Wielościany Platońskie, Archimedejskie, Catalana oraz Johnsona

Przemysław Majewski

Katedra Metod Matematycznych Fizyki, Wydział Fizyki, UW

26 września 2014

O klasyfikacji i własnościach wielościanów zbudowanych z wielokątów foremnych.

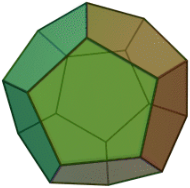
Choinki

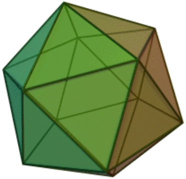
Choinki

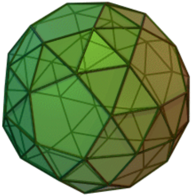
Choinki

Choinki

Wykonanie







Wielościan: F, E, V

Trochę o wielościanie

Wielościan: F, E, V

Trochę o wielościanie

- wielościany ściśle wypukłe w 3d, genus $g = 0$

Wielościan: F, E, V

Trochę o wielościanie

- wielościany ściśle wypukłe w 3d, genus $g = 0$
- zbiór ścian (F), krawędzi (E), wierzchołków (V)

Wielościan: F, E, V

Trochę o wielościanie

- wielościany ściśle wypukłe w 3d, genus $g = 0$
- zbiór ścian (F), krawędzi (E), wierzchołków (V)
- konfiguracja ścian w wierzchołku v_j to

Wielościan: F, E, V

Trochę o wielościanie

- wielościany ściśle wypukłe w 3d, genus $g = 0$
- zbiór ścian (F), krawędzi (E), wierzchołków (V)
- konfiguracja ścian w wierzchołku v_j to

$$n_1^{(j)}.n_2^{(j)}.\dots.n_k^{(j)}, \tag{1}$$

Wielościan: F, E, V

Trochę o wielościanie

- wielościany ściśle wypukłe w 3d, genus $g = 0$
- zbiór ścian (F), krawędzi (E), wierzchołków (V)
- konfiguracja ścian w wierzchołku v_j to

$$n_1^{(j)}.n_2^{(j)}.\ldots.n_k^{(j)}, \tag{1}$$

czyli k n_i-kątów w wierzchołku

Wielościan: F, E, V

Trochę o wielościanie

- wielościany ściśle wypukłe w 3d, genus $g = 0$
- zbiór ścian (F), krawędzi (E), wierzchołków (V)
- konfiguracja ścian w wierzchołku v_j to

$$n_1^{(j)}.n_2^{(j)}.\ldots.n_k^{(j)}, \tag{1}$$

  czyli k n_i-kątów w wierzchołku
- deficyt kąta w wierzchołku v_j

Wielościan: F, E, V

Trochę o wielościanie

- wielościany ściśle wypukłe w 3d, genus $g = 0$
- zbiór ścian (F), krawędzi (E), wierzchołków (V)
- konfiguracja ścian w wierzchołku v_j to

$$n_1^{(j)}.n_2^{(j)}.\dots.n_k^{(j)}, \tag{1}$$

  czyli k n_i-kątów w wierzchołku
- deficyt kąta w wierzchołku v_j

$$\alpha_j = 2\pi - \{\text{suma kątów ścian w wierzchołku } v_i\} \tag{2}$$

Wielościan: F, E, V

Trochę o wielościanie

- wielościany ściśle wypukłe w 3d, genus $g = 0$
- zbiór ścian (F), krawędzi (E), wierzchołków (V)
- konfiguracja ścian w wierzchołku v_j to

$$n_1^{(j)}.n_2^{(j)}.\dots.n_k^{(j)}, \tag{1}$$

  czyli k n_i-kątów w wierzchołku
- deficyt kąta w wierzchołku v_j

$$\alpha_j = 2\pi - \{\text{suma kątów ścian w wierzchołku } v_i\} \tag{2}$$

Regularność

Notacja upraszcza się jeśli wierzchołki są identyczne. W przypadku sześcianu każdy wierzchołek ma konfigurację 4.4.4, gdyż spotykają się w nim trzy kwadraty.

Wielościan dualny

Wielościan dualny

Dualizacja

Mając wielościan złożony z f, e, v możemy skonstruować (topologicznie) wielościan dualny, powstały z połączenia dokładnie jednego punktu wewnętrznego każdej ściany wyjściowego wielościanu. Operacja taka zamienia miejscami liczbę wierzchołków V z liczbą ścian F.

Wielościan dualny

Dualizacja

Mając wielościan złożony z f, e, v możemy skonstruować (topologicznie) wielościan dualny, powstały z połączenia dokładnie jednego punktu wewnętrznego każdej ściany wyjściowego wielościanu. Operacja taka zamienia miejscami liczbę wierzchołków V z liczbą ścian F.

Konfiguracja wielościanu dualnego to $F = v$, $E = e$, $V = f$.

Wielościan dualny

Dualizacja

Mając wielościan złożony z f, e, v możemy skonstruować (topologicznie) wielościan dualny, powstały z połączenia dokładnie jednego punktu wewnętrznego każdej ściany wyjściowego wielościanu. Operacja taka zamienia miejscami liczbę wierzchołków V z liczbą ścian F.

Konfiguracja wielościanu dualnego to $F = v$, $E = e$, $V = f$.

Sześcian

Dualizując sześcian o konfiguracji wierzchołka 4.4.4 otrzymujemy wielościan o konfiguracji 3.3.3.3, oktaedr. Alternatywnie symbole Schläfli odwracają się, $\{4, 3\}$ przechodzi na $\{3, 4\}$.

Snub dodecahedron

Snub dodecahedron

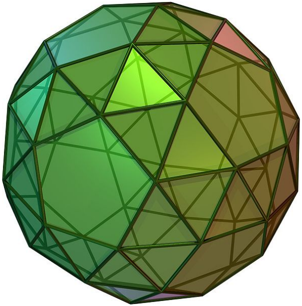
Geometrycznie

W przypadku ścian będących regularnymi wielobokami wyrożniony jest geometryczny środek ściany. W takiej sytuacji przez dualny wielościan będziemy rozumieli właśnie taki, powstały z połączenia środków ścian.

Snub dodecahedron

Geometrycznie

W przypadku ścian będących regularnymi wielobokami wyrożniony jest geometryczny środek ściany. W takiej sytuacji przez dualny wielościan będziemy rozumieli właśnie taki, powstały z połączenia środków ścian.

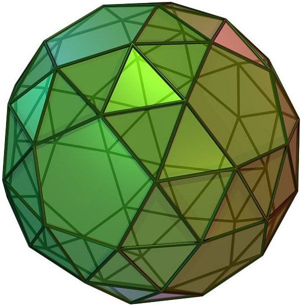


Snubdodecahedron, V3.3.3.3.5

Snub dodecahedron

Geometrycznie

W przypadku ścian będących regularnymi wielobokami wyrożniony jest geometryczny środek ściany. W takiej sytuacji przez dualny wielościan będziemy rozumieli właśnie taki, powstały z połączenia środków ścian.

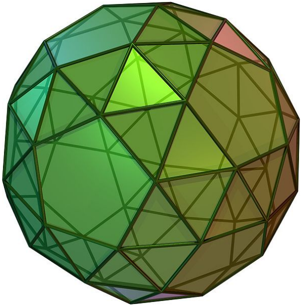


Snubdodecahedron, V3.3.3.3.5

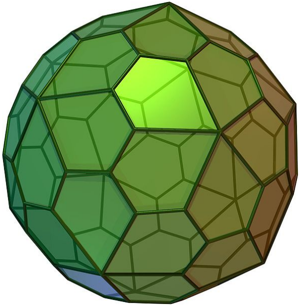
Snub dodecahedron

Geometrycznie

W przypadku ścian będących regularnymi wielobokami wyróżniony jest geometryczny środek ściany. W takiej sytuacji przez dualny wielościan będziemy rozumieli właśnie taki, powstały z połączenia środków ścian.



Snubdodecahedron, V3.3.3.3.5



Pentagonal hexecontahedron

Niezmiennik

Niezmiennik

Niezmiennik Eulera-Poincaré – wnioski

Dla dowolnego wielościanu homeomorficznego z rozmaitością topologiczną o genusie g zachodzi

Niezmiennik

Niezmiennik Eulera-Poincaré – wnioski

Dla dowolnego wielościanu homeomorficznego z rozmaitością topologiczną o genusie g zachodzi

$$F - E + V = 2 - 2g\,, \tag{3}$$

Niezmiennik

Niezmiennik Eulera-Poincaré – wnioski

Dla dowolnego wielościanu homeomorficznego z rozmaitością topologiczną o genusie g zachodzi

$$F - E + V = 2 - 2g\,, \tag{3}$$

gdzie F to liczba ścian, E – krawędzi, a V – wierzchołków.

Niezmiennik

Niezmiennik Eulera-Poincaré – wnioski

Dla dowolnego wielościanu homeomorficznego z rozmaitością topologiczną o genusie g zachodzi

$$F - E + V = 2 - 2g\,, \tag{3}$$

gdzie F to liczba ścian, E – krawędzi, a V – wierzchołków.

Uwaga!

Zastosowania niezmiennika Eulera są szerokie, a jego uogólnienia w topologii algebraicznej daleko idące. Na potrzebę tej prezentacji ograniczymy się do wypukłych wielościanów „bez dziur”.

Dowód Cauchy'ego (1811).

Dowód Cauchy'ego (1811).

Dla wielościanu wypukłego o $g = 0$ mamy $\chi = 2$

Dowód Cauchy'ego (1811).

Dla wielościanu wypukłego o $g = 0$ mamy $\chi = 2$

Przypomnijmy, że $\chi = F - E + V$. W celu dowodu przeprowadzamy prostą, zawsze możliwą procedurę:

Dowód Cauchy'ego (1811).

Dla wielościanu wypukłego o $g = 0$ mamy $\chi = 2$

Przypomnijmy, że $\chi = F - E + V$. W celu dowodu przeprowadzamy prostą, zawsze możliwą procedurę:

- rysujemy na każdej ścianie wewnętrzne przekątne tak, by pokryła się trójkątami, każda taka operacja daje $E \to E + 1$, ale też $F \to F + 1$, a więc nie zmienia χ,

Dowód Cauchy'ego (1811).

Dla wielościanu wypukłego o $g = 0$ mamy $\chi = 2$

Przypomnijmy, że $\chi = F - E + V$. W celu dowodu przeprowadzamy prostą, zawsze możliwą procedurę:

- rysujemy na każdej ścianie wewnętrzne przekątne tak, by pokryła się trójkątami, każda taka operacja daje $E \to E + 1$, ale też $F \to F + 1$, a więc nie zmienia χ,
- wybieramy dowolną ścianę i usuwamy ją otrzymując wielościan „z brzegiem", zatem $\chi \to \chi - 1$,

Dowód Cauchy'ego (1811).

Dla wielościanu wypukłego o $g = 0$ mamy $\chi = 2$

Przypomnijmy, że $\chi = F - E + V$. W celu dowodu przeprowadzamy prostą, zawsze możliwą procedurę:

- rysujemy na każdej ścianie wewnętrzne przekątne tak, by pokryła się trójkątami, każda taka operacja daje $E \to E + 1$, ale też $F \to F + 1$, a więc nie zmienia χ,
- wybieramy dowolną ścianę i usuwamy ją otrzymując wielościan „z brzegiem”, zatem $\chi \to \chi - 1$,
- rzutujemy stereograficznie na płaszczyznę z pozycji brakującej ściany,

Dowód Cauchy'ego (1811).

Dla wielościanu wypukłego o $g = 0$ mamy $\chi = 2$

Przypomnijmy, że $\chi = F - E + V$. W celu dowodu przeprowadzamy prostą, zawsze możliwą procedurę:

- rysujemy na każdej ścianie wewnętrzne przekątne tak, by pokryła się trójkątami, każda taka operacja daje $E \to E + 1$, ale też $F \to F + 1$, a więc nie zmienia χ,
- wybieramy dowolną ścianę i usuwamy ją otrzymując wielościan „z brzegiem", zatem $\chi \to \chi - 1$,
- rzutujemy stereograficznie na płaszczyznę z pozycji brakującej ściany,
- usuwamy zewnętrzną krawędź, jeśli przy wierzchołku są więcej niż dwie krawędzie: $F \to F - 1$, $E \to E - 1$,

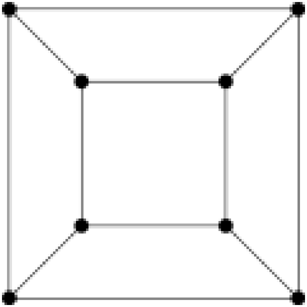
Dowód Cauchy'ego (1811).

Dla wielościanu wypukłego o $g = 0$ mamy $\chi = 2$

Przypomnijmy, że $\chi = F - E + V$. W celu dowodu przeprowadzamy prostą, zawsze możliwą procedurę:

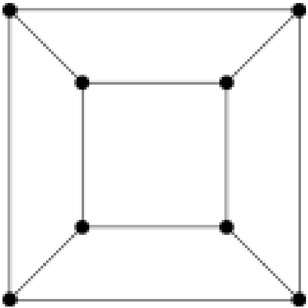
- rysujemy na każdej ścianie wewnętrzne przekątne tak, by pokryła się trójkątami, każda taka operacja daje $E \to E + 1$, ale też $F \to F + 1$, a więc nie zmienia χ,
- wybieramy dowolną ścianę i usuwamy ją otrzymując wielościan „z brzegiem", zatem $\chi \to \chi - 1$,
- rzutujemy stereograficznie na płaszczyznę z pozycji brakującej ściany,
- usuwamy zewnętrzną krawędź, jeśli przy wierzchołku są więcej niż dwie krawędzie: $F \to F - 1$, $E \to E - 1$,
- usuwamy zewnętrzny wierzchołek, jeśli przy wierzchołku są dokładnie dwie krawędzie: $F \to F - 1$, $E \to E - 2$, $V \to V - 1$.

Dowód Cauchy'ego (1811).



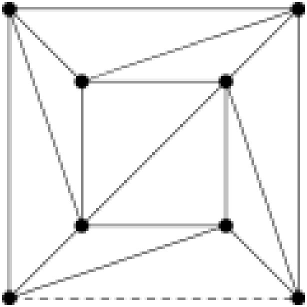
, krok 1

Dowód Cauchy'ego (1811).



Sześcian, V4.4.4, krok 1

Dowód Cauchy'ego (1811).



Sześcian, V4.4.4, krok 2

Dowód Cauchy'ego (1811).

Dowód Cauchy'ego (1811).

Iteracje

Procedura jest zawsze możliwa, co widać, gdyż:

Dowód Cauchy'ego (1811).

Iteracje

Procedura jest zawsze możliwa, co widać, gdyż:

- pierwszy krok zmniejsza liczbę krawędzi przy zewnętrznych wierzchołkach do minimalnie dwóch,

Dowód Cauchy'ego (1811).

Iteracje

Procedura jest zawsze możliwa, co widać, gdyż:

- pierwszy krok zmniejsza liczbę krawędzi przy zewnętrznych wierzchołkach do minimalnie dwóch,
- drugi krok zmniejsza liczbę wierzchołków o jeden do minimalnie trzech.

Dowód Cauchy'ego (1811).

Iteracje

Procedura jest zawsze możliwa, co widać, gdyż:

- pierwszy krok zmniejsza liczbę krawędzi przy zewnętrznych wierzchołkach do minimalnie dwóch,
- drugi krok zmniejsza liczbę wierzchołków o jeden do minimalnie trzech.

W rezultacie pozostanie nam tylko jeden trójkąt dla którego $\chi = 1 - 3 + 3 = 1$, co kończy dowód.

Graniastosłup

Graniastosłup

Graniastosłup regularny n-kątny

Graniastosłup

Graniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne

Graniastosłup

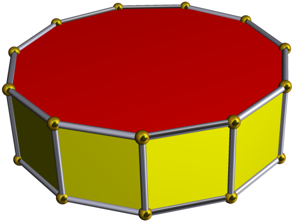
Graniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne
- wysokość dobrana tak, by ściany były kwadratami

Graniastosłup

Graniastosłup regularny n-kątny

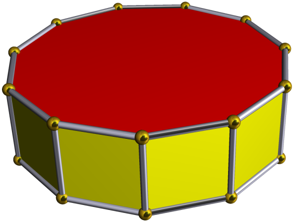
- dwa równoległe n-kąty foremne
- wysokość dobrana tak, by ściany były kwadratami



Graniastosłup

Graniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne
- wysokość dobrana tak, by ściany były kwadratami

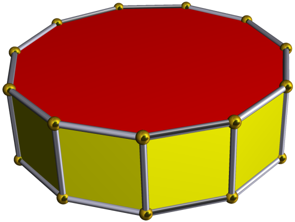


F	E	V
$n+2$	$3n$	$2n$

Graniastosłup

Graniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne
- wysokość dobrana tak, by ściany były kwadratami



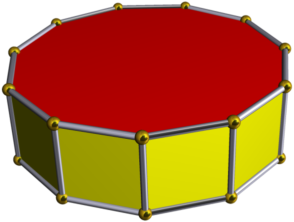
F	E	V
$n+2$	$3n$	$2n$

- V 4.4.n

Graniastosłup

Graniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne
- wysokość dobrana tak, by ściany były kwadratami



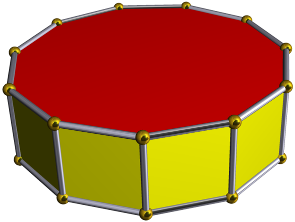
F	E	V
$n+2$	$3n$	$2n$

- V 4.4.n
- Obroty: D_n.

Graniastosłup

Graniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne
- wysokość dobrana tak, by ściany były kwadratami



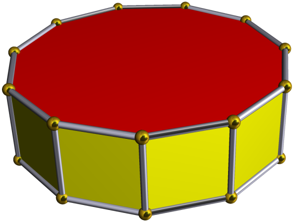
F	E	V
$n+2$	$3n$	$2n$

- V 4.4.n
- Obroty: D_n.
- Dualny: bipiramida.

Graniastosłup

Graniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne
- wysokość dobrana tak, by ściany były kwadratami



F	E	V
$n+2$	$3n$	$2n$

- V 4.4.n
- Obroty: D_n.
- Dualny: bipiramida.
- Deficyt kąta: $\frac{2\pi}{n}$.

Antygraniastosłup

Antygraniastosłup

Antygraniastosłup regularny n-kątny

Antygraniastosłup

Antygraniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne obrócone względem siebie o pół obrotu

Antygraniastosłup

Antygraniastosłup regularny *n*-kątny

- dwa równoległe *n*-kąty foremne obrócone względem siebie o pół obrotu
- opaskę tworzą trójkąty

Antygraniastosłup

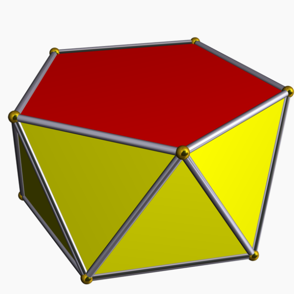
Antygraniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne obrócone względem siebie o pół obrotu
- opaskę tworzą trójkąty
- wysokość dobrana tak, by ściany były trójkątami równobocznymi

Antygraniastosłup

Antygraniastosłup regularny n-kątny

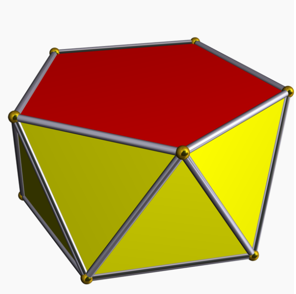
- dwa równoległe n-kąty foremne obrócone względem siebie o pół obrotu
- opaskę tworzą trójkąty
- wysokość dobrana tak, by ściany były trójkątami równobocznymi



Antygraniastosłup

Antygraniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne obrócone względem siebie o pół obrotu
- opaskę tworzą trójkąty
- wysokość dobrana tak, by ściany były trójkątami równobocznymi

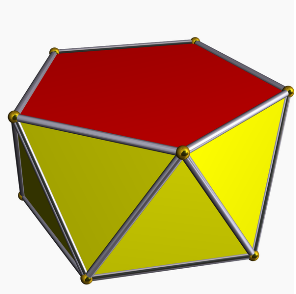


F	E	V
$2n+2$	$4n$	$2n$

Antygraniastosłup

Antygraniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne obrócone względem siebie o pół obrotu
- opaskę tworzą trójkąty
- wysokość dobrana tak, by ściany były trójkątami równobocznymi



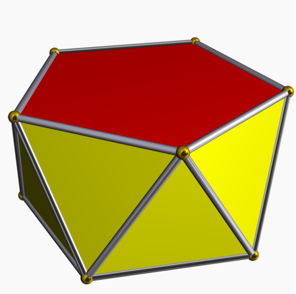
F	E	V
$2n+2$	$4n$	$2n$

- V3.3.3.n

Antygraniastosłup

Antygraniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne obrócone względem siebie o pół obrotu
- opaskę tworzą trójkąty
- wysokość dobrana tak, by ściany były trójkątami równobocznymi



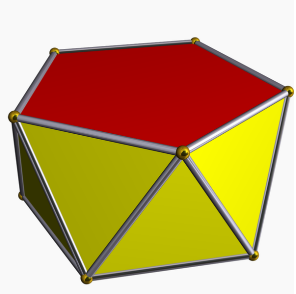
F	E	V
$2n+2$	$4n$	$2n$

- V3.3.3.n
- Obroty: D_n.

Antygraniastosłup

Antygraniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne obrócone względem siebie o pół obrotu
- opaskę tworzą trójkąty
- wysokość dobrana tak, by ściany były trójkątami równobocznymi



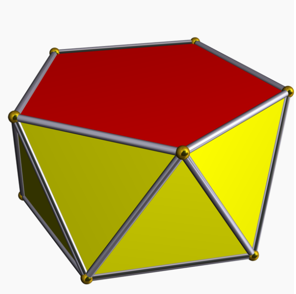
F	E	V
$2n + 2$	$4n$	$2n$

- V3.3.3.n
- Obroty: D_n.
- Dualny: trapezohedron.

Antygraniastosłup

Antygraniastosłup regularny n-kątny

- dwa równoległe n-kąty foremne obrócone względem siebie o pół obrotu
- opaskę tworzą trójkąty
- wysokość dobrana tak, by ściany były trójkątami równobocznymi



F	E	V
$2n+2$	$4n$	$2n$

- V3.3.3.n
- Obroty: D_n.
- Dualny: trapezohedron.
- Deficyt kąta: $\frac{2\pi}{n}$.

Platoński ideał

Platoński ideał

Wielościan platoński

Platoński ideał

Wielościan platoński

- jest ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki mają identyczne konfiguracje;

Platoński ideał

Wielościan platoński

- jest ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki mają identyczne konfiguracje;
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków;

Platoński ideał

Wielościan platoński

- jest ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki mają identyczne konfiguracje;
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków;
- wszystkie ściany są przystającymi wielokątami foremnymi.

Platoński ideał

Wielościan platoński

- jest ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki mają identyczne konfiguracje;
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków;
- wszystkie ściany są przystającymi wielokątami foremnymi.

▸ Platonic solid – Wikipedia

Platoński ideał

Wielościan platoński

- jest ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki mają identyczne konfiguracje;
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków;
- wszystkie ściany są przystającymi wielokątami foremnymi.

Platonic solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe? – deficyt kąta

Platoński ideał

Wielościan platoński

- jest ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki mają identyczne konfiguracje;
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków;
- wszystkie ściany są przystającymi wielokątami foremnymi.

Platonic solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe? – deficyt kąta

- musi być liczbą dodatnią;

Platoński ideał

Wielościan platoński

- jest ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki mają identyczne konfiguracje;
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków;
- wszystkie ściany są przystającymi wielokątami foremnymi.

Platonic solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe? – deficyt kąta

- musi być liczbą dodatnią;
- jedyne możliwości to: $3 \cdot 60^\circ$, $4 \cdot 60^\circ$, $5 \cdot 60^\circ$, $3 \cdot 90^\circ$ oraz $3 \cdot 108^\circ$;

Platoński ideał

Wielościan platoński

- jest ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki mają identyczne konfiguracje;
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków;
- wszystkie ściany są przystającymi wielokątami foremnymi.

▸ Platonic solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe? – deficyt kąta

- musi być liczbą dodatnią;
- jedyne możliwości to: $3 \cdot 60^\circ$, $4 \cdot 60^\circ$, $5 \cdot 60^\circ$, $3 \cdot 90^\circ$ oraz $3 \cdot 108^\circ$;
- wszystkie odpowiadają realizowalnym konfiguracjom:

Platoński ideał

Wielościan platoński

- jest ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki mają identyczne konfiguracje;
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków;
- wszystkie ściany są przystającymi wielokątami foremnymi.

Platonic solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe? – deficyt kąta

- musi być liczbą dodatnią;
- jedyne możliwości to: $3 \cdot 60^\circ$, $4 \cdot 60^\circ$, $5 \cdot 60^\circ$, $3 \cdot 90^\circ$ oraz $3 \cdot 108^\circ$;
- wszystkie odpowiadają realizowalnym konfiguracjom:
  - 3.3.3 – tetraedr,

Platoński ideał

Wielościan platoński

- jest ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki mają identyczne konfiguracje;
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków;
- wszystkie ściany są przystającymi wielokątami foremnymi.

Platonic solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe? – deficyt kąta

- musi być liczbą dodatnią;
- jedyne możliwości to: $3 \cdot 60^\circ$, $4 \cdot 60^\circ$, $5 \cdot 60^\circ$, $3 \cdot 90^\circ$ oraz $3 \cdot 108^\circ$;
- wszystkie odpowiadają realizowalnym konfiguracjom:
  - 3.3.3 – tetraedr,
  - 4.4.4 – sześcian oraz dualny do niego oktaedr o V3.3.3.3,

Platoński ideał

Wielościan platoński

- jest ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki mają identyczne konfiguracje;
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków;
- wszystkie ściany są przystającymi wielokątami foremnymi.

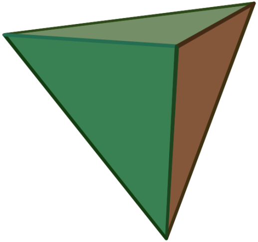
Platonic solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe? – deficyt kąta

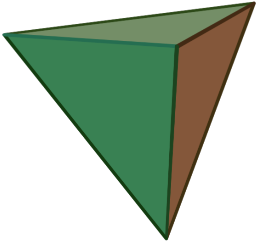
- musi być liczbą dodatnią;
- jedyne możliwości to: $3 \cdot 60^\circ$, $4 \cdot 60^\circ$, $5 \cdot 60^\circ$, $3 \cdot 90^\circ$ oraz $3 \cdot 108^\circ$;
- wszystkie odpowiadają realizowalnym konfiguracjom:
  - 3.3.3 – tetraedr,
  - 4.4.4 – sześcian oraz dualny do niego oktaedr o V3.3.3.3,
  - 5.5.5 – dodekaedr oraz dualny do niego dwudziestościan o V3.3.3.3.3.

Tetraedr

Tetraedr

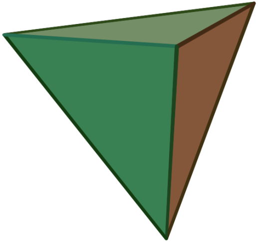


Tetraedr



F	E	V
4	6	4

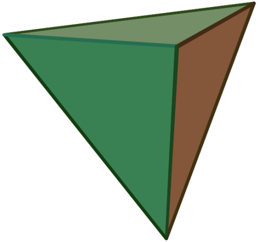
Tetraedr



F	E	V
4	6	4

- V3.3.3

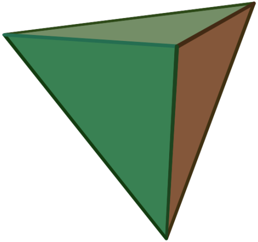
Tetraedr



F	E	V
4	6	4

- V3.3.3
- Obroty: $T \simeq A_4$.

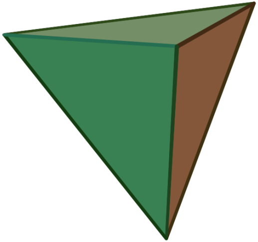
Tetraedr



F	E	V
4	6	4

- V3.3.3
- Obroty: $T \simeq A_4$.
- Samodualny.

Tetraedr

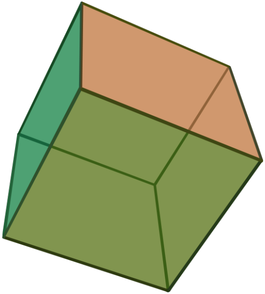


F	E	V
4	6	4

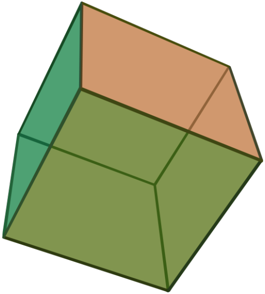
- V3.3.3
- Obroty: $T \simeq A_4$.
- Samodualny.
- Deficyt kąta: 180°.

Heksaedr i oktaedr

Heksaedr i oktaedr

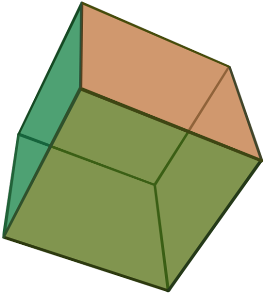


Heksaedr i oktaedr



F	E	V
6	12	8

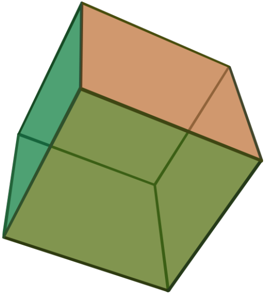
Heksaedr i oktaedr



F	E	V
6	12	8

- V4.4.4

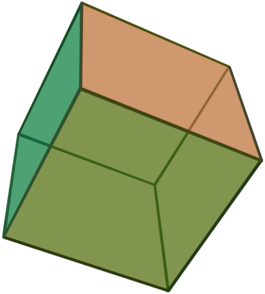
Heksaedr i oktaedr



F	E	V
6	12	8

- V4.4.4
- Obroty: $O \simeq S_4$.

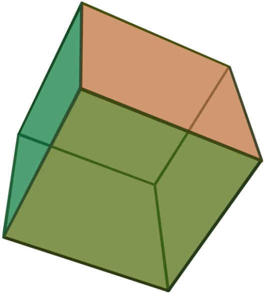
Heksaedr i oktaedr



F	E	V
6	12	8

- V4.4.4
- Obroty: $O \simeq S_4$.
- Dualny: oktaedr.

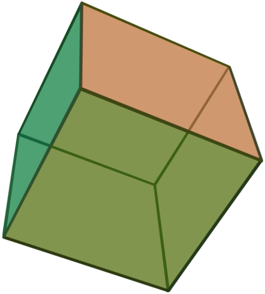
Heksaedr i oktaedr

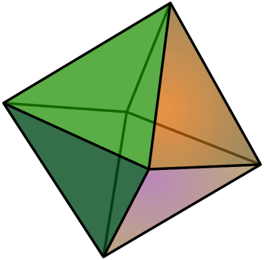


F	E	V
6	12	8

- V4.4.4
- Obroty: $O \simeq S_4$.
- Dualny: oktaedr.
- Deficyt kąta: 90°.

Heksaedr i oktaedr

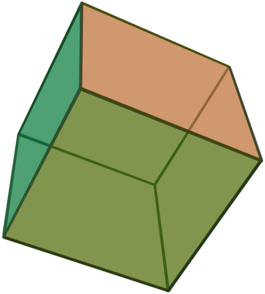




F	E	V
6	12	8

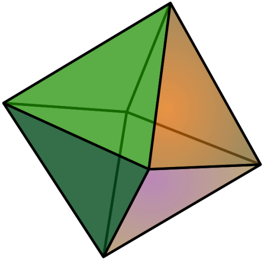
- V4.4.4
- Obroty: $O \simeq S_4$.
- Dualny: oktaedr.
- Deficyt kąta: 90°.

Heksaedr i oktaedr



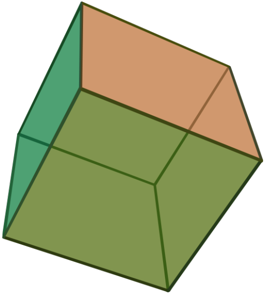
F	E	V
6	12	8

- V4.4.4
- Obroty: $O \simeq S_4$.
- Dualny: oktaedr.
- Deficyt kąta: 90°.



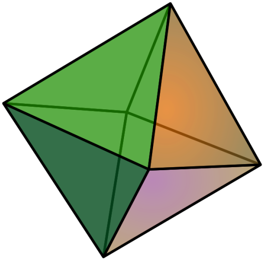
F	E	V
8	12	6

Heksaedr i oktaedr



F	E	V
6	12	8

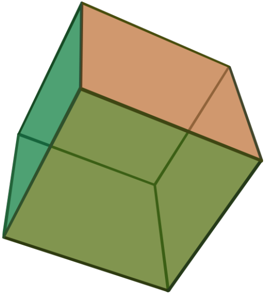
- V4.4.4
- Obroty: $O \simeq S_4$.
- Dualny: oktaedr.
- Deficyt kąta: 90°.



F	E	V
8	12	6

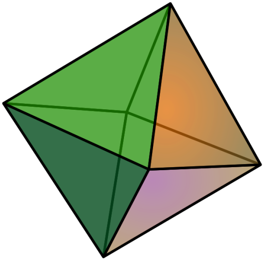
- V3.3.3.3

Heksaedr i oktaedr



F	E	V
6	12	8

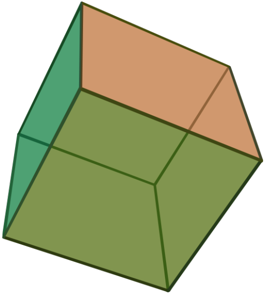
- V4.4.4
- Obroty: $O \simeq S_4$.
- Dualny: oktaedr.
- Deficyt kąta: 90°.



F	E	V
8	12	6

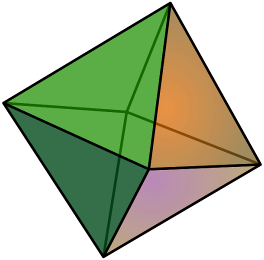
- V3.3.3.3
- Symetria: $O \simeq S_4$.

Heksaedr i oktaedr



F	E	V
6	12	8

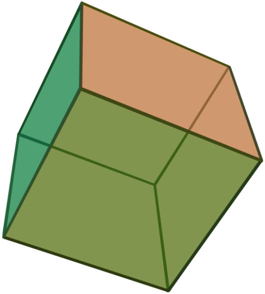
- V4.4.4
- Obroty: $O \simeq S_4$.
- Dualny: oktaedr.
- Deficyt kąta: 90°.



F	E	V
8	12	6

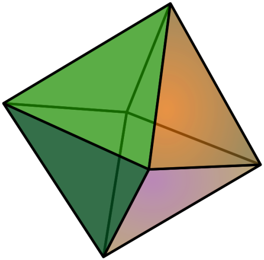
- V3.3.3.3
- Symetria: $O \simeq S_4$.
- Dualny: heksaedr.

Heksaedr i oktaedr



F	E	V
6	12	8

- V4.4.4
- Obroty: $O \simeq S_4$.
- Dualny: oktaedr.
- Deficyt kąta: 90°.

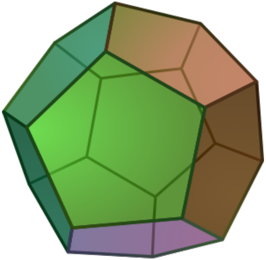


F	E	V
8	12	6

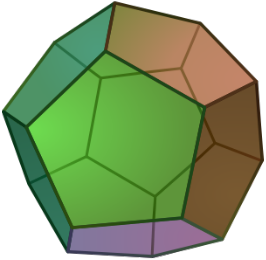
- V3.3.3.3
- Symetria: $O \simeq S_4$.
- Dualny: heksaedr.
- Deficyt kąta: 120°.

Dodekaedr i ikosaedr

Dodekaedr i ikosaedr

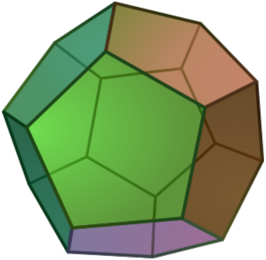


Dodekaedr i ikosaedr



F	E	V
12	30	20

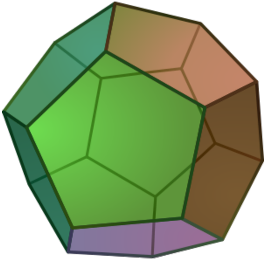
Dodekaedr i ikosaedr



F	E	V
12	30	20

- V5.5.5

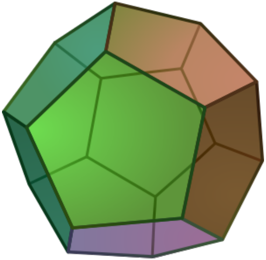
Dodekaedr i ikosaedr



F	E	V
12	30	20

- V5.5.5
- Obroty: $I \simeq A_5$.

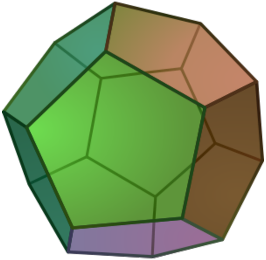
Dodekaedr i ikosaedr



F	E	V
12	30	20

- V5.5.5
- Obroty: $I \simeq A_5$.
- Dualny: ikosaedr.

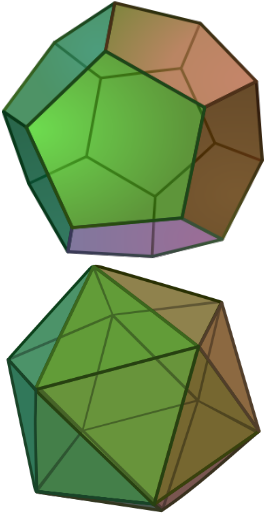
Dodekaedr i ikosaedr



F	E	V
12	30	20

- V5.5.5
- Obroty: $I \simeq A_5$.
- Dualny: ikosaedr.
- Deficyt kąta: 36°.

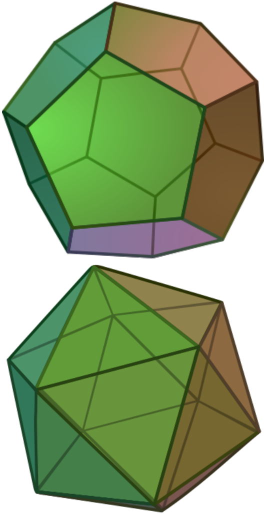
Dodekaedr i ikosaedr



F	E	V
12	30	20

- V5.5.5
- Obroty: $I \simeq A_5$.
- Dualny: ikosaedr.
- Deficyt kąta: 36°.

Dodekaedr i ikosaedr

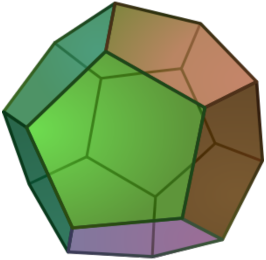


F	E	V
12	30	20

- V5.5.5
- Obroty: $I \simeq A_5$.
- Dualny: ikosaedr.
- Deficyt kąta: 36°.

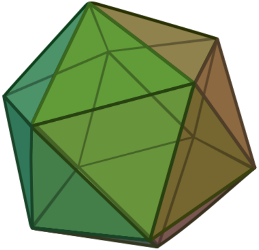
F	E	V
20	30	12

Dodekaedr i ikosaedr



F	E	V
12	30	20

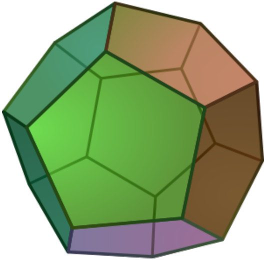
- V5.5.5
- Obroty: $I \simeq A_5$.
- Dualny: ikosaedr.
- Deficyt kąta: 36°.



F	E	V
20	30	12

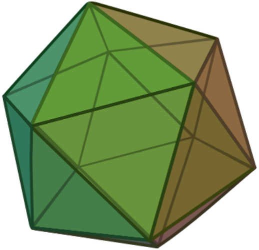
- V3.3.3.3.3

Dodekaedr i ikosaedr



F	E	V
12	30	20

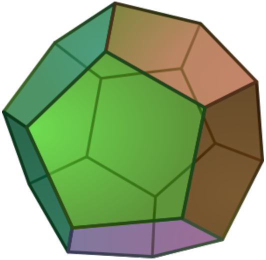
- V5.5.5
- Obroty: $I \simeq A_5$.
- Dualny: ikosaedr.
- Deficyt kąta: 36°.



F	E	V
20	30	12

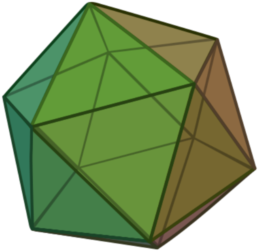
- V3.3.3.3.3
- Symetria: $I \simeq A_5$.

Dodekaedr i ikosaedr



F	E	V
12	30	20

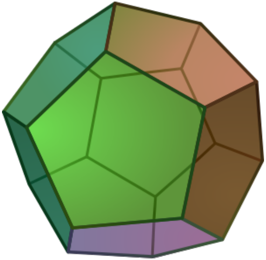
- V5.5.5
- Obroty: $I \simeq A_5$.
- Dualny: ikosaedr.
- Deficyt kąta: $36°$.



F	E	V
20	30	12

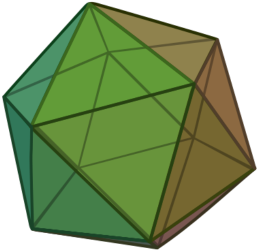
- V3.3.3.3.3
- Symetria: $I \simeq A_5$.
- Dualny: dodekaedr.

Dodekaedr i ikosaedr



F	E	V
12	30	20

- V5.5.5
- Obroty: $I \simeq A_5$.
- Dualny: ikosaedr.
- Deficyt kąta: 36°.



F	E	V
20	30	12

- V3.3.3.3.3
- Symetria: $I \simeq A_5$.
- Dualny: dodekaedr.
- Deficyt kąta: 60°.

Konstrukcje

Konstrukcje

Każdy wie jak skonstruować sześcian, czworościan, czy ośmiościan, ale co z dwunasto- oraz dwudziestościanem?

Konstrukcje

Każdy wie jak skonstruować sześcian, czworościan, czy ośmiościan, ale co z dwunasto- oraz dwudziestościanem?

Możliwość 1.: lepienie dwudziestościanu

Konstrukcje

Każdy wie jak skonstruować sześcian, czworościan, czy ośmiościan, ale co z dwunasto- oraz dwudziestościanem?

Możliwość 1.: lepienie dwudziestościanu

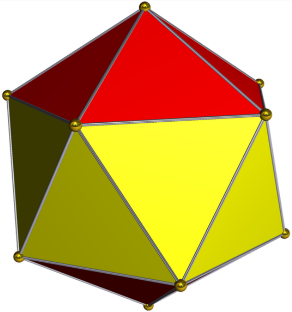
Dwudzieśtościan to tak naprawdę antygraniastosłup prawidłowy pięciokątny dobudowany dwiema piramidami pentagonalnymi!

Konstrukcje

Każdy wie jak skonstruować sześcian, czworościan, czy ośmiościan, ale co z dwunasto- oraz dwudziestościanem?

Możliwość 1.: lepienie dwudziestościanu

Dwudziestościan to tak naprawdę antygraniastosłup prawidłowy pięciokątny dobudowany dwiema piramidami pentagonalnymi!



Konstrukcje cd.

Konstrukcje cd.

Możliwość 2.: deformacja pirytohedru. . .

Konstrukcje cd.

Możliwość 2.: deformacja pirytohedru. . .

- prostokąt o proporcjach 2:1 deformuje się do pięciokąta foremnego jeśli ściągnąc jeden z dłuższych boków, a drugi „złamać”,

Konstrukcje cd.

Możliwość 2.: deformacja pirytohedru...

- prostokąt o proporcjach 2:1 deformuje się do pięciokąta foremnego jeśli ściągnąc jeden z dłuższych boków, a drugi „złamać”,
- takie prostokąty można sprytnie narysować na sześcianie,

Konstrukcje cd.

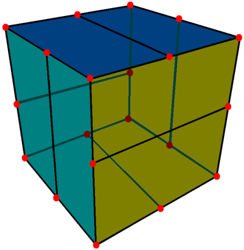
Możliwość 2.: deformacja pirytohedru. . .

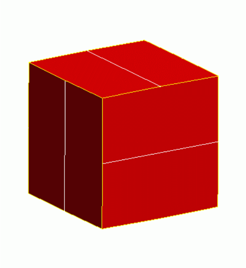
- prostokąt o proporcjach 2:1 deformuje się do pięciokąta foremnego jeśli ściągnąc jeden z dłuższych boków, a drugi „złamać”,
- takie prostokąty można sprytnie narysować na sześcianie,
- otrzymujemy pirytoedr:

Konstrukcje cd.

Możliwość 2.: deformacja pirytohedru. . .

- prostokąt o proporcjach 2:1 deformuje się do pięciokąta foremnego jeśli ściągnąc jeden z dłuższych boków, a drugi „złamać”,
- takie prostokąty można sprytnie narysować na sześcianie,
- otrzymujemy pirytoedr:

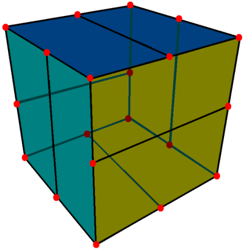


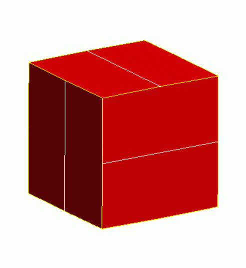


Konstrukcje cd.

Możliwość 2.: deformacja pirytohedru. . .

- prostokąt o proporcjach 2:1 deformuje się do pięciokąta foremnego jeśli ściągnąc jeden z dłuższych boków, a drugi „złamać”,
- takie prostokąty można sprytnie narysować na sześcianie,
- otrzymujemy pirytoedr:

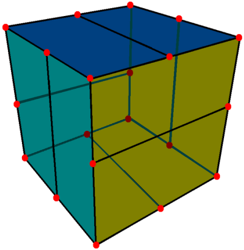


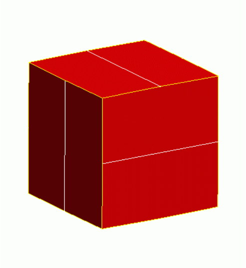


Konstrukcje cd.

Możliwość 2.: deformacja pirytohedru...

- prostokąt o proporcjach 2:1 deformuje się do pięciokąta foremnego jeśli ściągnąc jeden z dłuższych boków, a drugi „złamać”,
- takie prostokąty można sprytnie narysować na sześcianie,
- otrzymujemy pirytoedr:





Platon spacyfikowany

Platon spacyfikowany

Wielościan archimedesowy

Platon spacyfikowany

Wielościan archimedesowy

- ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki o identycznych konfiguracjach,

Platon spacyfikowany

Wielościan archimedesowy

- ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki o identycznych konfiguracjach,
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków,

Platon spacyfikowany

Wielościan archimedesowy

- ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki o identycznych konfiguracjach,
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków,
- wszystkie ściany są wielokątami foremnymi, ale nie są przystające.

Platon spacyfikowany

Wielościan archimedesowy

- ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki o identycznych konfiguracjach,
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków,
- wszystkie ściany są wielokątami foremnymi, ale nie są przystające.

▸ Archimedean solid – Wikipedia

Platon spacyfikowany

Wielościan archimedesowy

- ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki o identycznych konfiguracjach,
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków,
- wszystkie ściany są wielokątami foremnymi, ale nie są przystające.

▸ Archimedean solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe?

Platon spacyfikowany

Wielościan archimedesowy

- ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki o identycznych konfiguracjach,
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków,
- wszystkie ściany są wielokątami foremnymi, ale nie są przystające.

▸ Archimedean solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe?

- deficyt musi być liczbą dodatnią;

Platon spacyfikowany

Wielościan archimedesowy

- ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki o identycznych konfiguracjach,
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków,
- wszystkie ściany są wielokątami foremnymi, ale nie są przystające.

▸ Archimedean solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe?

- deficyt musi być liczbą dodatnią;
- okazuje się, że jest tylko 13 takich brył – i jedna czarna owca;

Platon spacyfikowany

Wielościan archimedesowy

- ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki o identycznych konfiguracjach,
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków,
- wszystkie ściany są wielokątami foremnymi, ale nie są przystające.

▸ Archimedean solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe?

- deficyt musi być liczbą dodatnią;
- okazuje się, że jest tylko 13 takich brył – i jedna czarna owca;
- wszystkie odpowiadają realizowalnym konfiguracjom:

Platon spacyfikowany

Wielościan archimedesowy

- ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki o identycznych konfiguracjach,
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków,
- wszystkie ściany są wielokątami foremnymi, ale nie są przystające.

Archimedean solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe?

- deficyt musi być liczbą dodatnią;
- okazuje się, że jest tylko 13 takich brył – i jedna czarna owca;
- wszystkie odpowiadają realizowalnym konfiguracjom:
  - 3.6.6;

Platon spacyfikowany

Wielościan archimedesowy

- ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki o identycznych konfiguracjach,
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków,
- wszystkie ściany są wielokątami foremnymi, ale nie są przystające.

Archimedean solid – Wikipedia

Kiedy to możliwe?

- deficyt musi być liczbą dodatnią;
- okazuje się, że jest tylko 13 takich brył – i jedna czarna owca;
- wszystkie odpowiadają realizowalnym konfiguracjom:
  - 3.6.6;
  - 3.4.3.4, 3.8.8, 4.6.6, 3.4.4.4, 4.6.8, 3.3.3.3.4;

Platon spacyfikowany

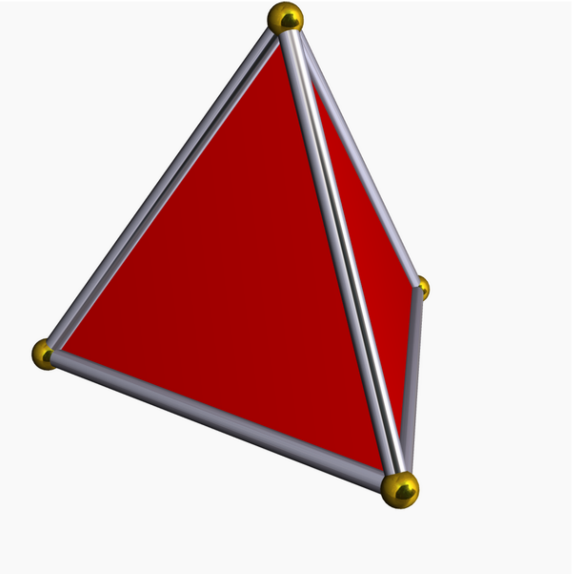
Wielościan archimedesowy

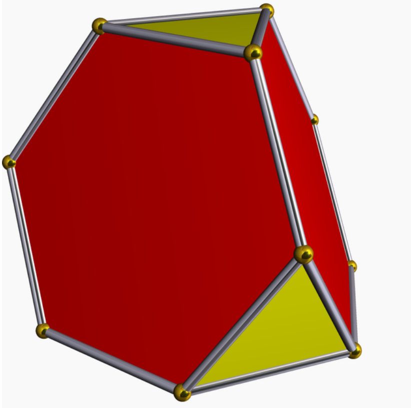
- ściśle wypukły, a wszystkie wierzchołki o identycznych konfiguracjach,
- grupa symetrii działa tranzytywnie w zbiorze wierzchołków,
- wszystkie ściany są wielokątami foremnymi, ale nie są przystające.

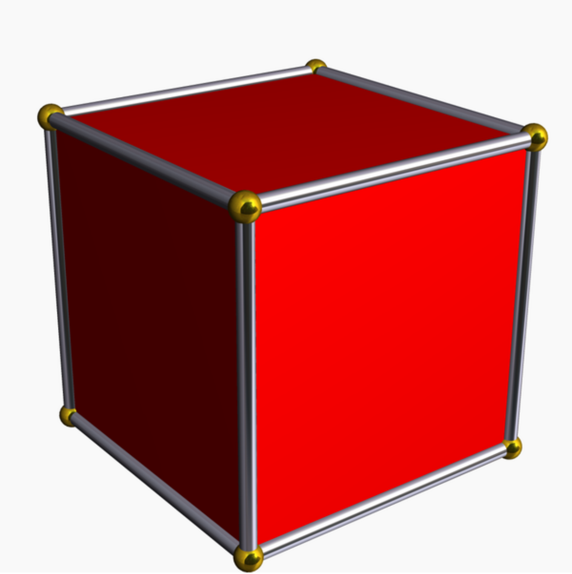
Archimedean solid – Wikipedia

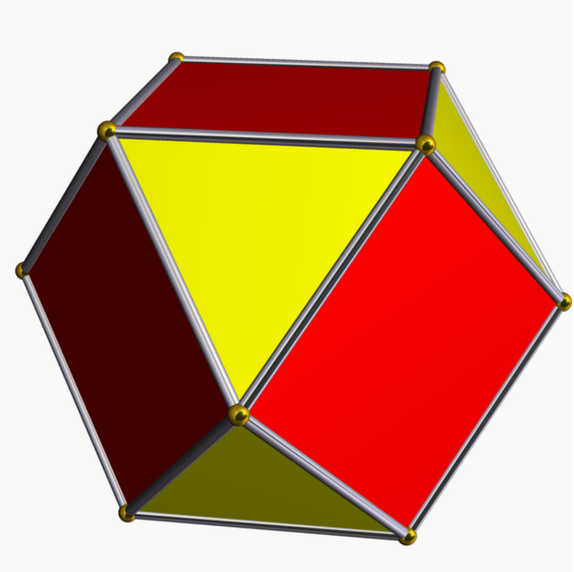
Kiedy to możliwe?

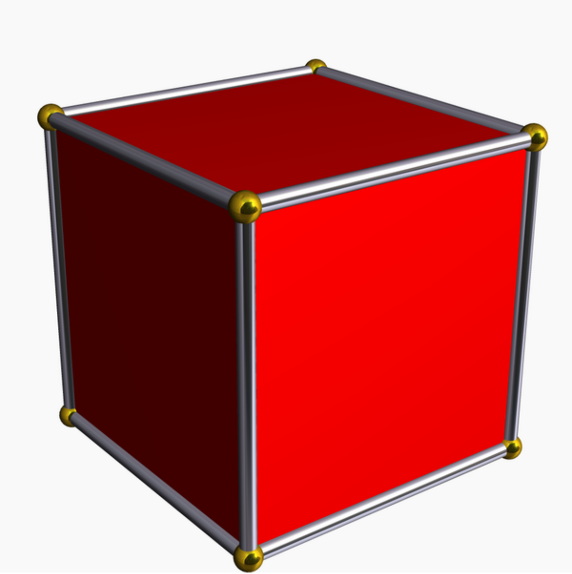
- deficyt musi być liczbą dodatnią;
- okazuje się, że jest tylko 13 takich brył – i jedna czarna owca;
- wszystkie odpowiadają realizowalnym konfiguracjom:
  - 3.6.6;
  - 3.4.3.4, 3.8.8, 4.6.6, 3.4.4.4, 4.6.8, 3.3.3.3.4;
  - 3.5.3.5, 3.10.10, 5.6.6, 3.4.5.4, 4.6.10, 3.3.3.3.5.

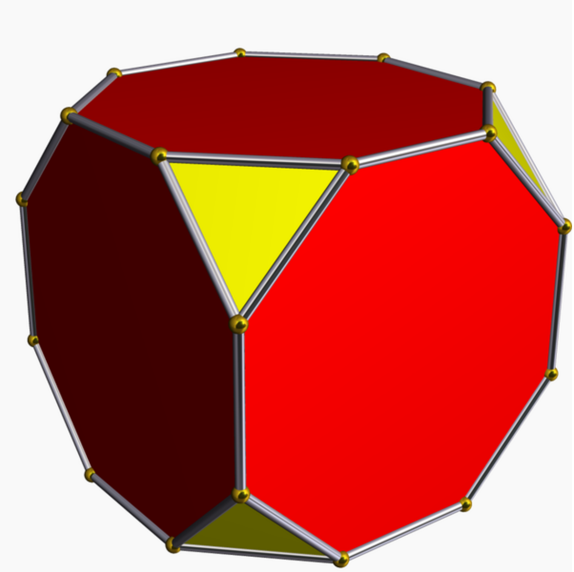


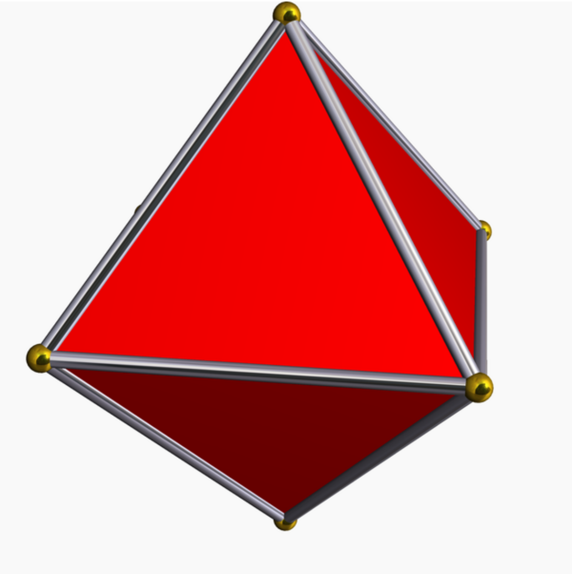


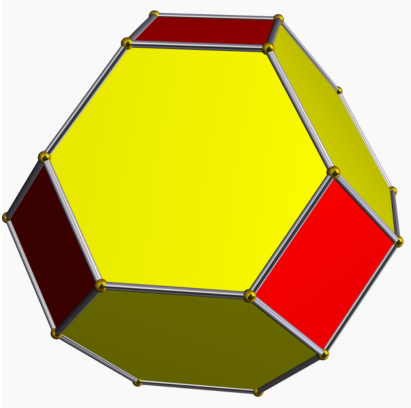


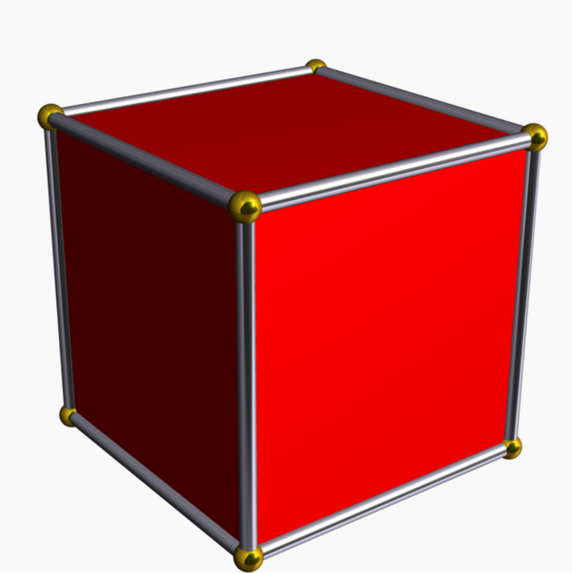


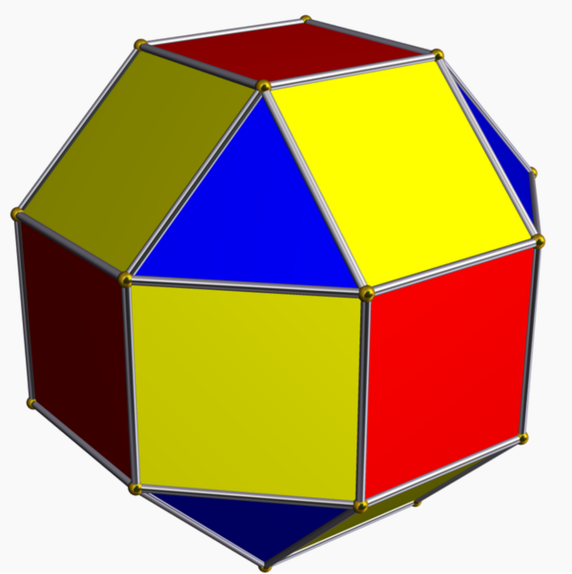


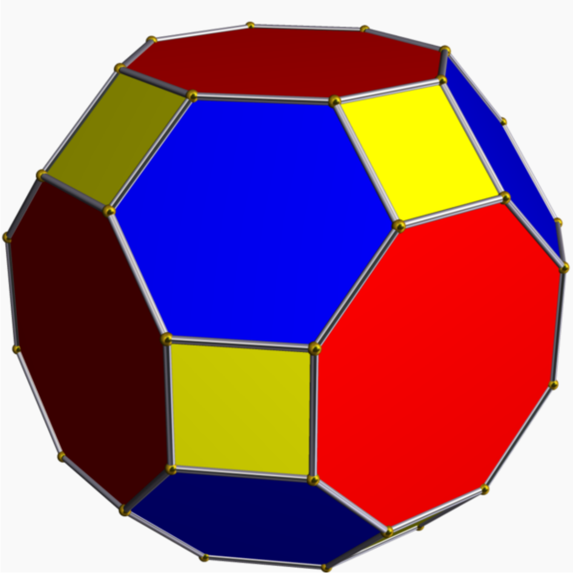


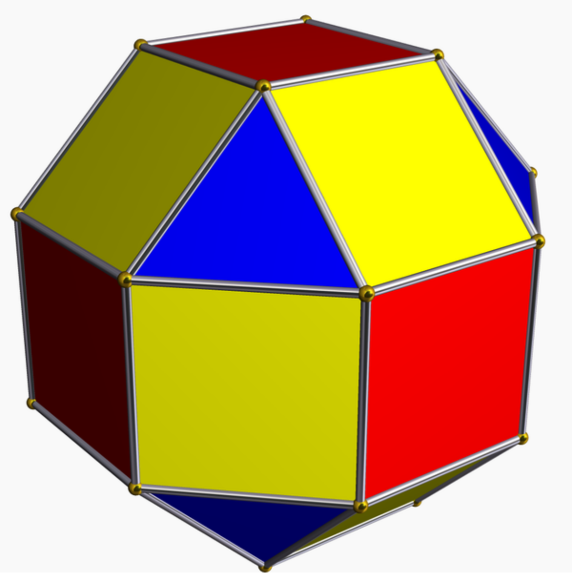


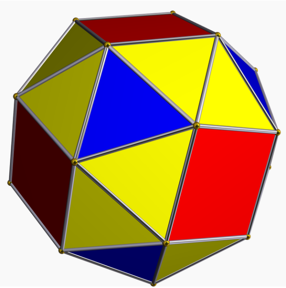


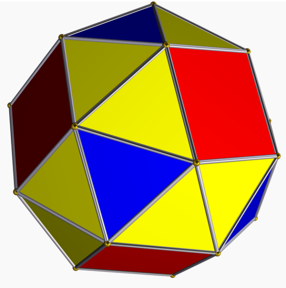


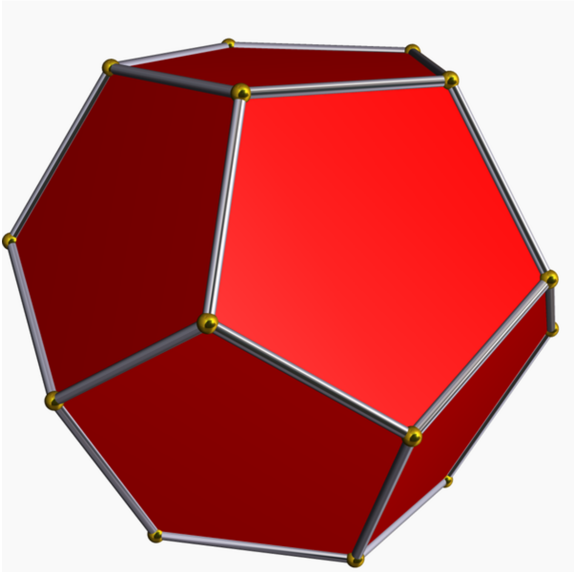


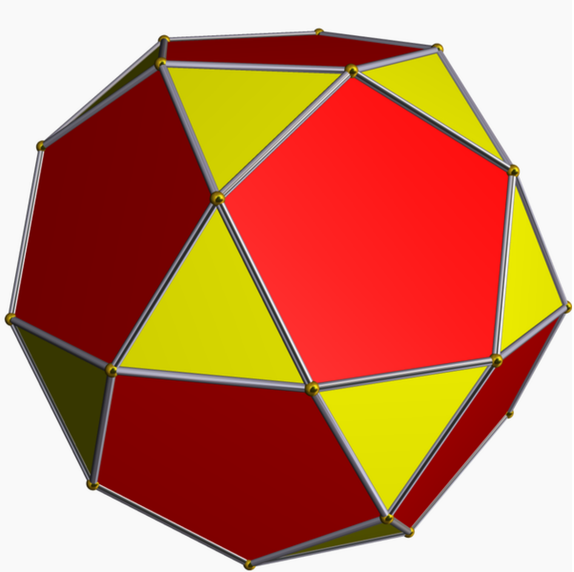


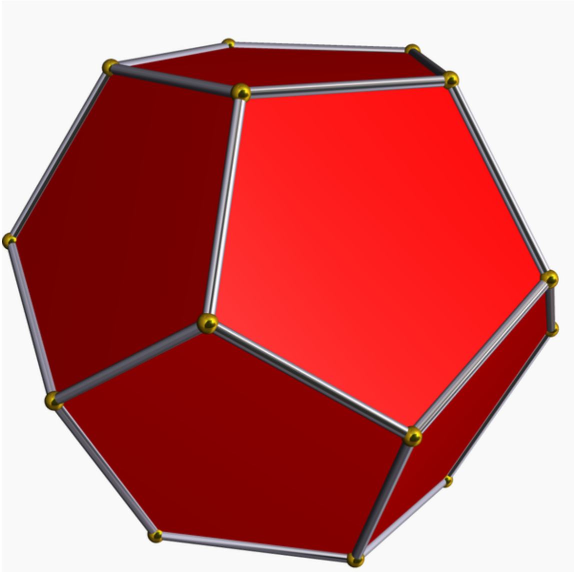


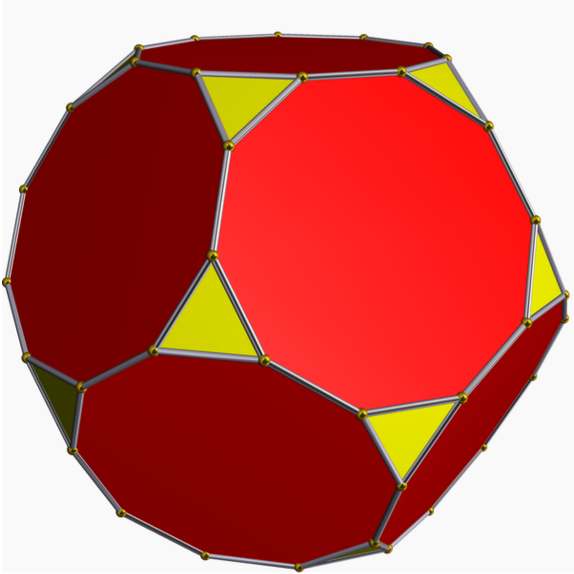


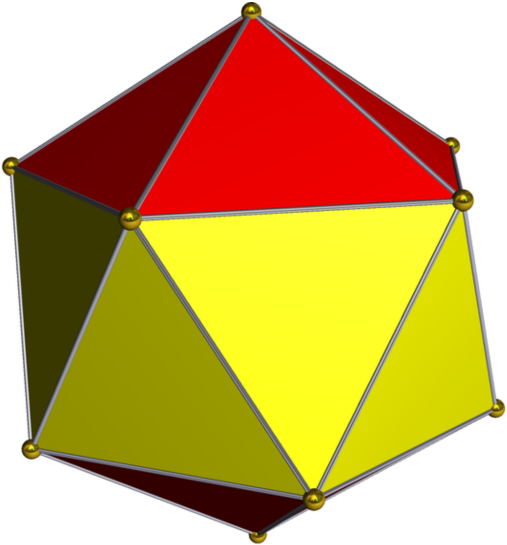


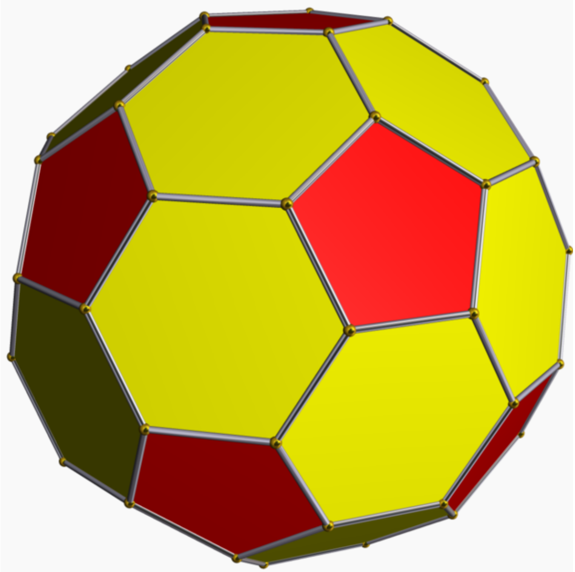


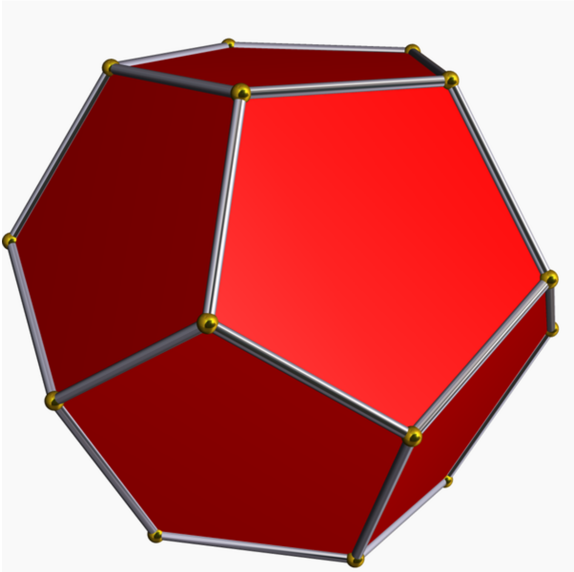


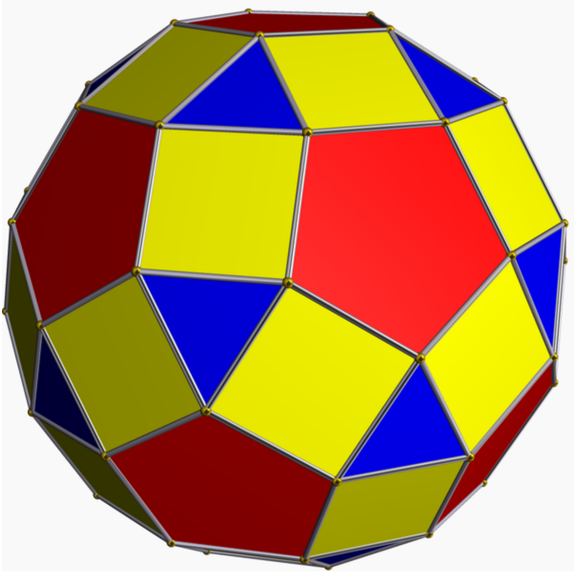


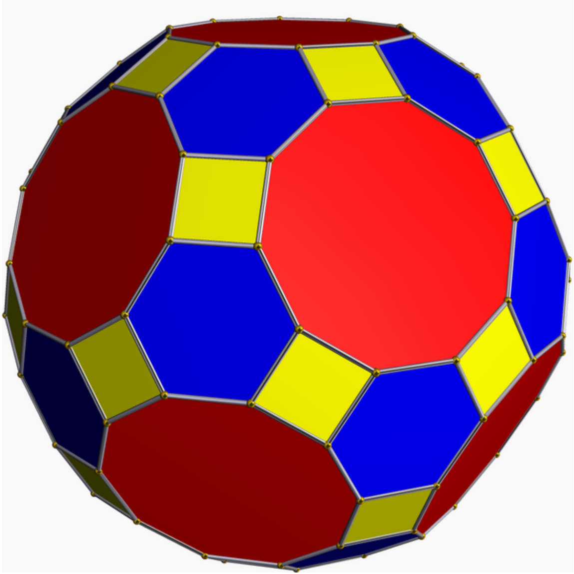


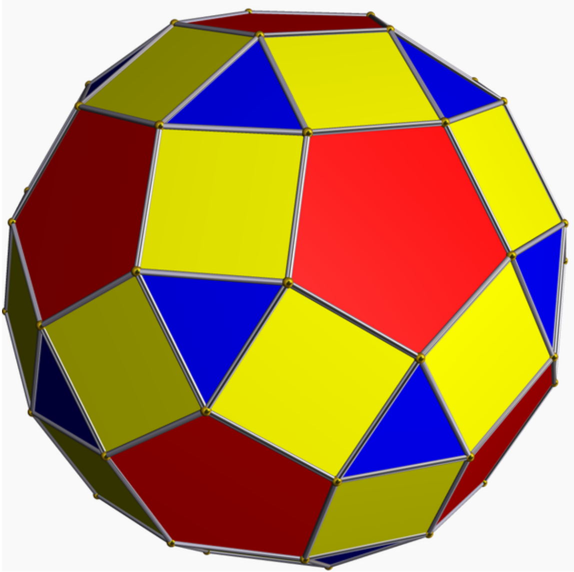


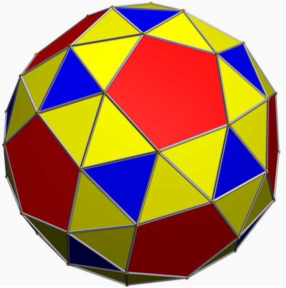


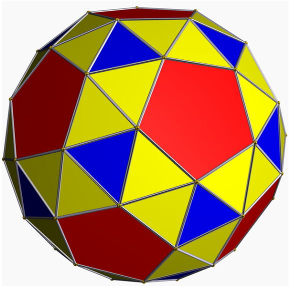


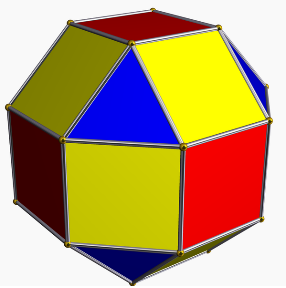


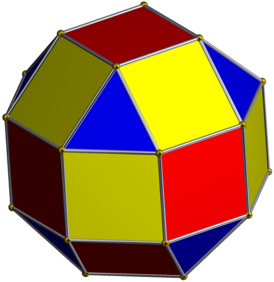












Mniej foremne, a jednak...

Mniej foremne, a jednak. . .

Wielościan Catalana

Mniej foremne, a jednak...

Wielościan Catalana

- jest ściśle wypukły,

Mniej foremne, a jednak...

Wielościan Catalana

- jest ściśle wypukły,
- wszystkie ściany są przystające, ale nie foremne.

Mniej foremne, a jednak...

Wielościan Catalana

- jest ściśle wypukły,
- wszystkie ściany są przystające, ale nie foremne.

▸ Catalan solid – Wikipedia

Mniej foremne, a jednak. . .

Wielościan Catalana

- jest ściśle wypukły,
- wszystkie ściany są przystające, ale nie foremne.

Catalan solid – Wikipedia

Uniwersalny przykład

Po wyłączeniu bipiramid i trapezoedrów wszystkie wielościany Catalana powstają jako dualne do wielościanów archimedesowych.

Kompletność Normana Johnsona

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

Johnson solid – Wikipedia

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

▸ Johnson solid – Wikipedia

Przykłady

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

Johnson solid – Wikipedia

Przykłady

Piramidy,

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

Johnson solid – Wikipedia

Przykłady

Piramidy, graniastosłupy z daszkami z piramid,

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

Johnson solid – Wikipedia

Przykłady

Piramidy, graniastosłupy z daszkami z piramid, poznane już bryły, ale

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

Johnson solid – Wikipedia

Przykłady

Piramidy, graniastosłupy z daszkami z piramid, poznane już bryły, ale obcięte,

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

Johnson solid – Wikipedia

Przykłady

Piramidy, graniastosłupy z daszkami z piramid, poznane już bryły, ale obcięte, nadbudowane,

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

Johnson solid – Wikipedia

Przykłady

Piramidy, graniastosłupy z daszkami z piramid, poznane już bryły, ale obcięte, nadbudowane, przekręcone

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

▸ Johnson solid – Wikipedia

Przykłady

Piramidy, graniastosłupy z daszkami z piramid, poznane już bryły, ale obcięte, nadbudowane, przekręcone – raz lub więcej,

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

Johnson solid – Wikipedia

Przykłady

Piramidy, graniastosłupy z daszkami z piramid, poznane już bryły, ale obcięte, nadbudowane, przekręcone – raz lub więcej, etc.

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

▸ Johnson solid – Wikipedia

Przykłady

Piramidy, graniastosłupy z daszkami z piramid, poznane już bryły, ale obcięte, nadbudowane, przekręcone – raz lub więcej, etc.

Lista Johnsona liczy dokładnie 92 bryły!

Kompletność Normana Johnsona

Wielościan typu Johnsona

- ściśle wypukły, ale nie vertex-transitive,
- wszystkie ściany są foremne, ale nie są przystające.

Johnson solid – Wikipedia

Przykłady

Piramidy, graniastosłupy z daszkami z piramid, poznane już bryły, ale obcięte, nadbudowane, przekręcone – raz lub więcej, etc.

Lista Johnsona liczy dokładnie 92 bryły!

List of Johnson solids – Wikipedia

ABC brył regularnych

ABC brył regularnych

Typy brył (semi-, kwazi-)regularnych w pigułce

Wielościany:

ABC brył regularnych

Typy brył (semi-, kwazi-)regularnych w pigułce

Wielościany:

- platońskie – 5 sztuk, vertex-transitive, przystające ściany foremne;

ABC brył regularnych

Typy brył (semi-, kwazi-)regularnych w pigułce

Wielościany:

- platońskie – 5 sztuk, vertex-transitive, przystające ściany foremne;
- archimedejskie – 13 sztuk, vertex-transitive, ściany to przynajmniej dwa rodzaje wielokątów foremnych;

ABC brył regularnych

Typy brył (semi-, kwazi-)regularnych w pigułce

Wielościany:

- platońskie – 5 sztuk, vertex-transitive, przystające ściany foremne;
- archimedejskie – 13 sztuk, vertex-transitive, ściany to przynajmniej dwa rodzaje wielokątów foremnych;
- Catalana – 13 sztuk, przystające ściany, dualne do archimedesowych;

ABC brył regularnych

Typy brył (semi-, kwazi-)regularnych w pigułce

Wielościany:

- platońskie – 5 sztuk, vertex-transitive, przystające ściany foremne;
- archimedejskie – 13 sztuk, vertex-transitive, ściany to przynajmniej dwa rodzaje wielokątów foremnych;
- Catalana – 13 sztuk, przystające ściany, dualne do archimedesowych;
- z listy Johnsona – 92 sztuki, nie vertex-transitive, ściany to wielokąty foremne;

ABC brył regularnych

Typy brył (semi-, kwazi-)regularnych w pigułce

Wielościany:

- platońskie – 5 sztuk, vertex-transitive, przystające ściany foremne;
- archimedejskie – 13 sztuk, vertex-transitive, ściany to przynajmniej dwa rodzaje wielokątów foremnych;
- Catalana – 13 sztuk, przystające ściany, dualne do archimedesowych;
- z listy Johnsona – 92 sztuki, nie vertex-transitive, ściany to wielokąty foremne;
- wreszcie – graniatosłupy i antygraniastosłupy.

Trochę o źródłach

Trochę o źródłach

Jeśli Google tego nie wie, to tego nie ma!

Poznawanie takich tematów w ciągu kilkunastu wieczorów zostało umożliwione przez literkę „G" oraz literkę „W". Mnogość zasobów w sieci przytłoczyła mnie swoim ogromem, a rozmiar tej prezentacji przekroczyła najmniej trzykroć.

Trochę o źródłach

Jeśli Google tego nie wie, to tego nie ma!

Poznawanie takich tematów w ciągu kilkunastu wieczorów zostało umożliwione przez literkę „G" oraz literkę „W". Mnogość zasobów w sieci przytłoczyła mnie swoim ogromem, a rozmiar tej prezentacji przekroczyła najmniej trzykroć.

Źródła:

Trochę o źródłach

Jeśli Google tego nie wie, to tego nie ma!

Poznawanie takich tematów w ciągu kilkunastu wieczorów zostało umożliwione przez literkę „G" oraz literkę „W". Mnogość zasobów w sieci przytłoczyła mnie swoim ogromem, a rozmiar tej prezentacji przekroczyła najmniej trzykroć.

Źródła:

- Platonic Solid – Wikipedia, the free encyclopedia

Trochę o źródłach

Jeśli Google tego nie wie, to tego nie ma!

Poznawanie takich tematów w ciągu kilkunastu wieczorów zostało umożliwione przez literkę „G" oraz literkę „W". Mnogość zasobów w sieci przytłoczyła mnie swoim ogromem, a rozmiar tej prezentacji przekroczyła najmniej trzykroć.

Źródła:

- Platonic Solid – Wikipedia, the free encyclopedia
- Archimedean Solid – Wikipedia, the free encyclopedia

Trochę o źródłach

Jeśli Google tego nie wie, to tego nie ma!

Poznawanie takich tematów w ciągu kilkunastu wieczorów zostało umożliwione przez literkę „G" oraz literkę „W". Mnogość zasobów w sieci przytłoczyła mnie swoim ogromem, a rozmiar tej prezentacji przekroczyła najmniej trzykroć.

Źródła:

- Platonic Solid – Wikipedia, the free encyclopedia
- Archimedean Solid – Wikipedia, the free encyclopedia
- Catalan Solid – Wikipedia, the free encyclopedia

Trochę o źródłach

Jeśli Google tego nie wie, to tego nie ma!

Poznawanie takich tematów w ciągu kilkunastu wieczorów zostało umożliwione przez literkę „G" oraz literkę „W". Mnogość zasobów w sieci przytłoczyła mnie swoim ogromem, a rozmiar tej prezentacji przekroczyła najmniej trzykroć.

Źródła:

- Platonic Solid – Wikipedia, the free encyclopedia
- Archimedean Solid – Wikipedia, the free encyclopedia
- Catalan Solid – Wikipedia, the free encyclopedia
- Johnson Solid – Wikipedia, the free encyclopedia

Trochę o źródłach

Jeśli Google tego nie wie, to tego nie ma!

Poznawanie takich tematów w ciągu kilkunastu wieczorów zostało umożliwione przez literkę „G" oraz literkę „W". Mnogość zasobów w sieci przytłoczyła mnie swoim ogromem, a rozmiar tej prezentacji przekroczyła najmniej trzykroć.

Źródła:

- Platonic Solid – Wikipedia, the free encyclopedia
- Archimedean Solid – Wikipedia, the free encyclopedia
- Catalan Solid – Wikipedia, the free encyclopedia
- Johnson Solid – Wikipedia, the free encyclopedia

Zaprezentowany temat ma różnorodne kontynuacje: wielobryły, genus różny od zera, „nietrafione", rozgwieżdżenia etc. Nie sposób w tej prezentacji nawet wspomnieć o ogromie klasycznej i nowoczesnej matematyki związanej z tymi zagadnieniami.

Dziękuję za uwagę!

Dziękuję za uwagę!

Wyrazy wdzięczności tym, którzy pomogli mi przebrnąć przez mozolne prace nad modelami.

Dziękuję za uwagę!

Wyrazy wdzięczności tym, którzy pomogli mi przebrnąć przez mozolne prace nad modelami. Dziękuję publiczności za uwagę a organizatorom Festiwalu Nauki 2014 za zaproszenie do prelekcji! ☺

Dziękuję za uwagę!

Wyrazy wdzięczności tym, którzy pomogli mi przebrnąć przez mozolne prace nad modelami. Dziękuję publiczności za uwagę a organizatorom Festiwalu Nauki 2014 za zaproszenie do prelekcji! ☺