Considere uma pirâmide hexagonal regular de altura h e lado da base ℓ , como mostrada na figura. Traça-se o segmento GD ligando o vértice D ao ponto G que divide a aresta VC ao meio. Se α é o ângulo agudo formado por GD e sua projeção na base da pirâmide, então $\operatorname{tg} \alpha$ é:

- a) $\frac{h\sqrt{3}}{3\ell}$
- b) $\frac{h}{2\ell}$
- c) $\frac{h\sqrt{2}}{\ell}$
- d) $\frac{h\sqrt{3}}{2\ell}$
- e) $\frac{h\sqrt{3}}{\ell}$

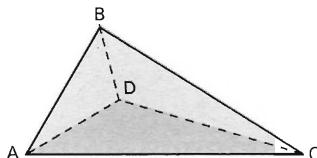


94. (F.C.M.STA.CASA-81) No tetraedro representado na figura abaixo, têm-se $\overline{AD} \perp \overline{BD}$; $\overline{AD} \perp \overline{DC}$; $\not\propto (B\bar{A}\bar{D}) \not\propto (C\bar{A}\bar{D})$. Então, pode-se concluir que:

- a) $BD = DC$
- b) $AD = DC$
- c) $AB < BC$
- d) $AC < BD$
- e) $AD < DB$

95. (U.F.RS-81) Uma barraca piramidal é sustentada por 6 hastes metálicas de 4 m de comprimento, cujas extremidades são o vértice da pirâmide e os 6 vértices da base respectivamente. A base é um polígono horizontal, inscritível, cujos lados têm todos o mesmo comprimento 2,4 m. A altura da barraca, em metros, é:

- a) 2,2
- b) 2,5
- c) 2,7
- d) 3,0
- e) 3,2



96. (U.F.ES-82) Considere um cubo de aresta igual a 1 cm. Sejam $ABCD$ e $A'B'C'D'$ duas faces opostas desse cubo. Podemos obter uma pirâmide tomando o quadrado $ABCD$ como base e A' como vértice. A área lateral dessa pirâmide mede:

- a) $(1 + \sqrt{2}) \text{ cm}^2$
- b) $2(1 + \sqrt{2}) \text{ cm}^2$
- c) $(3 + \sqrt{2}) \text{ cm}^2$
- d) $2(2 + \sqrt{2}) \text{ cm}^2$
- e) $(2 + \sqrt{2}) \text{ cm}^2$

97. (ITA-83) Consideremos uma pirâmide regular cuja base quadrada tem área que mede 64 cm^2 . Numa seção paralela à base que dista 30 mm desta, inscreve-se um círculo. Se a área deste círculo mede $4\pi \text{ cm}^2$, então a altura desta pirâmide mede:

- a) 1 cm
- b) 2 cm
- c) 4 cm
- d) 6 cm
- e) 60 cm

98. (U.F.PA-84) O volume de uma pirâmide regular quadrangular cujas faces laterais são triângulos equiláteros de lado 4 cm vale:

- a) $\frac{16\sqrt{2}}{3}$
- b) $\frac{32\sqrt{2}}{3}$
- c) $16\sqrt{2}$
- d) $\frac{20\sqrt{2}}{3}$
- e) $32\sqrt{2}$

99. (U.F.SE-84) A base de uma pirâmide regular é um triângulo equilátero cujo lado mede 8 cm. Se a altura dessa pirâmide mede $5\sqrt{3} \text{ cm}$, o seu volume, em cm^3 , é:

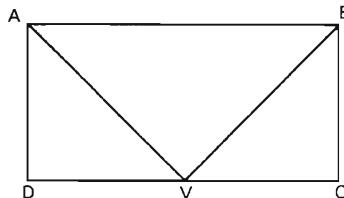
- a) $18\sqrt{3}$
- b) 36
- c) $36\sqrt{3}$
- d) 72
- e) 80

- 100.** (CESGRANRIO-84) Em um tetraedro $OABC$, os ângulos entre as arestas que concorrem em O são todos iguais a 90° . Se $OA = 3$, $OB = 5$ e $OC = 12$, o comprimento da maior aresta do tetraedro é:

- a) 20 b) 15 c) 13 d) $\frac{25}{2}$ e) 12

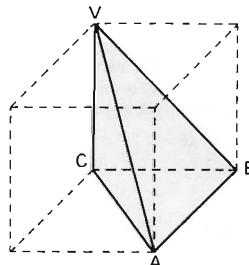
- 101.** (CESGRANRIO-84) A figura mostra a vista de cima de uma pirâmide $VABCD$ de base retangular $ABCD$. A projeção ortogonal do vértice V , sobre o plano da base, divide a aresta CD ao meio. Se $AB = 10$, $BC = 5$ e a altura da pirâmide é 5, então o comprimento da aresta VB é:

- a) $\frac{20}{3}$ d) $5\sqrt{2}$
 b) $\frac{15}{2}$ e) $5\sqrt{3}$
 c) $\frac{5\sqrt{5}}{2}$



- 102.** (CESGRANRIO-84) Em um cubo de aresta $\sqrt[3]{6}$, considera-se o tetraedro $VABC$, como indicado na figura. O volume do tetraedro é:

- a) 2 d) $\frac{\sqrt{6}}{3}$
 b) $\sqrt{2}$ e) 1
 c) $\sqrt[3]{3}$



- 103.** (VUNESP-84) Seja V o volume do cubo de aresta a e W o volume do tetraedro regular de aresta a . Então $V = kW$, onde:

- a) $5 < k < 6$ b) $6 < k < 7$ c) $7 < k < 8$ d) $8 < k < 9$ e) $9 < k < 10$

- 104.** (U.F.PA-85) O perímetro da base de uma pirâmide hexagonal regular é 24 m ; e a altura 6 m . O volume dessa pirâmide mede:

- a) $12\sqrt{3}\text{ m}^3$ b) $26\sqrt{3}\text{ m}^3$ c) $39\sqrt{3}\text{ m}^3$ d) $48\sqrt{3}\text{ m}^3$ e) $60\sqrt{3}\text{ m}^3$

- 105.** (U.F.PA-85) Uma pirâmide quadrangular regular tem todas as arestas iguais. Se a diagonal da base mede 3 cm , então o volume mede, em unidades cúbicas:

- a) $\frac{27}{8}$ b) $\frac{27}{4}$ c) $\frac{27\sqrt{3}}{2}$ d) $\frac{9\sqrt{3}}{2}$ e) $\frac{3\sqrt{3}}{2}$

- 106.** (CESESP-85) Assinale, dentre as alternativas abaixo, a única que completa corretamente a sentença. “Unindo-se, dois a dois, os pontos médios das arestas contíguas de um tetraedro regular obtém-se...”

- a) ainda um tetraedro regular.”
 b) um hexaedro regular.”
 c) um octaedro regular.”
 d) um icosaedro regular.”
 e) um dodecaedro regular.”

- 107.** (VUNESP-85) Em cada um dos vértices de um cubo de madeira se recorta uma pirâmide $AMNP$, onde M, N e P são os pontos médios das arestas, como se mostra na figura. Se V é o volume do cubo, o volume do poliedro que resta ao retirar as 8 pirâmides é igual a:

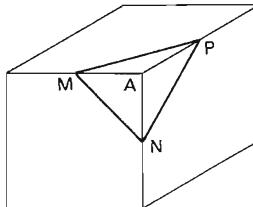
a) $\frac{1}{2} V$

d) $\frac{5}{6} V$

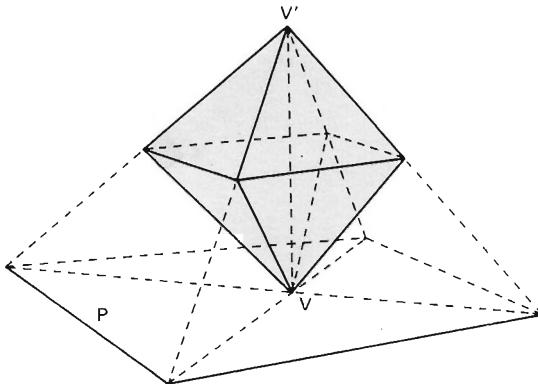
b) $\frac{3}{4} V$

e) $\frac{3}{8} V$

c) $\frac{2}{3} V$



- 108.** (CESESP-85) Considere um octaedro regular, cuja aresta mede 6 cm e um de seus vértices V' repousa sobre um plano P perpendicular ao eixo que contém V (ver figura). Prolongando-se as quatro arestas que partem do outro vértice V' , que está na perpendicular a P em V , até interceptar o plano P , forma-se uma pirâmide regular de base quadrangular.



Assinale, então, dentre as alternativas abaixo, a única que corresponde à área total dessa pirâmide assim construída.

a) $9\sqrt{3} \text{ cm}^2$

d) $144\sqrt{3} \text{ cm}^2$

b) $36\sqrt{3} \text{ cm}^2$

e) $108\sqrt{3} \text{ cm}^2$

c) $144(\sqrt{3} + 1) \text{ cm}^2$

- 109.** (CESESP-86) Três buracos X, Y e Z , abertos em um terreno plano, têm suas bocas em forma de quadrado, na disposição da figura. A área do quadrado Z é o dobro da área do quadrado Y . Os buracos Y e Z têm forma de prisma e X tem forma de pirâmide. A profundidade é a mesma para os três buracos. (Ver figura.) Assinale a alternativa que define a relação verdadeira entre os volumes de X, Y e Z .

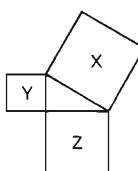
a) $V_x = V_y + V_z$

b) $V_y = V_x + V_z$

c) $V_x = V_z$

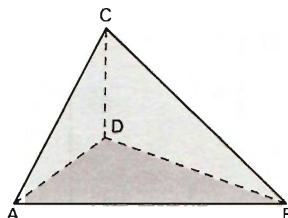
d) $V_x + V_y = V_z$

e) $V_y = V_z$



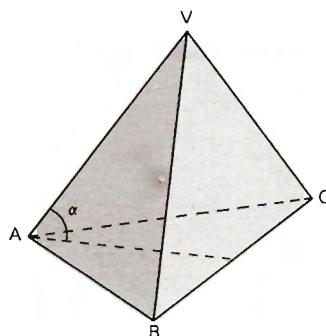
- 110.** (U.F.MG-87) Sabe-se que, no tetraedro da figura, $AB = 4\text{ m}$, $BD = 5\text{ m}$, $AD = 3\text{ m}$ e $D\hat{A}C = 60^\circ$. Se CD é perpendicular ao plano de ABD , então o volume do tetraedro, em m^3 , é:

- a) $6\sqrt{3}$
- b) $3\sqrt{3}$
- c) $2\sqrt{3}$
- d) $18\sqrt{3}$
- e) $4\sqrt{3}$



- 111.** (CESGRANRIO-87) Seja $VABC$ um tetraedro regular. O coseno do ângulo α que a aresta VA faz com o plano ABC é:

- a) $\frac{\sqrt{3}}{3}$
- b) $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- c) $\frac{\sqrt{2}}{2}$
- d) $\frac{1}{2}$
- e) $\frac{\sqrt{2}}{3}$



- 112.** (ESCOLA NAVAL-88) Numa pirâmide triangular $V - ABC$, a base ABC é um triângulo equilátero e as arestas VA , VB , VC formam um triedro tri-retângulo. A tangente do ângulo diedro formado por uma face lateral com a base é igual a:

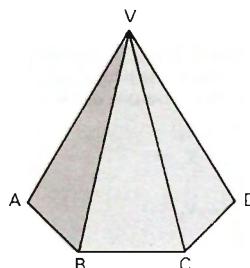
- a) $\frac{\sqrt{3}}{3}$
- b) $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- c) 1
- d) $\sqrt{2}$
- e) $\sqrt{3}$

- 113.** (FUVEST-88) Qual a altura de uma pirâmide quadrangular que tem as oito arestas iguais a $\sqrt{2}$?

- a) $\sqrt{1}$
- b) $\sqrt{1,5}$
- c) $\sqrt{2}$
- d) $\sqrt{2,5}$
- e) $\sqrt{3}$

- 114.** (CESGRANRIO-88) Numa pirâmide $VABCDEF$ regular hexagonal, uma aresta lateral é o dobro de uma aresta da base (veja figura). O ângulo $A\hat{V}D$, formado por duas arestas laterais opostas, mede:

- a) 30°
- b) 45°
- c) 60°
- d) 75°
- e) 90°



- 115.** (ITA-88) Considere uma pirâmide qualquer de altura h e de base B . Traçando-se um plano paralelo à base B , cuja distância ao vértice da pirâmide é $\frac{\sqrt{5}}{\sqrt{7}} h \text{ cm}$, obtém-se uma secção plana de área $\sqrt{7} \text{ cm}^2$. Então a área da base B da pirâmide vale:

a) $\sqrt{35} \text{ cm}^2$

d) $\frac{7\sqrt{7}}{\sqrt{5}} \text{ cm}^2$

b) $\frac{2\sqrt{5}}{3} \text{ cm}^2$

e) $\frac{7}{\sqrt{5}} \text{ cm}^2$

c) $\frac{7\sqrt{7}}{5} \text{ cm}^2$

- 116.** (ITA-88) As arestas laterais de uma pirâmide regular de 12 faces laterais têm comprimento ℓ . O raio do círculo circunscrito ao polígono da base desta pirâmide mede $\frac{\sqrt{2}}{2} \ell$. Então o volume desta pirâmide vale:

a) $3\sqrt{2} \ell^3$

b) $2 \ell^3$

c) $\frac{\sqrt{3}}{2} \ell^3$

d) $\sqrt{2} \ell^3$

e) $\frac{\sqrt{2}}{4} \ell^3$

- 117.** (U.F.MG-89) Na figura, as pirâmides $OABCD$ e $O'ABC$ são regulares e têm todas as arestas congruentes. Se o segmento OO' mede 12 cm, então a área da superfície da figura é, em cm^2 :

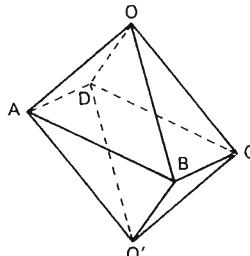
a) $24\sqrt{3}$

b) $36\sqrt{3}$

c) $72\sqrt{3}$

d) $108\sqrt{3}$

e) $144\sqrt{3}$



- 118.** (ITA-90) Seja V o vértice de uma pirâmide com base triangular ABC . O segmento AV , de comprimento unitário, é perpendicular à base. Os ângulos das faces laterais, no vértice V , são todos de 45 graus. Deste modo, o volume da pirâmide será igual a:

a) $\frac{1}{6} \sqrt{2(\sqrt{2}-1)}$

d) $\frac{1}{6} \sqrt{2(\sqrt{2}-1)}$

b) $\frac{1}{6} \sqrt{2-\sqrt{2}}$

e) n.d.a.

c) $\frac{1}{3} \sqrt{2-\sqrt{2}}$

- 119.** (ITA-91) As arestas da base de uma pirâmide triangular regular medem $\ell \text{ cm}$ e as faces laterais são triângulos retângulos. O volume desta pirâmide é:

a) $\frac{\sqrt{3}}{6} \ell^3 \text{ cm}^3$

d) $\frac{\sqrt{2}}{12} \ell^3 \text{ cm}^3$

b) $\frac{\sqrt{3}}{12} \ell^3 \text{ cm}^3$

e) n.d.a.

c) $\frac{\sqrt{3}}{24} \ell^3 \text{ cm}^3$

120. (U.E.CE-92) O perímetro da base de uma pirâmide hexagonal regular é 6 cm e sua altura 8 cm. O volume dessa pirâmide, em cm^3 , é:

- a) $4\sqrt{3}$ b) $5\sqrt{3}$ c) $6\sqrt{3}$ d) $7\sqrt{3}$

121. (U.E.RJ-92) ABCD é um tetraedro no qual ABC é um triângulo equilátero de lado a e a aresta AD é perpendicular ao plano ABC. Sabendo-se que o ângulo diedro das faces ABC e DBC é 45° , o volume do tetraedro é:

- a) $\frac{a^3\sqrt{3}}{12}$ b) $\frac{a^3}{8}$ c) $\frac{a^3}{6}$ d) $\frac{a^3}{4}$ e) $\frac{a^3}{2}$

Cilindro

122. (ITA-72) Dado um cilindro de revolução de raio r e altura h , sabe-se que a média harmônica entre o raio r e a altura é 4 e que sua área total é 2π u.a. O raio r deve satisfazer a relação:

- a) $r^3 - r + 2 = 0$ d) $r^3 - 3r - 2 = 0$
 b) $r^3 - 4r^2 + 5r - 2 = 0$ e) nenhuma das respostas anteriores
 c) $r^3 - r^2 - r + 1 = 0$

123. (CESCEM-77) O líquido contido em uma lata cilíndrica deve ser distribuído em potes também cilíndricos cuja altura é $\frac{1}{4}$ da altura da lata cujo diâmetro da base é $\frac{1}{3}$ do diâmetro da base da lata. O número de potes necessários é:

- a) 6 b) 12 c) 18 d) 24 e) 36

124. (ITA-77) Se S é a área total de um cilindro reto de altura h , e se m é a razão direta entre a área lateral e a soma das áreas das bases, então o valor de h é dado por:

- a) $h = \sqrt[m]{\frac{S}{2\pi(m+1)}}$ d) $h = \sqrt[m]{\frac{S}{4\pi(m+1)}}$
 b) $h = \sqrt[m]{\frac{S}{4\pi(m+2)}}$ e) nenhuma das alternativas anteriores
 c) $h = \sqrt[m]{\frac{S}{2\pi(m+2)}}$

125. (PUC-SP-80) Quantos litros comporta, aproximadamente, uma caixa d'água cilíndrica com 2 metros de diâmetro e 70 cm de altura?

- a) 1 250 b) 2 200 c) 2 450 d) 3 140 e) 3 700

126. (PUC-RS-80) Dois cilindros, um de altura 4 e outro de altura 6, têm para perímetro de suas bases 6 e 4, respectivamente. Se V_1 é o volume do primeiro e V_2 o volume do segundo, então:

- a) $V_1 = V_2$ b) $V_1 = 2V_2$ c) $V_1 = 3V_2$ d) $2V_1 = 3V_2$ e) $2V_1 = V_2$

127. (U.F.GO-80) Para encher um reservatório de água que tem a forma de um cilindro circular reto, são necessárias 5 horas. Se o raio da base é 3 m e a altura 10 m, o reservatório recebe água à razão de:

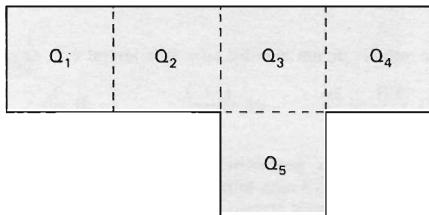
- a) $18\pi m^3$ por hora. d) $20\pi m^3$ por hora.
 b) $30\pi m^3$ por hora. e) $10\pi m^3$ por hora.
 c) $6\pi m^3$ por hora.

- 128.** (F.C.M.STA.CASA-80) Um cilindro com eixo horizontal de 15 m de comprimento e diâmetro interno de 8 m contém álcool. A superfície livre do álcool determina um retângulo de área 90 m^2 . Qual o desnível entre essa superfície e a geratriz de apoio do cilindro?
- 6 m
 - $\sqrt{7}\text{ m}$
 - $(4 - \sqrt{7})\text{ m}$
 - $(4 + \sqrt{7})\text{ m}$
 - $(4 - \sqrt{7})\text{ m}$ ou $(4 + \sqrt{7})\text{ m}$
- 129.** (PUC-SP-81) Quantos mililitros de tinta podem ser acondicionados no reservatório cilíndrico de uma caneta esferográfica, sabendo que seu diâmetro é 2 mm e seu comprimento é 12 cm ?
- $0,3768$
 - $3,768$
 - $0,03768$
 - $37,68$
 - $0,003768$
- 130.** (U.F.BA-81) $L + 2$ é o volume de um cilindro cuja área lateral é L . O raio do cilindro é igual a:
- $2(L + 1)$
 - $\frac{2(L + 2)}{L}$
 - $\frac{L + 2}{2}$
 - $\frac{L}{2}$
 - 4
- 131.** (U.C.PR-82) Temos dois vasilhames, geometricamente semelhantes. O primeiro é uma garrafa das de vinho, cuja altura é 27 cm . O segundo é uma miniatura do primeiro, usado como propaganda do produto, e cuja altura é 9 cm . Quantas vezes seria preciso esvaziar o conteúdo da miniatura na garrafa comum, para enchê-la completamente?
- 3 vezes
 - 9 vezes
 - 18 vezes
 - 27 vezes
 - 36 vezes
- 132.** (CESGRANRIO-83) Um tonel cilíndrico, sem tampa e cheio de água, tem 10 dm de altura e 5 dm de raio da base. Inclinando-se o tonel de 45° , o volume da água derramada é, aproximadamente:
- 145 dm^3
 - 155 dm^3
 - 263 dm^3
 - 353 dm^3
 - 392 dm^3
- 133.** (U.F.RN-84) Se um cilindro reto tem área lateral e volume, respectivamente, iguais a $2\pi\text{ m}^2$ e $\pi\text{ m}^3$, então sua altura vale:
- 1 m
 - 2 m
 - 3 m
 - 4 m
 - 5 m
- 134.** (U.F.GO-84) Um pedaço de cano, de 30 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro interno, encontra-se na posição vertical e possui a parte inferior vedada. Colocando-se dois litros de água em seu interior, a água:
- ultrapassa o meio do cano.
 - transborda.
 - não chega ao meio do cano.
 - enche o cano até a borda.
 - atinge exatamente o meio do cano.
- 135.** (U.F.PA-84) Dois cilindros equiláteros A e B têm os raios da base iguais a r_1 e r_2 , respectivamente. A razão entre os raios $\frac{r_1}{r_2}$ é igual a $\frac{l}{2}$. Então, a razão entre os volumes de A e B é:
- $\frac{1}{16}$
 - $\frac{1}{2}$
 - $\frac{1}{8}$
 - $\frac{1}{4}$
 - $\frac{1}{12}$
- 136.** (U.F.PA-85) Um cilindro circular reto tem o raio igual a 2 cm e altura 3 cm . Sua superfície lateral mede:
- $6\pi\text{ cm}^2$
 - $9\pi\text{ cm}^2$
 - $12\pi\text{ cm}^2$
 - $15\pi\text{ cm}^2$
 - $16\pi\text{ cm}^2$
- 137.** (U.F.PA-85) A área lateral de um cilindro de revolução é metade da área da base. Se o perímetro de sua seção meridiana é 18 m , o volume vale:
- $8\pi\text{ m}^3$
 - $10\pi\text{ m}^3$
 - $12\pi\text{ m}^3$
 - $16\pi\text{ m}^3$
 - $20\pi\text{ m}^3$

- 138.** (U.MACK.-75) A altura de um cilindro é 20. Aumentando-se o raio desse cilindro de 5, a área lateral do novo cilindro fica igual à área total do primeiro. O raio do primeiro cilindro é igual a:

a) 10 b) 8 c) 12 d) 5 e) 6

- 139.** (CESESP-86) Cid possui um aquário em acrílico, de forma cúbica, cuja aresta mede 20 cm e, desejando modificar-lhe a forma para a de um cilindro reto de mesma altura que o cubo, descolou as partes soldadas e desfez as dobras, observando então que o mesmo, quando planificado, apresentava-se como uma peça inteiriça conforme a figura abaixo.



Para obter a nova forma, pretende recortar do quadrado Q_5 um círculo de área máxima, que servirá de base ao aquário. O comprimento do retângulo formado pelos quadrados Q_1 , Q_2 , Q_3 e Q_4 deverá ser encurtado para formar a superfície lateral do cilindro.

Tomando $\pi = 3,14$, assinale a alternativa correspondente ao percentual de redução do volume do novo aquário em relação ao original.

a) 78,2% b) 21,5% c) 7,85% d) 2,15% e) 20%

- 140.** (FUVEST-89) Um recipiente cilíndrico cujo raio da base é 6 cm contém água até uma certa altura. Uma esfera de aço é colocada no interior do recipiente ficando totalmente submersa. Se a altura da água subiu 1 cm, então o raio da esfera é:

a) 1 cm b) 2 cm c) 3 cm d) 4 cm e) 5 cm

- 141.** (U.F.MG-90) As áreas das superfícies laterais de dois cilindros retos V_1 e V_2 , de bases circulares, são iguais. Se as alturas e os raios das bases dos dois cilindros são, respectivamente, H_1 , R_1 , H_2 , R_2 , pode-se afirmar que a razão entre os volumes de V_1 e V_2 , nessa ordem, é:

a) $\frac{H_1}{H_2}$ b) $\frac{R_1}{R_2}$ c) $\frac{H_1^2}{H_2^2}$ d) $\frac{R_1 H_1}{R_2 H_2}$ e) $\frac{R_1^2}{R_2^2}$

- 142.** (U.F.MG-90) Num cilindro reto, cuja altura é igual ao diâmetro da base, a área de uma seção perpendicular às bases, contendo os centros dessas, é $64 m^2$.

Então, a área lateral desse cilindro, em m^2 , é:

a) 8π b) 16π c) 32π d) 64π e) 128π

- 143.** (FATEC-90) Seja V o volume de um cilindro reto. Se a área da seção transversal reta deste cilindro diminui de 20% e a altura aumenta de 50%, então o volume do novo cilindro é:
- a) 0,20 V b) 0,50 V c) 0,80 V d) V e) 1,20 V
- 144.** (FUVEST-91) A uma caixa d'água de forma cúbica com 1 metro de lado está acoplado um cano cilíndrico com 4 cm de diâmetro e 50 m de comprimento. Num certo instante, a caixa está cheia de água e o cano vazio. Solta-se a água pelo cano até que fique cheio. Qual o valor aproximado da altura da água na caixa no instante em que o cano ficou cheio?
- a) 90 cm b) 92 cm c) 94 cm d) 96 cm e) 98 cm
- 145.** (U.C.SALVADOR-91) Você tem um copo, com a forma de um cilindro circular reto, e, para colocar água nele, você dispõe de um recipiente com a forma de um cone reto. Se o raio da base e a altura do copo são, respectivamente, o dobro do raio da base e o dobro da altura do recipiente, quantas vezes você precisará encher totalmente o recipiente e derramar a água no copo para enchê-lo completamente?
- a) 4 b) 8 c) 12 d) 16 e) 24
- 146.** (U.F.MG-92) Dois cilindros têm áreas laterais iguais. O raio do primeiro é igual a um terço do raio do segundo. O volume do primeiro é V_1 . O volume do segundo cilindro, em função de V_1 , é igual a:
- a) $\frac{1}{3} V_1$ b) V_1 c) $\frac{3}{2} V_1$ d) $2 V_1$ e) $3 V_1$
- 147.** (U.C.SALVADOR-92) Um recipiente tem a forma de um cilindro reto cujo raio da base mede 20 cm. Se, ao colocar-se uma pedra nesse tanque, o nível da água subir 0,8 mm, o volume dessa pedra será de, aproximadamente:
- a) 101,5 cm^3 b) 100,5 cm^3 c) 97,5 cm^3 d) 95,8 cm^3 e) 94,6 cm^3

Cone

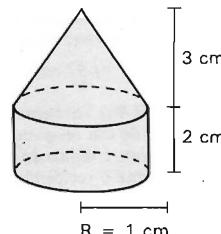
- 148.** (U.F.PR-80) A geratriz de um cone mede 13 cm e o diâmetro da sua base 10 cm. O volume do cone é:
- a) $100\pi \text{ cm}^3$ d) $\frac{325\pi}{3} \text{ cm}^3$
 b) $200\pi \text{ cm}^3$ e) $\frac{1}{3} 300\pi \text{ cm}^3$
 c) $400\pi \text{ cm}^3$
- 149.** (U.MACK.-80) Um cone e um prisma quadrangular regular retos têm bases de mesma área. O prisma tem altura 12 e volume igual ao dobro do volume do cone. Então, a altura do cone vale:
- a) 18 b) $\frac{16}{3}\pi$ c) 36 d) 24 e) 8π
- 150.** (F.C.M.STA.CASA-81) Se o raio da base, a altura e a geratriz de um cone circular reto constituem, nessa ordem, uma P.A. de razão igual a 1, o volume desse cone é, em unidades de volume:
- a) $\frac{2\pi}{3}$ b) $(\sqrt{3+1})\pi$ c) 12π d) 16π e) $\frac{80\pi}{3}$

- 151.** (U.F.MG-81) Um cone circular reto tem raio da base igual a 3 e altura igual a 6. A razão entre o volume e a área da base é:

a) $\sqrt{2}$ b) 1,5 c) 2 d) 4 e) 6

- 152.** (U.C.MG-81) O volume, em cm^3 , da figura formada por um cone e um cilindro circulares retos, é:

a) π
b) 2π
c) 3π
d) 4π
e) 5π



- 153.** (U.C.MG-81) O raio da base de um cone de revolução é 10 cm, e a altura 30 cm. Se o raio aumentar 1 cm e a altura diminuir 3 cm, a razão entre o segundo volume e o primeiro é de:

a) 0,333 b) 1,089 c) 1,321 d) 2,021 e) 3,000

- 154.** (ITA-81) Qual o volume de um cone circular reto, se a área de sua superfície lateral é de $24\pi \text{ cm}^2$ e o raio de sua base mede 4 cm?

a) $\frac{16}{3}\sqrt{20\pi} \text{ cm}^3$ c) $\frac{\sqrt{24}}{3}\pi \text{ cm}^3$ e) $\frac{1}{3}\sqrt{20\pi} \text{ cm}^3$
 b) $\frac{\sqrt{24}}{4}\pi \text{ cm}^3$ d) $\frac{8}{3}\sqrt{24\pi} \text{ cm}^3$

- 155.** (U.F.PA-84) Num cone reto, a altura mede 3 m e o diâmetro da base é 8 m. Então, a área total vale:

a) 52π b) 36π c) 20π d) 16π e) 12π

- 156.** (U.E.LONDRINA-84) A altura de um cone circular reto é 12 cm e seu volume é $64\pi \text{ cm}^3$. A geratriz desse cone mede, em cm:

a) $2\sqrt{10}$ b) $4\sqrt{10}$ c) $6\sqrt{10}$ d) $8\sqrt{10}$ e) $10\sqrt{10}$

- 157.** (U.E.BA-84) Um cone circular reto tem altura 3,75 cm e raio da base 5 cm. Esse cone é cortado por um plano paralelo à sua base, distando dela 0,75 cm. A área total do cone obtido com essa secção, em cm^2 , é:

a) 16π b) 20π c) 28π d) 36π e) 40π

- 158.** (CESGRANRIO-84) Um recipiente cônico, com altura 2 e raio da base 1, contém água até a metade de sua altura (Fig. I). Inverte-se a posição do recipiente, como mostra a Fig. II. A distância do nível da água ao vértice, na situação da Fig. II, é:

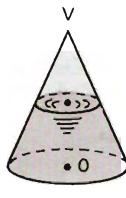


Fig. I

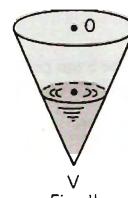


Fig. II

a) $\frac{3}{2}$ b) $\frac{4}{3}$ c) $\sqrt{3}$ d) $\sqrt[3]{7}$ e) $\sqrt[3]{6}$

159. (CESESP-85) Considere as proposições:

- I - A curva resultante da interseção de um cone reto com um plano não paralelo à sua base é sempre uma elipse.
- II - A curva resultante da interseção de um cone reto com um plano é necessariamente uma hipérbole, ou uma elipse, ou uma parábola.
- III - A interseção, não vazia, de um cone com um plano é dada por uma equação do 2º grau que não define um par de retas.

Assinale, então, a única alternativa correta:

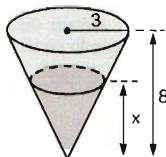
- Apenas as proposições I e II são verdadeiras.
- Apenas a proposição II é falsa.
- As proposições I, II e III são verdadeiras.
- As proposições I, II e III são falsas.
- Apenas a proposição I é verdadeira.

160. (U.F.PA-85) Um cone equilátero tem área de base $4\pi \text{ cm}^2$. Qual sua área lateral?

- $2\pi \text{ cm}$
- $4\pi \text{ cm}$
- $8\pi \text{ cm}$
- $16\pi \text{ cm}$
- $32\pi \text{ cm}$

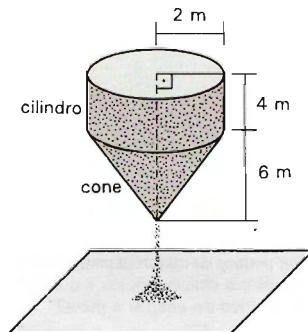
161. (FUVEST-92) Um copo tem a forma de um cone com altura 8 cm e raio de base 3 cm. Queremos enchê-lo com quantidades iguais de suco e de água. Para que isso seja possível a altura x atingida pelo primeiro líquido colocado deve ser:

- $\frac{8}{3} \text{ cm}$
- 6 cm
- 4 cm
- $4\sqrt{3} \text{ cm}$
- $4\sqrt[3]{4} \text{ cm}$



162. (FATEC-88) A fim de que não haja desperdício de ração e seus animais estejam sempre bem nutridos, um fazendeiro construiu um recipiente com uma pequena abertura na parte inferior, que permite a reposição automática da alimentação, conforme mostra a figura abaixo. A capacidade total de armazenagem do recipiente, em metros cúbicos, é:

- $8\pi + \frac{40}{3}\pi$
- 24π
- 28π
- 48π
- impossível de ser determinada, pois faltam informações.



163. (COVEST-U.F.PE-U.F.R.PE-88) Considere uma taça de vinho de forma cônica, conforme a figura.

Assinale as proposições verdadeiras e as proposições falsas nos itens abaixo:

- O volume de vinho na taça aumenta quando a altura h aumenta.
- O volume do vinho na taça é diretamente proporcional à altura h .
- O volume do vinho é inversamente proporcional à altura h .
- Sabendo-se as alturas h_1 , h_2 e o volume V_1 correspondente a h_1 , o volume V_2 correspondente a h_2 pode ser calculado através de uma regra de três direta.
- O volume do vinho não é diretamente proporcional, nem inversamente proporcional à altura h .



164. (ITA-88) A geratriz de um cone circular reto forma com o eixo deste cone um ângulo de 45° . Sabendo-se que o perímetro de sua secção meridiana mede 2 cm , podemos afirmar que a área total deste cone vale:

- $\frac{\pi}{3}(2\sqrt{2} - 2)\text{ cm}^2$
- $\pi(\sqrt{2} - 1)\text{ cm}^2$
- $\pi(\sqrt{3} - 1)\text{ cm}^2$
- $\frac{\pi}{2}(\sqrt{2} - 1)\text{ cm}^2$
- $\pi(\sqrt{5} - 1)\text{ cm}^2$

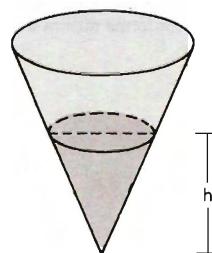
165. (FATEC-89) Suponham-se dois cones retos, de modo que a altura do primeiro é quatro vezes a altura do segundo e o raio da base do primeiro é a metade do raio da base do segundo. Se V_1 e V_2 são, respectivamente, os volumes do primeiro e do segundo cone:

- $V_1 = V_2$
- $V_1 = 2V_2$
- $2V_1 = 3V_2$
- $3V_1 = 2V_2$
- $2V_1 = V_2$

166. (U.F.MG-89) Um tanque de água tem a forma de um cone circular reto, com seu vértice apontando para baixo. O raio do topo é igual a 9 m e a altura do tanque é de 27 m .

Pode se afirmar que o volume V da água no tanque, como função da altura h da água, é:

- $V = \frac{\pi h^3}{27}$
- $V = \frac{\pi h^3}{9}$
- $V = \frac{\pi h^3}{3}$
- $V = 3\pi h^3$
- $V = 9\pi h^3$



167. (FUVEST-90) Um pedaço de cartolina possui a forma de um semicírculo de raio 20 cm . Com essa cartolina um menino constrói um chapéu cônico e o coloca com a base apoiada sobre uma mesa. Qual a distância do bico do chapéu à mesa?

- $10\sqrt{3}\text{ cm}$
- $3\sqrt{10}\text{ cm}$
- $20\sqrt{2}\text{ cm}$
- 20 cm
- 10 cm

- 168.** (CESGRANRIO-90) Um tanque cônico, de eixo vertical e vértice para baixo, tem água até a metade de sua altura. Se a capacidade do tanque é de 1 200 ℥, então a quantidade de água nele existente é de:

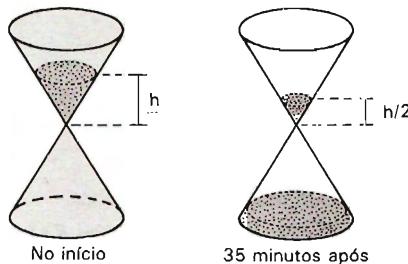
- a) 600 ℥ b) 450 ℥ c) 300 ℥ d) 200 ℥ e) 150 ℥

- 169.** (U.E.CE-91) Um cone circular reto de volume $\frac{8}{3} \pi \text{ cm}^3$ tem altura igual ao raio da base. Então, a geratriz desse cone, em cm, mede:

- a) $2\sqrt{2}$ b) $2\sqrt{3}$ c) $3\sqrt{2}$ d) $3\sqrt{3}$

- 170.** (CESGRANRIO-91) Uma ampulheta é formada por dois cones de revolução iguais, com eixos verticais e justapostos pelo vértice, o qual tem um pequeno orifício que permite a passagem de areia da parte de cima para a parte de baixo. Ao ser colocada para marcar um intervalo de tempo, toda a areia está na parte de cima e, 35 minutos após, a altura da areia na parte de cima reduziu-se à metade, como mostra a figura. Supondo que em cada minuto a quantidade de areia que passa do cone de cima para o de baixo é constante, em quanto tempo mais toda a areia terá passado para a parte de baixo?

- a) 5 minutos d) 20 minutos
b) 10 minutos e) 30 minutos
c) 15 minutos



- 171.** (U.F.MG-92) Considerem-se dois cones. A altura do primeiro é o dobro da altura do segundo; o raio da base do primeiro é a metade do raio da base do segundo.

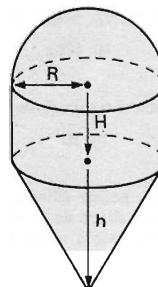
O volume do segundo é de 96π .
O volume do primeiro é:

- a) 48π b) 64π c) 128π d) 144π e) 192π

Esfera

- 172.** (CESESP-86) Pretende-se construir um tanque com a forma e dimensões da figura ao lado. Sabendo-se que o hemisfério, o cilindro circular reto e o cone circular reto, que constituem o referido tanque, têm igual volume, assinale, dentre as alternativas abaixo, a única que corresponde às relações existentes entre as dimensões indicadas.

- a) $R = h = H$
b) $3R = h = 3H$
c) $4R = h = 3H$
d) $2R = h = 3H$
e) $h = 3R = H$



- 173.** (CESGRANRIO-77) Uma laranja pode ser considerada uma esfera de raio R , composta por 12 gomos exatamente iguais. A superfície total de cada gomo mede:

- a) $2\pi R^2$ d) $3\pi R^2$
b) $4\pi R^2$ e) $\frac{4}{3}\pi R^2$
c) $\frac{3\pi}{4}R^2$



- 174.** (CESGRANRIO-80) Um tanque cilíndrico com água tem raio da base R . Mergulha-se nesse tanque uma esfera de aço e o nível da água sobe $\frac{9}{16} R$ (vide figura). O raio da esfera é:

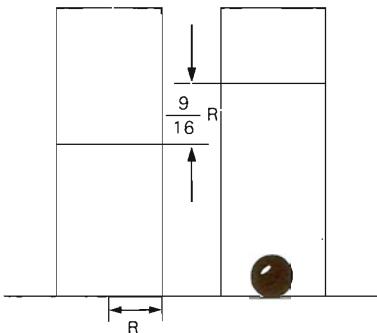
a) $\frac{3R}{4}$

d) $\frac{R}{2}$

b) $\frac{9R}{16}$

e) $\frac{2R}{3}$

c) $\frac{3R}{5}$



- 175.** (F.M.ABC-80) Assinale a verdadeira:

a) A área da coroa circular de raios R e r ($R > r > 0$) é $S = \pi(R - r)^2$.

b) A área do triângulo de lados a , b , c é $S = \frac{abc}{2}$.

c) Numericamente, o volume de qualquer esfera é maior do que a respectiva área.

d) Num cubo de aresta l , a soma da diagonal interna com a diagonal da base é aproximadamente π .

e) O volume do tetraedro regular de aresta a é $\frac{a^3}{3}$.

- 176.** (V.UNIF.RS-80) Um plano secciona uma esfera determinando um círculo de raio igual à distância do plano ao centro da esfera. Sendo 36π a área do círculo, o volume da esfera é:

a) $192\sqrt{2}\pi$

b) 576π

c) $576\sqrt{2}\pi$

d) 1296π

e) 7776π

- 177.** (PUC-SP-81) Qual é o raio de uma esfera 1 milhão de vezes maior (em volume) que uma esfera de raio l ?

a) 100 000

b) 10

c) 10 000

d) 1 000

e) 100

- 178.** (U.F.RS-81) Uma panela cilíndrica de 20 cm de diâmetro está completamente cheia de massa para doce, sem exceder a sua altura de 16 cm . O número de doces em formato de bolinhas de 2 cm de raio que se podem obter com toda a massa é:

a) 300

b) 250

c) 200

d) 150

e) 100

- 179.** (U.F.MG-82) Duas bolas metálicas, cujos raios medem 1 cm e 2 cm , são fundidas e moldadas em forma de um cilindro circular cuja altura mede 3 cm . O raio do cilindro, em cm , é:

a) $\frac{3}{2}$

b) 2

c) 6

d) $2\sqrt{\frac{5}{3}}$

e) $2\sqrt{3}$

- 180.** (CESCEM-72) Supondo a Terra esférica com circunferência meridiana de $40\,000\text{ km}$, a área de um fuso horário é de:

a) $\frac{32}{3\pi^2} 10^{12}\text{ km}^2$

c) $\frac{2}{3\pi} 10^8\text{ km}^2$

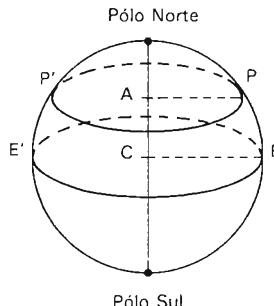
e) $\frac{4}{3}\pi^2\text{ km}^2$

b) $\frac{4}{9\pi^2} 10^{12}\text{ km}^2$

d) $\frac{4}{3}\pi 10^8\text{ km}^2$

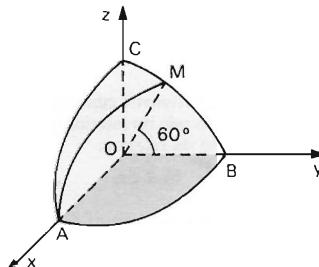
- 181.** (CESGRANRIO-83) Supondo a Terra esférica de centro C , o comprimento do paralelo PP' mostrado na figura é a metade do Equador EE' . A latitude (PCE) do paralelo é:

- a) 30°
- b) 40°
- c) 45°
- d) 60°
- e) 70°



- 182.** (CESGRANRIO-83) ABC é um octante de superfície esférica de raio 6 centrada na origem O , como se vê na figura. O segmento OM , do plano yOz , faz ângulo de 60° com Oy . Se o plano AOM corta o octante segundo o arco \widehat{AM} , então o comprimento de \widehat{AM} é:

- a) 3π
- b) $\frac{3\pi\sqrt{3}}{2}$
- c) $2\pi\sqrt{3}$
- d) $\frac{8\pi}{3}$
- e) 6π



- 183.** (U.F.PE-83) Uma esfera de centro O e raio igual a 5 cm é cortada por um plano P , resultando desta interseção uma circunferência de raio igual a 4 cm . Assinale, então, a alternativa que fornece a distância de O a P .

- a) 10 cm
- b) 5 cm
- c) 2 cm
- d) 1 cm
- e) 3 cm

- 184.** (U.F.RS-84) Duas bolas concêntricas têm raios medindo $\sqrt{2}$ e $\sqrt{6}$. A interseção da bola maior com um plano tangente à bola menor determina uma região plana de área:

- a) π
- b) 2π
- c) 4π
- d) 6π
- e) 8π

- 185.** (U.E.LONDRINA-84) Um cilindro circular reto e uma esfera são equivalentes. Se o raio da esfera e o raio da base do cilindro têm medida l , a área lateral desse cilindro é:

- a) $\frac{14}{3}\pi$
- b) $\frac{11}{3}\pi$
- c) $\frac{11}{4}\pi$
- d) $\frac{8}{3}\pi$
- e) $\frac{5}{4}\pi$

- 186.** (U.F.PA-84) Um plano secciona uma esfera determinando um círculo de raio igual à distância do plano ao centro da esfera. Sendo 25π a área do círculo, o volume da esfera é:

- a) $\frac{100\sqrt{2}}{3}\pi$
- b) $500\sqrt{2}\pi$
- c) $\frac{500\sqrt{2}}{3}\pi$
- d) $\frac{1\,000\sqrt{2}}{3}\pi$
- e) $\frac{1\,000\pi}{3}$

- 187.** (U.F.PA-85) O círculo máximo de uma esfera mede $6\pi\text{ cm}$. Qual o volume da esfera?

- a) $12\pi\text{ cm}^3$
- b) $24\pi\text{ cm}^3$
- c) $36\pi\text{ cm}^3$
- d) $72\pi\text{ cm}^3$
- e) $144\pi\text{ cm}^3$

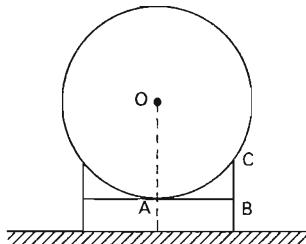
- 188.** (CESESP-85) Uma sonda espacial, em forma de um cone circular reto de volume igual a $16\pi m^3$ cuja altura é seis vezes o raio da base, colidiu com um asteroide de forma esférica e, por ter este uma baixa densidade, penetrou-lhe de tal modo que o terço médio de seu eixo (altura do cone) coincidiu com o diâmetro do asteroide.

Assinale, então, qual, dentre as alternativas abaixo, corresponde ao volume do asteroide antes da colisão.

- a) $32\pi/3 m^3$ b) $256\pi/3 m^3$ c) $32\sqrt{2}\pi/3 m^3$ d) $96\pi m^3$ e) $16\pi/3 m^3$

- 189.** (U.F.R.PE-87) Um reservatório de gás combustível de forma esférica está apoiado numa estrutura metálica conforme indicado na figura ao lado. Sabendo que a distância de A a B é de 4 m e de 2 m do ponto B ao ponto C, indique o valor aproximado do volume do reservatório, entre as alternativas abaixo.

- a) $580 m^3$ d) $512 m^3$
 b) $545 m^3$ e) $505 m^3$
 c) $523 m^3$



- 190.** (FUVEST-89) Um recipiente cilíndrico cujo raio da base é 6 cm contém água até uma certa altura. Uma esfera de aço é colocada no interior do recipiente ficando totalmente submersa. Se a altura da água subiu 1 cm , então o raio da esfera é:

- a) 1 cm b) 2 cm c) 3 cm d) 4 cm e) 5 cm

- 191.** (ITA-89) Justapondo-se as bases de dois cones retos e idênticos de altura H , forma-se um sólido de volume v . Admitindo-se que a área da superfície deste sólido é igual à área da superfície de uma esfera de raio H e volume V , a razão v/V vale:

- a) $\frac{\sqrt{11} - 1}{4}$ d) $\frac{\sqrt{17} - 1}{4}$
 b) $\frac{\sqrt{13} - 1}{4}$ e) $\frac{\sqrt{19} - 1}{4}$
 c) $\frac{\sqrt{15} - 1}{4}$

- 192.** (COVEST-89) Num tanque aberto, em forma de cubo, existem $510 m^3$ de álcool. No interior do referido tanque é colocada uma esfera, que se ajusta perfeitamente ao tanque, ou seja, a esfera fica inscrita no cubo. Se a aresta do cubo mede 10 m , assinale dentre os itens abaixo as proposições verdadeiras e as proposições falsas.

- a) Não haverá derramamento de álcool.
 b) O volume da esfera é menor que o volume de álcool.
 c) O derramamento de álcool é de aproximadamente $34 m^3$.
 d) O volume da esfera é maior que o volume de álcool.
 e) O derramamento de álcool é de aproximadamente $100 m^3$.

- 193.** (VUNESP-92) Considere uma circunferência C de raio r num plano α e aponte a única alternativa falsa.

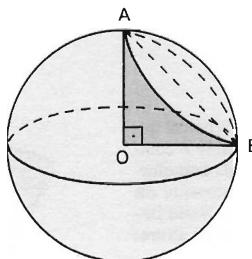
- a) Existem superfícies esféricas cuja interseção com α é C .
 b) Existe apenas uma superfície esférica de raio r cuja interseção com α é C .
 c) Dentre as superfícies esféricas que interceptam α segundo C , há uma de raio menor.
 d) Dentre as superfícies esféricas que interceptam α segundo C , há uma de raio maior.
 e) Se $t > r$, há duas, e apenas duas, superfícies esféricas de raio t cuja interseção com α é C .

- 194.** (ITA-92) Um cone de revolução está circunscrito a uma esfera de raio $R \text{ cm}$. Se a altura do cone for igual ao dobro do raio da base, então a área de sua superfície lateral mede:

- a) $\frac{\pi}{4} (1 + \sqrt{5})^2 R^2 \text{ cm}^2$
 b) $\frac{\pi \sqrt{5}}{4} (1 + \sqrt{5})^2 R^2 \text{ cm}^2$
 c) $\frac{\pi \sqrt{5}}{4} (1 + \sqrt{5}) R^2 \text{ cm}^2$
 d) $\pi \sqrt{5} (1 + \sqrt{5}) R^2 \text{ cm}^2$
 e) n.d.a.

- 195.** (U.F.MG-92) Observe a figura.

Um plano intercepta uma esfera segundo um círculo de diâmetro \overline{AB} . O ângulo $A\hat{O}B$ mede 90° e o raio da esfera, 12 cm . O volume do cone de vértice O e base de diâmetro \overline{AB} é:



- a) 9π
 b) $36\sqrt{2}\pi$
 c) $48\sqrt{2}\pi$
 d) $144\sqrt{2}\pi$
 e) 1304π

Sólidos semelhantes – Troncos

- 196.** (ITA-71) Dado um cone reto de geratriz g e altura h , calcular a que distância do vértice deveremos passar um plano paralelo à base, a fim de que a secção obtida seja equivalente à área lateral do tronco formado.

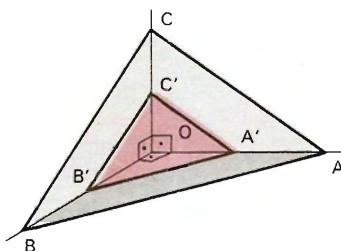
- a) $\sqrt{g(g - h)}$
 b) $\sqrt{g(g - \sqrt{g^2 - h^2})}$
 c) $\sqrt{g^2 - \sqrt{g^2 - h^2}}$
 d) $\sqrt{h^2 - g\sqrt{g^2 - h^2}}$
 e) nenhuma das respostas anteriores.

- 197.** (FEI-72) Na figura temos:

$$\begin{aligned}\overline{OA} &= \overline{OB} = \overline{OC} = 2 \text{ cm} \\ \overline{OA'} &= \overline{OB'} = \overline{OC'} = 1 \text{ cm}\end{aligned}$$

O volume da parte da figura entre os planos $A'B'C'$ e ABC é:

- a) metade do volume de $OABC$.
 b) $\frac{2}{3}$
 c) $\frac{1}{8}$
 d) $\frac{7}{8}$
 e) $\frac{7}{6}$



- 198.** (ITA-73) Seja S uma semi-esfera de raio R dado. Sejam p e q dois planos paralelos e distantes entre si $\frac{R}{2}$ e tais que interceptam S paralelamente à sua base. Seja T o tronco de cone com bases b e c , onde b e c são as interseções de p e q com S . Seja x o valor da menor das distâncias d e D , onde d é a distância entre p e a base de S , e D é a distância entre q e a base de S .

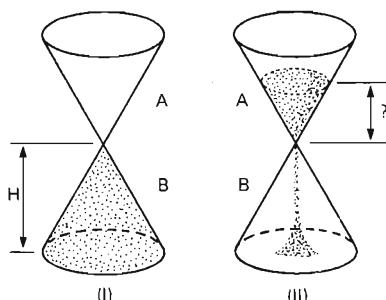
$$\text{Seja } K = \left[(R^2 - x^2) \left(R^2 - \left(x + \frac{R}{2} \right)^2 \right) \right]^{1/2}$$

Então o volume de T , como função de x , $0 \leq x \leq \frac{R}{2}$, vale:

- a) $\frac{\pi R}{6} \left(\frac{7}{4} R^2 - 2x^2 - Rx + K \right)$
 b) $\frac{\pi R}{12} \left(\frac{7}{4} R^2 - 2x^2 - Rx + K \right)$
 c) $\frac{\pi R}{12} \left(\frac{7}{4} R^2 - 2x^2 - Rx - K \right)$
 d) $\frac{\pi R}{6} \left(\frac{7}{4} R^2 - 2x^2 - Rx - K \right)$
 e) n.d.a.

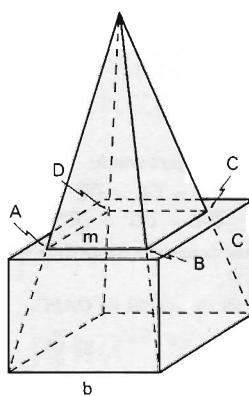
- 199.** (CESGRANRIO-77) Uma ampulheta repousa numa mesa como mostra a figura (I) (o cone B completamente cheio de areia). A posição da ampulheta é invertida. A figura (II) mostra o instante em que cada cone contém metade da areia. Nesse instante, a areia no cone B forma um cone de altura:

- a) $\frac{H}{\sqrt{3}}$
 b) $\frac{H}{2}$
 c) $\frac{H}{\sqrt[3]{2}}$
 d) $\frac{H}{\sqrt[3]{3}}$
 e) $\frac{H}{4}$



- 200.** (U.MACK.-77) Na figura ao lado, b é a medida da aresta de um cubo e aresta da base de uma pirâmide de altura h ; m é a medida do lado do quadrado $ABCD$. Então existe b :

- a) se $h = 2 m$.
 b) se $h = 3 m$.
 c) se $h = 4 m$.
 d) quaisquer que sejam h e m .
 e) Não sei.



- 201.** (CESGRANRIO-79) Uma cesta de lixo (Figura I) tem por faces laterais trapézios: isósceles (Figura II) e por fundo um quadrado de 19 cm de lado (estamos desprezando a espessura do material de que é feita a cesta). A altura da cesta em cm é:

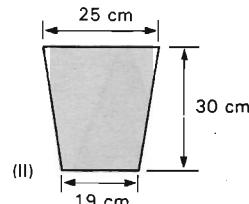
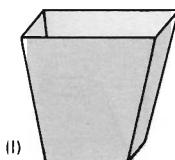
a) $30 \times \frac{19}{25}$

d) $5\sqrt{13}$

b) $9\sqrt{11}$

e) $30\sqrt{\frac{19}{25}}$

c) $7\sqrt{19}$



- 202.** (V.UNIF.RS-80) Uma pirâmide de altura 6 e área da base 27 é interceptada por um plano cuja distância ao vértice é 2 e que é paralelo ao plano da base. O volume do tronco de pirâmide assim determinado é:

a) 44

b) 46

c) 48

d) 50

e) 52

- 203.** (U.F.GO-80) O volume de um tronco de cone circular reto com base de raio R , cuja altura é a quarta parte da altura h do cone correspondente, é:

a) $\frac{\pi R^2 h}{4}$

b) $\frac{\pi R^2 h}{12}$

c) $\frac{55\pi \cdot R^2 h}{192}$

d) $\frac{37\pi R^2 h}{192}$

e) $\frac{3\pi R^2 h}{4}$

- 204.** (PUC-SP-81) O volume de um tronco de pirâmide de bases paralelas e altura h é dado por

$V = \frac{h}{3} (S + S' + \sqrt{S \cdot S'})$, onde S e S' são as áreas das bases. Se as bases de um tronco de pirâmide são quadrados de lados 3 e 4 e se a altura é 5, então o seu volume é:

a) $\frac{175\sqrt{3}}{3}$

b) 73

c) $\sqrt{12}$

d) $25 + \sqrt{3}$

e) $\frac{185}{3}$

- 205.** (VUNESP-84) Seja P_1 uma pirâmide regular, cuja base é um quadrado de lado a . Cortamos P_1 por um plano paralelo à base e que dista da base de metade da altura h de P_1 . Seja P_2 a pirâmide menor resultante desse corte, V_1 o volume de P_1 e V_2 o volume de P_2 . Então:

a) não dá para comparar os volumes V_1 e V_2 .

d) $\frac{V_1}{9} < V_2 < \frac{V_1}{8}$

b) $V_2 = \frac{V_1}{9}$

e) $\frac{V_1}{8} < V_2 < \frac{V_1}{7}$

c) V_1 é igual a 8 vezes V_2

- 206.** (CESGRANRIO-84) Um recipiente cônico, com altura 2 e raio da base 1, contém água até a metade de sua altura (Fig. I). Inverte-se a posição do recipiente, como mostra a Fig. II. A distância do nível da água ao vértice, na situação da Fig. II, é:

a) $\frac{3}{2}$

b) $\frac{4}{3}$

c) $\sqrt{3}$

d) $\sqrt[3]{7}$

e) $\sqrt[3]{6}$

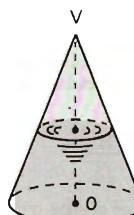


Fig. I

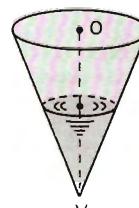


Fig. II

- 207.** (CESGRANRIO-85) De um cone de centro da base O e de altura H (Fig. I), obtém-se um tronco de cone de altura $H/2$ (Fig. II). Neste tronco, faz-se um furo cônico com vértice O , como indicado na Fig. III. Se o volume do cone da Fig. I é V , então o volume do sólido da Fig. III é:

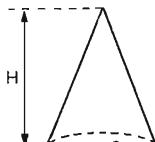


Fig. I

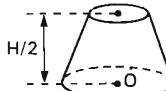


Fig. II



Fig. III

- a) $\frac{3V}{4}$ b) $\frac{V}{2}$ c) $\frac{5V}{8}$ d) $\frac{2V}{3}$ e) $\frac{4V}{7}$

- 208.** (CESGRANRIO-88) Um cone circular reto é cortado em duas partes por um plano paralelo à sua base e que passa pelo ponto médio da sua altura. Se v e V são os volumes da menor e da maior dessas partes, respectivamente, então $\frac{v}{V}$ vale:

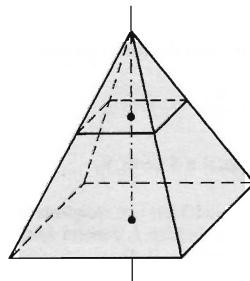
- a) $\frac{1}{9}$ b) $\frac{1}{8}$ c) $\frac{1}{7}$ d) $\frac{2}{7}$ e) $\frac{2}{9}$

- 209.** (ITA-88) A geratriz de um cone circular reto forma com o eixo deste cone um ângulo de 45° . Sabendo-se que o perímetro de sua secção meridiana mede 2 cm , podemos afirmar que a área total deste cone vale:

- a) $\frac{\pi}{3}(2\sqrt{2} - 2)\text{ cm}^2$ d) $\frac{\pi}{2}(\sqrt{2} - 1)\text{ cm}^2$
 b) $\pi(\sqrt{2} - 1)\text{ cm}^2$ e) $\pi(\sqrt{5} - 1)\text{ cm}^2$
 c) $\pi(\sqrt{3} - 1)\text{ cm}^2$

- 210.** (U.F.MG-89) Corta-se uma pirâmide regular de base quadrangular e altura 4 cm por um plano paralelo ao plano da base, de maneira que os volumes dos dois sólidos obtidos sejam iguais. A altura do tronco de pirâmide obtido é, em centímetros:

- a) 1
 b) $4 - 2\sqrt[3]{4}$
 c) 2
 d) $4 - \sqrt{2}$
 e) $4 - \sqrt[3]{2}$



- 211.** (VUNESP-90) Um cone reto tem raio da base R e altura H . Secciona-se esse cone por um plano paralelo à base e distante h do vértice, obtendo-se um cone menor e um tronco de cone, ambos de mesmo volume. Então:

- a) $h = \frac{H\sqrt[3]{4}}{2}$ b) $h = \frac{H}{\sqrt{2}}$ c) $h = \frac{H\sqrt[3]{2}}{2}$ d) $3h = H\sqrt[3]{4}$ e) $h = \frac{H\sqrt[3]{3}}{3}$

- 212.** (ITA-92) Uma seção plana que contém o eixo de um tronco de cilindro é um trapézio cujas bases menor e maior medem, respectivamente, $h\text{ cm}$ e $H\text{ cm}$. Duplicando-se a base menor, o volume sofre um acréscimo de $\frac{1}{3}$ em relação ao seu volume original. Deste modo:

- a) $2H = 3h$ b) $H = 2h$ c) $H = 3h$ d) $2H = 5h$ e) n.d.a.

- 213.** (ITA-92) Num cone de revolução, o perímetro da seção meridiana mede 18 cm e o ângulo do setor circular mede 288° . Considerando-se o tronco de cone cuja razão entre as áreas das bases é $\frac{4}{9}$, então sua área total mede:

a) $16\pi \text{ cm}^2$ b) $\frac{308\pi}{9} \text{ cm}^2$ c) $\frac{160\pi}{3} \text{ cm}^2$ d) $\frac{100\pi}{9} \text{ cm}^2$ e) n.d.a.

Inscrição e circunscrição de sólidos

- 214.** (ITA-70) Um bloco de madeira tem a forma de um paralelepípedo reto, com base quadrada de lado 5 cm e com altura 1 m . Tal bloco tem uma cavidade cilíndrica, sendo que o eixo do cilindro que determina a cavidade passa pelo centro do paralelepípedo e faz com o plano da base um ângulo de 45 graus. O cilindro corta ambas as faces do paralelepípedo segundo uma circunferência de raio 1 m . Qual é o volume do bloco?

a) $(75 - \pi) \text{ m}^3$ d) $\left(25 + \frac{\sqrt{2}}{2}\pi\right) \text{ m}^3$
 b) $(25 - 2\pi) \text{ m}^3$ e) nenhum dos resultados acima é válido
 c) $\left(25 - \frac{\sqrt{2}}{2}\pi\right) \text{ m}^3$

- 215.** (PUC-SP-72) Num cubo de aresta a , inscreve-se uma esfera, depois um cubo nesta esfera, neste último cubo, e assim indefinidamente. O limite da soma dos volumes de todos os cubos será:

a) $\frac{2\sqrt{3}}{3\sqrt{3+1}} a^3$ d) $\frac{3\sqrt{3}}{3\sqrt{3+2}} a^3$
 b) $\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3-1}} a^3$ e) nenhuma das anteriores
 c) $\frac{3\sqrt{3}}{3\sqrt{3-1}} a^3$

- 216.** (CESCEM-73) Em uma caixa cúbica de aresta l são colocadas N^3 esferas maciças, cada uma delas com diâmetro $\frac{l}{N}$, N inteiro, estritamente positivo. A diferença entre o volume do cubo e o volume ocupado pelas esferas é:

a) igual a $l - \frac{\pi}{3}$. d) estritamente crescente com N .
 b) igual a $l - \frac{\pi}{6}$. e) estritamente decrescente com N .
 c) igual a $l - \frac{4\pi}{3}$.

- 217.** (ITA-73) Seja L o comprimento do eixo de uma caldeira cilíndrica terminada por duas semi-esferas. Sabe-se que a área da superfície total da caldeira é $4\pi k^2$, com $0 < k < \frac{L}{2}$. As dimensões da parte cilíndrica da caldeira valem:

a) $\frac{k^2}{L} \text{ e } L + \frac{3k^2}{L}$ c) $\frac{2k^2}{L} \text{ e } L - \frac{4k^2}{L}$ e) n.d.a.
 b) $\frac{k^2}{L} \text{ e } k + \left(\frac{3}{4}\right)L$ d) $\frac{k^2}{2L} \text{ e } L + \left(\frac{4}{3}\right)k^2$

- 218.** (ITA-73) Consideremos um cone de revolução de altura h , e um cilindro nele inscrito. Seja d a distância do vértice do cone à base superior do cilindro. A altura H de um segundo cilindro inscrito neste cone (diferente do primeiro) e de mesmo volume do primeiro é dada por:

a) $H = \frac{(h - \sqrt{h-d})}{3}$
b) $H = \frac{(h \pm \sqrt{h^2 - d^2})}{3}$
c) $H = \frac{(h - d + h\sqrt{h^2 - d^2})}{2}$

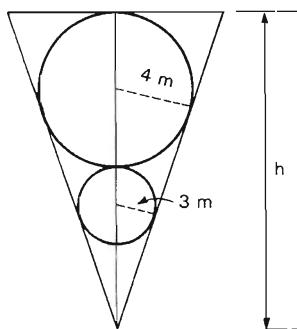
d) $H = \frac{(h+d-\sqrt{(h-d)(h+3d)})}{2}$
e) n.d.a.

- 219.** (ITA-73) Um octaedro regular é inscrito num cubo, que está inscrito numa esfera, e que está inscrita num tetraedro regular. Se o comprimento da aresta do tetraedro é l , qual é o comprimento da aresta do octaedro?

a) $\sqrt{\frac{2}{27}}$
b) $\sqrt{\frac{3}{4}}$
c) $\sqrt{\frac{2}{4}}$
d) $\frac{l}{6}$
e) n.d.a.

- 220.** (CESCEM-74) Duas esferas de raios 3 m e 4 m têm centro no eixo do cone da figura, são tangentes entre si e ao cone. A altura h do cone mede:

a) $512 \frac{\sqrt{3}}{7} \text{ m}$
b) $32 \sqrt{\frac{6}{7}} \text{ m}$
c) $32 \left(\sqrt{\frac{6}{7}} + \sqrt{\frac{1}{42}} \right) \text{ m}$
d) 32 m
e) 21 m



- 221.** (FUVEST-77) Um tetraedro tem um triângulo tri-retângulo de arestas a , b , c e está circunscrito a uma esfera de raio r que tangencia as faces do citado tetraedro em P , Q e R . Os lados do triângulo PQR são:

a) proporcionais a $\frac{\sqrt{a^2+b^2}}{c}$, $\frac{\sqrt{a^2+c^2}}{b}$ e $\frac{\sqrt{b^2+c^2}}{a}$.
b) proporcionais a a , b e c .
c) proporcionais a $\frac{ab}{c}$, $\frac{ac}{b}$ e $\frac{bc}{a}$.
d) iguais a $r\sqrt{2}$.
e) perpendiculares às faces do tetraedro.

- 222.** (ITA-78) Se numa esfera de raio R , circunscrevemos um cone reto cuja geratriz é igual ao diâmetro da base, então a expressão do volume deste cone em função do raio da esfera é dada por:

a) $3 - R^3$
b) $\frac{3\sqrt{3}}{2} \pi R^3$
c) $3\sqrt{3} \pi R^3$
d) $\frac{4\sqrt{3}}{3} \pi R^3$
e) n.d.a.

223. (PUC-SP-79) A soma de todas as arestas de um cubo mede 24 m. O volume da esfera inscrita no cubo é:

- a) $\frac{2}{3} \pi m^3$ b) $\frac{3}{4} \pi m^3$ c) $\frac{1}{2} \pi m^3$ d) $\frac{3}{2} \pi m^3$ e) $\frac{4}{3} \pi m^3$

224. (U.MACK.-79) Vinte e sete esferas macias de chumbo, de raio 1 metro, devem ser acondicionadas em uma única caixa, após o que, todo “espaço” restante da caixa deve ser completado com água. Dispondo-se somente de 5 caixas cúbicas distintas, aquela na qual o volume de água adicionada é mínimo, é a de capacidade, em metros cúbicos, igual a:

- a) 108π b) 27π c) 36π d) 72π e) 81π

225. (PUC-RS-80) O volume do cubo inscrito numa esfera de raio 3 é:

- a) $24\sqrt{3}$ b) $12\sqrt{3}$ c) $8\sqrt{3}$ d) $6\sqrt{3}$ e) $2\sqrt{3}$

226. (ITA-80) Considere uma esfera inscrita num cone circular reto tal que a área da superfície total do cone é n vezes a área da superfície da esfera, $n > 1$. Se o volume da esfera é $r cm^3$ e se a área da base do cone é $s cm^2$, o comprimento em centímetro da altura do cone é dado por:

- a) r/s b) $(nr)/s$ c) $(2nr)/s$ d) $(3nr)/s$ e) $(4nr)/s$

227. (U.F.UBERLÂNDIA-80) A área de uma esfera, a área total do cilindro equilátero circunscrito a ela e a área total do cone equilátero também circunscrito a essa esfera são proporcionais aos números:

- a) 1, 2, 4 b) 3, 4, 5 c) 4, 6, 9 d) 1, 2, 3 e) 2, 4, 7

228. (U.F.PE-81) Considere um tanque em forma de um cone invertido de raio de base 6 m e altura 8 m. Deixe-se cair dentro do tanque uma esfera de raio 3 m. Assinale a alternativa correspondente à distância do centro da esfera ao vértice do cone.

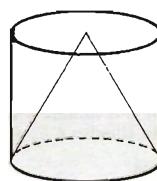
- a) 4 m b) 2 m c) 5 m d) 10 m e) 6 m

229. (PUC-SP-82) Uma pirâmide quadrangular regular é inscrita num cubo de aresta a . A área total da pirâmide é igual a:

- a) a^2 d) $a^2(2 + \sqrt{3})$
 b) $a^2\sqrt{5}$ e) $a^2(5 + \sqrt{5})$
 c) $a^2(1 + \sqrt{5})$

230. (U.F.RS-82) O cone e o cilindro da figura são circulares retos e têm a mesma base, altura e área lateral; se a geratriz do cone mede 4, então a medida da altura é:

- a) 1
 b) 2
 c) 3
 d) 4
 e) 5



231. (U.F.ES-82) Enche-se um tubo cilíndrico de altura $h = 20 cm$ e raio da base $r = 2 cm$ com esferas tangentes ao mesmo e tangentes entre si.

O volume interior ao cilindro e exterior às esferas vale:

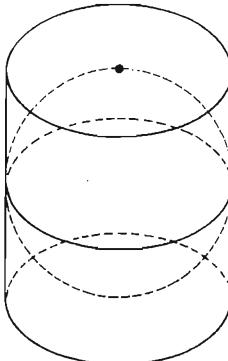
- a) $\frac{102\pi}{3} cm^3$ b) $\frac{80\pi}{3} cm^3$ c) $40\pi cm^3$ d) $\frac{160\pi}{3} cm^3$ e) $80\pi cm^3$

232. (CESGRANRIO-82) Uma cesta cilíndrica de 2 m de altura e raio da base 1 m está cheia de bolas de diâmetro igual à quarta parte de 1 m. Se cerca de 50% da capacidade da cesta correspondem aos espaços vazios, o número mais aproximado de bolas que a cesta contém é:

- a) 100 b) 150 c) 215 d) 385 e) 625

- 241.** (CESGRANRIO-87) Uma esfera está contida num cilindro circular reto e tangencia suas bases e sua superfície lateral, como se vê na figura. Então a razão entre a área da esfera e a área total do cilindro é:

- a) $\frac{1}{2}$
 b) $\frac{2}{3}$
 c) $\frac{3}{4}$
 d) $\frac{2}{\pi}$
 e) $\frac{\pi}{4}$

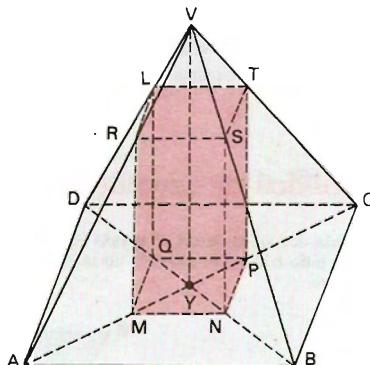


- 242.** (FATEC-87) Seja g a geratriz de um cone circular reto inscrito num cilindro circular reto de altura h e raio da base 3. Se a razão entre a área da superfície total do cone e a área da superfície total do cilindro é $\frac{4}{7}$, então g é igual a:

- a) $-\frac{3}{8} + \frac{7}{8} h$ d) $-\frac{3}{7} + \frac{8h}{7}$
 b) $\frac{3}{8} + \frac{7}{8} h$ e) $\frac{3}{7} + \frac{8h}{7}$
 c) $\frac{8h}{7}$

- 243.** (VUNESP-87) O quadrado $MNPQ$ está situado na base (também um quadrado) da pirâmide reta $VABCD$ e seus lados são paralelos aos respectivos de $ABCD$. Se os segmentos MR , NS , PT e QL são perpendiculares à base da pirâmide, se $\overline{AM} = \overline{MP} = \overline{PC}$ e se $\overline{AB} = 4\text{ cm}$ e $\overline{VY} = 3\text{ cm}$, o volume do prisma $MNPQRSTL$ abaixo é:

- a) $\frac{32}{9}$ cm³
 b) $\frac{14}{9}$ cm³
 c) $\frac{30}{9}$ cm³
 d) $\frac{24}{9}$ cm³
 e) $\frac{34}{9}$ cm³



- 244.** (U.F.R.PE-87) Indique o valor da área lateral, em cm^2 , do sólido cujos vértices são os centros de simetria das faces de um cubo de aresta medindo $L\text{ cm}$.

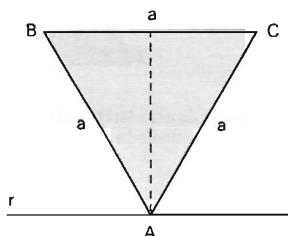
- a) $L\sqrt{3} \text{ cm}^2$ d) $5L^2 \text{ cm}^2$
 b) $L^2\sqrt{3} \text{ cm}^2$ e) $3L^2 \text{ cm}^2$
 c) $L^2\sqrt{2} \text{ cm}^2$

- 245.** (U.F.VIÇOSA-89) Uma esfera tem raio não nulo r e volume $V = \frac{4}{3} \pi r^3$. O volume do cubo circunscrito a ela, em função de V , é:
- a) $\frac{3V}{\pi}$ b) $\frac{4V}{\pi}$ c) $\frac{5V}{\pi}$ d) $\frac{6V}{\pi}$ e) $\frac{2V}{\pi}$
- 246.** (ITA-89) Os lados congruentes de um triângulo isósceles formam um ângulo de 30 graus e o lado oposto a este ângulo mede $x \text{ cm}$. Este triângulo é a base de uma pirâmide de altura $H \text{ cm}$, que está inscrita em um cilindro de revolução. Deste modo, o volume V , em centímetros cúbicos, deste cilindro é igual a:
- a) $2\pi x^2 H$ b) $\frac{1}{3} \pi x^2 H$ c) $\frac{2}{3} \pi x^2 H$ d) $3\pi x^2 H$ e) $\pi x^2 H$
- 247.** (ITA-89) Um cone e um cilindro, ambos retos, possuem o mesmo volume e bases idênticas. Sabendo-se que ambos são inscritíveis em uma esfera de raio R , então a altura H do cone será igual a:
- a) $\frac{6}{5} R$ b) $\frac{3}{2} R$ c) $\frac{4}{3} R$ d) $\frac{2}{3} R$ e) $\frac{7}{5} R$
- 248.** (U.F.MG-90) A razão entre as áreas totais de um cubo e do cilindro reto nele inscrito, nessa ordem, é:
- a) $\frac{2}{\pi}$ b) $\frac{3}{\pi}$ c) $\frac{4}{\pi}$ d) $\frac{5}{\pi}$ e) $\frac{6}{\pi}$
- 249.** (U.E.CE-91) A área total, em cm^2 , de um cubo inscrito numa esfera de raio 2 cm é:
- a) 16 b) 32 c) $16\sqrt{3}$ d) $32\sqrt{3}$
- 250.** (U.MACK.-75) A razão entre o volume de um cone, de altura igual a 4 vezes o raio da esfera inscrita, e o volume desta esfera é:
- a) 2 b) 3 c) 4 d) $\frac{4}{3}$ e) $\frac{5}{4}$
- 251.** (U.F.BA-92) Considerando-se um cubo de aresta $2\sqrt{3} \text{ cm}$ inscrito numa esfera, pode-se afirmar:
- a) O volume da esfera é $36\pi \text{ cm}^3$.
 b) O volume do cone circular reto inscrito no cubo é $6\sqrt{3}\pi \text{ cm}^3$.
 c) A área lateral do cilindro equilátero circunscrito na esfera é $18\pi \text{ cm}^2$.
 d) A área total do tetraedro de aresta igual à do cubo é $12\sqrt{3} \text{ cm}^2$.
 e) O volume do sólido limitado por uma face do cubo e a superfície esférica é $(6\pi - 4\sqrt{3}) \text{ cm}^3$.

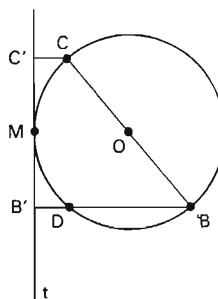
Superfícies e sólidos de revolução

- 252.** (PUC-SP-71) A medida dos lados de um triângulo equilátero ABC é a . O triângulo ABC gira em torno de uma reta r do plano do triângulo, paralelo ao lado BC e passando pelo vértice A . O volume gerado por esse triângulo mede:

- a) $\frac{\pi a^3}{3}$
 b) $\frac{\pi a^3}{2}$
 c) πa^3
 d) $\frac{3\pi a^3}{2}$
 e) $\frac{\pi a^3}{5}$



- 253.** (ITA-73) Seja $\overline{B'C'}$ a projeção do diâmetro \overline{BC} de um círculo de raio r sobre a reta tangente t por um ponto M deste círculo. Seja $2k$ a razão da área total do tronco do cone gerado pela rotação do trapézio $BCB'C'$ ao redor da reta tangente t e área do círculo dado. Qual é o valor de k para que a medida do segmento MB' seja igual à metade do raio r ?
- a) $k = \frac{11}{3}$ d) $k = \frac{1}{2}$
 b) $k = \frac{15}{4}$ e) nenhuma das respostas anteriores
 c) $k = 2$
- 254.** (ITA-74) Seja c um quarto de circunferência \widehat{AB} de raio R e centro O , e seja t a reta tangente a c em A . Traça-se pelo centro O de c uma reta que corta c num ponto M , e corta a reta tangente num ponto N , distintos de A . Seja k a razão entre o volume gerado pelo setor OAM e o volume gerado pelo triângulo OAN , ambos obtidos girando-se de 2π em torno de \overline{AO} . O comprimento do segmento AN é igual ao raio R se:
- a) $1 < k < 2,5$ d) $0 < k < 1,5$
 b) $2,5 \leq k \leq 3$ e) n.d.r.a.
 c) $0 < k \leq 2$



- 255.** (ITA-75) As medidas dos catetos de um triângulo retângulo são $(\sin x)$ cm e $(\cos x)$ cm. Um estudante calculou o volume do sólido gerado pela rotação deste triângulo em torno da hipotenusa, e obteve como resultado π cm³.

Considerando este resultado como certo, podemos afirmar que:

a) $x = \frac{\pi}{6}$ b) $x = \frac{\pi}{3}$ c) $x = \frac{\pi}{4}$ d) $x = \frac{\pi}{5}$ e) n.d.a.

- 256.** (ITA-77) Considere um triângulo retângulo inscrito em uma circunferência de raio R tal que a projeção de um dos catetos sobre a hipotenusa vale $\frac{R}{m}$ ($m \geq 1$). Considere a esfera gerada pela rotação desta circunferência em torno de um de seus diâmetros. O volume da parte desta esfera, que não pertence ao sólido gerado pela rotação do triângulo em torno da hipotenusa, é dado por:

a) $\frac{2}{3} \pi R^3 \left(\frac{m-1}{m} \right)^2$ c) $\frac{2}{3} \pi R^3 \left(\frac{m+1}{m} \right)^2$ e) nenhuma das alternativas anteriores
 b) $\frac{2}{3} \pi R^3 \left(1 - \left(\frac{m+1}{m} \right)^2 \right)$ d) $\frac{2}{3} \pi R^3 \left(1 + \left(\frac{m-1}{m} \right)^2 \right)$

- 257.** (PUC-SP-80) A hipotenusa de um triângulo retângulo mede 2 e um dos ângulos mede 60° . Girando-se o triângulo em torno do cateto menor, obtém-se um cone cujo volume é igual a:

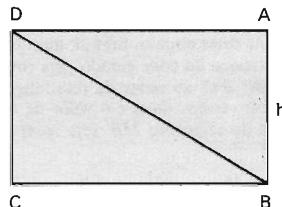
a) π b) $\frac{\pi \sqrt{3}}{3}$ c) $\frac{\pi \sqrt{3}}{6}$ d) $\frac{\pi}{2}$ e) $\frac{\pi \sqrt{2}}{3}$

- 258.** (V.UNIF.RS-80) O volume do sólido gerado pela revolução de um triângulo equilátero de lado a em torno de um de seus lados é:

a) $\frac{1}{4} \pi a^3$ b) $\frac{1}{3} \pi a^3$ c) $\frac{1}{2} \pi a^3$ d) $\frac{3}{4} \pi a^3$ e) $\frac{4}{3} \pi a^3$

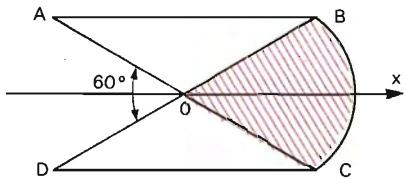
- 259.** (U.MACK.-81) Na figura ao lado o retângulo $ABCD$ faz uma rotação completa em torno de \overline{AB} . A razão entre os volumes gerados pelos triângulos ABD e BCD é:

- a) 1 d) $\frac{1}{3}$
 b) $\frac{1}{2}$ e) $\frac{1}{4}$
 c) 3



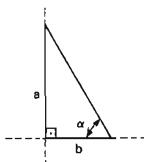
- 260.** (ITA-82) A figura hachurada abaixo é a seção transversal de um sólido de revolução em torno do eixo x . A parte tracejada é formada por um setor circular de raio igual a l e ângulo igual a 60° . O segmento de reta AB é paralelo ao eixo x . A área da superfície total do sólido mede:

- a) $\left(\sqrt{3} - \frac{1}{2}\right)\pi$ d) $\left(\sqrt{3} - \frac{5}{2}\right)\pi$
 b) $\left(\sqrt{3} + \frac{1}{2}\right)\pi$ e) $\frac{5\pi}{2}$
 c) $\left(\sqrt{3} + \frac{5}{2}\right)\pi$



- 261.** (U.F.RS-83) Na figura, o triângulo tem catetos a e b . Se V_a e V_b são os volumes dos sólidos gerados pelas rotações de 360° do triângulo em torno de a e b , respectivamente, e $V_b = 2V_a$, então $\operatorname{tg} \alpha$ é:

- a) $\frac{1}{2}$ c) $\sqrt{2}$ e) 4
 b) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ d) 2



- 262.** (ITA-83) Ao girarmos o gráfico da função $f(x) = \begin{cases} x & ; x \in [0; 1] \\ \sqrt{2x - x^2} & ; x \in (1; 2] \end{cases}$

em torno do eixo das abscissas (eixo dos x), obtemos uma superfície de revolução cujo volume é:

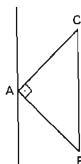
- a) $\frac{\pi}{3}$ b) $\frac{\pi}{2}$ c) π d) 2π e) 3π

- 263.** (U.F.PE-84) Considere um quadrado de lado ℓ e uma reta contendo uma de suas diagonais. Assinale a alternativa correspondente ao volume do sólido que obtemos quando giramos o quadrado de 180° em torno dessa reta.

- a) $\pi \ell^3 \frac{\sqrt{2}}{12}$ b) $\pi \ell^3 \frac{\sqrt{2}}{2}$ c) $\pi \ell^3 \frac{\sqrt{1}}{2}$ d) $\pi \ell^3 \frac{\sqrt{2}}{8}$ e) $\pi \ell^3 \frac{\sqrt{2}}{4}$

- 264.** (U.F.MG-87) Na figura, a reta r é paralela a BC , e o triângulo ABC é tal que $B\hat{A}C = 90^\circ$, $BC = a$ e a altura relativa à hipotenusa é h . Então, o volume do sólido gerado pela rotação do triângulo em torno de r é:

- a) $\pi h^2 a$ d) $\frac{\pi}{3} a^2 h$
 b) $\frac{2}{3} \pi h^2 a$ e) $\frac{\pi}{3} h^2 a$
 c) $\pi a^2 h$



265. (UNICAP-87) Faz-se girar, de 360° , um triângulo retângulo de catetos medindo 1 cm e 3 cm em torno do cateto de maior medida. O volume do sólido obtido por este procedimento é:

- a) $\frac{\pi}{3} \text{ cm}^3$ b) $3\pi \text{ cm}^3$ c) $\pi \text{ cm}^3$ d) $\frac{2}{3}\pi \text{ cm}^3$ e) $\frac{3}{2}\pi \text{ cm}^3$

266. (CESGRANRIO-89) Um triângulo retângulo, de lados 3, 4 e 5, gira em torno do seu maior cateto, gerando um cone de revolução. O volume desse cone mede:

- a) 10π b) 12π c) 15π d) 18π e) 20π

267. (U.F.MG-90) Os lados de um triângulo isósceles medem 5 cm, 6 cm e 5 cm. O volume do sólido que se obtém girando-o em torno de sua base, em cm^3 , é:

- a) 16π b) 24π c) 32π d) 48π e) 75π

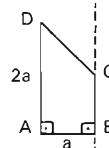
268. (ITA-90) Considere a região do plano cartesiano xOy definida pelas desigualdades

$$x - y \leqslant 1, x + y \geqslant 1 \text{ e } (x - 1)^2 + y^2 \leqslant 2.$$

O volume do sólido gerado pela rotação desta região em torno do eixo x é igual a:

- a) $\frac{4}{3}\pi$ b) $\frac{8}{3}\pi$ c) $\frac{4}{3}(2 - \sqrt{2})\pi$ d) $\frac{8}{3}(\sqrt{2} - 1)\pi$ e) n.d.a.

269. (UNESP-91) No trapézio $ABCD$ da figura os ângulos internos em A e B são retos, e o ângulo interno em D é tal que sua tangente vale $\frac{5}{6}$. Se $\overline{AD} = 2 \cdot \overline{AB}$, o volume do sólido obtido ao se girar o trapézio em torno da reta por B e C é dado por:



- a) $\left(\frac{3}{4}\right)\pi a^3$ b) $\left(\frac{5}{8}\right)\pi a^3$ c) $\left(\frac{6}{5}\right)\pi a^3$ d) $\left(\frac{20}{13}\right)\pi a^3$ e) $\left(\frac{8}{5}\right)\pi a^3$

270. (ITA-91) Considere a região do plano cartesiano xy definido pela desigualdade:

$$x^2 + y^2 - 2x + 4y + 4 \leqslant 0.$$

Quando esta região rodar um ângulo de $\frac{\pi}{3}$ radianos em torno da reta $y + x + 1 = 0$, ela irá gerar um sólido cujo volume é igual a:

- a) $\frac{4\pi}{3}$ b) $\frac{2\pi}{3}$ c) $\frac{\pi}{3}$ d) $\frac{4\pi}{9}$ e) n.d.a.

271. (U.F.MG-92) Considerem-se um retângulo $ABCD$ e dois cilindros: um obtido girando-se $ABCD$ em torno de \overline{AB} e o outro, girando-se o retângulo em torno de \overline{BC} .

A razão entre a soma dos volumes dos dois cilindros e a área do retângulo, nessa ordem, é 10π . O perímetro do retângulo é:

- a) 10 b) 20 c) 30 d) 40 e) 50

272. (ITA-92) Num cone de revolução, o perímetro da seção meridiana mede 18 cm e o ângulo do setor circular mede 288° . Considerando-se o tronco de cone cuja razão entre as áreas das bases é $4/9$, então sua área total mede:

- a) $16\pi \text{ cm}^2$ b) $\frac{308\pi}{9} \text{ cm}^2$ c) $\frac{160\pi}{3} \text{ cm}^2$ d) $\frac{100\pi}{9} \text{ cm}^2$ e) n.d.a.

273. (ITA-92) Um cone de revolução está circunscrito a uma esfera de raio R cm. Se a altura do cone for igual ao dobro do raio da base, então a área de sua superfície lateral mede:

- a) $\frac{\pi}{4}(1 + \sqrt{5})^2 R^2 \text{ CM}^2$ b) $\frac{\pi\sqrt{5}}{4}(1 + \sqrt{5}) R^2 \text{ cm}^2$ c) $\frac{\pi\sqrt{5}}{4}(1 + \sqrt{5}) R^2 \text{ cm}^2$
 d) $\pi\sqrt{5}(1 + \sqrt{5}) R^2 \text{ cm}^2$ e) n.d.a.

Respostas dos Testes

1. c	c) F	68. a	107. d	146. e	181. d	216. b	e) V
2. e	d) F	69. e	108. c	147. b	182. a	217. c	252. b
3. b	e) V	70. a	109. d	148. a	183. e	218. d	253. b
4. 1 ^a a 2 ^a d 3 ^a e 4 ^a b	36. a) F b) F c) V d) F e) F	71. e	110. a	149. a	184. c	219. d	254. e
5. c	37. c	72. b	111. c	150. c	185. d	220. d	255. e
6. e	38. e	73. a	112. d	151. c	186. d	221. d	256. d
7. a	39. e	74. d	113. b	152. c	187. c	222. a	257. a
8. d	40. e	75. b	114. c	153. b	188. a	223. e	258. a
9. c	41. c	76. a	115. c	154. a	189. c	224. d	259. b
10. d	42. d	77. d	116. e	155. b	190. c	225. a	260. e
11. c	43. c	78. a	117. e	156. b	191. d	226. d	261. d
12. b	44. c	79. a	118. a	157. d	192. a) F b) F	227. d	262. c
13. e	45. d	80. a	119. e	158. d	c) V	228. c	263. d
14. b	46. b	81. c	120. a	159. d	d) V	229. c	264. b
15. a	47. a	82. d	121. a	160. c	e) F	230. b	265. c
16. e	48. b	83. b	122. a	161. e	231. b	266. b	
17. c	49. a	84. d	123. e	162. b	193. d	232. d	267. c
18. b	50. b	85. b	124. a	163. a) V b) V	194. b	233. b	268. b
19. c	51. b	86. d	125. b	c) F	195. d	234. d	269. e
20. d	52. e	87. a	126. d	d) V	196. b	235. d	270. d
21. a	53. e	88. d	127. a	e) F	197. e	236. e	271. b
22. a	54. c	89. e	128. e	164. b	198. a	237. a	272. b
23. a	55. b	90. a	129. a	165. a	199. c	238. a	273. b
24. e	56. d	91. b	130. b	166. a	200. c	239. e	
25. d	57. a	92. a	131. d	167. a	201. b	240. a	
26. a	58. e	93. a	132. e	168. e	202. e	241. b	
27. c	59. e	94. a	133. a	169. a	203. d	242. e	
28. e	60. a	95. e	134. b	170. a	204. e	243. a	
29. e	61. e	96. a	135. c	171. a	205. c	244. b	
30. b	62. d	97. d	136. c	172. d	206. d	245. d	
31. b	63. b	98. b	137. d	173. e	207. a	246. b	
32. a, b, d	64. b	99. e	138. a	174. a	208. b	247. a	
33. b	65. d	100. c	139. b	175. d	209. b	248. c	
34. e	66. d	101. e	140. b	176. c	210. b	249. b	
35. a) V b) V	67. d	102. e	141. b	177. e	211. a	250. a	
		103. d	142. e	178. d	212. b	251. a) V b) F c) V d) V	
		104. d	143. a	179. b	213. b		
		105. b	144. c	180. c	214. e		
		106. c	145. e	215. c			

Esta obra é distribuída **Gratuitamente** pela Equipe Digital Source e Viciados em Livros para proporcionar o benefício de sua leitura àqueles que não podem comprá-la ou àqueles que necessitam de meios eletrônicos para ler. Dessa forma, a venda deste e-book ou até mesmo a sua troca por qualquer contraprestação é totalmente condenável em qualquer circunstância. A generosidade e a humildade é a marca da distribuição, portanto distribua este livro livremente.

Após sua leitura considere seriamente a possibilidade de adquirir o original, pois assim você estará incentivando o autor e a publicação de novas obras.

Se quiser outros títulos nos procure :

http://groups.google.com/group/Viciados_em_Livros, será um prazer recebê-lo em nosso grupo.



http://groups.google.com/group/Viciados_em_Livros

<http://groups.google.com/group/digitalsource>

Este livro é distribuído GRATUITAMENTE pela equipe DIGITAL SOURCE e VICIADOS EM LIVROS com a intenção de facilitar o acesso ao conhecimento a quem não pode pagar e também proporcionar aos Deficientes Visuais a oportunidade de apreciar mais uma manifestação do pensamento humano.

Se você tirar algum proveito desta obra, considere seriamente a possibilidade de adquirir o original.

Incentive o autor e a publicação de novas obras!

Se quiser outros títulos nos procure.

Será um prazer recebê-lo em nosso grupo.

http://groups.google.com/group/Viciados_em_Livros

<http://groups.google.com/group/digitalsource>