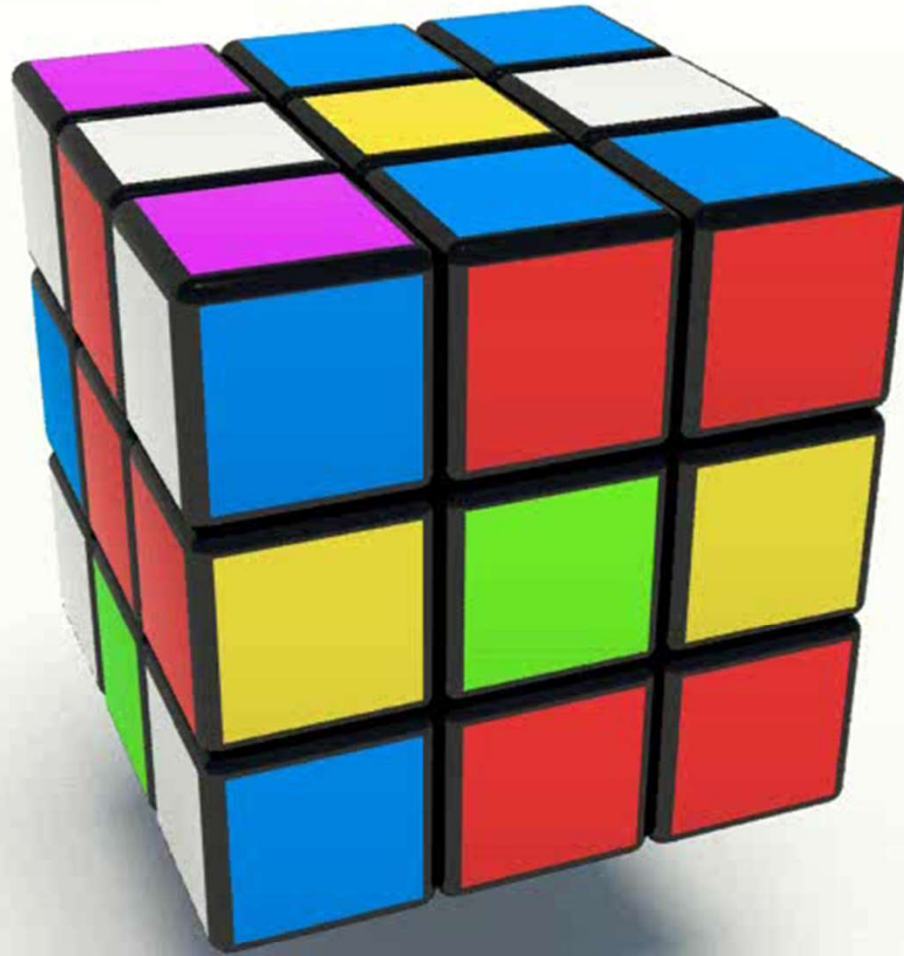


Rubikova kocka:

od teorije grup, prek algoritmov do hitrostnega reševanja

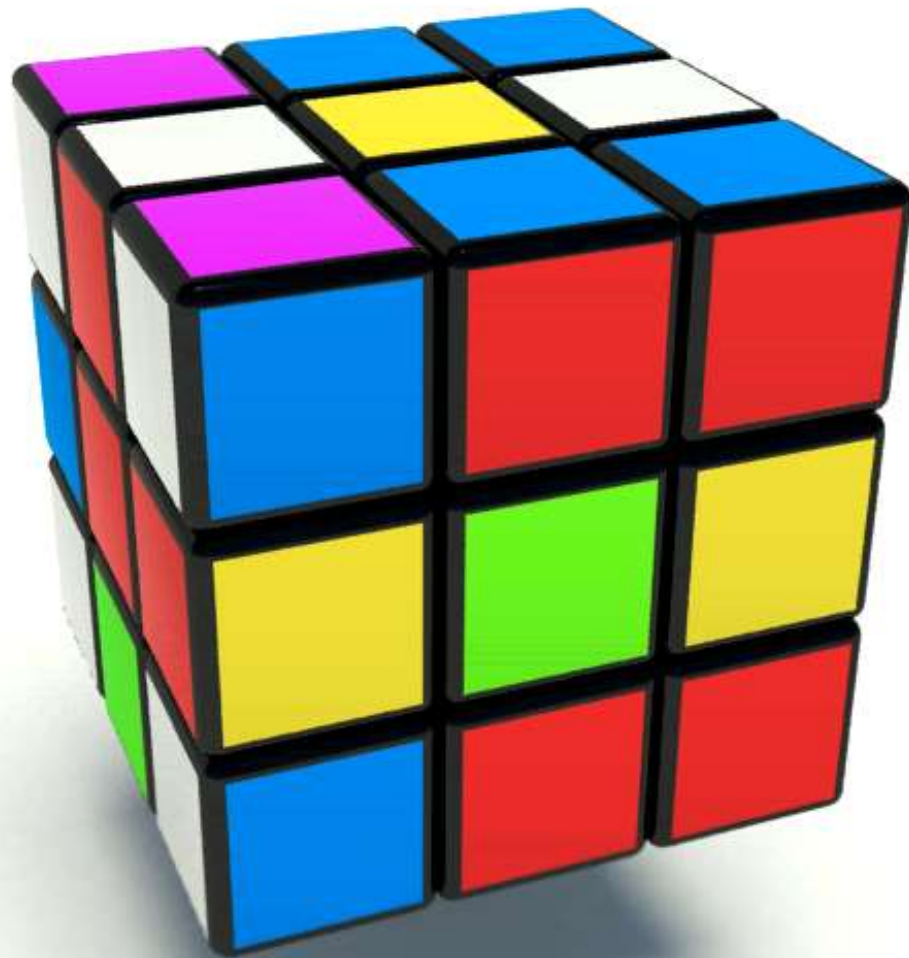


Branko Kavšek

branko.kavsek@upr.si

Izleti v matematično vesolje

November 2022





Na današnjem izletu ...

1

Kratka zgodovina Rubikove kocke

2

Kako je kocka sestavljena?

3

Permutacije Rubikove kocke

4

Rubikova kocka in teorija grup

5

Algoritmi na Rubikovi kocki

6

Hitrostno sestavljanje



Kratka zgodovina Rubikove kocke (1)



Kratka zgodovina Rubikove kocke (1)

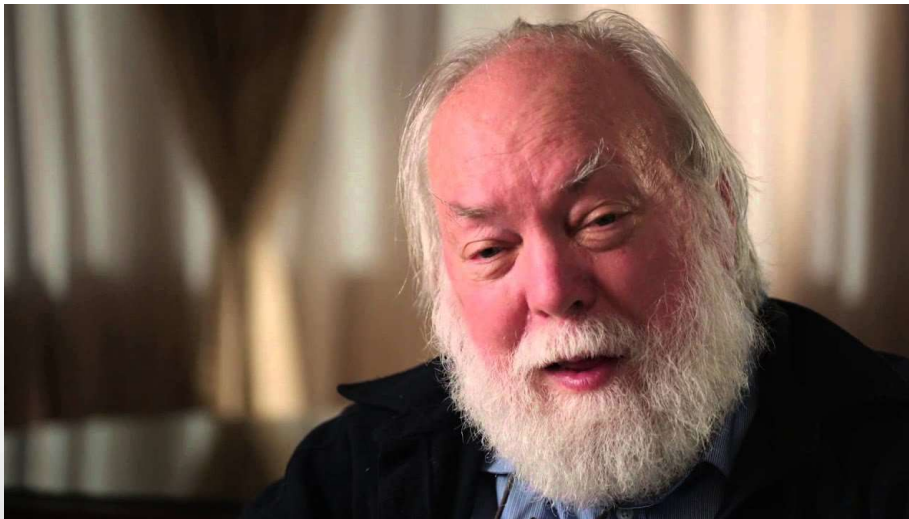
- **1974:** Ernő Rubik (arhitekt, profesor, inženir, oblikovalec, matematik, izumitelj), magična kocka (bűvös kocka);





Kratka zgodovina Rubikove kocke (1)

- **1974:** Ernő Rubik (arhitekt, profesor, inženir, oblikovalec, matematik, izumitelj), magična kocka (bűvös kocka);
- **1978:** David Singmaster (notacija za beleženje premikov kocke);





Kratka zgodovina Rubikove kocke (1)

- **1974:** Ernő Rubik (arhitekt, profesor, inženir, oblikovalec, matematik, izumitelj), magična kocka (bűvös kocka);
- **1978:** David Singmaster (notacija za beleženje premikov kocke);
- **1980:** Ideal Toys ("Gordijski vozeli", "Inkovsko zlato", kocka se začne prodajati po celem svetu – Rubikova kocka);





Kratka zgodovina Rubikove kocke (1)

- **1974:** Ernő Rubik (arhitekt, profesor, inženir, oblikovalec, matematik, izumitelj), magična kocka (bűvös kocka);
- **1978:** David Singmaster (notacija za beleženje premikov kocke);
- **1980:** Ideal Toys ("Gordijski vozeli", "Inkovsko zlato", kocka se začne prodajati po celem svetu – Rubikova kocka);
- **1980–1982:** prek 100 milijonov prodanih kock (prve objavljene metode sestavljanja kocke se uvrščajo na New York Times-ovo lestvico najbolj prodanih del);



Kratka zgodovina Rubikove kocke (1)

- **1974:** Ernő Rubik (arhitekt, profesor, inženir, oblikovalec, matematik, izumitelj), magična kocka (bűvös kocka);
- **1978:** David Singmaster (notacija za beleženje premikov kocke);
- **1980:** Ideal Toys ("Gordijski vozeli", "Inkovsko zlato", kocka se začne prodajati po celem svetu – Rubikova kocka);
- **1980–1982:** prek 100 milijonov prodanih kock (prve objavljene metode sestavljanja kocke se uvrščajo na oboje lestvico najbolj prodanih del);
- **1997:** Jessica Fridrich (CFOP metoda za hitrostno reševanje Rubikove kocke);





Kratka zgodovina Rubikove kocke (2)



Kratka zgodovina Rubikove kocke (2)

- **2003: Gilles Roux**
(ROUX metoda za hitrostno reševanje Rubikove kocke);





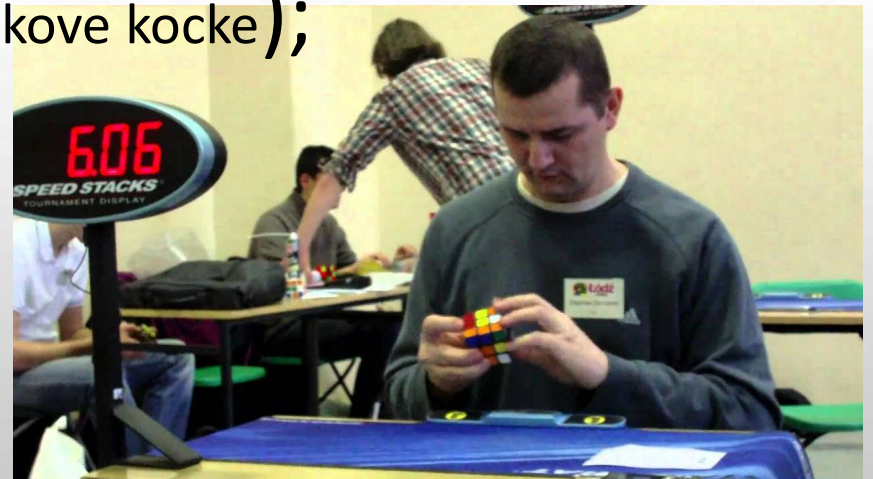
Kratka zgodovina Rubikove kocke (2)

- **2003:** Gilles Roux
(ROUX metoda za hitrostno reševanje Rubikove kocke);
- **2004:** Ron van Bruchem in Tyson Mao
(ustanovljeno "Svetovno združenje za kocko" – World Cube Association);



Kratka zgodovina Rubikove kocke (2)

- **2003:** Gilles Roux
(ROUX metoda za hitrostno reševanje Rubikove kocke);
- **2004:** Ron van Bruchem in Tyson Mao
(ustanovljeno "Svetovno združenje za kocko" – World Cube Association);
- **2006:** Zbigniew Zborowski
(ZZ metoda za hitrostno reševanje Rubikove kocke);





Kratka zgodovina Rubikove kocke (2)

- **2003:** Gilles Roux
(ROUX metoda za hitrostno reševanje Rubikove kocke);
- **2004:** Ron van Bruchem in Tyson Mao
(ustanovljeno "Svetovno združenje za kocko" – World Cube Association);
- **2006:** Zbigniew Zborowski
(ZZ metoda za hitrostno reševanje Rubikove kocke);
- **2007–2010:** prve hitrostne kocke (speedcubes);



Kratka zgodovina Rubikove kocke (2)

- **2003:** Gilles Roux
(ROUX metoda za hitrostno reševanje Rubikove kocke);
- **2004:** Ron van Bruchem in Tyson Mao
(ustanovljeno "Svetovno združenje za kocko" – World Cube Association);
- **2006:** Zbigniew Zborowski
(ZZ metoda za hitrostno reševanje Rubikove kocke);
- **2007–2010:** prve hitrostne kocke (speedcubes);
- **2011–:** druga generacija higtrostnih kock
(nastavljive, magneti ...);



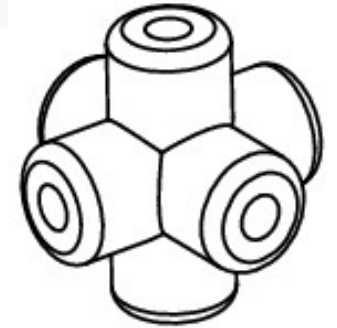
Kako je kocka sestavljena?

- Rubikovo kocko sestavlja (27 koščkov):
 - 1 sredinski (nevidni) križni košček,
 - 6 sredinskih koščkov (v barvi ploskev),
 - 12 robnih koščkov (dvo-barvni),
 - 8 vogalnih ali kotnih koščkov (tro-barvni).



Kako je kocka sestavljena?

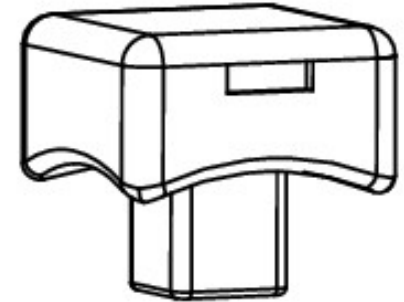
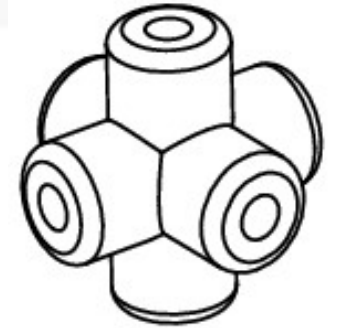
- Rubikovo kocko sestavlja (27 koščkov):
 - 1 sredinski (nevidni) križni košček,
 - 6 sredinskih koščkov (v barvi ploskev),
 - 12 robnih koščkov (dvo-barvni),
 - 8 vogalnih ali kotnih koščkov (tro-barvni).





Kako je kocka sestavljena?

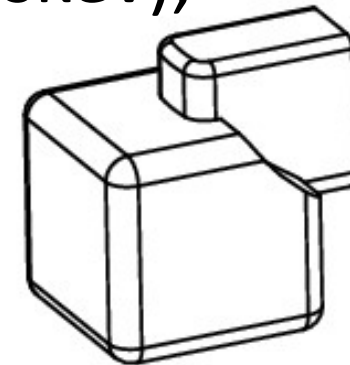
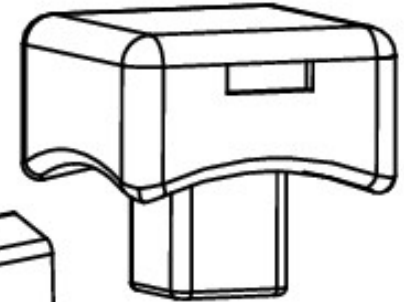
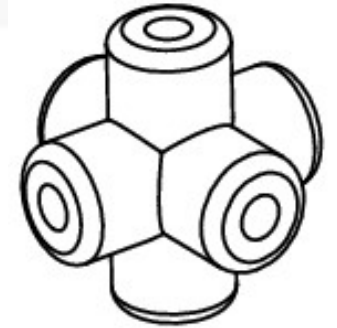
- Rubikovo kocko sestavlja (27 koščkov):
 - 1 sredinski (nevidni) križni košček,
 - 6 sredinskih koščkov (v barvi ploskev),
 - 12 robnih koščkov (dvo-barvni),
 - 8 vogalnih ali kotnih koščkov (tro-barvni).





Kako je kocka sestavljena?

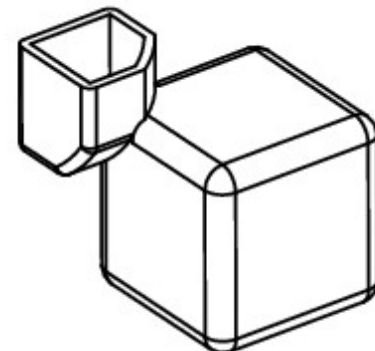
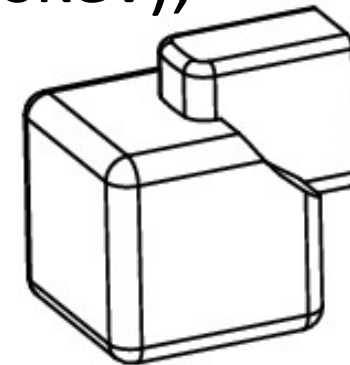
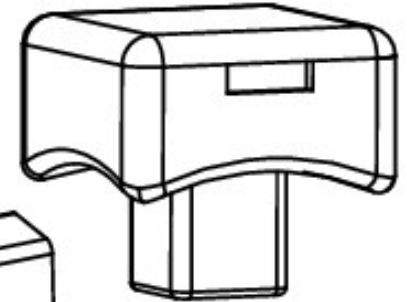
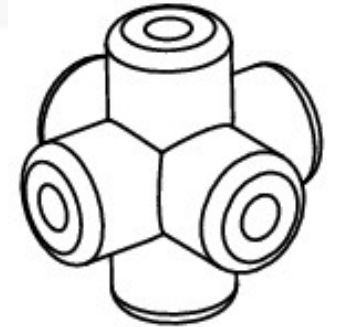
- Rubikovo kocko sestavlja (27 koščkov):
 - 1 sredinski (nevidni) križni košček,
 - 6 sredinskih koščkov (v barvi ploskev),
 - 12 robnih koščkov (dvo-barvni),
 - 8 vogalnih ali kotnih koščkov (tro-barvni).





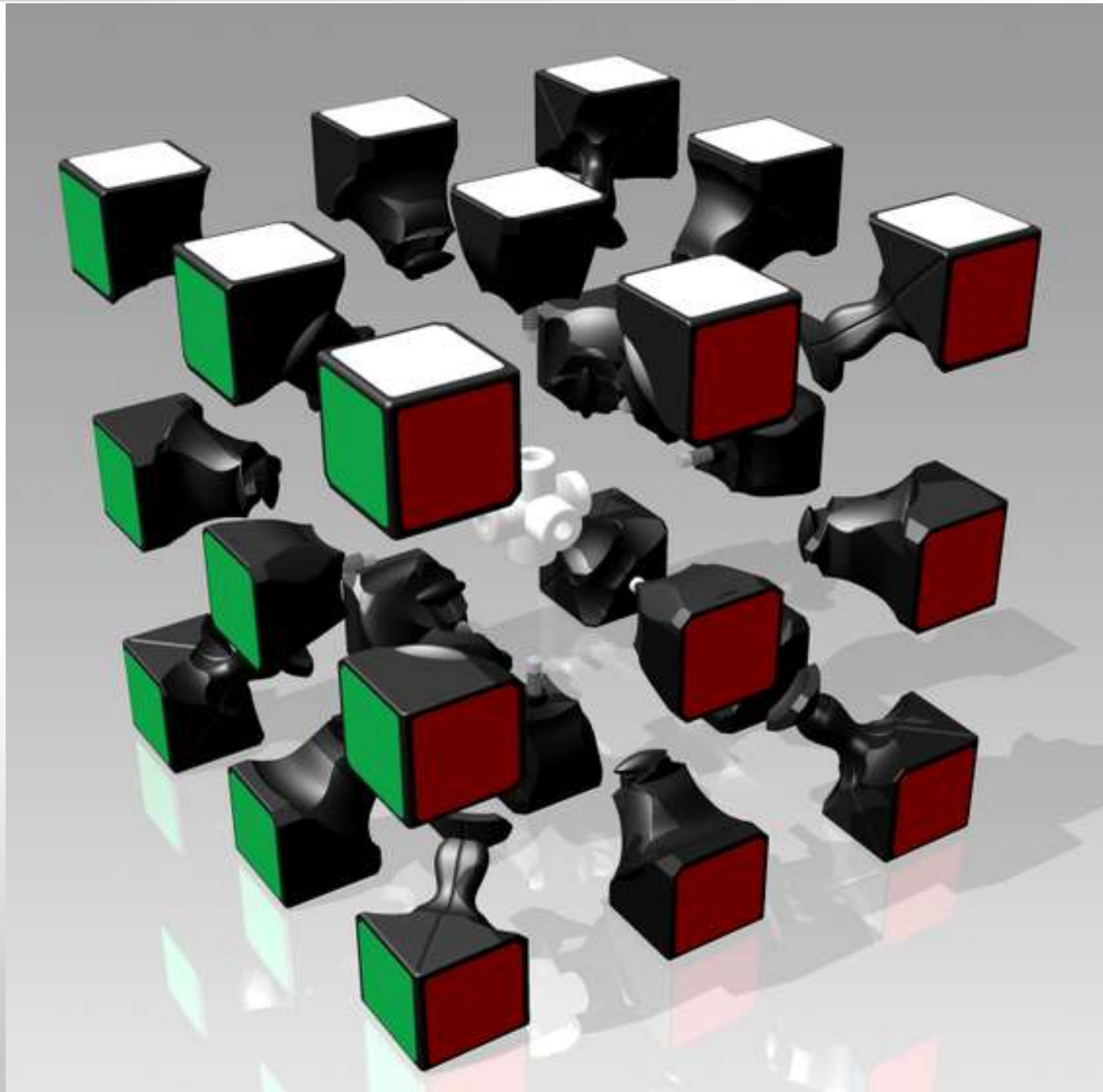
Kako je kocka sestavljena?

- Rubikovo kocko sestavlja (27 koščkov):
 - 1 sredinski (nevidni) križni košček,
 - 6 sredinskih koščkov (v barvi ploskev),
 - 12 robnih koščkov (dvo-barvni),
 - 8 vogalnih ali kotnih koščkov (tro-barvni).



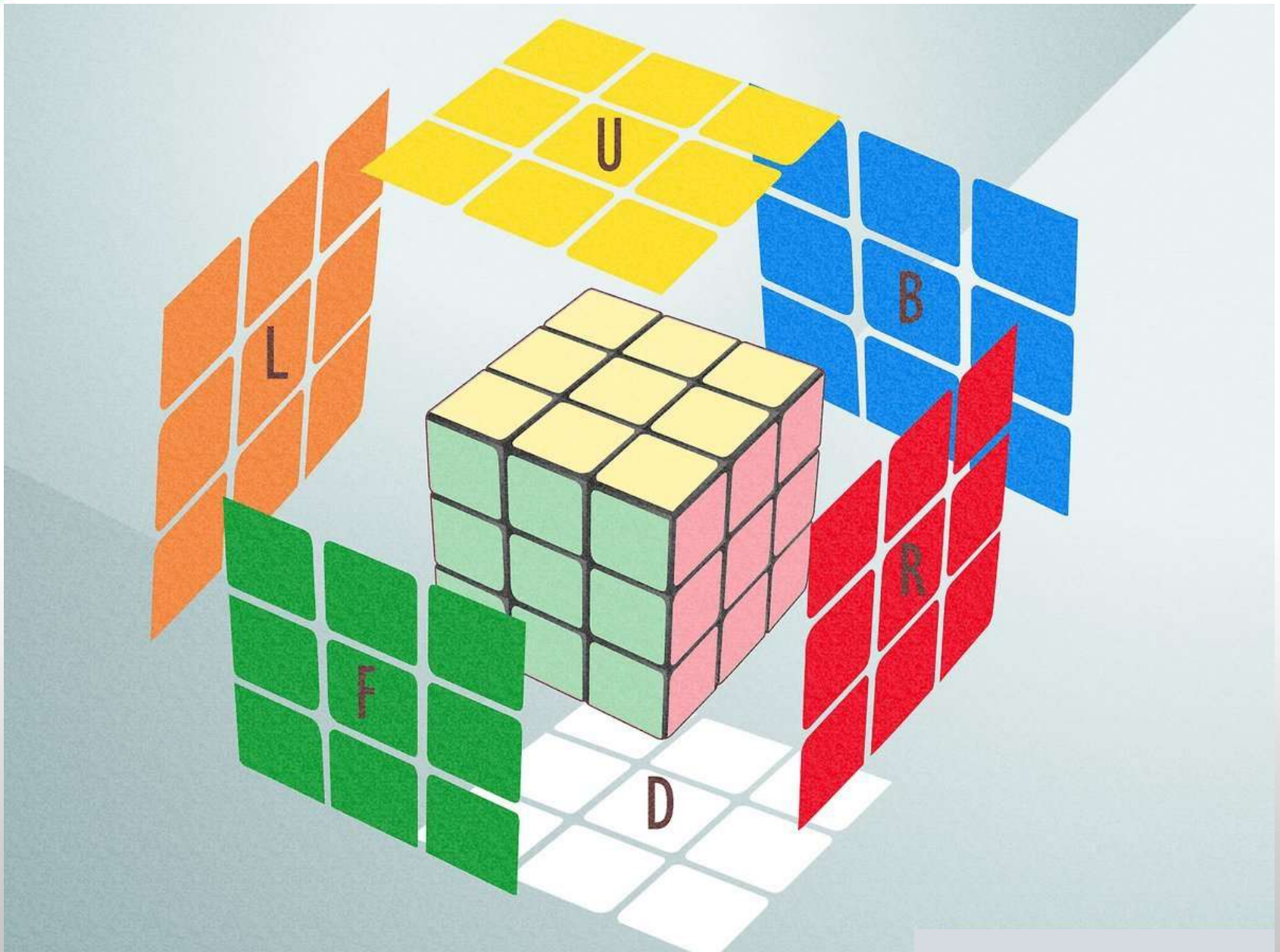


Kako je kocka sestavljena?



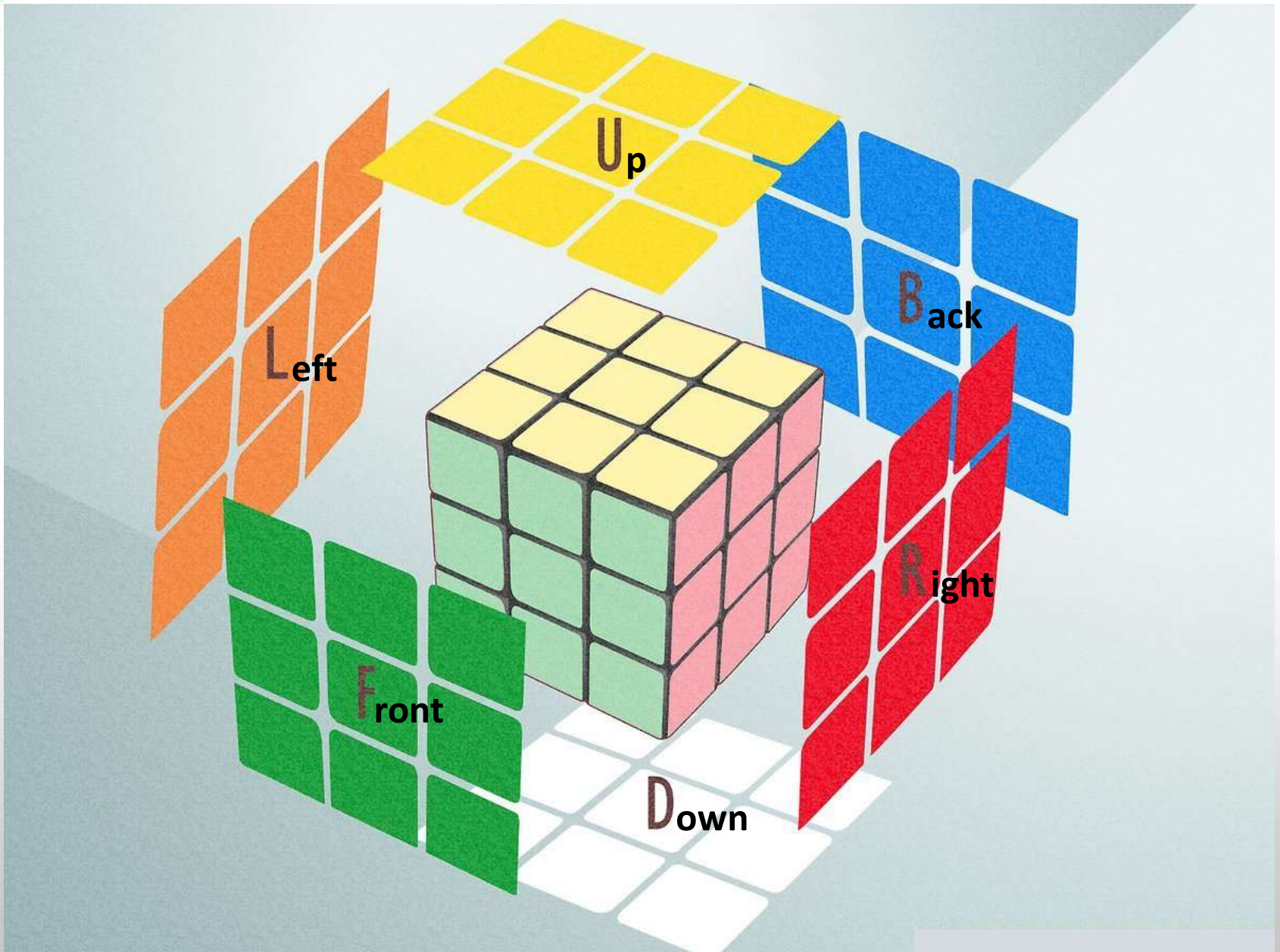


Deli Rubikove kocke – stranice



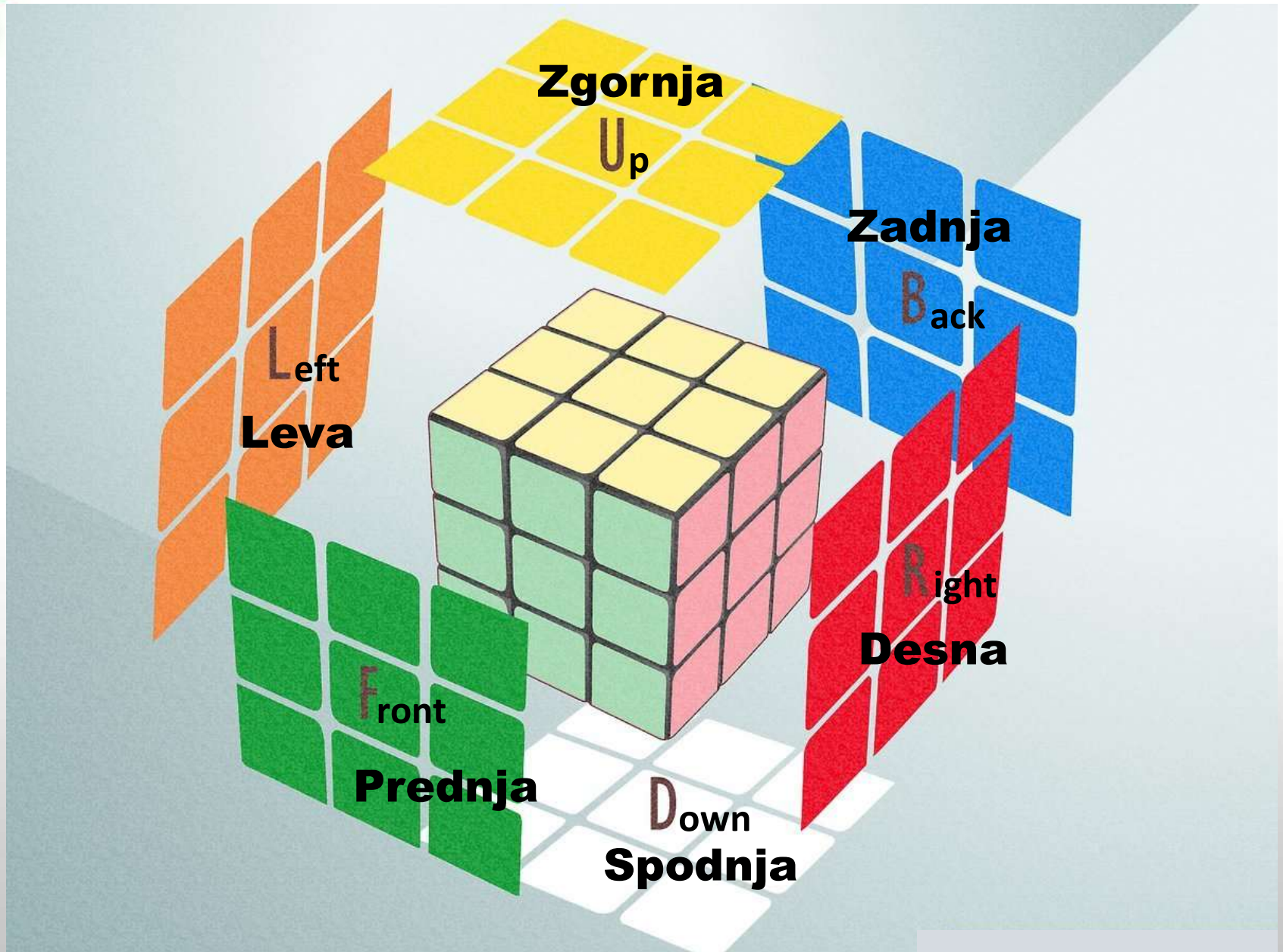


Deli Rubikove kocke – stranice





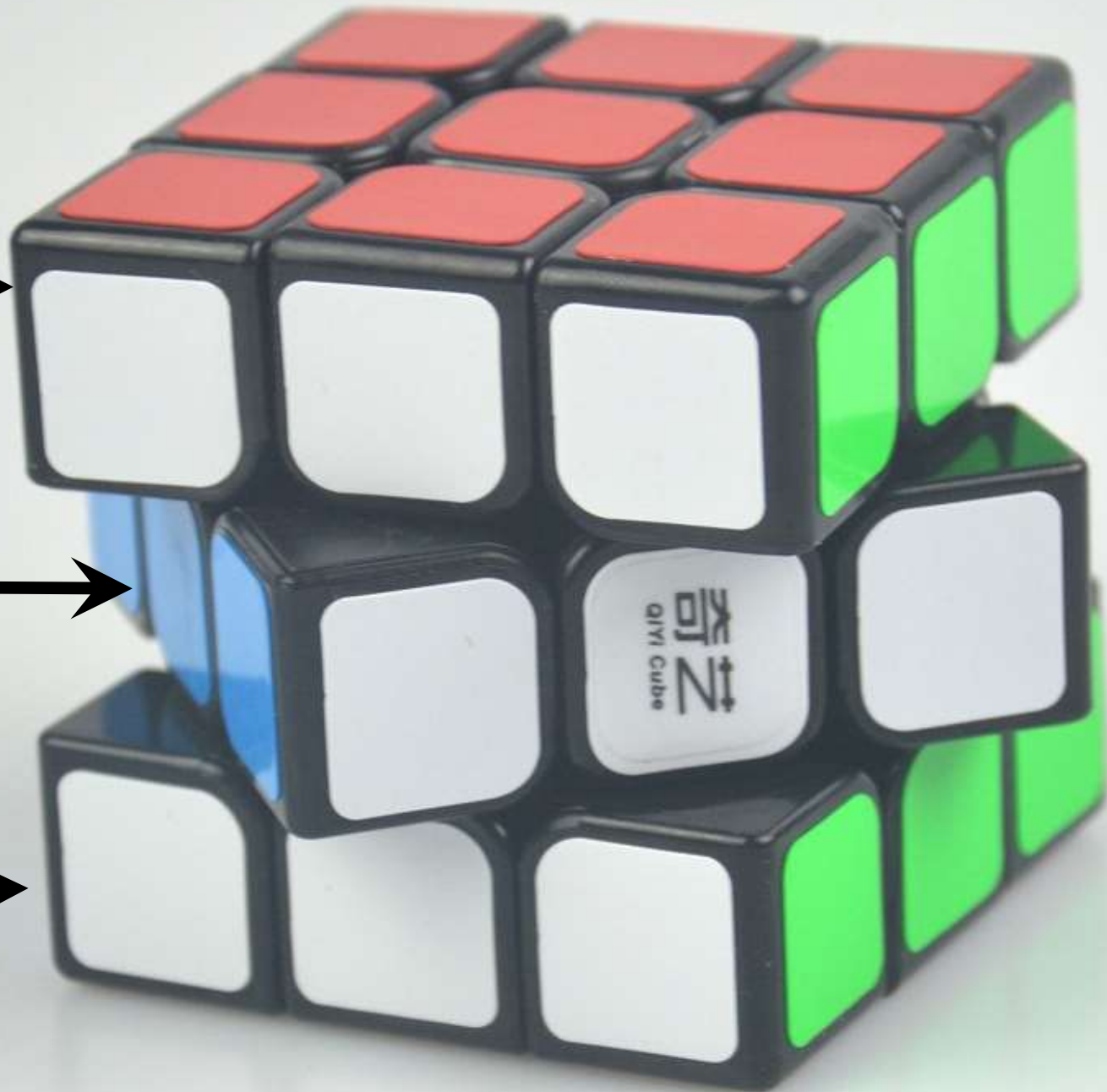
Deli Rubikove kocke – stranice





Deli Rubikove kocke – plasti

zgornja plast



srednja plast

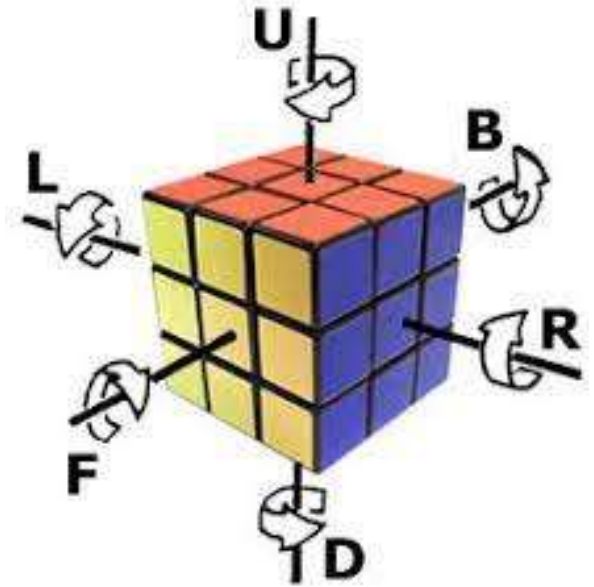


spodnja plast





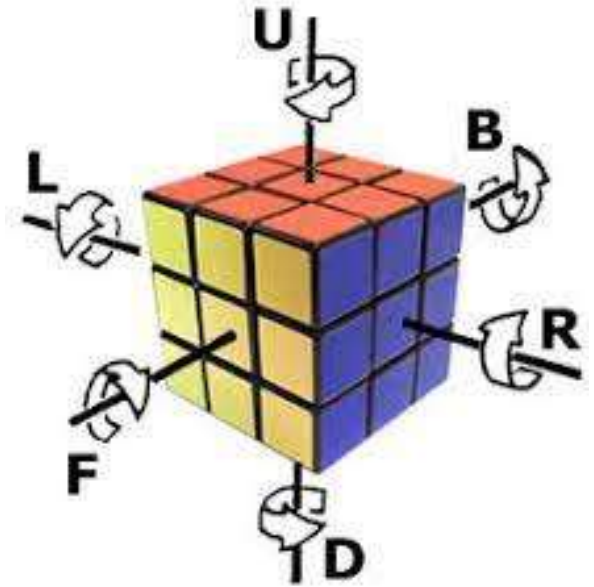
Premiki Rubikove kocke





Premiki Rubikove kocke

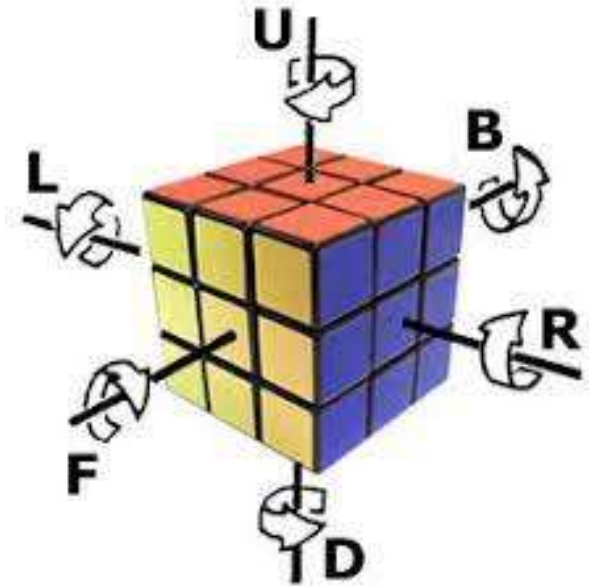
- Premik desne stranice za 90° v smeri urinega kazalca (**R**)
- Premik desne stranice za 90° v obratni smeri urinega kazalca (**R'**)
- Premik desne stranice za 180° (**R2**)





Premiki Rubikove kocke

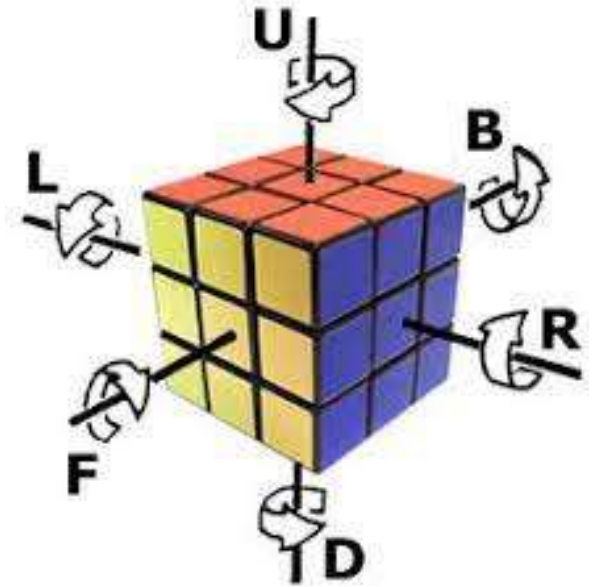
- Premik desne stranice za 90° v smeri urinega kazalca (**R**)
- Premik desne stranice za 90° v obratni smeri urinega kazalca (**R'**)
- Premik desne stranice za 180° (**R2**)
- Podobno za ostalih 5 stranic kocke





Premiki Rubikove kocke

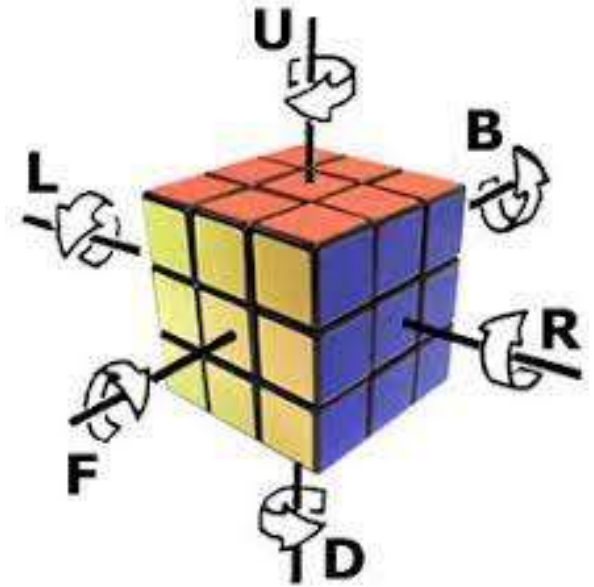
- Premik desne stranice za 90° v smeri urinega kazalca (**R**)
- Premik desne stranice za 90° v obratni smeri urinega kazalca (**R'**)
- Premik desne stranice za 180° (**R2**)
- Podobno za ostalih 5 stranic kocke
- Vsak premik (rotacija ploskve) = iz perspektive opazovalca, ki je pred ploskvijo, ki jo vrti





Premiki Rubikove kocke

- Premik desne stranice za 90° v smeri urinega kazalca (**R**)
- Premik desne stranice za 90° v obratni smeri urinega kazalca (**R'**)
- Premik desne stranice za 180° (**R2**)
- Podobno za ostalih 5 stranic kocke
- Vsak premik (rotacija ploskve) = iz perspektive opazovalca, ki je pred ploskvijo, ki jo vrti
- **Singmasterjeva notacija**





Permutacije Rubikove kocke

- Vsakemu stanju Rubikove kocke pravimo **permutacija**;



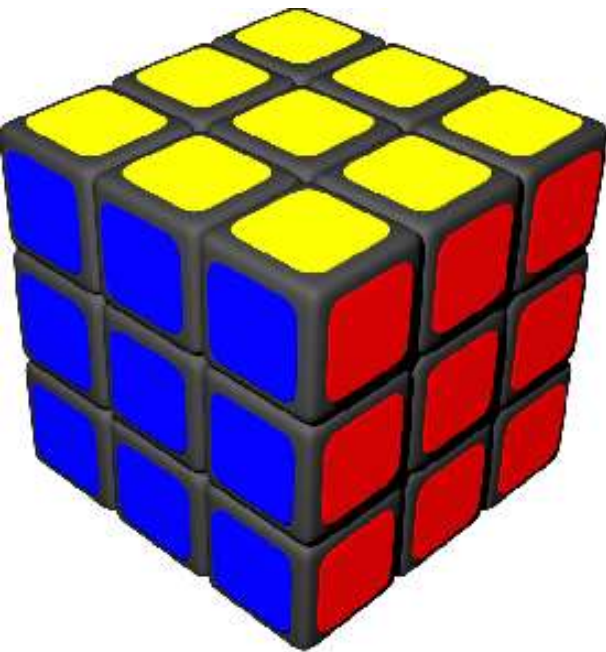
Permutacije Rubikove kocke

- Vsakemu stanju Rubikove kocke pravimo **permutacija**;
- Posamezen **premik** Rubikove kocke spremeni permutacijo kocke;



Permutacije Rubikove kocke

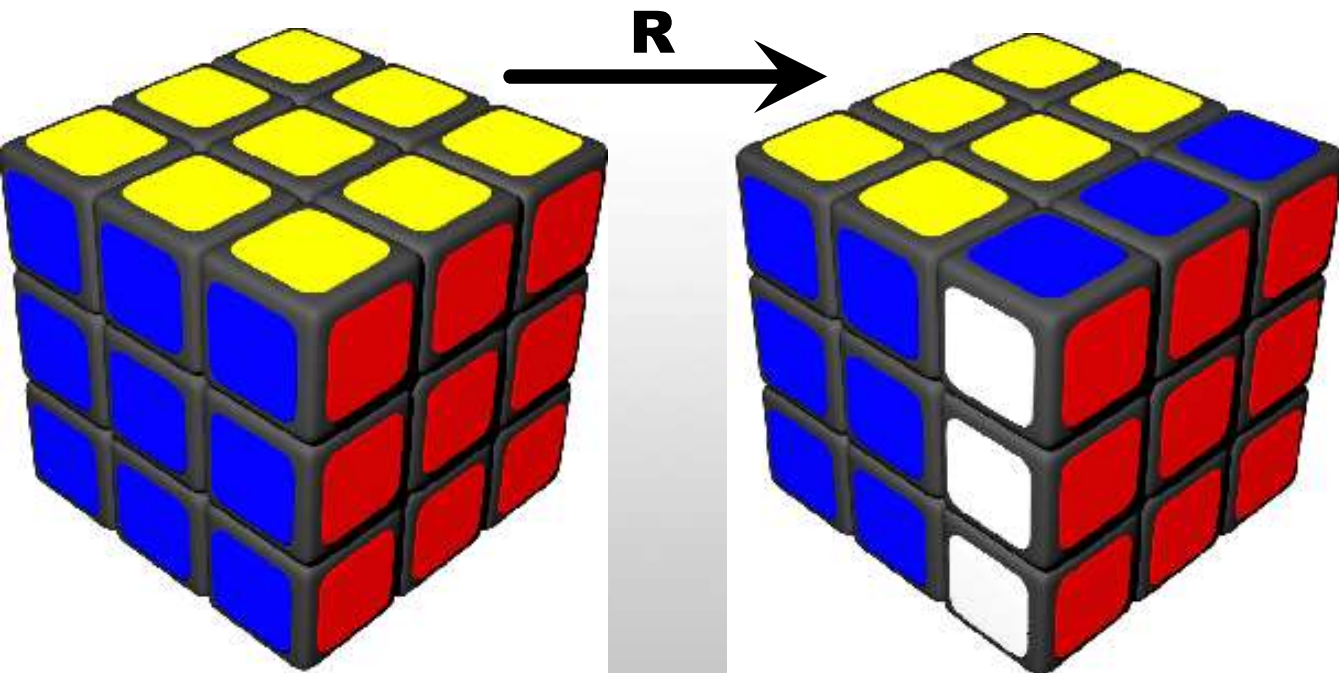
- Vsakemu stanju Rubikove kocke pravimo **permutacija**;
- Posamezen **premik** Rubikove kocke spremeni permutacijo kocke;





Permutacije Rubikove kocke

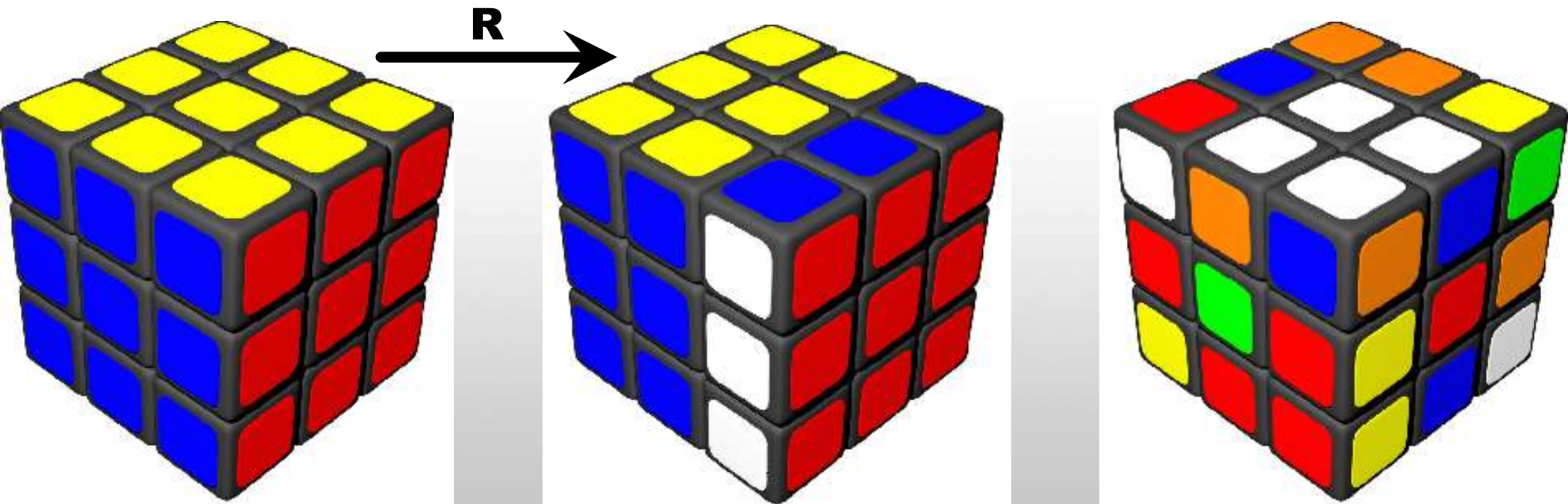
- Vsakemu stanju Rubikove kocke pravimo **permutacija**;
- Posamezen **premik** Rubikove kocke spremeni permutacijo kocke;





Permutacije Rubikove kocke

- Vsakemu stanju Rubikove kocke pravimo **permutacija**;
- Posamezen **premik** Rubikove kocke spremeni permutacijo kocke;





Koliko je vseh različnih permutacij?

- Poskusimo razmisliti ...



Koliko je vseh različnih permutacij?

- Poskusimo razmisliti ...
 - Sredinski koščki se ne premikajo;



Koliko je vseh različnih permutacij?

- Poskusimo razmisliti ...
 - Sredinski koščki se ne premikajo;
 - Robnih koščkov je 12;



Koliko je vseh različnih permutacij?

- Poskusimo razmisliti ...
 - Sredinski koščki se ne premikajo;
 - Robnih koščkov je 12;
 - Vogalnih koščkov je 8;



Koliko je vseh različnih permutacij?

- Poskusimo razmisliti ...
 - Sredinski koščki se ne premikajo;
 - Robnih koščkov je 12;
 - Vogalnih koščkov je 8;
 - Vsak robni košček je 2-barven;



Koliko je vseh različnih permutacij?

- Poskusimo razmisliti ...
 - Sredinski koščki se ne premikajo;
 - Robnih koščkov je 12;
 - Vogalnih koščkov je 8;
 - Vsak robni košček je 2-barven;
 - Vsak vogalni košček je 3-barven;



Koliko je vseh različnih permutacij?

- Poskusimo razmisliti ...
 - Sredinski koščki se ne premikajo;
 - Robnih koščkov je 12;
 - Vogalnih koščkov je 8;
 - Vsak robni košček je 2-barven;
 - Vsak vogalni košček je 3-barven;
 - Skupaj torej: $12! \cdot 8! \cdot 2^{12} \cdot 3^8 =$



Koliko je vseh različnih permutacij?

- Poskusimo razmisliti ...
 - Sredinski koščki se ne premikajo;
 - Robnih koščkov je 12;
 - Vogalnih koščkov je 8;
 - Vsak robni košček je 2-barven;
 - Vsak vogalni košček je 3-barven;
 - Skupaj torej: $12! \cdot 8! \cdot 2^{12} \cdot 3^8 =$

519.024.039.293.878.272.000



Koliko je vseh različnih permutacij?

- Poskusimo razmisliti ...
 - Sredinski koščki se ne premikajo;
 - Robnih koščkov je 12;
 - Vogalnih koščkov je 8;
 - Vsak robni košček je 2-barven;
 - Vsak vogalni košček je 3-barven;
 - Skupaj torej: $12! \cdot 8! \cdot 2^{12} \cdot 3^8 =$

519.024.039.293.878.272.000

(več kot 519 trilijonov)



Koliko je vseh različnih permutacij?

- ... toda:



Koliko je vseh različnih permutacij?

- ... toda:
- Vse prej izračunane permutacije niso "dosegljive" s rotacijami ploskev Rubikove kocke (premiki);



Koliko je vseh različnih permutacij?

- ... toda:
- Vse prej izračunane permutacije niso "dosegljive" s rotacijami ploskev Rubikove kocke (premiki);
- Permutacije z enim obrnjenim vogalom niso dosegljive;



Koliko je vseh različnih permutacij?

- ... toda:
- Vse prej izračunane permutacije niso "dosegljive" s rotacijami ploskev Rubikove kocke (premiki);
- Permutacije z enim obrnjenim vogalom niso dosegljive;
- Permutacije z enim obrnjenim robom niso dosegljive;



Koliko je vseh različnih permutacij?

- ... toda:
- Vse prej izračunane permutacije niso "dosegljive" s rotacijami ploskev Rubikove kocke (premiki);
- Permutacije z enim obrnjenim vogalom niso dosegljive;
- Permutacije z enim obrnjenim robom niso dosegljive;
- Permutacije z dvema zamenjanima roboma/vogaloma niso dosegljive;



Koliko je vseh različnih permutacij?

- ... toda:
- Vse prej izračunane permutacije niso "dosegljive" s rotacijami ploskev Rubikove kocke (premiki);
- Permutacije z enim obrnjenim vogalom niso dosegljive;
- Permutacije z enim obrnjenim robom niso dosegljive;
- Permutacije z dvema zamenjanima roboma/vogaloma niso dosegljive;
- Vseh "legalnih" permutacij je torej:



Koliko je vseh različnih permutacij?

- ... toda:
- Vse prej izračunane permutacije niso "dosegljive" s rotacijami ploskev Rubikove kocke (premiki);
- Permutacije z enim obrnjenim vogalom niso dosegljive;
- Permutacije z enim obrnjenim robom niso dosegljive;
- Permutacije z dvema zamenjanima roboma/vogaloma niso dosegljive;
- Vseh "legalnih" permutacij je torej:

43.252.003.274.489.856.000



Teorija grup (1)

- Kaj sploh je grupa?



Teorija grup (1)

- Kaj sploh je grupa?
- Grupa je algebrska struktura:
 - grupa $G = \{a, b, \dots\}$ je par $(G, *)$,
 - kjer je G neprazna množica in
 - $*$ asociativna dvočlena operacija na $G: G \times G \rightarrow G$, ki ga imenujemo operacija grupe in,
 - ki vsakemu urejenemu paru $(a, b) \in G$ priredi natanko en element $a * b \in G$.
 - Operacija $*$ mora zadoščati pogojem ("aksiomom grupe"):



Teorija grup (2)

- Aksiomi grupe:
 - Zaprtnost: Za vsak $a, b \in G$, velja $a * b \in G$
 - Asociativnost:
Za vsak a, b in $c \in G$, velja $(a * b) * c = a * (b * c)$
 - Identiteta: V G obstaja element e ,
tako da za vsak $a \in G$ velja $e * a = a * e = a$
 - Inverz: V vsak element a v G obstaja element b ,
tako da velja $a * b = b * a = e$



Teorija grup (2)

- Aksiomi grupe:



– Zaprtnost: Za vsak $a, b \in G$, velja $a * b \in G$



– Asociativnost:

Za vsak a, b in $c \in G$, velja $(a * b) * c = a * (b * c)$



– Identiteta: V G obstaja element e ,

tako da za vsak $a \in G$ velja $e * a = a * e = a$



– Inverz: V vsak element a v G obstaja element b ,

tako da velja $a * b = b * a = e$



Teorija grup in Rubikova kocka

- Pa si pogledjmo par (P, \cdot) , kjer je:
 - P množica vseh končnih zaporedij premikov kocke,
 - \cdot pa predstavlja "zaporedno izvajanje".



Teorija grup in Rubikova kocka

- Pa si pogledjmo par (P, \cdot) , kjer je:
 - P množica vseh končnih zaporedij premikov kocke,
 - \cdot pa predstavlja "zaporedno izvajanje".
- Ali je (P, \cdot) grupa?



Teorija grup in Rubikova kocka

- Pa si pogledjmo par (P, \cdot) , kjer je:
 - P množica vseh končnih zaporedij premikov kocke,
 - \cdot pa predstavlja "zaporedno izvajanje".
- Ali je (P, \cdot) grupa?





Teorija grup in Rubikova kocka

- Pa si pogledjmo par (P, \cdot) , kjer je:
 - P množica vseh končnih zaporedij premikov kocke,
 - \cdot pa predstavlja "zaporedno izvajanje".
- Ali je (P, \cdot) grupa?



– Vsako zaporedje premikov kocke \rightarrow veljavna permutacija





Teorija grup in Rubikova kocka

- Pa si pogledjmo par (P, \cdot) , kjer je:
 - P množica vseh končnih zaporedij premikov kocke,
 - \cdot pa predstavlja "zaporedno izvajanje".

- Ali je (P, \cdot) grupa?



– Vsako zaporedje premikov kocke \rightarrow veljavna permutacija



– Primer: $(R \cdot U) \cdot R' = R \cdot (U \cdot R')$





Teorija grup in Rubikova kocka

- Pa si pogledjmo par (P, \cdot) , kjer je:
 - P množica vseh končnih zaporedij premikov kocke,
 - \cdot pa predstavlja "zaporedno izvajanje".

- Ali je (P, \cdot) grupa?



– Vsako zaporedje premikov kocke \rightarrow veljavna permutacija



– Primer: $(R \cdot U) \cdot R' = R \cdot (U \cdot R')$







– $e =$ "ni premika" \rightarrow "premik" \cdot "ni premika" = "premik"





Teorija grup in Rubikova kocka

- Pa si pogledjmo par (P, \cdot) , kjer je:
 - P množica vseh končnih zaporedij premikov kocke,
 - \cdot pa predstavlja "zaporedno izvajanje".
- Ali je (P, \cdot) grupa?
 -  – Vsako zaporedje premikov kocke \rightarrow veljavna permutacija
 -  – Primer: $(R \cdot U) \cdot R' = R \cdot (U \cdot R')$
 -  – $e =$ "ni premika" \rightarrow "premik" \cdot "ni premika" = "premik"
 -  – Primer: $(R \cdot U \cdot L) \cdot (L' \cdot U' \cdot R') = e$



Rubikova kocka – premiki in algoritmi

- **Algoritem** = zaporedje premikov kocke
 - **dolžina** = število premikov v algoritmu,
 - **red** = število ponovitev algoritma, ki kocko povrne v prvotno stanje.



Rubikova kocka – premiki in algoritmi

- **Algoritem** = zaporedje premikov kocke
 - **dolžina** = število premikov v algoritmu,
 - **red** = število ponovitev algoritma, ki kocko povrne v prvotno stanje.
- Primeri algoritmov:



Rubikova kocka – premiki in algoritmi

- **Algoritem** = zaporedje premikov kocke
 - **dolžina** = število premikov v algoritmu,
 - **red** = število ponovitev algoritma, ki kocko povrne v prvotno stanje.
- Primeri algoritmov:
 - **R**: dolžina = 1, red = 4;



Rubikova kocka – premiki in algoritmi

- **Algoritem** = zaporedje premikov kocke
 - **dolžina** = število premikov v algoritmu,
 - **red** = število ponovitev algoritma, ki kocko povrne v prvotno stanje.
- Primeri algoritmov:
 - **R**: dolžina = 1, red = 4;
 - **R U R' U'**: dolžina 4, red = 6 (**sexy move**);



Rubikova kocka – premiki in algoritmi

- **Algoritem** = zaporedje premikov kocke
 - **dolžina** = število premikov v algoritmu,
 - **red** = število ponovitev algoritma, ki kocko povrne v prvotno stanje.
- Primeri algoritmov:
 - **R**: dolžina = 1, red = 4;
 - **R U R' U'**: dolžina 4, red = 6 (**sexy move**);
 - **R U² D' B D'**: dolžina = 5, red = 1260;



Kaj je božji algoritem?

- Božji algoritem je algoritem, za katerega velja:



Kaj je božji algoritem?

- Božji algoritem je algoritem, za katerega velja:
 1. Če začnemo iz poljubne permutacije kocke in ga ponavljamo celo število krat, bomo prej ali slej prišli do permutacije, ki predstavlja sestavljeno kocko;



Kaj je božji algoritem?

- Božji algoritem je algoritem, za katerega velja:
 1. Če začnemo iz poljubne permutacije kocke in ga ponavljamo celo število krat, bomo prej ali slej prišli do permutacije, ki predstavlja sestavljeno kocko;
 2. Je zadosti preprost, da lahko z njegovo pomočjo vsakdo reši vsako Rubikovo kocko;



Kaj je božji algoritem?

- Božji algoritem je algoritem, za katerega velja:
 1. Če začnemo iz poljubne permutacije kocke in ga ponavljamo celo število krat, bomo prej ali slej prišli do permutacije, ki predstavlja sestavljeno kocko;
 2. Je zadosti preprost, da lahko z njegovo pomočjo vsakdo reši vsako Rubikovo kocko;
 3. Je relativno "kratek" (nizek red);



Ali torej božji algoritem obstaja?

- Pa pogledjmo:



Ali torej božji algoritem obstaja?

- Pa pogledjmo:
 - Najvišji red poljubnega algoritma je 1260,



Ali torej božji algoritem obstaja?

- Pa pogledjmo:
 - Najvišji red poljubnega algoritma je 1260,
 - Število vseh različnih permutacij Rubikove kocke je nekaj večje od $43 \cdot 10^{18}$,



Ali torej božji algoritem obstaja?

- Pa pogledjmo:
 - Najvišji red poljubnega algoritma je 1260,
 - Število vseh različnih permutacij Rubikove kocke je nekaj večje od $43 \cdot 10^{18}$,
 - Dolžina božjega algoritma bi torej morala biti vsaj $(43 \cdot 10^{18}) / 1260 \cong 34 \cdot 10^{15}$,



Ali torej božji algoritem obstaja?

- Pa pogledjmo:
 - Najvišji red poljubnega algoritma je 1260,
 - Število vseh različnih permutacij Rubikove kocke je nekaj večje od $43 \cdot 10^{18}$,
 - Dolžina božjega algoritma bi torej morala biti vsaj $(43 \cdot 10^{18}) / 1260 \cong 34 \cdot 10^{15}$,
- Božji algoritem ne obstaja!



Kaj je pa to božje število?



Kaj je pa to božje število?

- Sestavljalec Rubikove kocke "začetnik" porabi v povprečju **100 premikov**, da bi sestavil kocko;



Kaj je pa to božje število?

- Sestavljalec Rubikove kocke "začetnik" porabi v povprečju **100 premikov**, da bi sestavil kocko;
- Izkušenejši sestavljajalci porabijo v povprečju **55 premikov**, da bi sestavili Rubikovo kocko;



Kaj je pa to božje število?

- Sestavljalec Rubikove kocke "začetnik" porabi v povprečju **100 premikov**, da bi sestavil kocko;
- Izkušenejši sestavljanci porabijo v povprečju **55 premikov**, da bi sestavili Rubikovo kocko;
- Kolikšno pa je najmanjše možno število premikov, ki nas spravi iz poljubne permutacije do sestavljene kocke?



Kaj je pa to božje število?

- Sestavljalec Rubikove kocke "začetnik" porabi v povprečju **100 premikov**, da bi sestavil kocko;
- Izkušenejši sestavljalci porabijo v povprečju **55 premikov**, da bi sestavili Rubikovo kocko;
- Kolikšno pa je najmanjše možno število premikov, ki nas spravi iz poljubne permutacije do sestavljene kocke?
- Rokicki in sod. so leta 2010 pokazali, da je božje število **20** (z uporabo Google-ovih računalnikov);



Algoritmi za sestavljanje kocke

- Če božji algoritem ne obstaja, kateri pa so potem algoritmi, ki jih uporabljamo za sestaviti Rubikovo kocko?



Algoritmi za sestavljanje kocke

- Če božji algoritem ne obstaja, kateri pa so potem algoritmi, ki jih uporabljamo za sestaviti Rubikovo kocko?
 - Začetniški algoritem,



Algoritmi za sestavljanje kocke

- Če božji algoritem ne obstaja, kateri pa so potem algoritmi, ki jih uporabljamo za sestaviti Rubikovo kocko?
 - Začetniški algoritem,
 - CFOP algoritem (Fridrich),



Algoritmi za sestavljanje kocke

- Če božji algoritem ne obstaja, kateri pa so potem algoritmi, ki jih uporabljamo za sestaviti Rubikovo kocko?
 - Začetniški algoritem,
 - CFOP algoritem (Fridrich),
 - ROUX algoritem,



Algoritmi za sestavljanje kocke

- Če božji algoritem ne obstaja, kateri pa so potem algoritmi, ki jih uporabljamo za sestaviti Rubikovo kocko?
 - Začetniški algoritem,
 - CFOP algoritem (Fridrich),
 - ROUX algoritem,
 - ZZ algoritem.

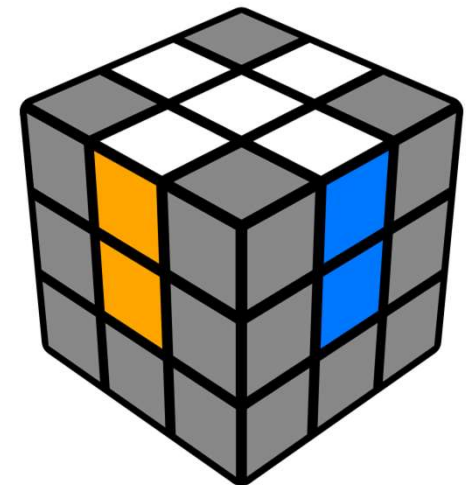


Začetniški algoritem



Začetniški algoritem

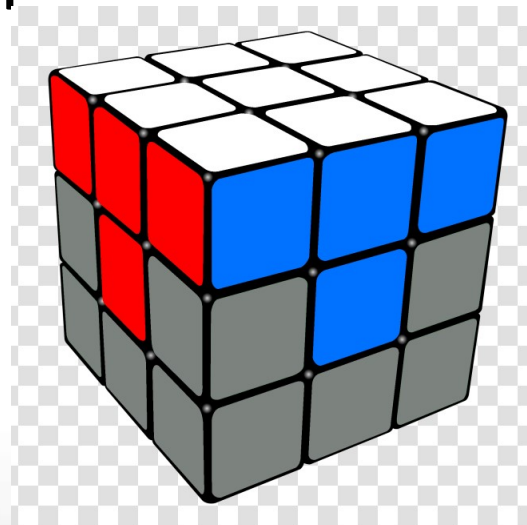
1. Najprej sestavimo (beli) križ vrhnje plasti,





Začetniški algoritem

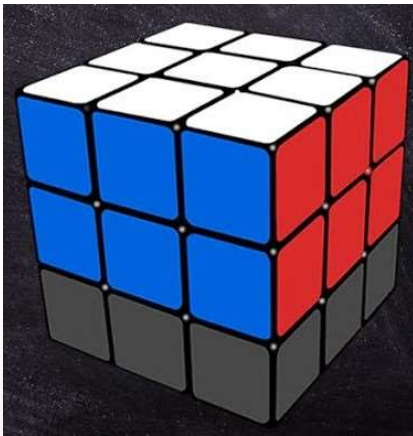
1. Najprej sestavimo (beli) križ vrhnje plasti,
2. Potem sestavimo preostanek vrhnje plasti,





Začetniški algoritem

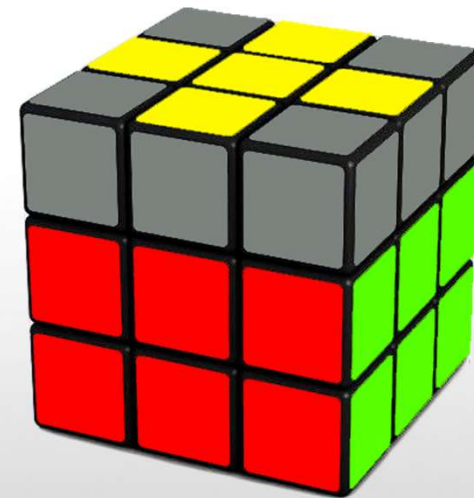
1. Najprej sestavimo (beli) križ vrhnje plasti,
2. Potem sestavimo preostanek vrhnje plasti,
3. Nato sestavimo srednjo plast (4 robni koščki),





Začetniški algoritem

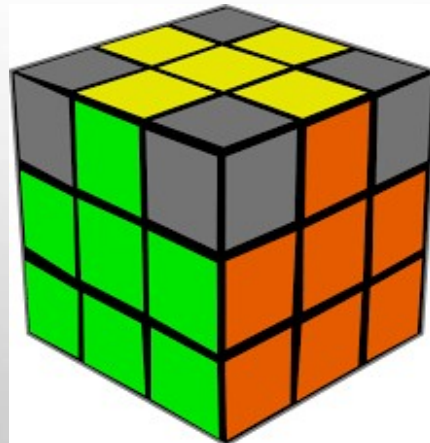
1. Najprej sestavimo (beli) križ vrhnje plasti,
2. Potem sestavimo preostanek vrhnje plasti,
3. Nato sestavimo srednjo plast (4 robni koščki),
4. Nakar sestavimo (rumen) križ spodnje plasti,





Začetniški algoritem

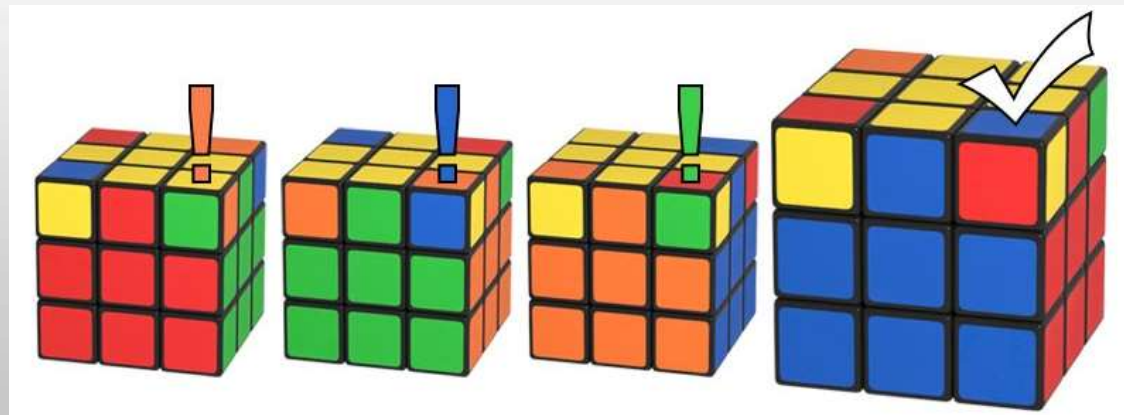
1. Najprej sestavimo (beli) križ vrhnje plasti,
2. Potem sestavimo preostanek vrhnje plasti,
3. Nato sestavimo srednjo plast (4 robni koščki),
4. Nakar sestavimo (rumen) križ spodnje plasti,
5. Križ spodnje plasti poravnamo s sredinskimi koščki srednje plasti,





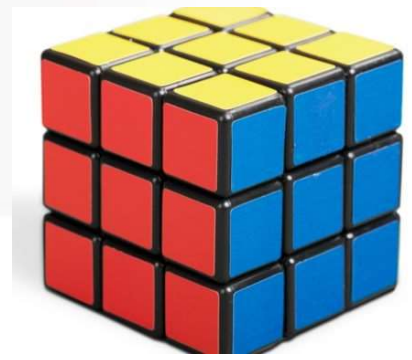
Začetniški algoritem

1. Najprej sestavimo (beli) križ vrhnje plasti,
2. Potem sestavimo preostanek vrhnje plasti,
3. Nato sestavimo srednjo plast (4 robni koščki),
4. Nakar sestavimo (rumen) križ spodnje plasti,
5. Križ spodnje plasti poravnamo s sredinskimi koščki srednje plasti,
6. Preostale 4 vogalne koščke najprej nastavimo na prave pozicije,





Začetniški algoritem



1. Najprej sestavimo (beli) križ vrhnje plasti,
2. Potem sestavimo preostanek vrhnje plasti,
3. Nato sestavimo srednjo plast (4 robni koščki),
4. Nakar sestavimo (rumen) križ spodnje plasti,
5. Križ spodnje plasti poravnamo s sredinskimi koščki srednje plasti,
6. Preostale 4 vogalne koščke najprej nastavimo na prave pozicije,
7. Na koncu te 4 vogalne koščke še pravilno orientiramo.



CFOP algoritem



CFOP algoritem

- **C** – Cross: sestavimo križ;



CFOP algoritem

- **C** – Cross: sestavimo križ;
- **F2L** – First 2 Layers: sestavimo prvi 2 plasti;



CFOP algoritem

- **C** – Cross: sestavimo križ;
- **F2L** – First 2 Layers: sestavimo prvi 2 plasti;
- **OLL** – Orientation of the Last Layer: sestavimo "spodnjo" (rumeno) stranico;



CFOP algoritem

- **C** – Cross: sestavimo križ;
- **F2L** – First 2 Layers: sestavimo prvi 2 plasti;
- **OLL** – Orientation of the Last Layer: sestavimo "spodnjo" (rumeno) stranico;
- **PLL** – Positioning of the Last Layer: pravilno postavimo vse koščke "spodnje" stranice;
 - kocko sestavljamo od spodaj navzgor;
 - obstajata začetniški in naprednejši CFOP;



Znani algoritmi z imeni

- Sexy move: **$R U R' U'$**
(uporaben v številnih situacijah – F2L, OLL, PLL)
- Reverse Sexy: **$U R U' R'$**
(podobno kot za Sexy move)
- Dodge: **$U R U' L' U R' U' L$**
(za pozicioniranje v 6. koraku začetniškega algoritma)
- Sune: **$R U R' U R U^2 R'$**
(uporaben pri OLL)
- Sledgehammer: **$R' F R F'$**
(uporaben predvsem pri F2L)



Hitrostno sestavljanje (speedcubing)



Hitrostno sestavljanje (speedcubing)

- V zadnjih 15 letih se na tržišču pojavljajo najrazličnejše (predvsem Kitajske) kocke, ki so primerne za hitrostno sestavljanje (**speedcubes**);



Hitrostno sestavljanje (speedcubing)

- V zadnjih 15 letih se na tržišču pojavljajo najrazličnejše (predvsem Kitajske) kocke, ki so primerne za hitrostno sestavljanje (**speedcubes**);
- To niso originalne Rubikove kocke; pravijo jim včasih "kitajski ponaredki" (Chinese knock-offs);



Hitrostno sestavljanje (speedcubing)

- V zadnjih 15 letih se na tržišču pojavljajo najrazličnejše (predvsem Kitajske) kocke, ki so primerne za hitrostno sestavljanje (**speedcubes**);
- To niso originalne Rubikove kocke; pravijo jim včasih "kitajski ponaredki" (Chinese knock-offs);
- So mnogo hitrejše od originalnih Rubikovih kock in nastavljive;



Kaj potrebujem, če želim postati speedcuber?



Kaj potrebujem, če želim postati speedcuber?

1. Hitrostno kocko (speedcube);



Kaj potrebujem, če želim postati speedcuber?

1. Hitrostno kocko (speedcube);
2. Pravo nastavitve kocke (setting);



Kaj potrebujem, če želim postati speedcuber?

1. Hitrostno kocko (speedcube);
2. Pravo nastavitve kocke (setting);
3. Mazivo za kocko (lube);



Kaj potrebujem, če želim postati speedcuber?

1. Hitrostno kocko (speedcube);
2. Pravo nastavitve kocke (setting);
3. Mazivo za kocko (lube);
4. Naučiti se enega od hitrostnih algoritmov (npr. CFOP – postopoma);



Kaj potrebujem, če želim postati speedcuber?

1. Hitrostno kocko (speedcube);
2. Pravo nastavitve kocke (setting);
3. Mazivo za kocko (lube);
4. Naučiti se enega od hitrostnih algoritmov (npr. CFOP – postopoma);
5. Vaditi "hitre prste" (fingertricks);



Kaj potrebujem, če želim postati speedcuber?

1. Hitrostno kocko (speedcube);
2. Pravo nastavitve kocke (setting);
3. Mazivo za kocko (lube);
4. Naučiti se enega od hitrostnih algoritmov (npr. CFOP – postopoma);
5. Vaditi "hitre prste" (fingertricks);
6. Pregledati videe drugih speedcuberjev za kak dober nasvet;



Kaj potrebujem, če želim postati speedcuber?

1. Hitrostno kocko (speedcube);
2. Pravo nastavitvev kocke (setting);
3. Mazivo za kocko (lube);
4. Naučiti se enega od hitrostnih algoritmov (npr. CFOP – postopoma);
5. Vaditi "hitre prste" (fingertricks);
6. Pregledati videe drugih speedcuberjev za kak dober nasvet;
7. Vaja, vaja, vaja ...



Kaj pa druge (Rubikove) "kocke"?

- 2 x 2 x 2 kocka: žepna kocka
- 4 x 4 x 4 kocka: Rubikovo maščevanje
- 5 x 5 x 5 kocka: profesorjeva kocka
- Rubikova piramida (pyraminx)
- Rubikov dodekaeder (megaminx)
- Rubikova kača
- Rubikova magija (Rubik's magic)
- ...



Rubikova kocka: zanimivosti



Rubikova kocka: zanimivosti

- Rubikova kocka je najbolj prodajana igrača vseh časov (> **350 milijonov** prodanih kosov);



Rubikova kocka: zanimivosti

- Rubikova kocka je najbolj prodajana igrača vseh časov (> **350 milijonov** prodanih kosov);
- Leta 1981 je navodila za reševanje Rubikove kocke napisal 12-letni šolar iz Anglije;



Rubikova kocka: zanimivosti

- Rubikova kocka je najbolj prodajana igrača vseh časov (> **350 milijonov** prodanih kosov);
- Leta 1981 je navodila za reševanje Rubikove kocke napisal 12-letni šolar iz Anglije;
- Stranica najmanjše Rubikove kocke meri slab **1 cm**, največje pa dobra **2,5 metra**;



Rubikova kocka: zanimivosti

- Rubikova kocka je najbolj prodajana igrača vseh časov (> **350 milijonov** prodanih kosov);
- Leta 1981 je navodila za reševanje Rubikove kocke napisal 12-letni šolar iz Anglije;
- Stranica najmanjše Rubikove kocke meri slab **1 cm**, največje pa dobra **2,5 metra**;
- Svetovni rekord v sestavljanju Rubikove kocke je oktobra letos postavil Yusheng Du in je **3,47 sekunde**;



Rubikova kocka: zanimivosti

- Rubikova kocka je najbolj prodajana igrača vseh časov (> **350 milijonov** prodanih kosov);
- Leta 1981 je navodila za reševanje Rubikove kocke napisal 12-letni šolar iz Anglije;
- Stranica najmanjše Rubikove kocke meri slab **1 cm**, največje pa dobra **2,5 metra**;
- Svetovni rekord v sestavljanju Rubikove kocke je oktobra letos postavil Yusheng Du in je **3,47 sekunde**;
- Najdražja Rubikova kocka se imenuje Masterpiece Cube in je ocenjena na **2,5 milijona dolarjev**;



Hvala za vašo pozornost





Hvala za vašo pozornost

Imate kako vprašanje?



Nekaj koristnih povezav:

- https://www.youtube.com/playlist?list=PLbRXGy_UiL6p0UBJ_CwCs-BFOQ6jmfkGb – playlista "Rubikova kocka" na YouTube kanalu Nika Škrleca (v slovenščini);
- <https://www.youtube.com/c/JPerm> – J Perm-ov YouTube kanal (v angleščini);
- <https://www.youtube.com/@CubeHead> – CubeHead-ov YouTube kanal (v angleščini);
- https://www.speedsolving.com/wiki/index.php/History_of_cubing – Zgodovina Rubikove kocke (v angleščini);
- https://sl.wikipedia.org/wiki/Rubikova_kocka – Splošno o Rubikovi kocki (WIKI v slovenščini);
- <http://mars.dmfa.si/wp/wp-content/uploads/2015/12/Nere%C5%A1ljiva-Rubikova-kocka-in-grupe.pdf> – Več o Rubikovi kocki v povezavi s teorijo grup (v slovenščini);

