

Física Moderna

Exp[®] F.17

Estruturas Cristalinas



MONTAGEM DE MODELOS DE ESTRUTURAS CRISTALINAS.

Com estas esferas (26 furos)
e bastões (8 tamanhos)
monta-se qualquer uma
das 14 estruturas das
redes de Bravais.



FRACTAL

www.fractal.ind.br



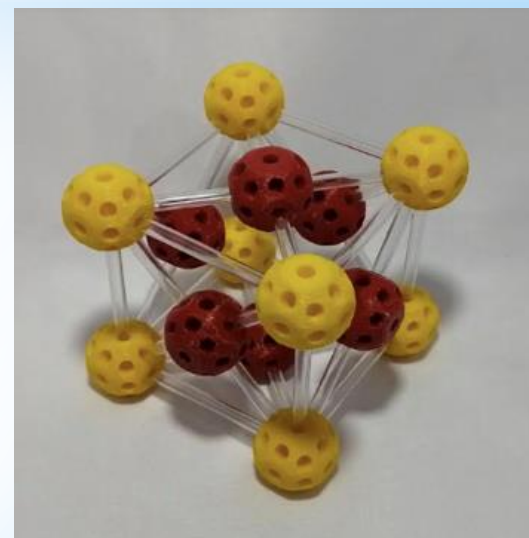
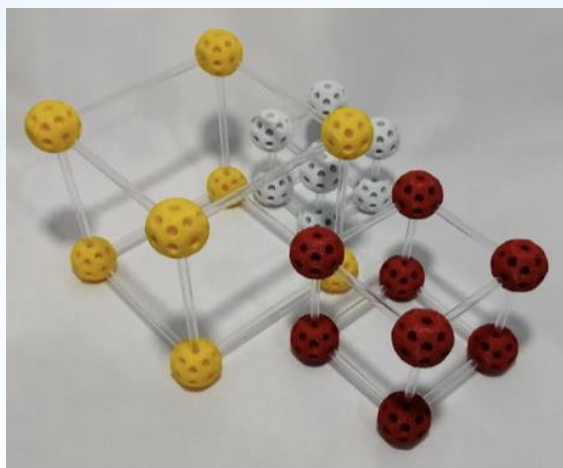
www.fractal.ind.br

contato@fractal.ind.br

Whatsapp 84 99413-0079

Exp F.17

Estruturas Cristalinas



Sobre Estruturas Cristalinas

- Este ExP[®] (Experimento Portátil) é formado por 35 esferas e 140 hastes. Com estes componentes pode-se montar inúmeras estruturas de cristais de materiais inorgânicos, de elementos químicos (Ferro, Alumínio, Carbono) ou moléculas, por exemplo, NaCl e Co_2FeAl com suas respectivas estruturas chamadas de rede de bravais, bcc, fcc, hcp, entre outras. É uma excelente ferramenta para visualização em 3D das moléculas de forma palpável e com imagem real.

Material do ExP® Estruturas Cristalinas

- Esferas

- Diâmetro de 2,4 cm.
- Cada esfera com 26 furos.
 - 15 vermelha.
 - 10 amarela.
 - 10 branca.



- Hastes (diâmetro de 0,4 cm).

- 10 de 13 cm e 15 de 8,0 cm.
- 10 de 7,5 cm e 15 de 7,0 cm.
- 05 de 6,5 cm e 40 de 5,0 cm.
- 15 de 4,0 cm e 30 de 3,0 cm.



Apresentação das Esferas e Hastes

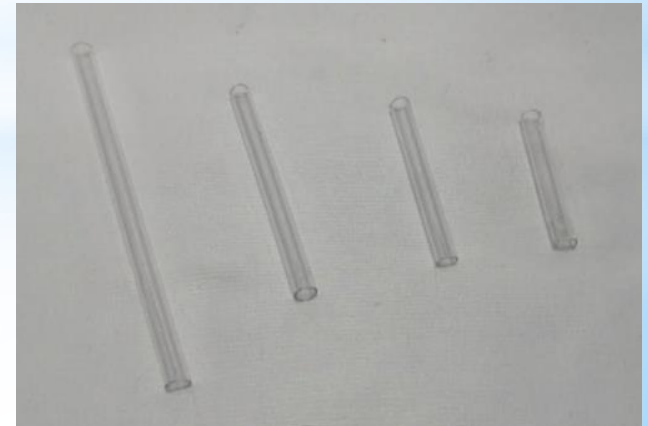
Esferas.

- Todas as três cores possuem os mesmos 26 furos. Há 6 furos ortogonais entre si. Tem 4 furos com ângulo de 45 graus com relação aos furos ortogonais e 4 furos com ângulo de 54,75 graus.
- Identifique com precisão cada ângulo nos furos de cada esfera.
- Veja na fotografia ao lado as setas para cada furo com seu respectivo ângulo.



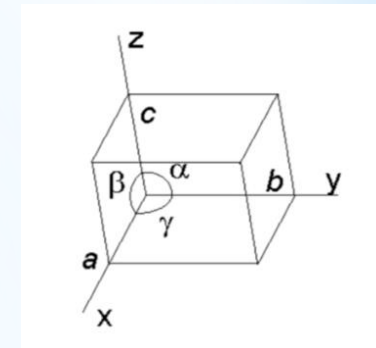
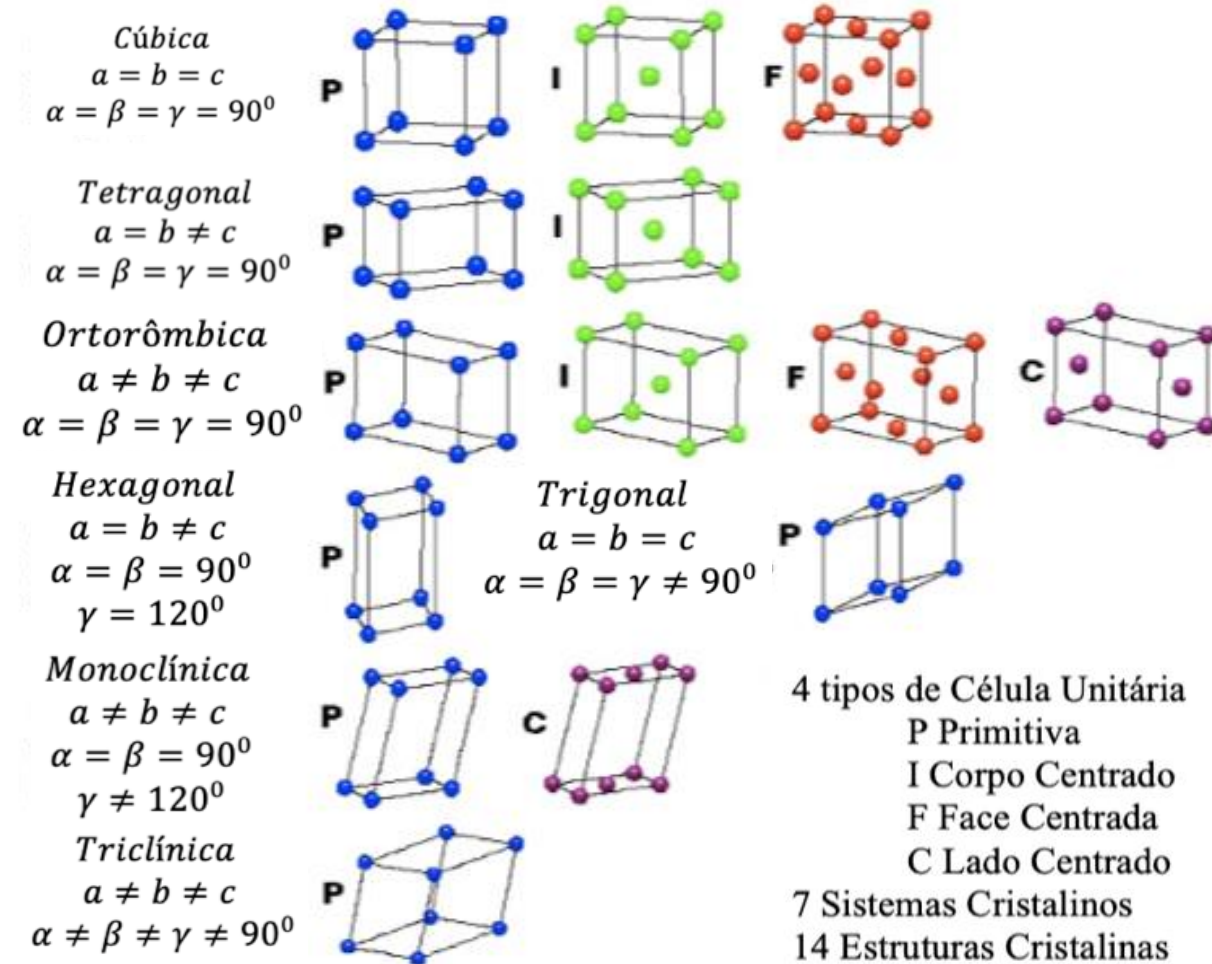
Hastes.

- São 4 tamanhos de hastes transparentes com diâmetro de 0,4 cm, 10 de 13 cm, 15 de 8,0 cm, 10 de 7,5 cm, 15 de 7,0 cm, 5 de 6,5 cm, 40 de 5,0 cm, 15 de 4,0 cm e 15 de 3,0 cm de comprimento.



Redes de Bravais.

- Auguste Bravais, cientista francês demonstrou, em 1847, geometricamente que são 14 as configurações básicas para as estruturas cristalinas, separados em 7 sistemas cristalinos, à saber: cúbica, tetragonal, ortorômbica, hexagonal, trigonal, monoclínico e triclínico, conforme figura abaixo. Na figura ao lado a definição dos parâmetros.



Nas páginas que se segue, iremos mostrar com usar as esferas e as hastes para montar estas 14 estruturas cristalinas básicas.

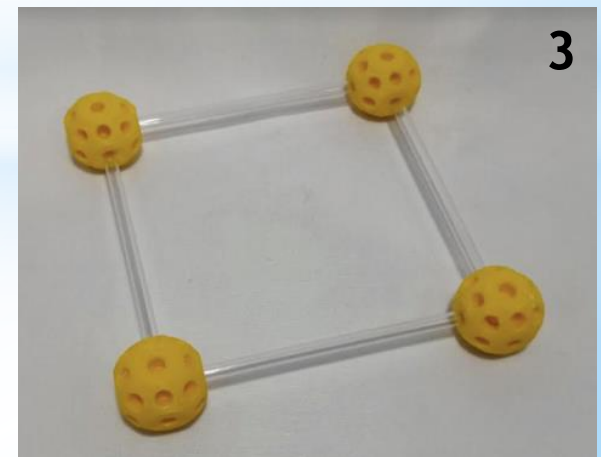
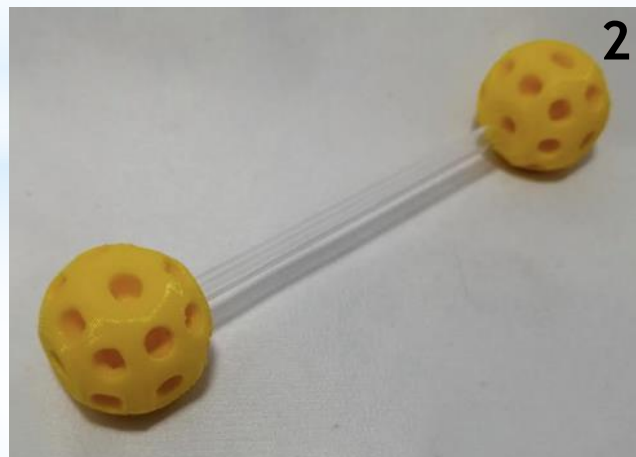
Elementos Químicos e suas estruturas cristalinas.

- Estudos científicos que usam principalmente difração de raios-X e por difração de elétrons são usados para demonstrar as estruturas cristalinas de diversos elementos químicos. As apresentadas abaixo são as mais comuns na natureza.
- Hexagonal:
Be (0,23 e 0,36) Ce (0,30) Co-alfa (0,25 e 0,41), He (0,36 e 0,48 a 2 K), Mg (0,32 e 0,52), Nd (0,37 e 0,59), Ti (0,30 e 0,47) e Zn (0,27 e 0,50).
- Cúbica de Face Centrada:
Ar (0,52 a 4.2 K), Ag (0,41), Al (0,41), Au (0,41), Ca (0,56), Ce (0,52), Cu (0,36), Kr (0,57), Pb (0,50), Pt (0,39), Sr (0,061), Xe (0,62 a 58 K).
- Cúbica de Corpo Centrada:
Ba (0,50), Cr (0,29), Cs (0,60 a 78 K), Fe (0,29), K (0,52 a 5 K), Li (0,35), Na (0,42), Nb (0,33), Ta (0,33), V (0,30) e W (0,32).

Montagem da Estrutura Cúbica Primitiva

$$\begin{array}{l} \text{Cúbica} \\ a = b = c \\ \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \end{array}$$

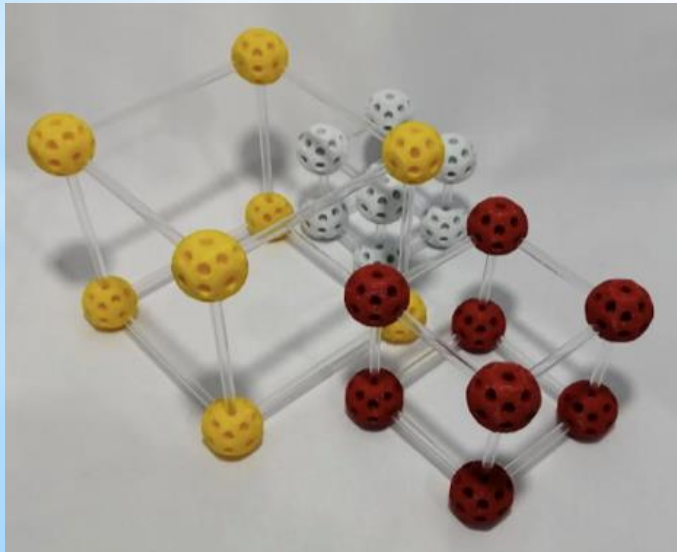
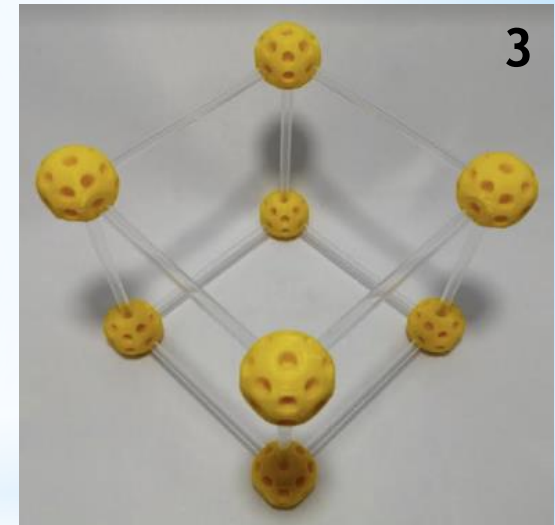
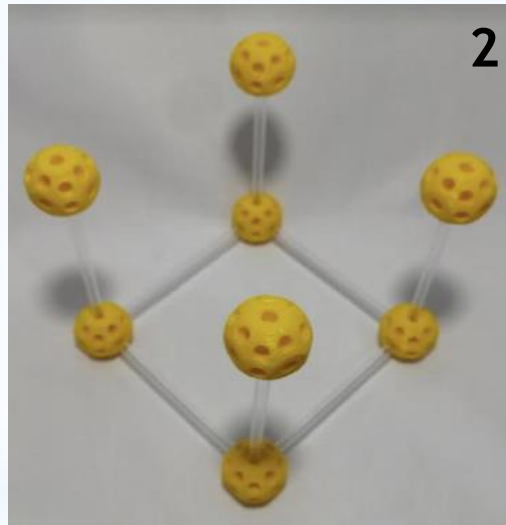
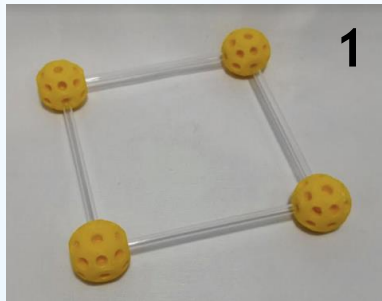
- A estrutura mais fácil de montar é a cúbica primitiva. Ela é composta por 8 esferas nos vértices de um cubo. Serão necessário 8 esferas (amarelas, por exemplo) e 12 hastes de 8,0 cm de comprimento.
- Inicie a montagem de uma das bases com 4 esferas e 4 hastes.
- Identifique em uma esfera o furo que possui ranhuras no formato de anéis concêntricos a este furo, são 2 furos para cada esfera, veja foto 1.
- Fixe uma haste em um destes furos. Na outra extremidade da haste fixe outra esfera em um destes furo. Gire as esferas para ficarem alinhadas, isto é, mesma posição dos furos com relação ao plano de base, sua mesa, veja a foto 2.
- Agora siga as mesmas orientações anteriores e monte a base da estrutura com 4 esferas e 4 hastes. Veja a foto 3.



Montagem – Cúbica Simples

$$\begin{array}{l} \text{Cúbica} \\ a = b = c \\ \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \end{array}$$

- Ao fixar cada esfera observe o furo com os anéis concêntricos, posicione-as na mesma direção da primeira esfera que colocou.
- Fixe esferas e hastes seguindo a numeração das fotos que se segue.

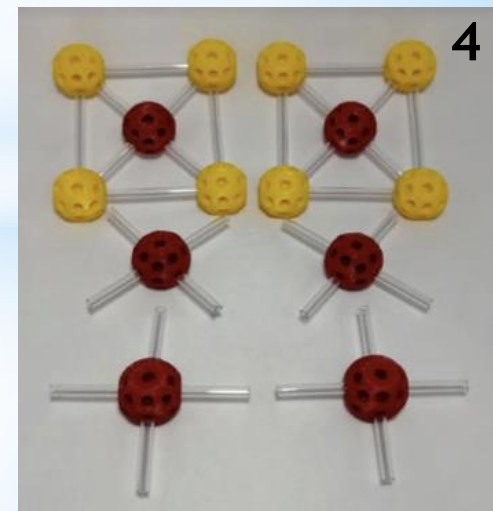
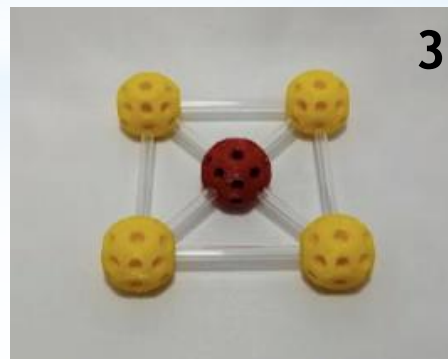
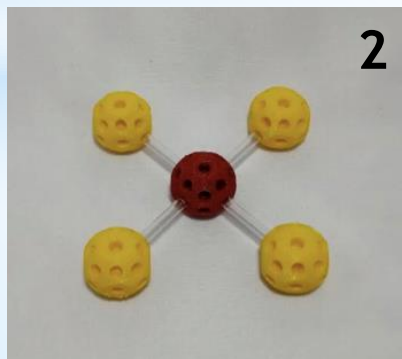
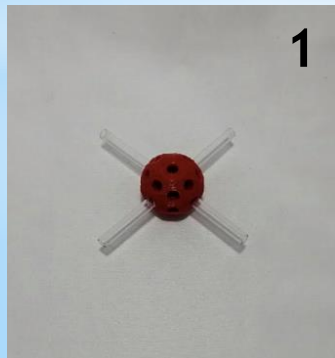


- Você pode montar outras estruturas cúbica simples com esferas de cores diferentes e as hastes menores. Veja a fotografia a esquerda com 3 estruturas cúbica simples.

Montagem – Cúbica de Face Centrada

$$\begin{aligned} &\text{Cúbica} \\ &a = b = c \\ &\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \end{aligned}$$

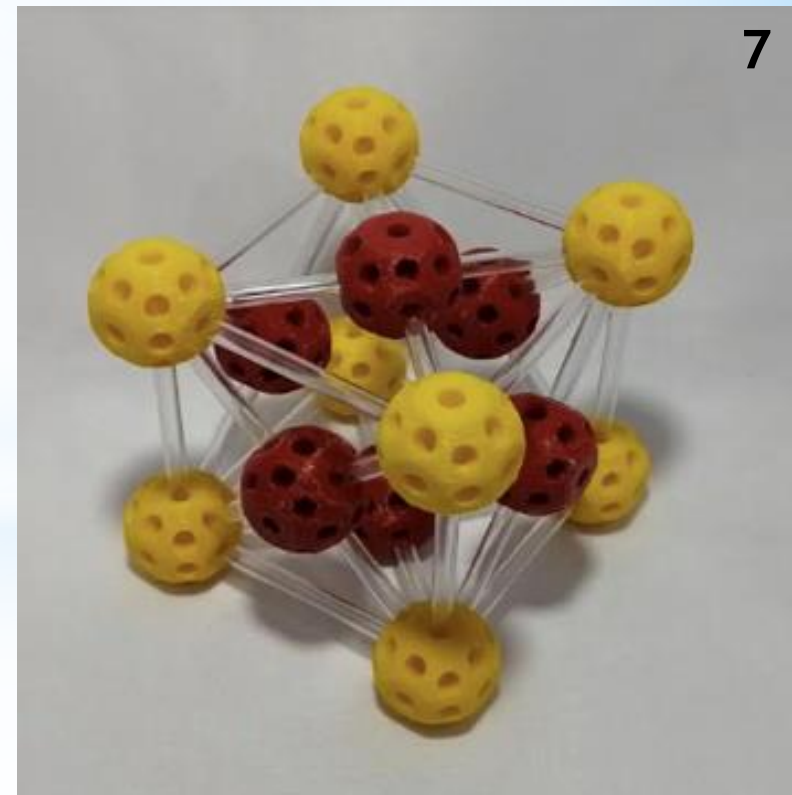
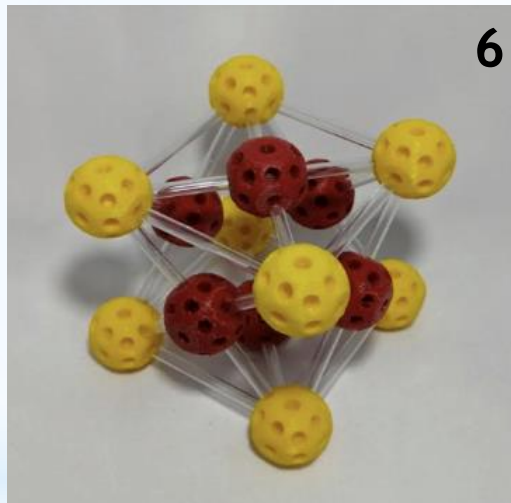
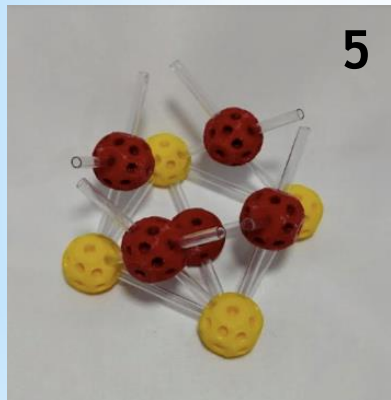
- Para montar esta estrutura irá precisar de 8 esferas de uma cor (amarela, por exemplo), 6 esferas de outra cor (vermelha), 12 hastes de 5,0 cm e 24 hastes de 3,0 cm.
- Iniciei montando a esfera que ficará centrada em cada face. Selecione um dos furos que possui anéis concêntricos para ficar na posição para cima.
- Coloque 4 hastes de 3,0 cm nos 4 furos que formam o plano a 90 graus desse furo que ficou para cima, conforme foto 1.
- No final destas 4 hastes coloque 4 esferas amarelas (com um dos furos que possui anéis concêntricos para ficar na posição para cima, conforme foto 2).
- Fixe agora as hastes de 5,0 cm entre as esferas amarelas, veja a foto 3.
- Monte os 6 conjuntos conforme a fotografia 4.



Montagem – Cúbica de Face Centrada

$$\begin{array}{l} \text{Cúbica} \\ a = b = c \\ \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \end{array}$$

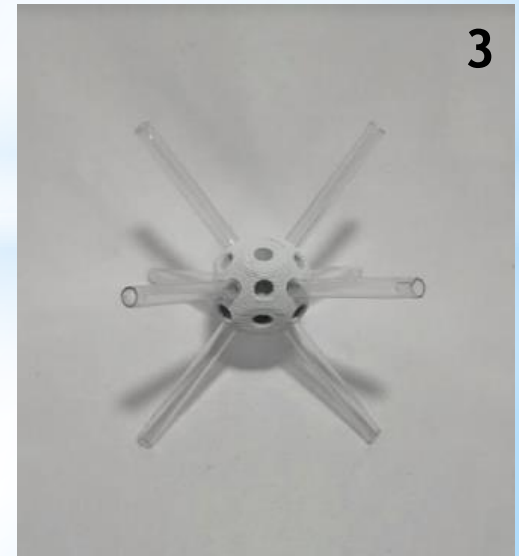
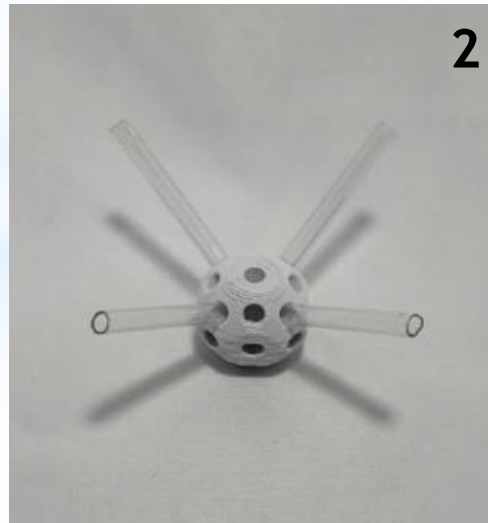
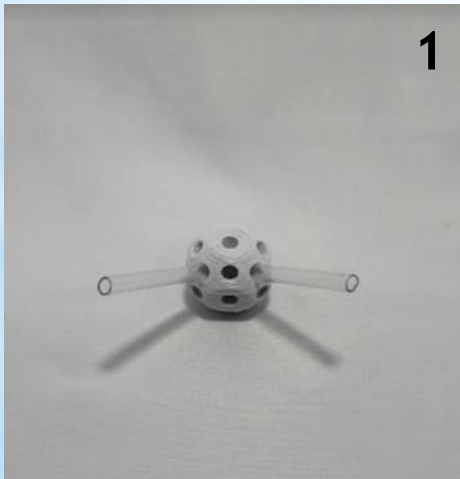
- Agora una uma das bases (4 amarelas e 1 vermelha) com 4 esferas vermelhas com 4 hastes de 3,0 cm, veja a foto 5.
- Fixe a segunda base na parte superior, foto 6.
- Por último, coloque as últimas 4 hastes de 5,0 cm que conecta a base inferior com a superior.



Montagem – Cúbica de Corpo Centrada

$$\begin{aligned} &\text{Cúbica} \\ &a = b = c \\ &\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \end{aligned}$$

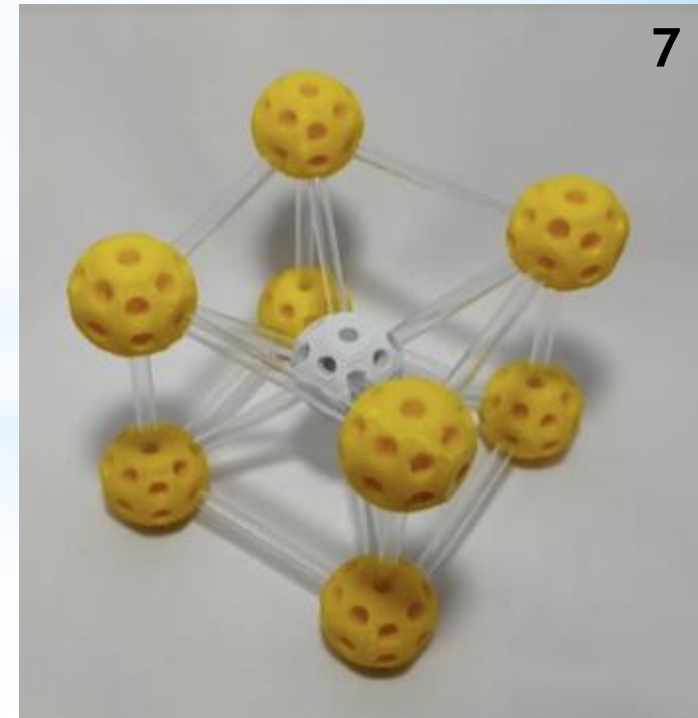
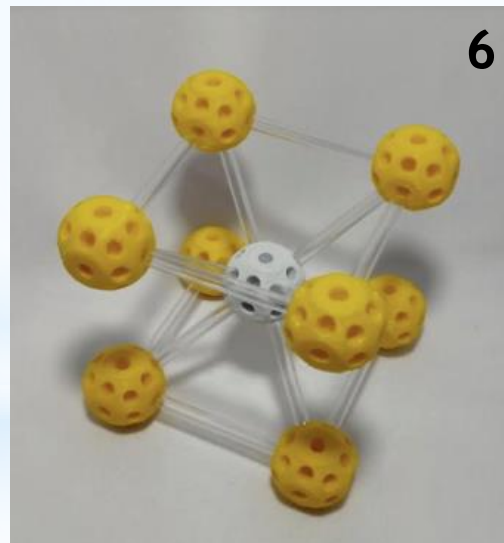
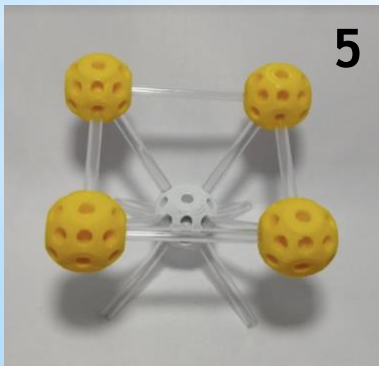
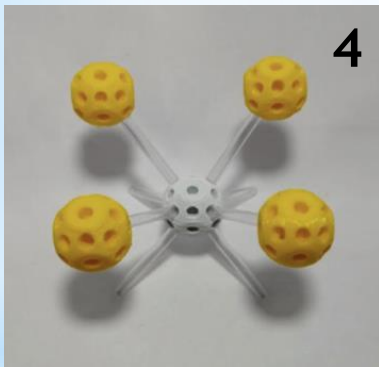
- Para montar esta estrutura irá precisar de 8 esferas de uma cor (amarela, por exemplo), 1 esfera de outra cor (branca), 12 hastes de 5,0 cm e 8 hastes de 4,0 cm.
- Iniciei montando a esfera que ficará centrada no cubo. Selecione um dos furos que possui anéis concêntricos para ficar na posição para cima.
- Coloque 2 hastes de 4,0 cm nos 2 furos que formam ângulo de 54,75 graus desse furo que ficou para cima, conforme foto 1. Não confundir com o furo que forma 45 graus.
- Coloque mais 2 hastes de 4,0 cm nos outros 2 furos que formam ângulo de 54,75 graus desse furo que ficou para cima, veja a foto 2.
- Fixe agora as 4 hastes de 4,0 cm da parte inferior da esfera conforme a foto 3. Você montou a esfera do centro do cubo e suas ligações.



Montagem – Cúbica de Corpo Centrada

$$\begin{aligned} &\text{Cúbica} \\ &a = b = c \\ &\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \end{aligned}$$

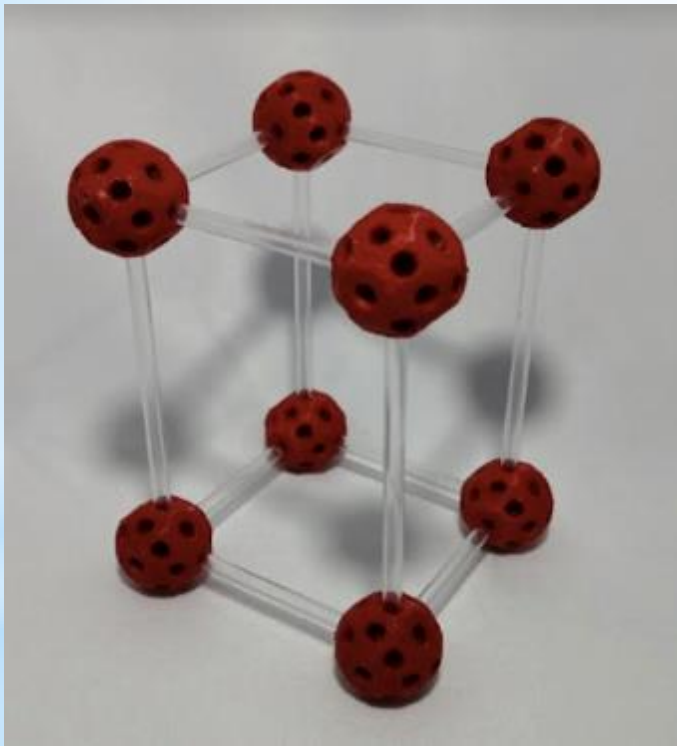
- Agora fixe as 4 esferas amarelas nos vértices do cubo, veja a foto 4. Selecione o furo para fixar a haste de forma que o furo superior seja um dos furos que possui anéis concêntricos.
- Coloque as 4 hastes de 5,0 cm, unindo as 4 esferas amarelas. Veja foto 5.
- Fixe as outras 4 esferas amarelas nos outros 4 vértices de baixo do cubo. Outra vez, selecione o furo para fixar a haste de forma que o furo, agora inferior, seja um dos que possui anéis concêntricos. Coloque as 4 hastes de 5,0 cm, unindo as 4 esferas amarelas de baixo. Veja foto 6.
- Agora coloque as 4 hastes de 5,0 cm, unindo a parte superior com a inferior.



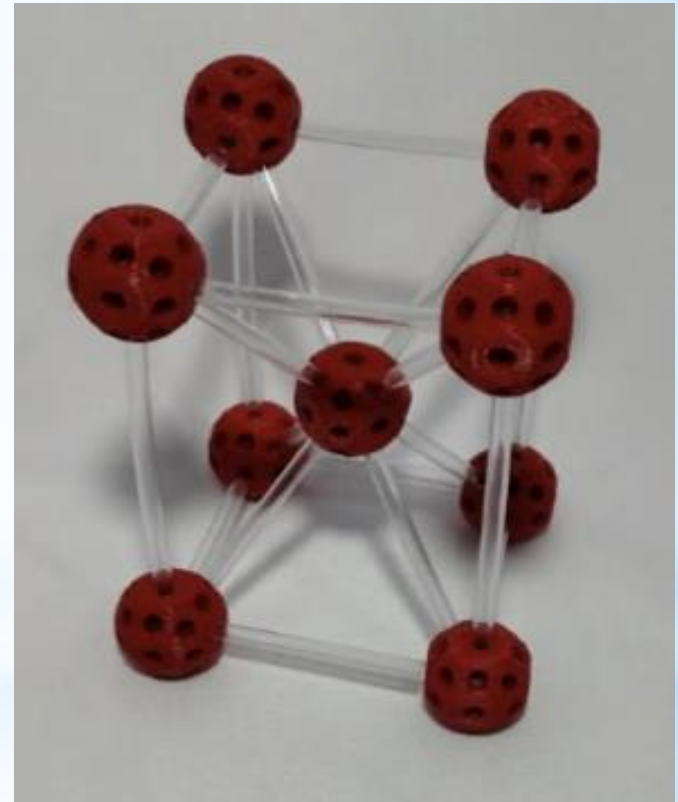
Estruturas – Tetragonais

$$\begin{array}{l} \text{Tetragonal} \\ a = b \neq c \\ \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ \end{array}$$

- Para formar a primeira estrutura **tetragonal** Agora fixe as 4 esferas amarelas nos vértices do cubo, veja a foto 4. Selecione o furo para fixar a haste de forma que o furo superior seja um dos furos que possui anéis concêntricos.



08 esferas
08 hastes de 5,0 cm
04 hastes de 8,0 cm

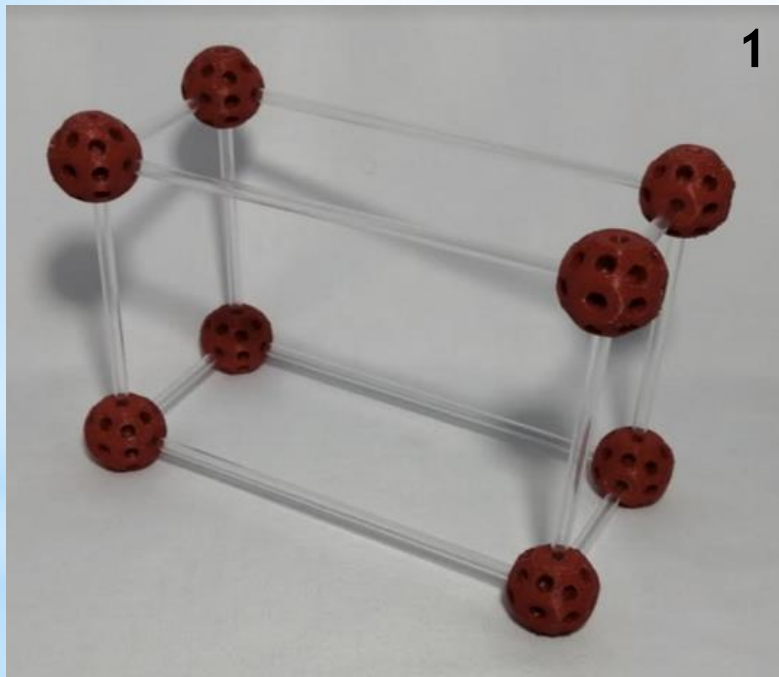


09 esferas
08 hastes de 4,0 cm, 08 hastes de 5,0 cm
04 hastes de 8,0 cm

Estruturas – Ortorômbicas

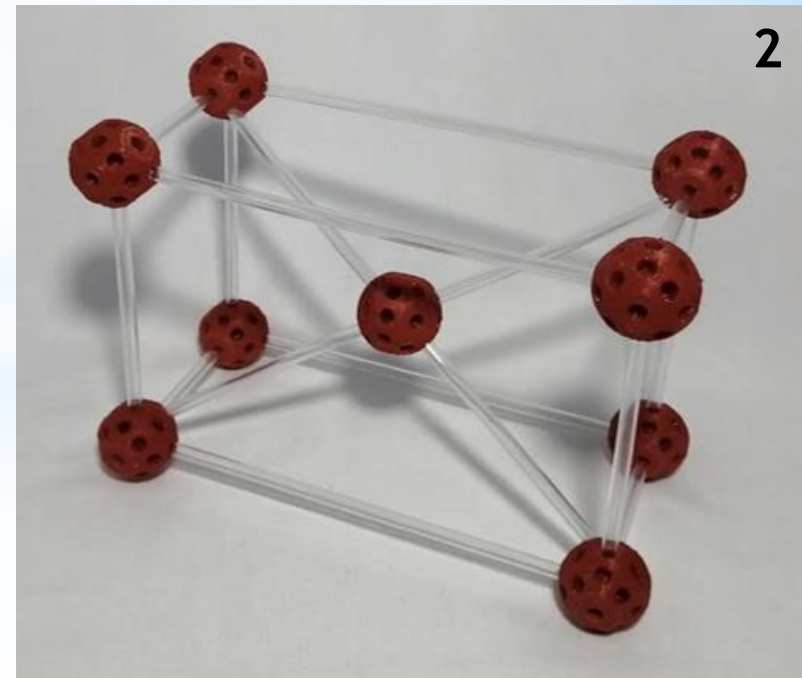
Ortorômbica
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

- Para formar a primeira estrutura ortorômbica siga os passos da montagem da cúbica primitiva, basta mudar os tamanhos das hastes, agora com 5,0 cm, 8,0 cm e 13 cm. Veja a foto 1.
- Na montagem da foto 2, ortorômbica de corpo centrado siga os passos da montagem da cúbica de corpo centrada, porém usará apenas 4 furos com ângulo de 54,75 graus. Veja a foto 2.



08 esferas
04 hastes de 5,0 cm, 04 hastes de 8,0 cm
04 hastes de 13,0 cm

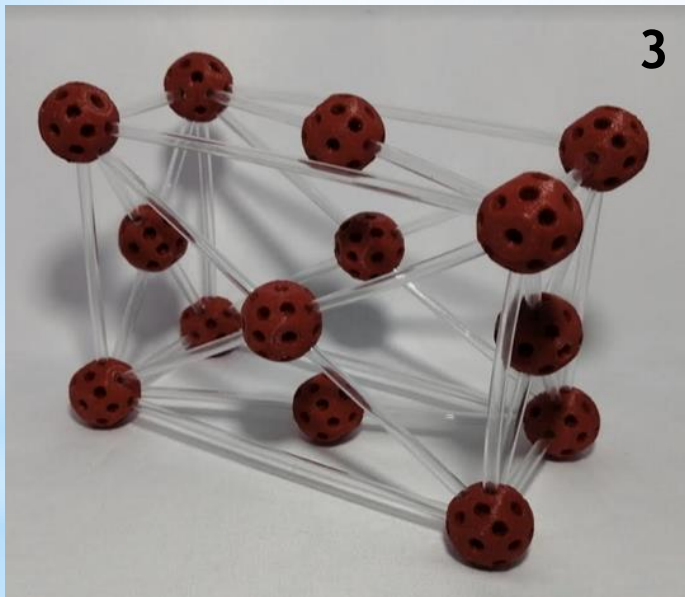
08 esferas
04 hastes de 5,0 cm, 04 hastes de 7,5 cm
04 hastes de 8,0 cm, 04 hastes de 13,0 cm



Estruturas – Ortorômbicas

Ortorômbica
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

- A ordem da montagem das estruturas será invertida. Monte primeiro a estrutura da foto 4. Só depois monte a estrutura da foto 3, por esta ser mais complicada a montagem.
- A estrutura ortorômbica na foto 3 deve ser a mais difícil de montagem, pois envolve 6 tipos de hastes diferentes. Para facilitar a montagem, faça as uniões das esferas e hastes menores primeiro e depois una-as as maiores sucessivamente.

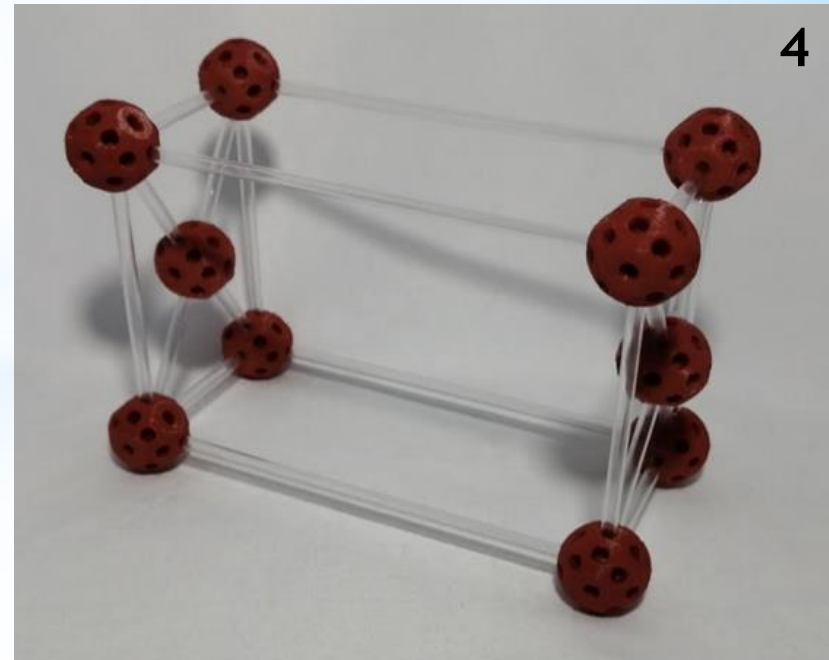


14 esferas

08 hastes de 4,0 cm, 04 hastes de 5,0 cm
02 hastes de 6+ cm, 08 hastes de 7,0 cm
04 hastes de 8,0 cm, 04 hastes de 13,0 cm

10 esferas

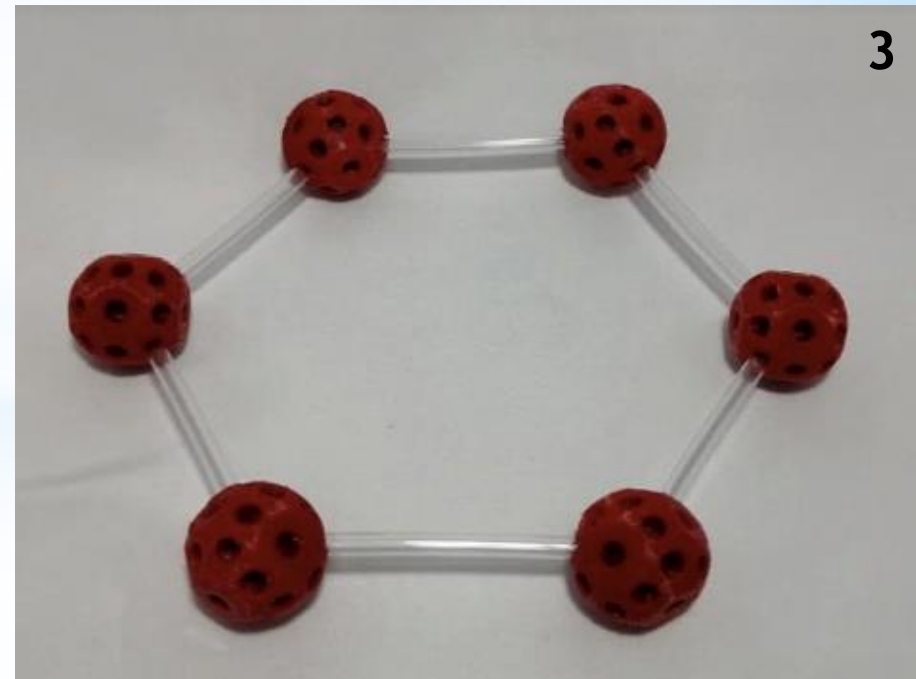
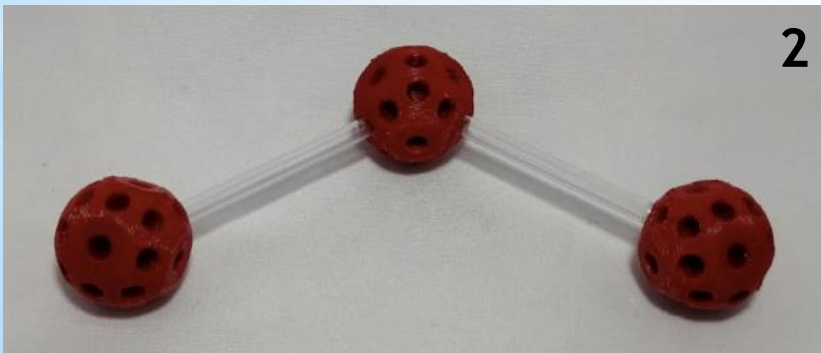
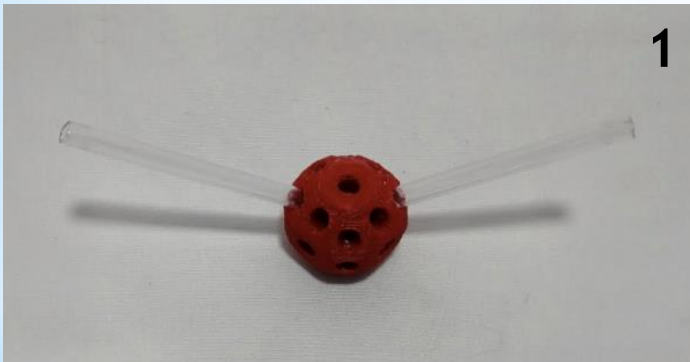
08 hastes de 4,0 cm, 04 hastes de 5,0 cm
04 hastes de 8,0 cm, 04 hastes de 13,0 cm



Estrutura – Hexagonal

$$\begin{aligned} &\text{Hexagonal} \\ &a = b \neq c \\ &\alpha = \beta = 90^\circ \\ &\gamma = 120^\circ \end{aligned}$$

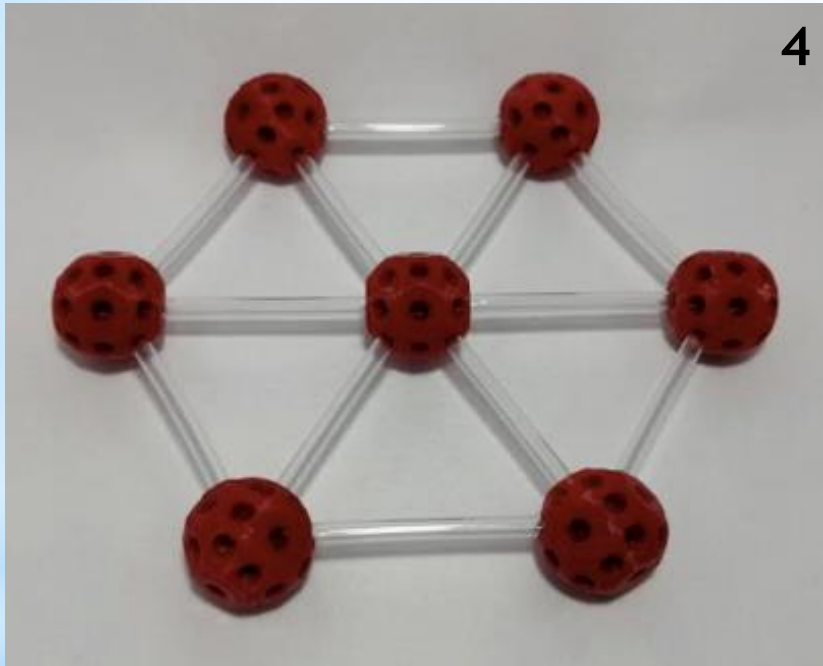
- Identifique o furo com os aneis concêntricos e os dos furos simétricos com ângulo de 54,75 graus com relação a este furo com os anéis concêntricos. Fixe duas hastes de 5,0 cm em cada um destes furos, conforme a foto 1. O ângulo entre estas duas hastes é de 109,5 graus e não exatamente 120 graus, entretanto devido a flexibilidade das hastes pode-se formar a estrutura hexagonal. As demais esferas serão fixadas nas hastes e nestes mesmos furos, foto 2.



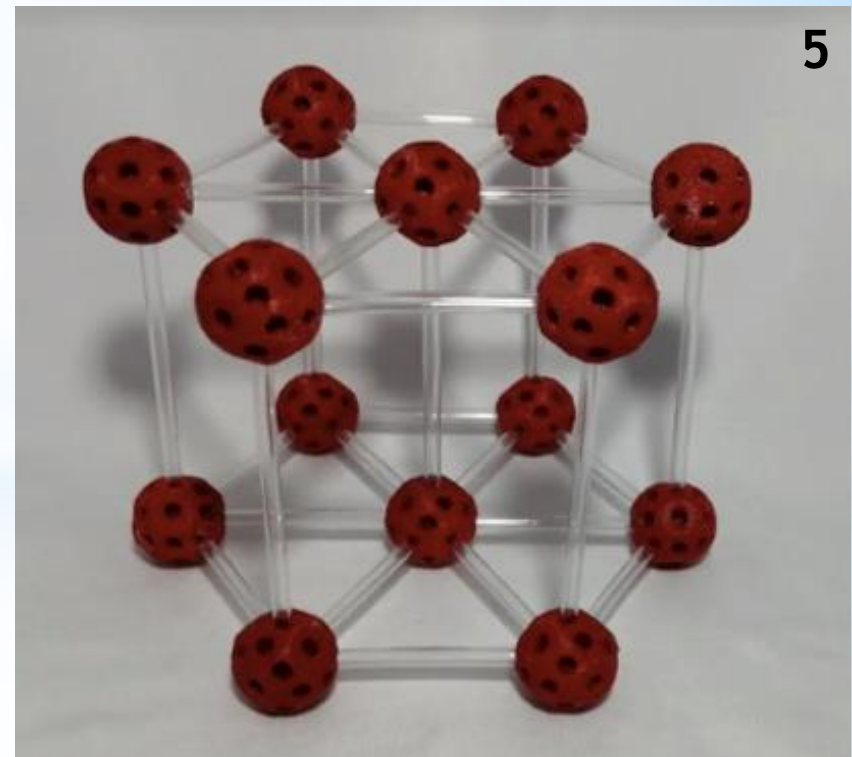
Estrutura – Hexagonal

$$\begin{aligned} \text{Hexagonal} \\ a = b \neq c \\ \alpha = \beta = 90^\circ \\ \gamma = 120^\circ \end{aligned}$$

- Na esfera central, os ângulos serão de 54,75 e 70,5 graus, que não são exatamente 60,0 graus. Porém, devido a flexibilidade das hastes consegue-se montar a estrutura hexagonal.



14 esferas
24 hastes de 5,0 cm
07 hastes de 8,0 cm

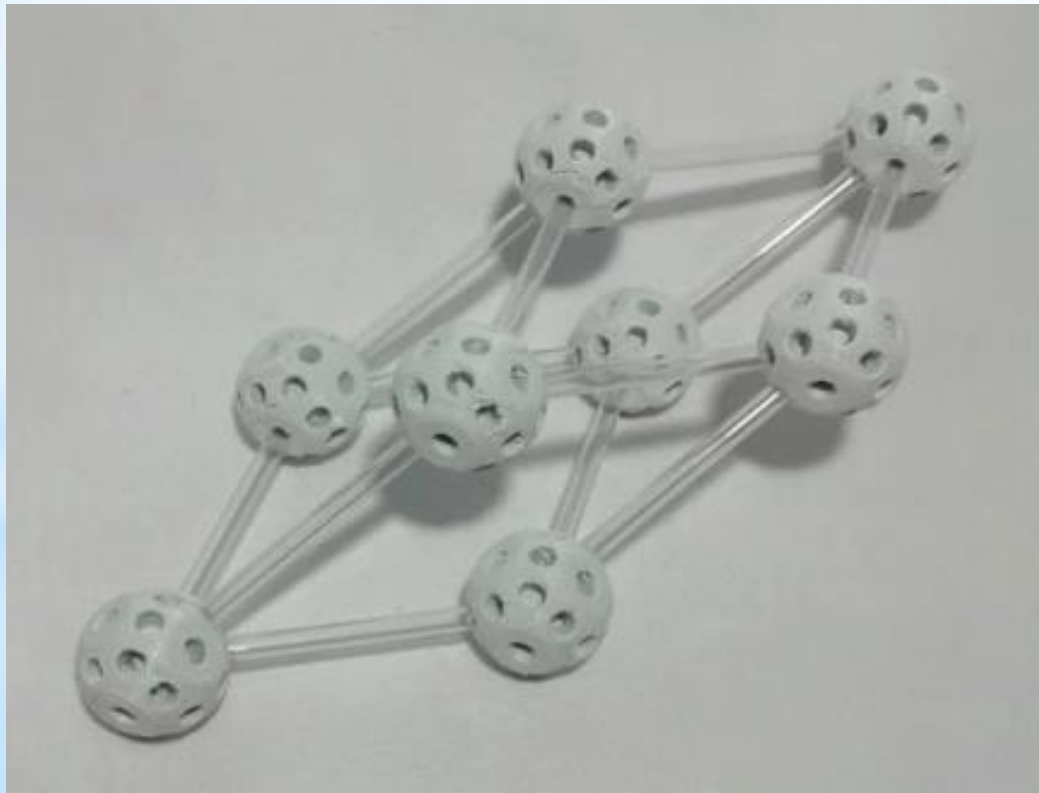


- Outras estruturas do Carbono são montadas com o KIT Q.01 – Estruturas Químicas da empresa Fractal, vide site.

Estrutura – Trigonal

$$\begin{array}{l} \text{Trigonal} \\ a = b = c \\ \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ \end{array}$$

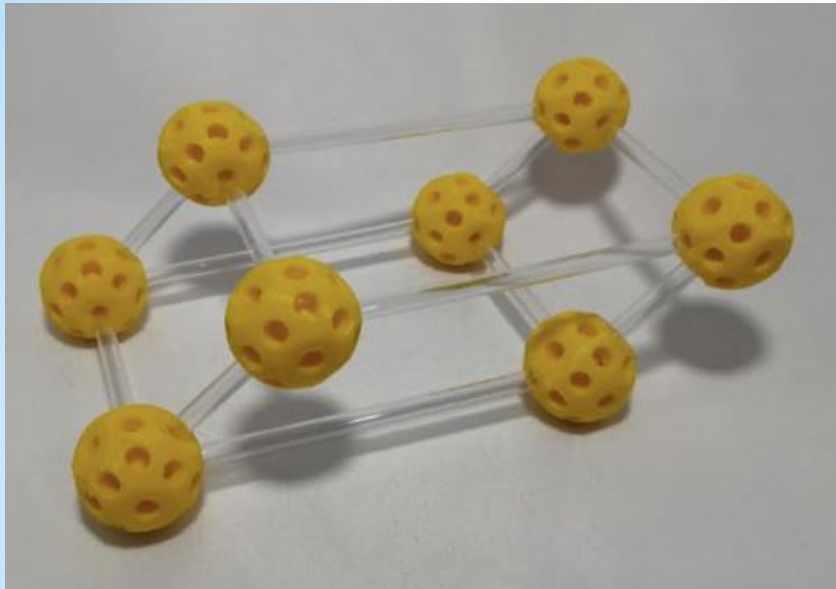
- Esta estrutura também é fácil de montar. Ela é composta por 8 esferas, 04 hastes de 4,0 cm, 04 hastes de 05 cm e 04 hastes de 8,0 cm.
- Escolha 3 furos com ângulos diferentes entre si. Fixe as 3 hastes e coloque as demais esferas. Seguindo a mesma orientação dos furos escolhidos inicialmente.



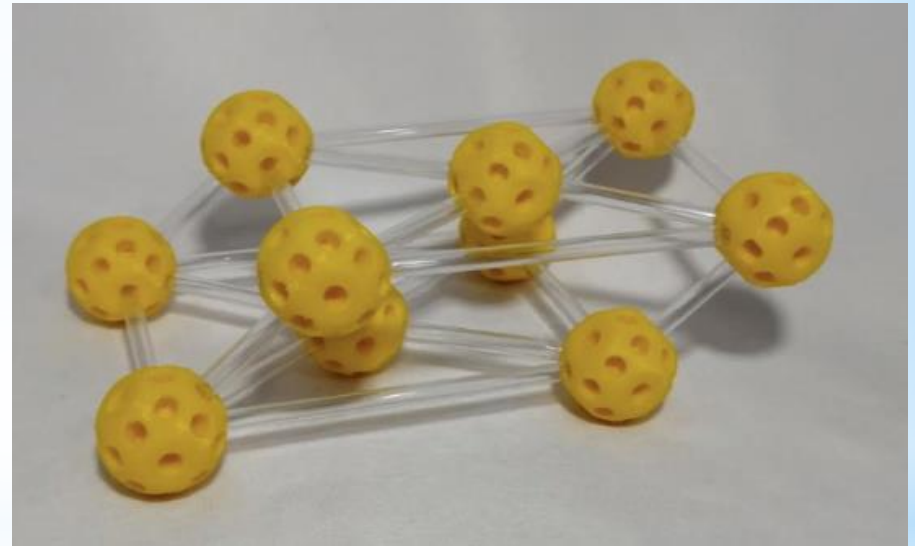
08 esferas
04 hastes de 4,0 cm
04 hastes de 5,0 cm
04 hastes de 8,0 cm

Estrutura – Monoclínica

Monoclínico
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \beta = 90^\circ$
 $\gamma \neq 120^\circ$



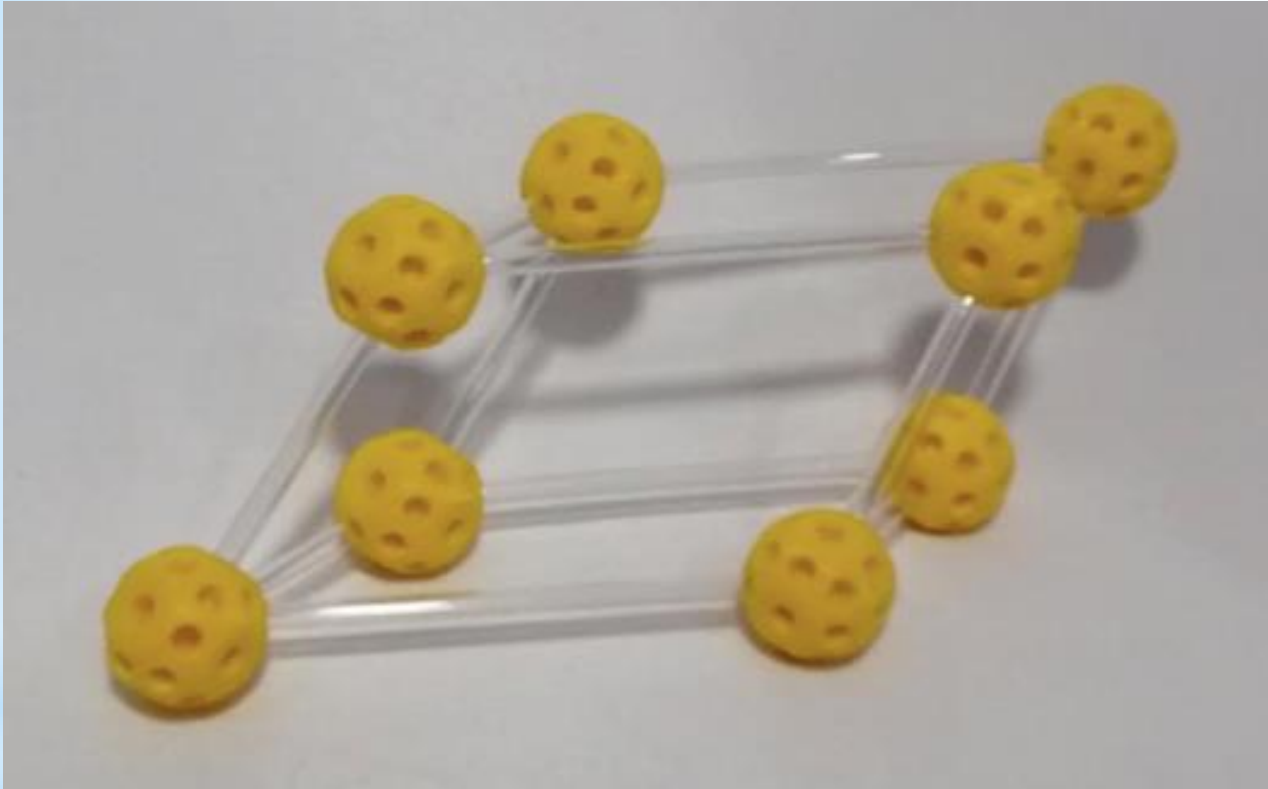
08 esferas
04 hastes de 3,0 cm
04 hastes de 5,0 cm
04 hastes de 8,0 cm



10 esferas
04 hastes de 3,0 cm
08 hastes de 4,0 cm
04 hastes de 5,0 cm
04 hastes de 8,0 cm

Estrutura – Triclínica

Triclínico
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$



08 esferas

04 hastes de 3,0 cm

04 hastes de 5,0 cm

04 hastes de 8,0 cm