

»MLADI ZA NAPREDEK MARIBORA 2019«

36. SREČANJE

POLIEDRI V NARAVI

Raziskovalno področje: INTERDISCIPLINARNO

(MATEMATIKA – KEMIJA)

RAZISKOVALNA NALOGA

PROSTOR ZA NALEPKO

Avtor: LIA KETIŠ, TIMOTEJ BELŠAK

**Mentor: SUZANA TOMŠIČ MAVRIČ,
JULIJANA DJAKOVIČ**

Šola: OŠ JANKA PADEŽNIKA MARIBOR

Število točk: 158/ 170

Mesto: 1

Priznanje: srebrno

Maribor, februar 2019

»MLADI ZA NAPREDEK MARIBORA 2019«

36. SREČANJE

POLIEDRI V NARAVI

Raziskovalno področje: INTERDISCIPLINARNO

(MATEMATIKA – KEMIJA)

RAZISKOVALNA NALOGA

PROSTOR ZA NALEPKO



Maribor, februar 2019

KAZALO

KAZALO SLIK IN FOTOGRAFIJ	4
SLIKE.....	4
FOTOGRAFIJE.....	6
POVZETEK	7
1 UVOD	8
1.1 RAZISKOVALNI PROBLEM.....	10
1.2 HIPOTEZE.....	10
1.3 TEORETIČNE OSNOVE.....	11
1.3.1 Večkotniki.....	11
1.3.2 Geometrijska telesa.....	12
1.3.3 Poliedri.....	12
1.3.3.1 Zgodovina poliedrov	12
1.3.3.2 Pravi poliedri (platonška telesa).....	13
1.3.3.3 Polpravilni poliedri (arhimedski poliedri).....	13
1.3.3.4 Prizme.....	14
1.3.3.5 Antiprizme.....	14
1.3.3.6 Johnsonovi poliedri	15
1.3.4 Gradniki snovi.....	16
1.3.5 Kristali.....	17
1.3.5.1 Ionski kristali.....	17
1.3.5.2 Molekulski kristali.....	17
1.3.5.3 Kovalentni kristali	17
1.3.5.4 Kovinski kristali	19
1.3.5.5 Osnovne mreže kristalov	19
2 OSREDNJI DEL NALOGE.....	22
2.1 METODOLOGIJA	22
2.1.1 Metoda proučevanja pisnih virov.....	22
2.1.2 Metoda praktičnega dela	22
2.1.3 Metoda primerjanja podatkov	22

2.1.4 Metoda eksperimentalnega dela.....	23
2.2 OPIS REZULTATOV	23
2.2.1 Tetraeder (četverec oz. tristrana piramida)	24
2.2.2 Heksaeder (šesterec)	25
2.2.3 Oktaeder (osmerek oz. dvojna štiristrana piramida)	29
2.2.4 Ikozaeder (dvajseterec)	32
2.2.5 Dodekaeder (dvanajsterec).....	35
2.2.6 Šeststrana prizma	37
2.2.7 Prisekani ikozaeder	39
3 RAZPRAVA	40
4 ZAKLJUČEK.....	41
5 DRUŽBENA ODGOVORNOST.....	42
6 VIRI IN LITERATURA	43
6.1 KNJIŽNI VIRI.....	43
6.2 SPLETNI VIRI	43
6.3 VIRI SLIK.....	47
7 PRILOGE.....	52
7.1 BRAVAISOVE MREŽE	52
7.2 PLATONSKA TELESA.....	54
7.3 ARHIMEDSKA TELESA	55

KAZALO SLIK IN FOTOGRAFIJ

Slike

Slika 1: Molekula vode (Vir: 68)	8
Slika 2: Led (Vir: 64)	8
Slika 3: Strukture snežink (Vir: 84)	9
Slika 4: Satovje čebel (Vir: 81)	9
Slika 5: Fibonaccijeva spirala (Vir: 39)	9
Slika 6: Kristal (Vir: 49).....	9
Slika 7: Pozitivno orientiran petkotnik ABCDE (Vir: 73).....	11
Slika 8: Pravilni večkotniki (Vir: 74).....	11
Slika 9: Geometrijska telesa (Vir: 44).....	12
Slika 10: Vklesani kamni predstavljajo poliedre (Vir: 86)	12
Slika 11: Platonska telesa (Vir: 72).....	13
Slika 12: Arhimedski poliedri (Vir: 37)	13
Slika 13: Prizme (Vir: 77)	14
Slika 14: Primeri antiprizem	15
Slika 15: Primeri Johnsonovih poliedrov (Vir: 76).....	15
Slika 16: Alotropske modifikacije ogljika (Vir: 35)	18
Slika 17: Različne velikosti fulerenov (Vir: 79)	19
Slika 18: Fuleren C_{720} (Vir: 42).....	19
Slika 19: Osnovne mreže kristalov (Vir: 70)	20
Slika 21: Razporeditev ogljikovih in vodikovih atomov (Vir: 80)	24
Slika 22: Halit (Vir: 45)	25
Slika 23: Kristalna mreža halita (Vir: 56)	25
Slika 24: Pirit (Vir: 71).....	26
Slika 25: Kristalna mreža pirita (Vir: 61).....	26
Slika 26: Jod (Vir: 47).....	26
Slika 27: Kristalna mreža joda (I_2) (Vir: 57).....	26
Slika 28: Kalcit (Vir: 48).....	27
Slika 29: Kristalna mreža kalcita (Vir: 58)	27

Slika 30: Fluorit (Vir: 40).....	27
Slika 31: Kristalna mreža fluorita (Vir: 53)	27
Slika 32: Galenit iz rudnika Mežica (Vir: 43).....	28
Slika 33: Kristalna mreža galenita (Vir: 55)	28
Slika 34: SF ₆ (Vir: 82).....	29
Slika 35: Molekula SF ₆ (Vir: 67).....	29
Slika 36: Diamant (Vir: 38).....	30
Slika 37: Kristalna mreža diamanta (Vir: 52)	30
Slika 38: Magnetit (Vir: 65).....	30
Slika 39: Kristalna mreža magnetita (Vir: 60)	30
Slika 40: Ametist (Vir: 36).....	31
Slika 41: Kristalna mreža ametista (Vir: 51).....	31
Slika 42: Ion dodekaboran [B ₁₂ H ₁₂] ²⁻ (Vir: 46).....	32
Slika 43: Adenovirus (Vir: 34).....	33
Slika 44: Virus HIV (Vir: 85)	33
Slika 45: Radiolarij (Vir: 78)	34
Slika 46: Kvazikristal AlCuFe (Vir: 63)	35
Slika 47: Nepovirus (Vir: 69).....	36
Slika 48: Smaragd (Vir: 83)	37
Slika 49: Kristalna mreža smaragda (Vir: 62).....	37
Slika 50: Kristal ledu (Vir: 50).....	38
Slika 51: Kristalna mreža ledu (Vir: 59)	38
Slika 52: Fuleren C ₆₀ (Vir: 41).....	39
Slika 53: Kristalna mreža fullerena C ₆₀ (Vir: 54)	39

Fotografije

Fotografija 1: Priprava kristalov soli (Vir: avtorja)	23
Fotografija 2: Nastanek kristalov soli (Vir: avtorja)	23
Fotografija 3: Mreža tetraedra (Vir: avtorja).....	24
Fotografija 4: Tetraeder (Vir: avtorja)	24
Fotografija 5: Mreža kocke (Vir: avtorja)	25
Fotografija 6: Kocka (Vir: avtorja)	25
Fotografija 7: Mreža oktaedra (Vir: avtorja).....	29
Fotografija 8: Oktaeder (Vir: avtorja)	29
Fotografija 9: Mreža ikozaedra (Vir: avtorja)	32
Fotografija 10: Ikozaeder (Vir: avtorja)	32
Fotografija 11: Mreža dodekaedra (Vir: avtorja)	35
Fotografija 12: Dodekaeder (Vir: avtorja)	35
Fotografija 13: Mreža šeststrane prizme (Vir: avtorja).....	37
Fotografija 14: Dodekaeder (Vir: avtorja)	37
Fotografija 15: Mreža prisekanega ikozaedra (Vir: avtorja).....	39
Fotografija 16: Prisekani ikozaeder (Vir: avtorja)	39
Fotografija 17: Kristal soli (Vir: avtorja)	40

POVZETEK

Naravoslovne vede so med seboj zelo povezane. Ko sva na matematičnih delavnicah spoznala poliedre in so naju spominjali na strukture v kemiji, sva se odločila to podrobneje raziskati. Najprej sva raziskala poliedre in njihove strukture. Nato pa še delce, ki gradijo snovi. Po odkrivanju zakonitosti matematičnih pravil v poliedrih sva začela iskati molekule, kristale, organizme ipd., ki so grajena po teh istih matematičnih pravilih, zato njihova struktura spominja na določena matematična telesa iz skupine poliedri. Največ *naravnih poliedrov* sva pričakovala iz skupine trdnih snovi, imenovanih kristali, vendar kot je v nalogi razvidno, jih je prav težavno najti in primerjati s poliedri. Presenečena sva ugotovila, da se te oblike pojavljajo tudi v živem svetu in v molekulah, ki so jih odkrili šele pred kratkim. Slednje bodo imele zaradi svojih specifičnih lastnosti velik vpliv na tehnologije prihodnosti. Te molekule so fulereni.

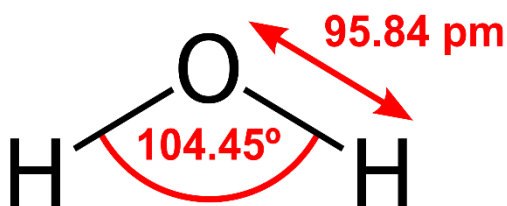
KLJUČNE BESEDE: matematika, kemija, poliedri, delci, kristali

1 UVOD

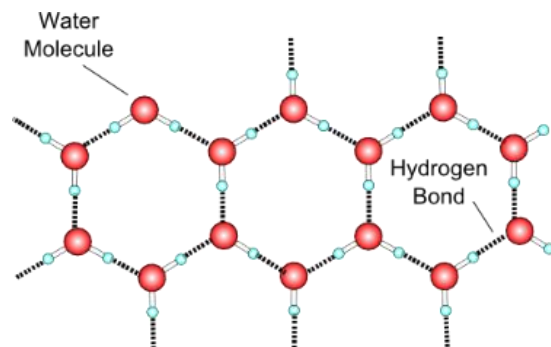
»Človek je radovedno bitje, že od nekdaj je poskušal razumeti pojave okrog sebe. Med prvimi, ki je trdil, da so snovi sestavljene iz najmanjših in nedeljivih delcev, atomov (gr. atomos – nedeljiv), je bil grški mislec Demokrit (470–380 pr. n. št.). Skozi zgodovino in z razvojem znanosti se je predstava o zgradbi snovi in o najmanjših delcih ves čas spreminjala. Tudi danes smo priča novim spoznanjem, ki nam jih omogočajo sodobne tehnologije. Danes imamo z novimi tehnikami vpogled v nano-svet, svet zelo majhnih delcev«. (Pridobljeno na: <http://eucbeniki.sio.si/kemija8/935/index.html>)

V nižjih razredih osnovne šole smo se spraševali, kaj ima matematika opraviti z naravo. Kar hitro smo dobili pojasnila o tem, zakaj matematika spada v naravoslovne vede. Spoznali smo naravna števila in osnovne računske operacije, razne like in nato še telesa, kote, deleže in še mnogo več. A marsikomu še vedno ni jasno, kje v naravi se skriva veja matematike, imenovana geometrija. Da bi to razumeli, moramo natančno pogledati zaporedja in vzorce v naravnih snoveh.

Sama matematika se začne že pri atomih in molekulah, saj se le-ti povezujejo po točno določenih zakonitostih, npr. koti, ki določajo lastnosti snovi. Na primer, atomi v molekuli vode tvorijo kot $104,45^\circ$, ki omogoča, da se voda na Zemlji nahaja v vseh treh agregatnih stanjih. Pod določenimi pogoji se nato te molekule vode povežejo v trdno snov imenovano led. Če pogledamo podrobno, vidimo, da molekule vode tvorijo matematično strukturo šestkotnikov.

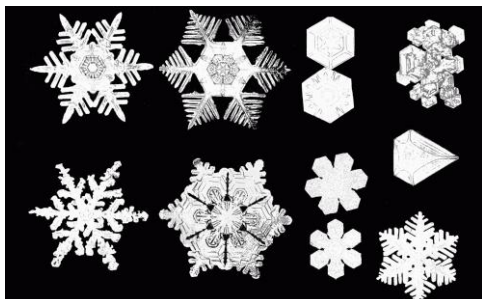


Slika 1: Molekula vode (Vir: 68)



Slika 2: Led (Vir: 64)

Še lepše pa je opazovati matematične zakonitosti vode pozimi, ko lahko opazujemo prelepe strukture snežink, ki spominjajo na zapletene matematične strukture (Slika 3).



Slika 3: Strukture snežink (Vir: 84)



Slika 4: Satovje čebel (Vir: 81)

Šestkotniki so kot oblika priljubljeni tudi v živalskem svetu. Čebele na primer oblikujejo v obliki mreže šestkotnikov svoje sate (Slika 4).

Kot eden manj poznanih vzorcev, a eden najlepših, je fibonaccijeva spirala. Ta se pojavlja v rastlinskem kot tudi v živalskem svetu, v vesolju in celo v molekuli DNA (Slika 5).



Slika 5: Fibonaccijeva spirala (Vir: 39)



Slika 6: Kristal (Vir: 49)

Najbolj znane, matematičnim telesom podobne strukture v naravi, pa so kristali (Slika 6). Ti se pojavljajo v veliko različicah barv in oblik. Oblike kristalov najbolj spominjajo na poliedre.

1.1 Raziskovalni problem

Idejo za raziskovalno nalogo sva dobila v šoli na matematični delavnici, ko smo spoznavali matematična telesa, imenovana poliedri. Ugotovili smo, da so ta telesa sestavljena iz enakih ali različnih večkotnikov. Zabavno jih je bilo sestavljati in brati njihova imena, saj so nekatera zelo zapletena za izgovorjavo. Nekatere od sestavljenih oblik so naju spominjale na razne oblike kristalov. Najbolj naju je navdušila nogometni žogi podobna struktura, za katero sva izvedela, da se najde v naravi pod imenom fuleren in da je sestavljena le iz atomov ogljika.

Vsa nova spoznanja so bila dovolj, da sva se začela ukvarjati z vprašanjem, kateri poliedri se pojavljajo v naravnih snoveh oziroma strukturah.

1.2 Hipoteze

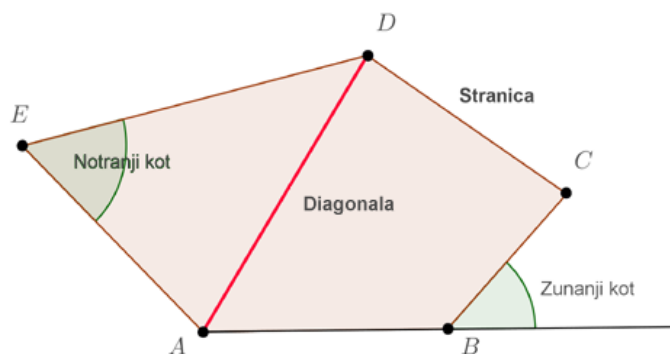
Glede na cilj raziskovalnega problema sva si postavila naslednje hipoteze:

1. Za vsako platonsko telo bova našla vsaj en primer strukture v naravi.
2. Največ poliedrskih struktur bova našla med kristali.
3. Kristal soli ima obliko heksaedra (kocke).

1.3 Teoretične osnove

1.3.1 Večkotniki

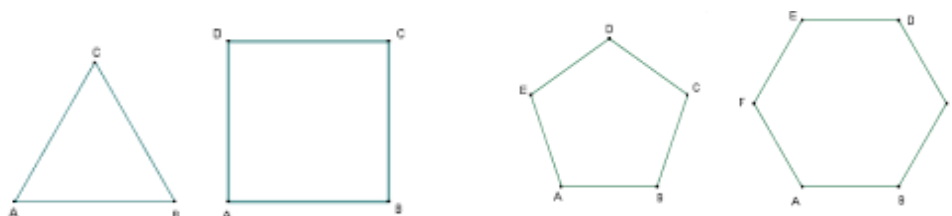
Večkotnik je lik v ravnini, ki je omejen z enostavno sklenjeno lomljenko. Poimenujemo jih po številu oglišč (stranic, notranjih in zunanjih kotov). So pozitivno ali negativno orientirani.



Slika 7: Pozitivno orientiran petkotnik ABCDE (Vir: 73)

Točke A, B, C, D, E so oglišča večkotnika. Daljice, ki povezujejo sosednji oglišči, imenujemo stranice večkotnika. Nesosednji oglišči pa povezuje daljica, ki se imenuje diagonala. Notranji koti večkotnika so koti, ki jih tvorita dve sosednji stranici. Sokoti notranjih kotov so zunanji koti.

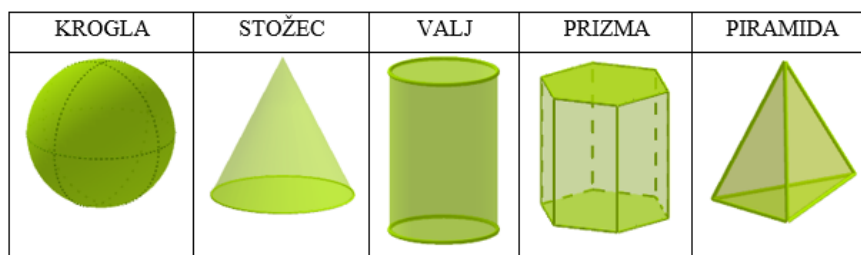
Večkotniki, ki imajo vse stranice enako dolge in vse kote skladne, so **pravilni večkotniki**. So tudi osno simetrični in imajo toliko simetral, kolikor stranic imajo. Tisti, ki pa imajo sodo število stranic, so tudi središčno simetrični.



Slika 8: Pravilni večkotniki (Vir: 74)

1.3.2 Geometrijska telesa

Telo je množica točk v prostoru, ki jo omejuje ploskev ali skupek ploskev. Osnovni pojmi telesa so oglišča, robovi in mejne ploskve. Glede na obliko mejnih ploskev delimo geometrijska telesa na okrogla (imajo vsaj eno ukrivljeno ploskev) in oglata (nimajo ukrivljenih ploskev).



Slika 9: Geometrijska telesa (Vir: 44)

1.3.3 Poliedri

Ime polieder izhaja iz stare grščine, »poly« namreč pomeni »mного oziroma več« in »hedron« pomeni »ploskev«. Polieder je oglato telo. Njegove mejne ploskve so večkotniki, ki se stikajo v robovih. Robovi pa se združujejo v ogliščih. Poliedre poimenujemo po številu ploskev, ki ga omejujejo. Med poliedre prištevamo platonska telesa, arhimedska telesa, prizme, antiprizme in johnsonova telesa.

1.3.3.1 Zgodovina poliedrov

Pogled v zgodovino odkritja poliedrov nam razkriva, da so na Škotskem našli 4000 let stare izklesane kamne. Njihova oblika nam da vedeti, da gre za pet pravilnih poliedrov. Danes jih hranijo v Ashmo lean Museumu v Oxfordu v Angliji. Ni znano, zakaj so bili izklesani oziroma, kje so dobili navdih zanje. (Povzeto po <http://www.presek.si/19/1075-Domajnko.pdf>)



Slika 10: Vkllesani kamni predstavljajo poliedre (Vir: 86)

1.3.3.2 Pravilni poliedri (platonska telesa)

Polieder je pravilen, če so vse njegove mejne ploskve skladni pravilni večkotniki. V vsakem oglišču se stika enako število robov in ploskev. Obstaja pet pravilnih poliedrov, ki jih imenujemo tudi platonska telesa. Poimenovani so po številu stranic, v tem primeru v latinščini: tetraeder (četverec), heksaeder (šesterec), oktaeder (osmerek), ikozaeder (dvanajsterec) in dodekaeder (dvajseterec). (Priloga 7.2)



Slika 11: Platonska telesa (Vir: 72)

1.3.3.3 Polpravilni poliedri (arhimedski poliedri)

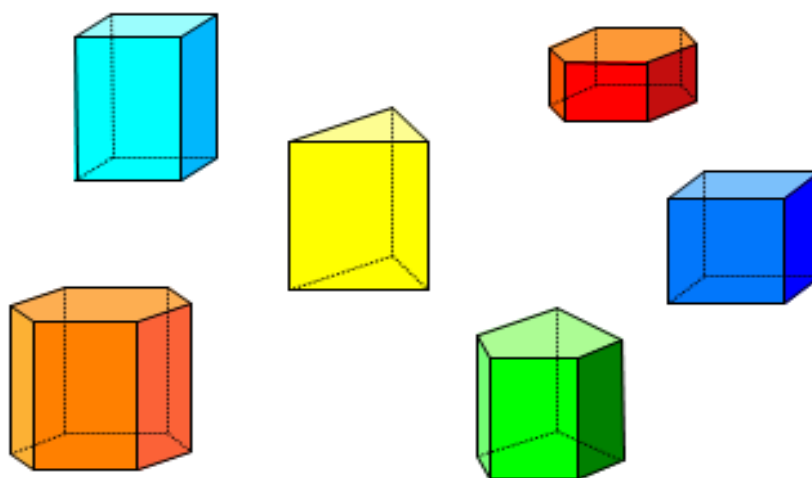
Polpravilni ali arhimedski poliedri so geometrijska telesa, ki jih sestavljata dve ali več vrst pravilnih večkotnikov. Pomembno je, da se v vsakem oglišču stika enako število večkotnikov. Poznamo jih 13. (Priloga 7.3)



Slika 12: Arhimedski poliedri (Vir: 37)

1.3.3.4 Prizme

»Prizma je oglatno telo, ki ga omejujeta vzporedna skladna n -kotnika in n paralelogramov. Vzporedna n -kotnika sta osnovni ploskvi prizme. Plašč prizme sestavlja n paralelogramov (pri pokončni prizmi n pravokotnikov). Stranice osnovnih ploskev so osnovni robovi. Vsi drugi robovi (med seboj vzporedni in skladni) so stranski robovi. Višina prizme je pravokotna razdalja med ravninama osnovnih ploskev prizme. Ločimo pokončne in poševne prizme. Prizma je pokončna, če je stranski rob na osnovnih ploskvah pravokoten na osnovno ploskev. Prizma je poševna, če stranski rob ni pravokoten na osnovno ploskev. Prizma je pravilna, če je osnovna ploskev pravilni n -kotnik (na primer enakostranični trikotnik, kvadrat, pravilen 5-kotnik). Če ima prizma vse robove enako dolge, je enakoroba (kocka je štiristrana enakorobna prizma). Glede na število osnovnih robov osnovne ploskve ločimo prizme na tristrane, štiristrane in večstrane (petstrane, šeststrane,...) «. (Pridobljeno na: <http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2002/dira/oblak/html/prizma.htm>)



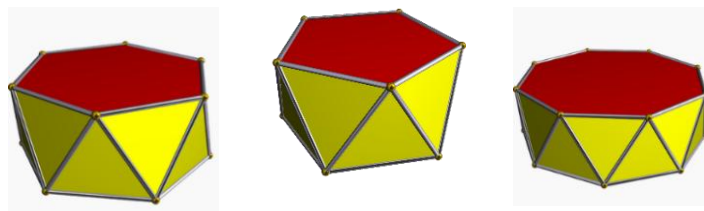
Slika 13: Prizme (Vir: 77)

1.3.3.5 Antiprizme

»Antiprizma je oglatno telo, ki ga tudi omejujeta osnovni ploskvi in plašč. Osnovni ploskvi sta dva vzporedna, skladna (ploščinsko enaka), a zasukana drug glede na drugega n -kotnika, plašč

pa je sestavljen iz traka $2n$ izmeničnih trikotnikov, povezanih z osnovnima ploskvama. Takšno telo imenujemo n -strana antiprizma. Omejena je torej z $2n + n$ ploskvami«.

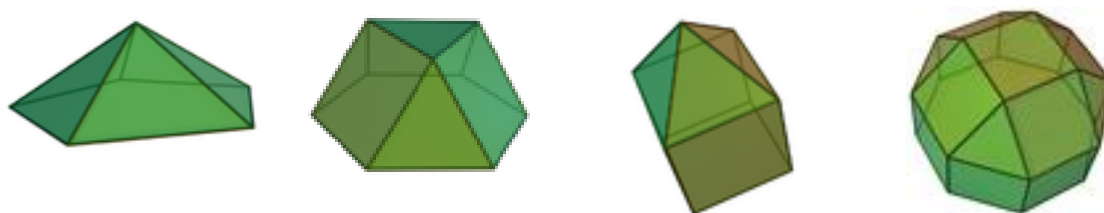
(Prosen M., 2017)



Slika 14: Primeri antiprizem (Vir: 75)

1.3.3.6 Johnsonovi poliedri

So konveksni poliedri, ki imajo za stranske ploskve pravilne večkotnike in niso platonska ali arhimedska telesa, prizme ali antiprizme. Imenujejo se po Normanu Johnsonu, ki je leta 1960 prvi naštel vseh 92 takšnih poliedrov in jih tudi poimenoval (Priloga 7.4). (Pridobljeno na: https://sl.wikipedia.org/wiki/Johnsonovo_telo)



Slika 15: Primeri Johnsonovih poliedrov (Vir: 76)

1.3.4 Gradniki snovi

Snov je vse, kar ima maso in zavzema nek prostor. Zgrajena je lahko iz atomov, molekul ali ionov.

»Besedo atom je prvi uporabil grški mislec Demokrit že v letih 470 do 380 p. n. št. Beseda *atomos* pomeni nedeljiv, saj je menil, da so najmanjši delci, ki sestavljajo snov in so nevidni, tudi nedeljivi. Danes vemo, da obstajajo še manjši delci od atoma, npr. nevtroni, protoni, elektroni in drugi delci«. (Pridobljeno na: <http://eucbeniki.sio.si/kemija8/932/index2.html>)

Na začetku 20. stoletja so znanstveniki s poskusi ugotovili, da je v sredini atoma zelo majhno atomsko jedro, v katerem so protoni in nevtroni. Prostor okoli jedra pa je skoraj prazen in se imenuje elektronska ovojnica, kjer se gibljejo elektroni. Atomi se povezujejo v molekule. Poznamo molekule zgrajene iz najmanj dveh atomov istega elementa (molekule elementa, npr. O₂) in molekule iz atomov različnih elementov (molekula spojine, npr. HCl).

Ion je eno ali mnogoatomni električno nabiti delec, ki nastane, če se atomu, molekuli ali »skupini atomov« odzame ali doda en ali več elektronov. Je električno nabiti atom ali molekula. Razlog za nabitost je razlika v številu protonov in elektronov. Če je elektronov manj kot protonov, je naboj pozitiven (kation), v primeru, da je protonov manj kot elektronov, pa je negativen (anion). (Pridobljeno na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Ion>)

Ione povezuje ionska vez, ki je privlačna sila med pozitivnimi in negativnimi ioni, nastane pa ionski kristal.

Snovi se nahajajo v različnih agregatnih stanjih, ta so plinasto, tekoče in trdno.

»V trdnih snoveh so gradniki povezani z razmeroma močnimi kemijskimi vezmi. Zato imajo trdne snovi lastno obliko. Ločimo dve vrsti trdnih snovi:

- amorfne snovi: gradniki so razporejeni brez reda. Struktura amorfnih snovi je pogosto podobna strukturi tekočin.
- kristalne snovi: za njih je značilna pravilna razporeditev gradnikov. Posledica pravilne periodične notranje zgradbe so ravne zunanje ploskve in lepe pravilne oblike«. (Pridobljeno na: <http://www.educa.fmf.unilj.si/izodel/sola/2000/di/lahajnar/vezi1/kristali.html>)

1.3.5 Kristali

»Kristal je trdno telo katerega gradniki so atomi, ioni ali molekule. Razporejeni so urejeno v tridimenzionalnem periodičnem redu, kar pomeni, da nastanejo geometrijska telesa s točno določenimi koti, ravnimi robovi in ploskvami«. (Kemija Leksikon, 2008)

Poznamo štiri osnovne vrste kristalov: ionske kristale, molekulske kristale, kovalentne kristale in kovinske kristale. (Pridobljeno na: <http://eucbeniki.sio.si/kemija1/491/index1.html>)

1.3.5.1 Ionski kristali

Osnovni gradniki ionskih kristalov so ioni, ki jih povezujejo ionske vezi. Sestavljeni so iz kationov (ioni z pozitivnimi delci) in anionov (ioni z negativnimi delci). Anioni in kationi se privlačijo. Pretežno gradijo anorganskih snovi. Nekateri kristali so v vodi topni, so krhki in drobljivi, njihova trdota pa različna. Najbolj znan ionski kristal je natrijev klorid (NaCl).

1.3.5.2 Molekulski kristali

So najobsežnejša skupina kristalov. Njihovi gradniki so molekule, med katerimi delujejo molekulske vezi. Najdemo jih v večini organskih spojin, na primer v sladkorju. Vezi tega kristala so šibke, kar pomeni, da so molekulske kristali neobstojni, nekateri sublimirajo. Kristali so drobljivi in krhki, nekateri tudi topni v vodi.

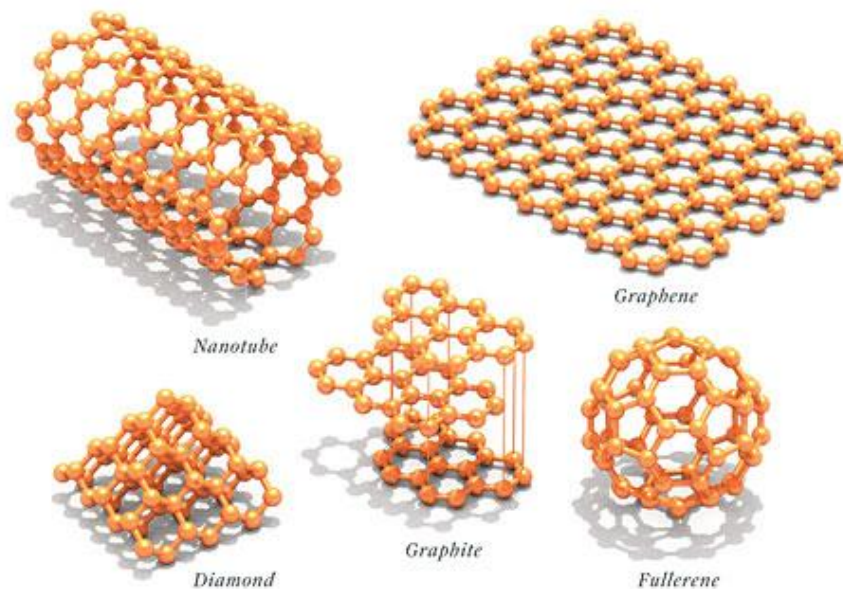
1.3.5.3 Kovalentni kristali

Zaradi močnejših vezi so obstojnejši. Njegovi gradniki so atomi. Konventnih kristalov je zelo malo, so zelo trdi in netopni (na primer diamant).

Kot oblike kovalentnih kristalov je potrebno omeniti alotropske modifikacije ogljika, v katerih se pojavlja atom elementa ogljika kot edini gradnik. Atom ogljika se lahko poveže z drugimi

atomi ogljika na različne načine in tako dobimo raznovrstne kristalne oblike, ki pa se med seboj močno razlikujejo po lastnostih.

Kot primer so grafit, diamant, fulereni, grafen, nanocevke ...



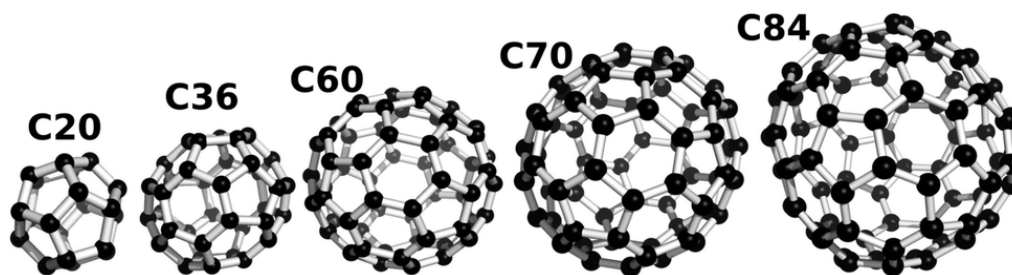
Slika 16: Alotropske modifikacije ogljika (Vir: 35)

V diamantu je vsak ogljikov atom povezan s štirimi, enako močnimi kovalentnimi vezmi. V grafitu pa atomi tvorijo plasti, v katerih je vsak ogljikov atom povezan s tremi sosednjimi ogljikovimi atomi (plast povezanih šestkotnikov, ki spominja na satovje), četrti (valenčni) elektron ogljika se lahko premika, zato grafit prevaja električni tok. Plasti v grafitu so med seboj povezane s šibkimi vezmi, kar omogoča luščenje plasti (na primer, ko pišemo z grafitnim svinčnikom). Poleg diamanta in grafita tvori ogljik še druge raznovrstne oblike, med katerimi je najbolj znan fuleren C_{60} . Ta nenavadna molekula s 60 atomi ogljika ima podobno obliko kot klasična nogometna žoga – ogljikovi atomi so povezani v telo, katerega stranice so petkotniki in šestkotniki. (Pridobljeno na: <http://eucbeniki.sio.si/kemija1/491/index5.html>)

Fuleren C_{60} pa ni edini fuleren. Teh molekul je veliko in so različnih oblik.

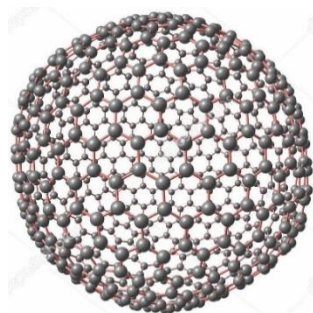
»Dolgim cevastim strukturam, kjer ogljikovi atomi gradijo stene majhnih cevk, rečemo **nanocevke**. Zaradi svoje natančne urejenosti imajo dobre mehanske (dobro prevajajo toploto, so do 50-krat bolj trdne kot jeklo) in električne lastnosti. Zaradi njihove velike površine,

s katero lahko vplivajo na celice, pa se pojavljajo vprašanja in raziskave o njihovem vplivu na zdravje.« (Pridobljeno na: <http://eucbeniki.sio.si/kemija8/954/index4.html>)



Slika 17: Različne velikosti fulerenov (Vir: 79)

Oblike segajo tudi do fulerenov velikosti C_{720} .



Slika 18: Fuleren C_{720} (Vir: 42)

1.3.5.4 Kovinski kristali

So posebna skupina kristalov. Njegovi gradniki so atomi kovin, ki jih vežejo kovinske vezi, te so različno močne. Delci so trdno povezani med seboj, zato so kristali trdi (na primer železo).

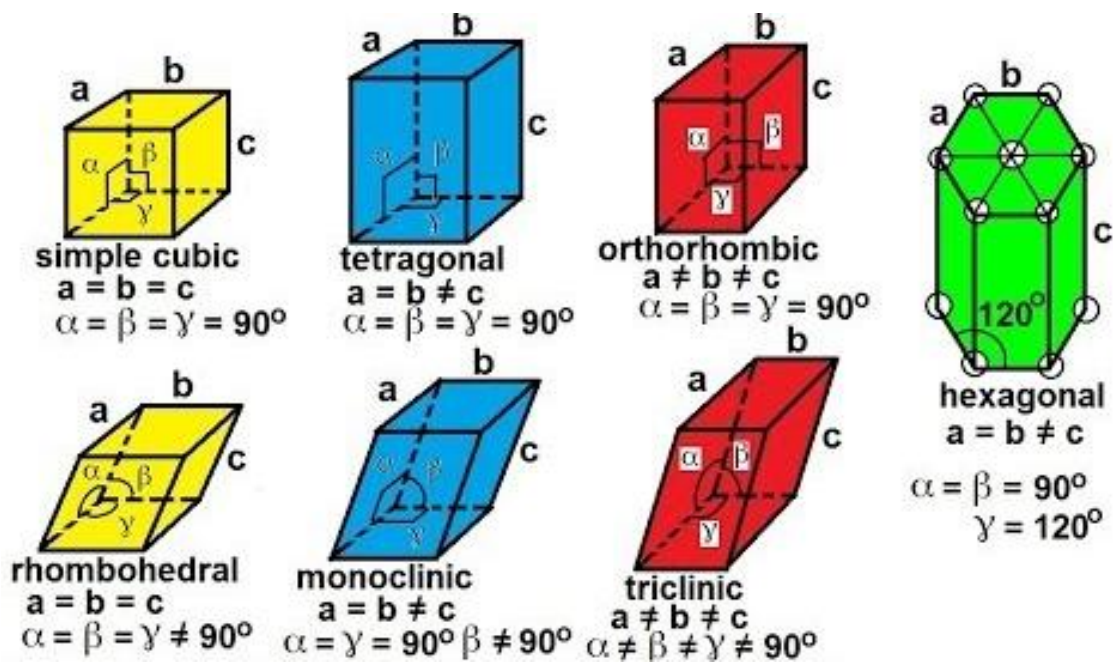
1.3.5.5 Osnovne mreže kristalov

»V kristalih so osnovni delci razporejeni v nekem redu, ki se v prostoru ponavlja v vseh smereh. Vzorec delcev snovi v prostoru lahko ponazorimo z množico točk, ki

predstavljajo kristalno mrežo. Kristalne mreže opišemo z osnovno celico«. (Pridobljeno na: <http://eucbeniki.sio.si/kemija1/489/index2.html>)

»V kristalni zgradbi je kristalna mreža z geometrijskimi značilnostmi, ki jih opišemo z obliko in dimenzijami osnovne kristalne celice. S kristalno mrežo je določen položaj vseh kristalnih gradnikov (atomov, ionov, molekul). S translacijo osnovne celice v določene smeri pokrijemo celotno kristalno mrežo«. (Pridobljeno na: <http://www.e-kompetencia.si/egradiva/strojninstvo1/1-2b%20krist-zgrad/index41.html>)

Obstajajo različne osnovne kristalne celice. Njihova velikost je sorazmerna z velikostjo gradnikov kristala. Mreže kristalov, ki tvorijo kristalne celice, so lahko kvadrati, šestkotniki, trikotniki, pravokotniki, paralelogrami in trapezi. Osnovne mreže kristalov so kubična, heksagonalna, trigonalna, tetragonska, rombična, monoklinska, in trikliška.



Slika 19: Osnovne mreže kristalov (Vir: 70)

»V 7 kristalnih sistemih je možnih 14 razporeditev gradnikov. Imenujemo jih Bravaisove mreže. Vsak monokristal oziroma vsako zrno v polikristalu ima eno od teh 14 možnih struktur.« (Pridobljeno na: <https://www.zag.si/ajax/DownloadHandler.php?file=1553>) Bravaisove mreže (Priloga 7.1)

S pojmom kristal večkrat povezujemo pojem mineral.

Minerali imajo večinoma kristalno zgradbo in zato so minerali hkrati kristali. Kristali kažejo simetrijo tudi navzven, ker se atomi ali molekule v notranjosti urejajo simetrijsko. Tako pogosto govorimo o kristalih, kadar so minerali omejeni z bolj ali manj ravnimi ploskvami, ki jih lahko občudujemo s prostim očesom. Seveda so tudi v svetu kristalov oziroma mineralov izjeme. To so minerali, ki nimajo kristalne zgradbe. Imenujemo jih amorfni minerali. (Pridobljeno na: <http://www.pms-lj.si/si/o-naravi/minerali-in-kamnine>)

2 OSREDNJI DEL NALOGE

2.1 Metodologija

Uporabila sva naslednje metode dela:

- metodo proučevanja pisnih virov,
- metodo praktičnega dela,
- metodo primerjanja podatkov,
- metodo eksperimentalnega dela.

2.1.1 Metoda proučevanja pisnih virov

Začetna metoda dela je bila metoda dela s pisnimi viri. Literaturo sva iskala v Mariborski knjižnici, Univerzitetni knjižnici Maribor in na spletu. Zbrano gradivo sva preučila in prebrala. Ugotovitve sva povzela in uskladila.

2.1.2 Metoda praktičnega dela

Metodo praktičnega dela sva uporabila za prikaz poliedrov. S pomočjo zbirke Polyedron sva sestavila vse platonске poliedre, šeststrano prizmo in prisekani ikozaeder. Sestavljene poliedre sva fotografirala, fotografije sva uporabila v nalogi za prikaz posameznega poliedra in njegove mreže.

2.1.3 Metoda primerjanja podatkov

V osrednjem delu naloge sva uporabljala metodo primerjanja podatkov. Poliedre, ki sva jih našla v matematiki, sva primerjala s strukturami v kemiji. Iskala sva podatke o kristalih in molekulah ter njihovih zgradbah.

2.1.4 Metoda eksperimentalnega dela

To metodo sva uporabila, ker sva se želela prepričati, da ima kristal soli kubično mrežo oziroma predstavlja heksaeder.

Najprej sva pripravila nasičeno raztopino soli v vreli vodi. Ohlajeno raztopino sva nato prelila v čisto čašo v katero sva postavila vrvico iz naravnega materiala. Vrvico sva predhodno pritrdila na palčko, ki je bila daljša od premera čaše (glej fotografija 1). Čašo z vsebino sva prekrila s čisto krpo, da sva preprečila vpad nečistoč. Rast kristalov sva spremljala nekaj tednov. Kristali, ki so nastali, so predstavljeni na fotografiji 2.



Fotografija 1: Priprava kristalov soli (Vir: avtorja)



Fotografija 2: Nastanek kristalov soli (Vir: avtorja)

2.2 Opis rezultatov

Na osnovi slik in prebranih dejstev sva iskala poliedre med strukturami v naravi.

Glede na zastavljene hipoteze so rezultati prikazani kot predstavitev poliedrov in njim podobnih struktur, ki sva jih našla v naravi.

2.2.1 Tetraeder (četverec oz. tristrana piramida)

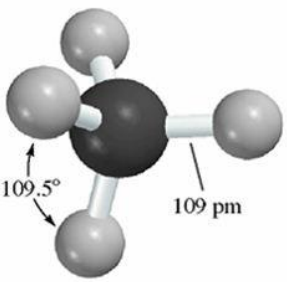
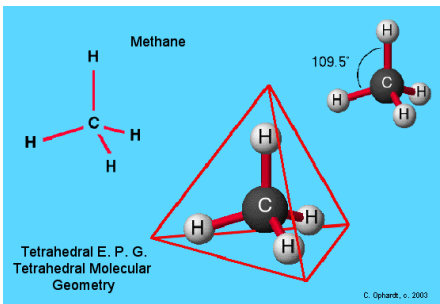
Tetraeder je pravilni polieder omejen s 4 ploskvami (enakostraničnimi trikotniki). Ima 4 oglišča, 6 robov, v oglišču se stikajo 3 robovi.



Fotografija 3: Mreža tetraedra (Vir: avtorja)

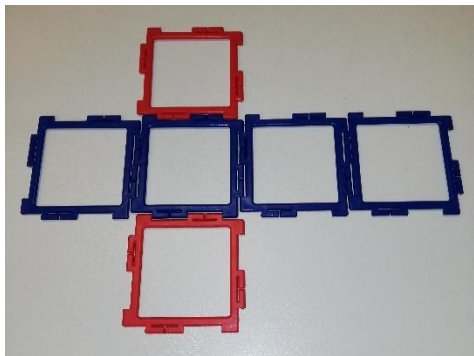


Fotografija 4: Tetraeder (Vir: avtorja)

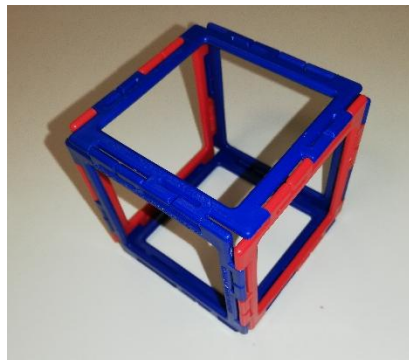
<i>IME</i>	<i>RAZPOREDITEV DELCEV</i>	<i>ZNAČILNOSTI</i>
<p style="text-align: center;">MOLEKULA METANA</p>  <p>Slika 20: Metan (Vir: 66)</p>	 <p>Slika 21: Razporeditev ogljikovih in vodikovih atomov (Vir: 80)</p>	<p>Metan je brezbarvni plin. Njegova kemijska sestava je CH₄. Je spojina ogljika in vodika.</p> <p>(Pridobljeno na: https://bs.wikipedia.org/wiki/Metan#Osobine)</p>

2.2.2 Heksaeder (šesterec)


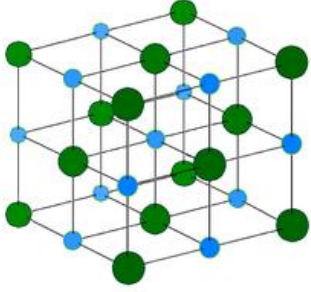
Je polieder, ki ima šest ploskev. Najbolj znana je kocka, ki jo omejuje 6 kvadratov. Ima 8 oglišč, 12 robov, v oglišču se stikajo 3 robovi.



Fotografija 5: Mreža kocke (Vir: avtorja)



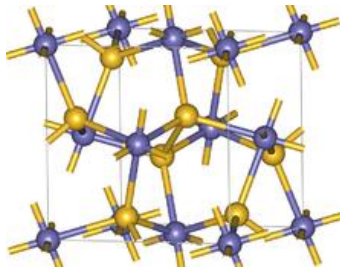
Fotografija 6: Kocka (Vir: avtorja)

<i>IME</i>	<i>RAZPOREDITEV DELCEV</i>	<i>ZNAČILNOSTI</i>
<p>NATRIJEV KLORID (HALIT, kamena sol)</p>  <p>Slika 22: Halit (Vir: 45)</p>	 <p>Slika 23: Kristalna mreža halita (Vir: 56)</p>	<p>Halit (tudi kamena sol) je mineralna oblika natrijevega klorida (NaCl), ki kristalizira v kubičnem kristalnem sistemu. Je ionska spojina, gradniki so natrijevi in kloridni ioni. (Pridobljeno na: https://sl.wikipedia.org/wiki/Halit)</p>

PIRIT



Slika 24: Pirit (Vir: 71)



Slika 25: Kristalna mreža pirit (Vir: 61)

Pirit ali železov kršec je znan mineral, po nastanku je magnetna spojina.

Njegova kemijska sestava je FeS_2 (železov disulfid).

Kristalni sistem je kubičen.

Kocke so pogosto zraščene.

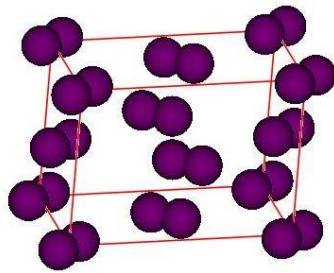
(Pridobljeno na:

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Pirit>)

KRISTALNI JOD



Slika 26: Jod (Vir: 47)



Slika 27: Kristalna mreža joda (I_2) (Vir: 57)

Trden jod je molekulski kristal, ki lahko sublimira zaradi šibkih medmolekulskih vezi v modro-vijoličen plin z dražljivim vonjem. Sestava:

I_2 . Kristalni sistem je ortorombski.

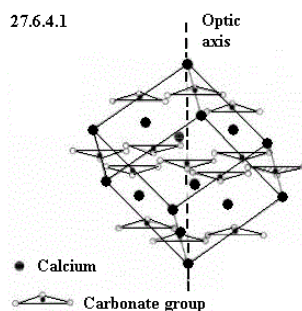
(Pridobljeno na:

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Jod>)

KALCIT



Slika 28: Kalcit (Vir: 48)



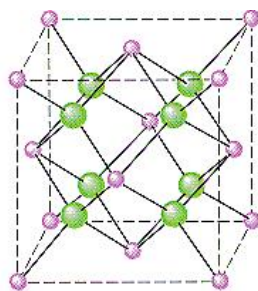
Slika 29: Kristalna mreža kalcita (Vir: 58)

Kalcit je mineral s kemijsko sestavo CaCO_3 (kalcijev karbonat) in je eden najbolj razširjenih mineralov na Slovenskem, saj med drugimi sestavlja kamnino apnenec, ki je pri nas najbolj razširjena kamnina. Kristalni sistem je lahko romboedrski, kubični. (Pridobljeno na: [http://www.pms-lj.si/si/o-naravi/minerali-in-kamnine/kalcit-iz-peci-pri-kropi-na-gorenjskem#mediaOverlay\[mages\]/0/](http://www.pms-lj.si/si/o-naravi/minerali-in-kamnine/kalcit-iz-peci-pri-kropi-na-gorenjskem#mediaOverlay[mages]/0/))

FLUORIT



Slika 30: Fluorit (Vir: 40)



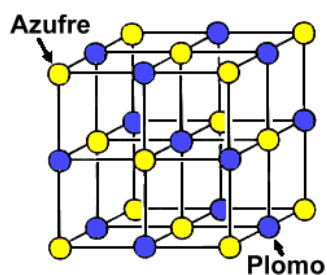
Slika 31: Kristalna mreža fluorita (Vir: 53)

Fluorit ali jedavec je kalcijev a sol fluorovodikove kisline s kemijsko formulo CaF_2 . Fluorit je pogost mineral, ki spada v razred haloidov. Kristalizira v kubičnem kristalnem sistemu v obliki kocke ali oktaedra, tvori pa tudi masivne zrnate skupke. (Pridobljeno na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Fluorit>)

GALENIT PbS



Slika 32: Galenit iz rudnika
Mežica (Vir: 43)



Slika 33: Kristalna mreža
galenita (Vir: 55)

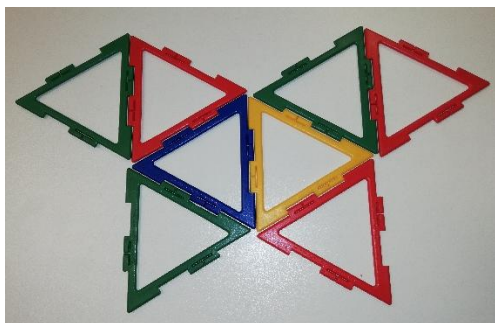
Pogosto imenovan tudi svinčev sijajnik ali siva ruda, je mineralna oblika svinčevega sulfida. Je svinčeno siv in močnega kovinskega sijaja. Na zraku oksidira in postane moten. Kemijska sestava: PbS (svinčev sulfid). Kristalni sistem: kubični.

(Pridobljeno na:

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Galenit>)

2.2.3 Oktaeder (osmerek oz. dvojna štiristrana piramida)


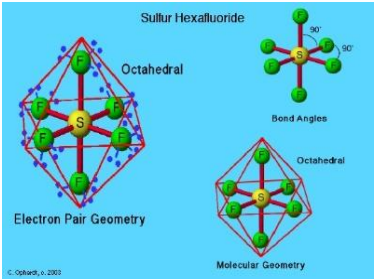
Je pravilni polieder, sestavljen iz 8 ploskev (enakostraničnih trikotnikov). Ima 6 oglišč, 12 robov, v oglišču se stikajo 4 robovi.



Fotografija 7: Mreža oktaedra (Vir: avtorja)



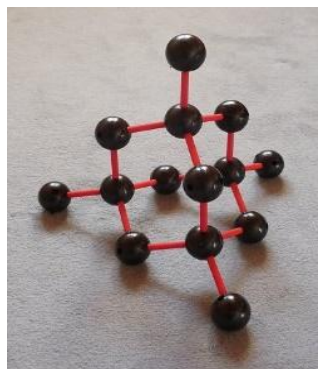
Fotografija 8: Oktaeder (Vir: avtorja)

<i>IME</i>	<i>RAZPOREDITEV DELCEV</i>	<i>ZNAČILNOSTI</i>
<p style="text-align: center;">MOLEKULA SF₆</p>  <p style="text-align: center;">Slika 34: SF₆ (Vir: 82)</p>	 <p style="text-align: center;">Slika 35: Molekula SF₆ (Vir: 67)</p>	<p>Žveplov heksafluorid (SF₆) je anorganski, brezbarvni, brez vonja, nestrupen in nevnetljiv plin (v normalnih okoliščinah). Je oktaedrske geometrije, ki je sestavljen iz šestih atomov fluora pritrjenih na centralni žveplov atom.</p> <p>(Pridobljeno na: https://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%BDveplov_heksafluorid)</p>

DIAMANT



Slika 36: Diamant (Vir: 38)



Slika 37: Kristalna mreža diamanta (Vir: 52)

Mineral diamant je kristalinična oblika oziroma alotropna modifikacija elementa ogljika. Slove po svojih izstopajočih fizikalnih lastnosti, posebno trdoti, ter visoki lomnosti svetlobe. Te in druge lastnosti postavljajo diamant med najuporabnejše minerale v draguljarstvu in v številnih panogah industrije.

Kemijska sestava: C

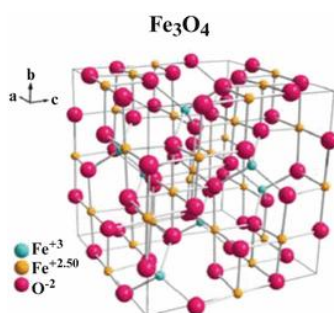
Kristalni sistem: kubični

(Pridobljeno na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Diamant>)

MAGNETIT



Slika 38: Magnetit (Vir: 65)



Slika 39: Kristalna mreža magnetita (Vir: 60)

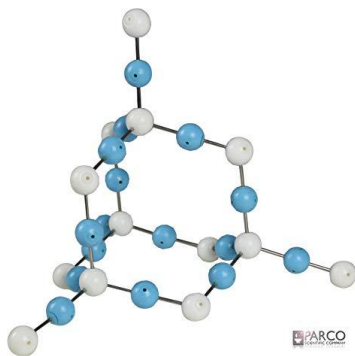
Magnetit je ferimagneten mineral s kemijsko formulo Fe_3O_4 in eden od železovih oksidov, ima kubični kristalni sistem.

(Pridobljeno na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Magnetit>)

AMETIST



Slika 40: Ametist (Vir: 36)

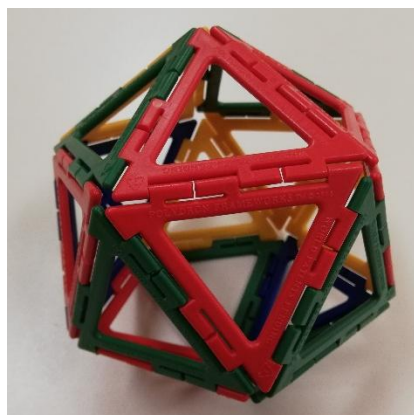
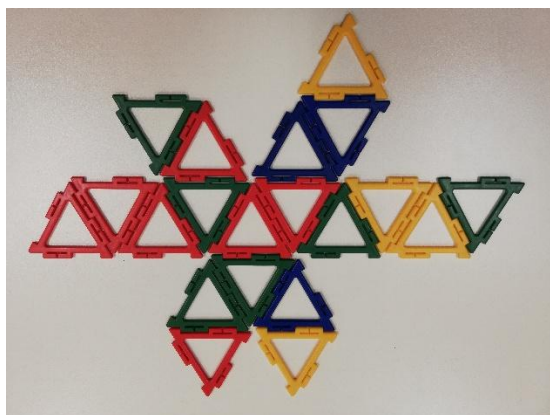


Slika 41: Kristalna mreža
ametista (Vir: 51)

Ametist je poldrag kamen vijoličaste barve. Je mineral kremen (kvarc) (SiO_2). Vijolična barva izvira iz majhnih primesi železa (Fe^{3+}) in titana (Ti^{4+}). Kristalni sistem je trigonalni. (Pridobljeno na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Ametist>)

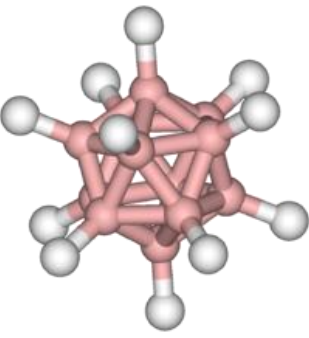
2.2.4 Ikozaeder (dvajseterec)

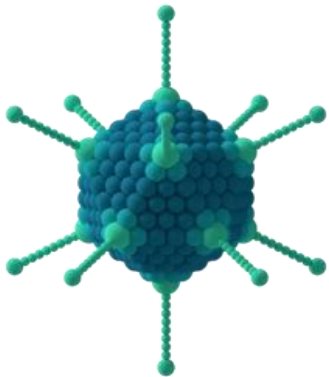

Je pravilni polieder, sestavljen iz 20 ploskev (enakostraničnih trikotnikov). Ima 12 oglišč, 30 robov, v oglišču se stika 5 robov.

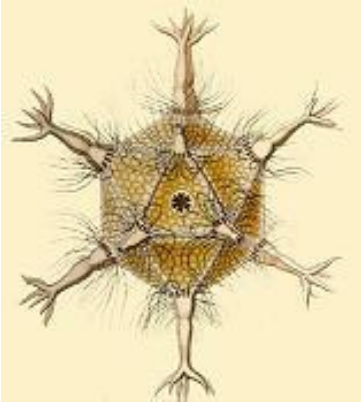


Fotografija 9: Mreža ikozaedra (Vir: avtorja)

Fotografija 10: Ikozaeder (Vir: avtorja)

<i>IME</i>	<i>RAZPOREDITEV DELCEV</i>	<i>ZNAČILNOSTI</i>
ION DODEKABORAN	 <p>Slika 42: Ion dodekaboran $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ (Vir: 46)</p>	<p>Je spojina bora in vodika. Pri tem je vsak borov atom pritrjen na vodikov atom. Uporablja se lahko kot reagenti v organski kemiji.</p> <p>Kemijska formula $[B_{12}H_{12}]^{2-}$</p> <p>Molekula je v obliki ikozaedra.</p> <p>(Pridobljeno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Dodecaborate)</p>

<p>ADENOVIRUS</p>	 <p>Slika 43: Adenovirus (Vir: 34)</p>	<p>Adenovirusi povzročajo vnetja zgornjih dihal (nahod, vnetje žrela) in spodnjih dihal (akutni bronhitis, bronhiolitis in pljučnico), očesnih veznic, vnetje prebavil, sečil. Virus je zgrajen iz nukleinske kisline in kapside. Nukleinska kislina je DNK ali RNK, vendar nikoli obe hkrati, kapsida pa je beljakovinska ovojnica, ki obdaja nukleinsko kislino. Oblika je odvisna od kapside.</p> <p>(Pridobljeno na: http://projekti.gimvic.org/2015/2b/virusi/Virusi%20-%20Matjaz/Podstrani/Zgradba.html in http://www.nijz.si/sl/oznake/adenovirusi)</p>
<p>VIRUS HIV</p>	 <p>Slika 44: Virus HIV (Vir: 85)</p>	<p>HIV ali virus humane imunske pomanjkljivosti je povzročitelj aidsa. Spada v družino retrovirusov njegov genom je namreč zapisan v RNK. Po okužbi vgradi virus svoj genetski kod v gostiteljevo dednino, zato popolna ozdravitev ni mogoča. Aids se običajno razvije po več letih inkubacijske dobe. Okuženost s HIV je dosegla že razsežnosti pandemije.</p> <p>(Pridobljeno na: https://sl.wikipedia.org/wiki/HIV)</p>

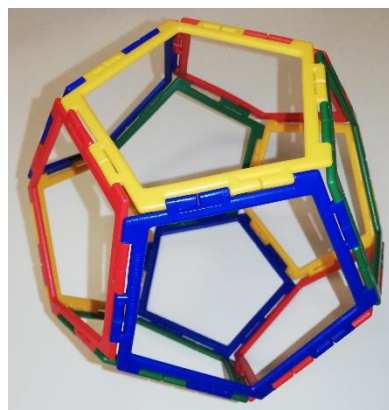
<p>RADIOLARIJ</p>	 <p>Slika 45: Radiolarij (Vir: 78)</p>	<p>Je morska pražival z različno oblikovanim kremenastim ogrodjem. običajno sestavljene iz silicijevega dioksida.</p> <p>(Pridobljeno na: http://bos.zrc-sazu.si/cgi/neva.exe?name=ssbsj&tc h=14&expression=zs%3D63058 in https://en.wikipedia.org/wiki/Radiolaria)</p>
--------------------------	---	---

2.2.5 Dodekaeder (dvanajsterec)

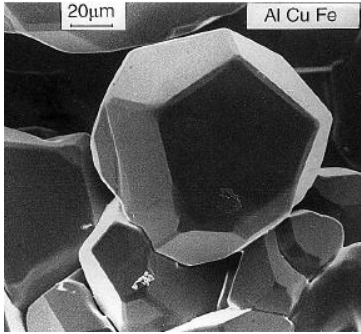
Je pravilni polieder, sestavljen iz 12 ploskev (pravilnih petkotnikov). Ima 20 oglišč, 30 robov, v oglišču se stikajo 3 robovi.



Fotografija 11: Mreža dodekaedra (Vir: avtorja)



Fotografija 12: Dodekaeder (Vir: avtorja)

<i>IME</i>	<i>RAZPOREDITEV DELCEV</i>	<i>ZNAČILNOSTI</i>
KVAZIKRISTAL AlCuFe	 <p>Slika 46: Kvazikristal AlCuFe (Vir: 63)</p>	<p>Kvazikristal je neperiodičen kristal. Njegova sestava je AlCuFe (aluminij, baker, železo). Za kvazikristale je značilno, da imajo nekristalografske sučne osi. Prve kvazikristale so odkrili leta 1984 v hitro strjeni zlitini Al-Mn. Imajo nekatere posebne magnetne, električne in mehanske lastnosti. (Pridobljeno na: https://sl.wikipedia.org/wiki/Kvazikristal)</p>

NEPOVIRUS



Slika 47: Nepovirus (Vir: 69)

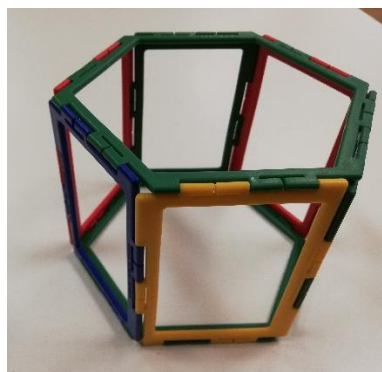
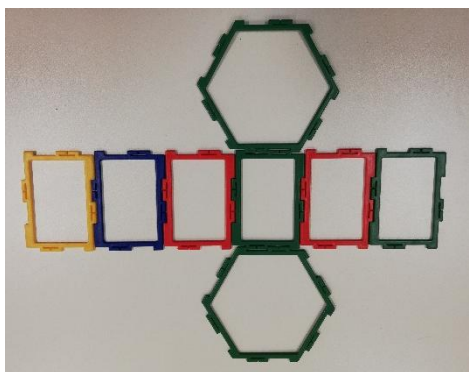
Nepovirus je rod virusov. Rastline so naravni gostitelji. V tem rodu je trenutno 36 vrst. Nepovirusi, za razliko od drugih dveh rodov v poddružini Comovirinae, prenašajo nematode. Virusi v nepovirusu so brez ovojnice, z ikozaedrično geometrijo.

(Pridobljeno na:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Nepovirus>)


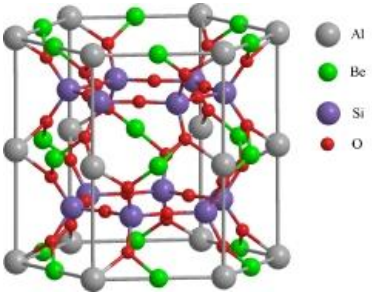
2.2.6 Šeststrana prizma

Šeststrana prizma je oglato telo. Ima 8 ploskev, 2 šestkotnika tvorita osnovni ploskvi, 6 pravokotnikov pa plašč. Ima 12 oglišč, 18 robov, v vsakem oglišču se stikajo 3 robovi.



Fotografija 13: Mreža šeststrane prizme
(Vir: avtorja)

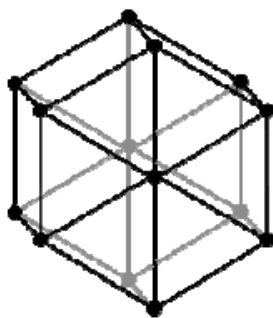
Fotografija 14: Dodekaeder (Vir: avtorja)

<i>IME</i>	<i>RAZPOREDITEV DELCEV</i>	<i>ZNAČILNOSTI</i>
<p style="text-align: center;">SMARAGD</p>  <p>Slika 48: Smaragd (Vir: 83)</p>	 <p>Slika 49: Kristalna mreža smaragda (Vir: 62)</p>	<p>Smaragd je drag kamen, zeleni različek berila. Značilno zeleno barvo mu dajejo primesi kroma, njegovi kristali pa so krhki in pogosto razpokani. Njegova kemijska sestava je $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ (berilijev aluminijev ciklosilikat). Kristalni sistem je heksagonalni.</p> <p>(Pridobljeno na: https://sl.wikipedia.org/wiki/Smaragd)</p>

KRISTAL LEDU



Slika 50: Kristal ledu (Vir: 50)

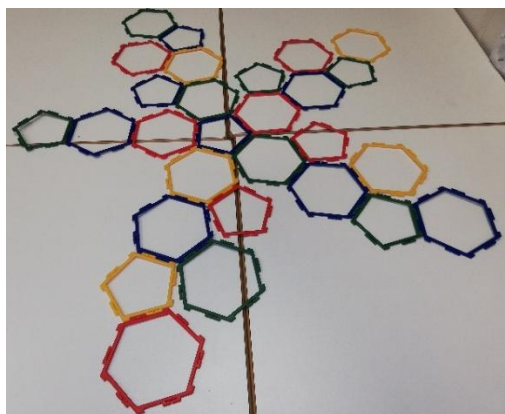


Slika 51: Kristalna mreža ledu (Vir: 59)

Kristali ledu je voda v trdnem agregatnem stanju. Molekule vode se pod temperaturo ledišča razporedijo v heksagonalni kristalni sistem. Formula vode je H_2O .

2.2.7 Prisekani ikozaeder




Prisekani ikozaeder je v geometriji konveksni polieder. Je arhimedsko telo. Ima 32 pravih stranskih ploskev, od tega 12 petkotnikov in 20 šestkotnikov. Oglišč je 60, v vsakem oglišču se stikajo 3 robovi.



Fotografija 15: Mreža prisekanega ikozaedra
(Vir: avtorja)



Fotografija 16: Prisekani ikozaeder (Vir: avtorja)

<i>IME</i>	<i>RAZPOREDITEV DELCEV</i>	<i>ZNAČILNOSTI</i>
<p>FULEREN C₆₀</p>  <p>Slika 52: Fuleren C₆₀ (Vir: 41)</p>	 <p>Slika 53: Kristalna mreža fulerena C₆₀ (Vir: 54)</p>	<p>V naravi je fuleren C₆₀ zelo redek. S sodobno tehnologijo lahko posamezne atome ogljika uredimo v 5- in 6-kotne obroče, ki jih med seboj združimo v različne oblike. Tem oblikam ogljika rečemo fulereni. Združeni v kroglo so podobni žogi. V notranjost take strukture lahko vstavimo zdravilo, kar omogoča nove pristope k zdravljenju.</p>  <p>Kemijska sestava: C₆₀. (Pridobljeno na: http://eucbeniki.sio.si/kemija8/954/index4.html)</p>

3 RAZPRAVA

Na podlagi hipotez interpretirava zbrane podatke in ugotovitve.

- Hipoteza 1: **Za vsako platonsko telo bova našla vsaj en primer v naravi.**

Hipotezo lahko **potrdiva**. Iz zbranih podatkov je razvidno, da sva za vsako platonsko telo našla primer v naravi. Najbolj naju preseneča najdba živih organizmov (virusi in enoceličarji) v obliki poliedrov.

- Hipoteza 2: **Največ poliedrskih struktur bova našla med kristali.**

Pričakovala sva, da bova našla največ poliedrskih oblik med kristali, saj so naju najbolj spominjali na poliedre. Z metodo primerjanja podatkov sva slike kristalov primerjala s poliedri in poskušala ugotoviti obliko kristala. Pri tem ugotavljava, da prepoznavanje kristalnih oblik samih kristalov zahteva veliko znanja, prakse in nekaj sreče. Lepe kristalne oblike, po katerih so znani poliedri in so vidne s prostim očesom, so zelo redke, saj nastanejo le na mestih, kjer njihova rast ni bila ovirana. Tako je tudi klasifikacija kristalnih oblik zelo težavna, predvsem za naju, ki sva se s kristalografijo srečala prvič. Klasifikacija oblik zahteva veliko več znanja ter razumevanja kemije in matematike, kot ga trenutno imava midva. Tako hipoteze **ne moreva potrditi**.

- Hipoteza 3: **Kristal soli ima obliko heksaedra (kocke).**

Hipotezo lahko **potrdiva**. Z eksperimentalnim delom, kjer sva pridobivala kristale soli, je vidno, da imajo obliko kocke.



Fotografija 17: Kristal soli (Vir: avtorja)

4 ZAKLJUČEK

Namen najine naloge je bil poiskati poliedre v naravi. Povezati matematične strukture s kemijskimi. V teoretičnem delu sva se najprej naučila klasificirati poliedre, kaj in kateri so večkotniki, ki jih sestavljajo. Spoznala sva gradnike snovi in se naučila nekaj malega o kristalografiji.

V osrednjem delu sva z metodo zbiranja in primerjanja podatkov iskala poliedre v naravi. Za cilj sva si postavila tri hipoteze.

Prvo hipotezo sva potrdila, saj sva res za vsako platonsko telo našla primer v naravi. Še najbolj naju je presenetilo, ko sva ugotovila, da so nekateri virusi in enoceličarji v obliki ikozaedra.

Druge hipoteze nisva potrdila, saj ne moreva trditi, da je največ poliedrov med kristali. Klasifikacija kristalnih oblik zahteva veliko znanja in prakse, ki je pa midva še nimava. Sva pa vesela, da sva kljub vsemu lahko prepoznala nekaj kristalov.

Tretjo hipotezo lahko potrdiva, saj sva z eksperimentalnim delom pokazala, da so kristali soli v obliki kocke. Se je pa tudi tu pokazalo, da moraš biti zelo previden in natančen, saj najmanjša podrobnost, kot je temperatura okolice, položaj rasti, itd., vplivajo na rast kristalov.

Morava priznati, da sva imela na začetku visoka pričakovanja, saj je tema zelo obsežna in jo je bilo zanimivo raziskovati. Kasneje sva ugotovila, da je prav to problem. Je veliko preširoka za najino znanje, saj sva se velikokrat znašla v neznanjih vodah. Zagotovo pa sva se naučila veliko novega, kar pa je tudi namen raziskovalnih nalog.

Spoznala sva, da so fulereni mnogostransko uporabni v modernih tehnologijah. Imajo nekatere posebne lastnosti, npr. da z vrinjenimi atomi alkalnih spojin postanejo superprevodniki, iz njih je mogoče napraviti feromagnet, obetavni pa so na področju farmacije kot podlaga za zdravila.

5 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Že stari Grki so ugotavljali, da so zakoni narave zapisani v matematičnem jeziku. Tako se matematika uporablja kot orodje v številnih vejah znanstvenega raziskovanja (kemija, fizika, medicina ...). S pomočjo matematičnih teorij se razvija tudi genetika in na le-tej temelji tudi izgradnja moderne medicinske tehnike. Tudi s kemijskimi spremembami in snovmi se srečujemo v vsakdanjem življenju (zobne paste, zdravila, čistilna sredstva ...). Ugotavljava, da sta matematika in kemija nepogrešljivi na različnih področjih v življenju in sta zelo povezani. To povezavo sva v raziskovalni nalogi ugotavljala tudi midva in se naučila veliko novega. Uvidela sva, da nam odkritja novih materialov omogočajo razvoj novih dejavnosti in iznajdbo inovativnih naprav, ki nam poenostavljajo vsakdanje življenje. Pomembno je, da se tega zavedajo tudi ostali naši učenci, zato želiva ta spoznanja širiti tudi med njih.

6 VIRI IN LITERATURA

6.1 Knjižni viri

1. Berk J. [et al.] (2013). *Skrivnosti števil in oblik 8*. Učbenik za matematiko v 8. razredu osnovne šole. Ljubljana. Založba Rokus Klett d. o. o.
2. Drofenik M. (2003). *Splošna in anorganska kemija*. Maribor. Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.
3. *Kemija (leksikon)*. (2008). Naslov izvirnika: Schülerduden, Chemie. Zbirka tematskih leksikonov. Tržič. Učila. Tisk evroadria d. o. o. Ljubljana.
4. Lazarini F., Brenčič J. (1992). *Splošna in anorganska kemija*. Ljubljana. DZS.
5. Perat A. (2007). *Pravilni poliedri*. Ljubljana. Gimnazija Ledina.
6. Revija »Logika in razvedrilna matematika«. 21. letnik (2011/2012). Ljubljana. DMFA.
7. Scsröter W. [et al.] (1993). *Kemija splošni priročnik*. Ljubljana. Tehniška založba Slovenije.
8. Zupanič F., Lojen G. (2010). *Materiali I*. Maribor. Fakulteta za strojništvo Maribor.

6.2 Spletni viri

9. *Adenovirus*. Spletne strani (pridobljeno 10. 1. 2019):
<http://projekti.gimvic.org/2015/2b/virusi/Virusi%20-%20Matjaz/Podstrani/Zgradba.html>
<http://www.nijz.si/sl/oznake/adenovirusi>
10. *Alotropske modifikacije ogljika*. Spletna stran (pridobljeno 15. 12. 2018):
<http://eucbeniki.sio.si/kemija1/491/index5.html>
<http://eucbeniki.sio.si/kemija8/954/index4.html>
11. *Ametist*. Spletna stran (pridobljeno 12. 12. 2018):
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Ametist>
12. *Arhimedska telesa*. Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018):
https://sl.wikipedia.org/wiki/Arhimedsko_telo
13. *Atomi in molekule*. Spletna stran (pridobljeno 30. 11. 2018):
<http://eucbeniki.sio.si/kemija8/932/index2.html>

14. *Bravaisove mreže*. Spletna stran (pridobljeno 10. 12. 2018):
https://sl.wikipedia.org/wiki/Kristalna_struktura
15. Davidović Gustard T. (2010). *Platonova tela u prirodi*. Master rad. Beograd. Matematički fakultet. Spletna stran (pridobljeno 10. 12. 2018): [UNIVERZITET U BEOGRADU Matematički fakultet Tatjana Davidovic ...](#)
16. *Diamant*. Spletna stran (pridobljeno 15. 12. 2018):
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Diamant>
17. Domajnko V. (1991). *Platonovi poliedri*. Revija Presek. DMFA založništvo. Spletna stran (pridobljeno 20. 11. 2018): <http://www.presek.si/19/1075-Domajnko.pdf>
18. *Fluorit*. Spletne strani (pridobljeno 18. 1. 2019): <https://sl.wikipedia.org/wiki/Fluorit>
19. *Fulereni*. Spletne strani (pridobljeno 12. 12. 2018):
<http://eucbeniki.sio.si/kemija8/954/index4.html>
<http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2000/di/lahajnar/vezi1/fuleren.html>
<https://www.slideshare.net/andjelatosic966/fuleren-40504144>
<http://www.avantartmagazin.com/fuleren-molekul-koji-spaja-nauku-i-naucnu-fantastiku/>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Fullerene>
<http://www.understandingnano.com/buckyballs-fullerenes.html>
20. *Galenit*. Spletna stran (pridobljeno 15. 12. 2018): <https://sl.wikipedia.org/wiki/Galenit>
21. *Halit*. Spletna stran (pridobljeno 18. 1. 2019): <https://sl.wikipedia.org/wiki/Halit>
22. *Ioni*. Spletna stran (pridobljeno 30. 11. 2018): <https://sl.wikipedia.org/wiki/Ion>
23. *Ion dodekaboran*. Spletna stran (pridobljeno 10. 1. 2019):
<https://en.wikipedia.org/wiki/Dodecaborate>
24. *Jod*. Spletna stran (pridobljeno 19. 1. 2019): <https://sl.wikipedia.org/wiki/Jod>
25. *Johnsonova telesa*. Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018):
https://sl.wikipedia.org/wiki/Johnsonovo_telo
26. *Kalcit*. Spletna stran (pridobljeno 8. 1. 2019):
[http://www.pms-lj.si/si/o-naravi/minerali-in-kamnine/kalcit-iz-peci-pri-kropi-na-gorenjskem#mediaOverlay\[images\]/0/](http://www.pms-lj.si/si/o-naravi/minerali-in-kamnine/kalcit-iz-peci-pri-kropi-na-gorenjskem#mediaOverlay[images]/0/)

27. Kaliada O. (2011). *Spoznajmo poliedre*. Famnitov tabor 2011. Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018): [Zome - Spoznajmo poliedre](#)
28. *Kristali*. Spletne strani (pridobljeno 12. 12. 2018):
<http://www.geologyin.com/2014/11/crystal-structure-and-crystal-system.html>
<http://old.gimvic.org/predmeti/gradiva/minerali/zgradba.html>
<http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2000/di/lahajnar/vezi1/kristali.html>
<http://eucbeniki.sio.si/kemija1/491/index1.html>
<http://eucbeniki.sio.si/kemija1/489/index2.html>
<http://www.e-kompetencia.si/egradiva/strojninstvo1/1-2b%20krist-zgrad/index41.html>
https://si.openprof.com/wb/lastnosti_trdnih_snovi?ch=625
<https://www.zag.si/ajax/DownloadHandler.php?file=1553>
29. Krnel D. (2012). *Grafit, diamant in buckminster fuleren: enako a zelo različno*. Članek v reviji Naravoslovna solnica, letnik 17, številka 1. Ljubljana. Pedagoška fakulteta Ljubljana. Spletna stran (pridobljeno 18. 1. 2019): [Grafit, diamant in buckminster fuleren: enako a zelo različno – PeFprints](#)
30. *Kvazikristal*. Spletna stran (pridobljeno 12. 12. 2018):
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Kvazikristal>
31. *Lastnosti vode*. Spletna stran (pridobljeno 12. 1. 2019):
<http://www.fizika.fnm.um.si/files/seminarji/11/AnomalneLastnostiVode.pdf>
32. *Magnetit*. Spletna stran (pridobljeno 15. 12. 2018):
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Magnetit>
33. *Metan*. Spletna stran (pridobljeno 8. 1. 2019):
<http://eucbeniki.sio.si/kemija3/1253/index3.html>
<https://bs.wikipedia.org/wiki/Metan#Osobine>
34. *Molekula SF₆*. Spletna stran (pridobljeno 12. 1. 2019):
https://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%BDveplov_heksafluorid
35. *Nepovirus*. Spletna stran (pridobljeno 10. 1. 2019):
<https://en.wikipedia.org/wiki/Nepovirus>
36. *Pirit*. Spletna stran (pridobljeno 8. 1. 2019):
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/95/2780M-pyrite1.jpg/260px-2780M-pyrite1.jpg>
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Pirit>

37. *Platonska telesa*. Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018):
https://sl.wikipedia.org/wiki/Platonsko_telo
38. *Poliedri in narava* (članek). Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018): [Poliedri in narava](#) [Procesi v naravi lahko proizvedejo kristale. Za ...](#)
39. *Prizme*. Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018):
<http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2002/dira/oblak/html/prizma.htm>
40. Prosen M. (2017). *Prizma in antiprizma*. (članek). Spletna stran (pridobljeno 30. 11. 2018): [Prizma in antiprizma](#)
41. *Radiolarij*. Spletna stran (pridobljeno 10. 1. 2019):
<https://en.wikipedia.org/wiki/Radiolaria>
<http://bos.zrc-sazu.si/cgi/neva.exe?name=ssbsj&tch=14&expression=zs%3D63058>
42. *Smaragd*. Spletni viri (pridobljeno 12. 1. 2019):
<http://www.luminesce.ca/sacredEmerald.html>
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Smaragd>
43. Svetlin P. (2012). *Poliedri*. Diplomsko delo. Ljubljana. Pedagoška fakulteta Ljubljana. Fakulteta za matematiko in fiziko Ljubljana. Spletna stran (pridobljeno 12. 11. 2018): [poliedri - PeFprints - Univerza v Ljubljani](#)
44. Verdnik A. (2013). *Pravilni poliedri*. Diplomsko delo. Ljubljana. Pedagoška fakulteta Ljubljana. Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018): [RUL - Pravilni poliedri : diplomsko delo](#)
45. *Virusi*. Spletna stran (pridobljeno 10. 1. 2019):
<http://projekti.gimvic.org/2015/2b/virusi/Virusi%20%20Matjaz/Podstrani/Zgradba.html>
<https://viralzone.expasy.org/300>
46. *Virus HIV*. Spletna stran (pridobljeno 10. 1. 2019): <https://sl.wikipedia.org/wiki/HIV>
47. *Zgradba trdnih snovi*. Spletne strani (pridobljeno 10. 11. 2018):
<https://docplayer.cz/24352572-Zgradba-trdnih-snovi.html>
http://ekemija.osbos.si/e-gradivo/4-sklop/zgradba_trdnih_snovi_kristali.html
<http://eucbeniki.sio.si/kemija1/491/index1.html>
<http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2000/di/lahajnar/vezi1/kristali.html>

6. 3 Viri slik

48. *Adenovirus*. Spletna stran (pridobljeno 10. 1. 2019):
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Kapsida>
49. *Alotropske modifikacije ogljika*. Spletna stran (pridobljeno 15. 12. 2018):
<https://spectrum.ieee.org/image/MTcyMTQ4OA>
50. *Ametist*. Spletna stran (pridobljeno 12. 12. 2018):
<http://lotusblomman.nu/wp-content/uploads/2015/12/Ametist-kristaller.jpg>
51. *Arhimedski poliedri*. Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018):
https://sl.wikipedia.org/wiki/Arhimedsko_telo
52. *Diamant*. Spletna stran (pridobljeno 15. 12. 2018):
<http://egyptyo.club/kohlenstoff-diamant.html>
53. *Fibonaccijsva spirala*. Spletna stran (pridobljeno 18. 1. 2019):
https://i.ytimg.com/vi/T8xgfVzef_E/hqdefault.jpg
54. *Fluorit*. Spletna stran (pridobljeno 18. 1. 2019):
<http://thehealingchest.com/assets/images/stones/fluorite.jpg>
55. *Fuleren C₆₀*. Spletna stran (pridobljeno 12. 12. 2019):
pefprints.pef.uni-lj.si/1341/1/pp_35_Krnel.pdf
56. *Fuleren C₇₂₀*. Spletna stran (pridobljeno 12. 12. 2018):
https://st3.depositphotos.com/1711722/16931/i/1600/depositphotos_169311844-stock-photo-fullerene-c720-molecular-structure-isolated.jpg
57. *Galenit iz rudnika Mežica*. Spletna stran (pridobljeno 15. 12. 2018):
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Galenit>
58. *Geometrijska telesa*. Spletna stran (pridobljeno 16. 11. 2018):
<http://eucbeniki.sio.si/vega3/333/index11.html>
59. *Halit*. Spletna stran (pridobljeno 18. 1. 2019):
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HALIT_X_NaCl_Natriumchlorid_W%C3%9CRFEL_KUBUS_50P.jpg
60. *Ion dodekaboran [B₁₂H₁₂]²⁻*. Spletna stran (pridobljeno 10. 1. 2019):
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/97/Dodecaborane-3D-balls.png/220px-Dodecaborane-3D-balls.png>
61. *Jod*. Spletna stran (pridobljeno 19. 1. 2019): <https://bs.wikipedia.org/wiki/Jod>

62. *Kalcit*. Spletna stran (pridobljeno 18. 1. 2019):
https://www.vidi.hr/var/ezflow_site/storage/images/pop-tech/tehnologija/nevidljivost-pomocu-kristala-kalcita/1243-3-cro-HR/Nevidljivost-pomocu-kristala-kalcita.jpg
63. *Kristal*. Spletna stran (pridobljeno 12. 12. 2018):
[https://www.thoughtco.com/thmb/mr9Z1gpJAz-2pG9AWKEumolD5Ao=/768x0/filters:no_upscale\(\):max_bytes\(150000\):strip_icc\(\):format\(webp\)/fluorite-mineral-652050409-585166cb3df78c491e1241b3.jpg](https://www.thoughtco.com/thmb/mr9Z1gpJAz-2pG9AWKEumolD5Ao=/768x0/filters:no_upscale():max_bytes(150000):strip_icc():format(webp)/fluorite-mineral-652050409-585166cb3df78c491e1241b3.jpg)
64. *Kristal ledu*. Spletna stran (pridobljeno 12. 1. 2019):
<http://vremenskafotografija.blogspot.com/2015/12/cudoviti-svet-ledenih-kristalov.html>
65. *Kristalna mreža ametista*. Spletna stran (pridobljeno 12. 12. 2018):
https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61bpiIUjZpL_SX466.jpg
66. *Kristalna mreža diamanta*. Spletna stran (pridobljeno 15. 12. 2018):
<http://egyptyo.club/kohlenstoff-diamant.html>
67. *Kristalna mreža fluorita*. Spletna stran (pridobljeno 18. 1. 2019):
https://www.researchgate.net/profile/Yin_Li8/post/How_to_define_a_crystal_structure_in_quantumespresso_pwscf/attachment/59d621396cda7b8083a1a960/AS%3A273739491545103%401442275988395/image/Fig2.jpg
68. *Kristalna mreža fullerena*. Spletna stran (pridobljeno 12. 12. 2019):
<http://eucbeniki.sio.si/kemija8/954/index4.html>
69. *Kristalna mreža galenita*. Spletna stran (15. 12. 2018):
https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Rivera-Nieblas/publication/323393093/figure/fig8/AS:598178562854919@1519628291490/Estructura-cubica-de-la-Galena-PbS.png
70. *Kristalna mreža halita*. Spletna stran (pridobljeno 18. 1. 2019):
https://hr.wikipedia.org/wiki/Natrijev_klorid
71. *Kristalna mreža joda I₂*. Spletna stran (pridobljeno 19. 1. 2019):
<http://eucbeniki.sio.si/kemija1/491/index3.html>
72. *Kristalna mreža kalcita*. Spletna stran (pridobljeno 18. 1. 2019):
<https://www.shvpl.info/imagecgkl-caco3-crystal-structure.htm>
73. *Kristalna mreža ledu*. Spletna stran (pridobljeno 12. 1. 2019):
[Zome - Spoznajmo poliedre](#)

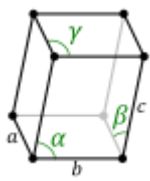

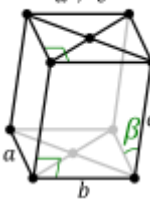
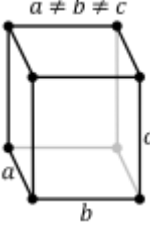
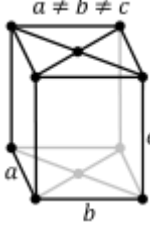
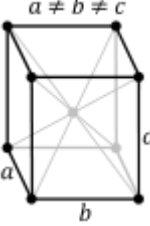
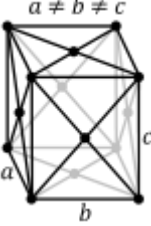
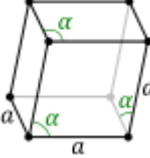
74. *Kristalna mreža magnetita*. Spletna stran (pridobljeno 15. 12. 2018):
https://media.springernature.com/original/springerstatic/image/chp%3A10.1007%2F978-3-319-45669-0_14/MediaObjects/323456_1_En_14_Fig2_HTML.gif
75. *Kristalna mreža pirita*. Spletna stran (pridobljeno 8. 1. 2019):
<http://www.materialesde.com/pirita/>
76. *Kristalna mreža smaragda*. Spletna stran (pridobljeno 12. 1. 2019):
http://sprout038.sprout.yale.edu/imagefinder/ImageDownloadService.svc?articleid=2386531&file=894_2008_299_Fig16_HTML&size=LARGE
77. *Kvazikristal*. Spletna stran (pridobljeno 12. 12. 2019):
https://www.researchgate.net/figure/On-the-left-SEM-image-of-a-single-grain-of-AlCuFe-icosahedral-phase-obtained-by-slow_fig1_228854979
78. *Led*. Spletna stran (pridobljeno 12. 1. 2019):
<http://www.historyoftheuniverse.com/images/ice.png>
79. *Magnetit*. Spletna stran (pridobljeno 15. 12. 2018):
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b6/Magnetite-278427.jpg>
80. *Metan*. Spletna stran (pridobljeno 30. 11. 2018):
<http://eucbeniki.sio.si/kemija3/1253/index3.html>
81. *Molekula SF₆*. Spletna stran (pridobljeno 12. 1. 2019):
<https://36gu5d4dxary1824ba1o7kkq6uc-wpengine.netdna-ssl.com/help/wp-content/uploads/sites/2/2014/05/Sulfur-hexafluoride.jpg>
82. *Molekula vode*. Spletna stran (pridobljeno 12. 1. 2019):
https://en.wikipedia.org/wiki/Properties_of_water#/media/File:H2O_2D_labelled.svg
83. *Nepovirus*. Spletna stran (pridobljeno 10. 1. 2019): <https://viralzone.expasy.org/300>
84. *Osnovne mreže kristalov*. Spletna stran (pridobljeno 10. 11. 2018):
<https://i.ytimg.com/vi/s4os8nh4KgM/hqdefault.jpg>
85. *Pirit*. Spletna stran (pridobljeno 8. 1. 2019): <http://www.lotos-nakit.com/pirit-056-11078/>

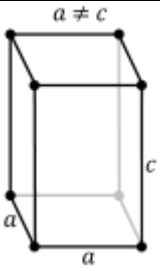
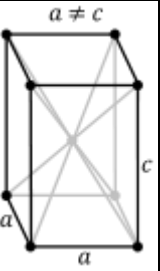
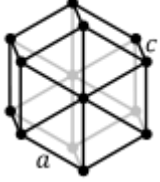
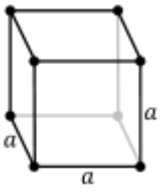
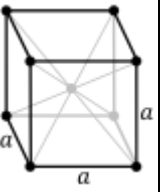
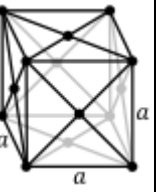
86. *Platonska telesa*. Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018): <http://platon-telesa.splet.arnes.si/te/>
87. *Pozitivno orientiran petkotnik ABCDE*. Spletna stran (pridobljeno 14. 11. 2018): <http://eucbeniki.sio.si/mat8/821/index5.html>
88. *Pravilni večkotniki*. Spletna stran (pridobljeno 14. 11. 2018): <http://www2.arnes.si/~osnmsto1s/e-gradiva/ttu-3izr12.pdf>
89. *Primeri antiprizem*. Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018): <https://sl.wikipedia.org/wiki>
90. *Primeri Johnsonovih poliedrov*. Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018): https://en.wikipedia.org/wiki/Johnson_solid
91. *Prizme*. Spletna stran (pridobljeno 15. 11. 2018): <http://www.antonija-horvatek.from.hr/slike-geometrijskih-tijela.html>
92. *Radiolarij*. Spletna stran (pridobljeno 10. 1. 2019): <https://en.wikipedia.org/wiki/Radiolaria>
93. *Različne velikosti fulerenov*. Spletna stran (pridobljeno 12. 12. 2018): https://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/Articleimage/2014/CP/c4cp02348j/c4cp02348j-f1_hi-res.gif
94. *Razporeditev ogljikovih in vodikovih atomov*. Spletna stran (pridobljeno 30.11.2018): <http://chemistry.elmhurst.edu/vchembook/images/204methane.gif>
95. *Satovje čebel*. Spletna stran (pridobljeno 18. 1. 2019): http://2.bp.blogspot.com/5c4_zQQX0AY/UgInPO_Ut_I/AAAAAAAAAAkg/toufINoI6eM/s1600/Honey-Benefits.jpg
96. SF_6 . Spletna stran (pridobljeno 12. 1. 2019): <https://concordegas.com/wp-content/uploads/2016/01/DSC00848-min.jpg>
97. *Smaragd*. Spletna stran (pridobljeno 12. 1. 2019): https://pbs.twimg.com/media/DSeQYbtVAAA_F1f.jpg

98. *Strukture snežink*. Spletna stran (pridobljeno 18. 1. 2019):
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM_V53_D092Various_snow_crystal_for_ms.png
99. *Virus HIV*. Spletna stran (pridobljeno 10. 1. 2019):
<https://rkm.com.au/VIRUS/HIV/HIV-virion-1aevo.html>
100. *Vklesani kamni predstavljajo poliedre*. Spletna stran (pridobljeno 15. 11.2018):
<https://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/neolithic.html>

7 PRILOGE


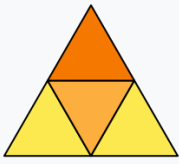
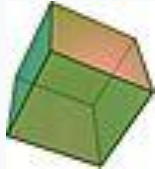
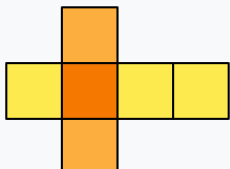

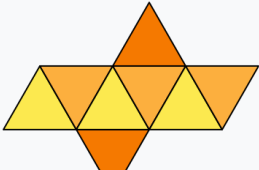

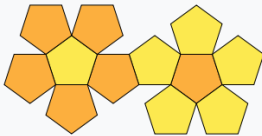

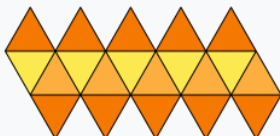
7.1 Bravaisove mreže

PROSTORSKA MREŽA (OD NAJMANJ DO NAJBOLJ SIMETRIČNE)	BRAVAISOVE MREŽE			
<u>Triklinska</u>				
<u>Monoklinska</u>	primitivna $\beta \neq 90^\circ$ $a \neq c$ 	osnovno centrirana $\beta \neq 90^\circ$ $a \neq c$ 		
<u>Ortorombska</u>	primitivna $a \neq b \neq c$ 	osnovno centrirana $a \neq b \neq c$ 	telesno centrirana $a \neq b \neq c$ 	ploskovno centrirana $a \neq b \neq c$ 
<u>Romboedrična</u>	$\alpha \neq 90^\circ$ 			

<u>Tetragonalna</u>	enostavna	telesno centrirana		
				
<u>Heksagonalna</u>				
<u>Kubična</u>	primitivna	telesno centrirana	ploskovno centrirana	
				

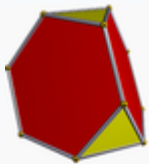




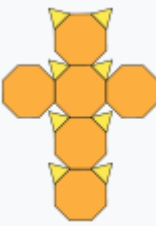

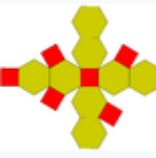
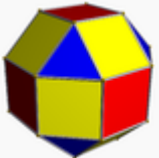
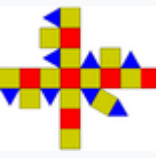
(Vir: https://sl.wikipedia.org/wiki/Kristalna_struktura)



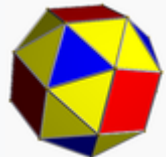
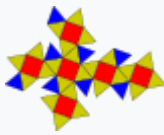
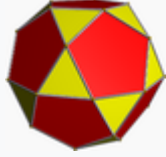
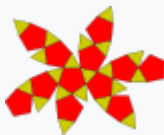
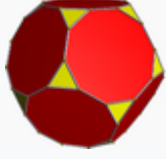

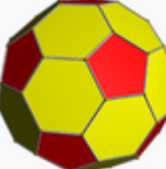

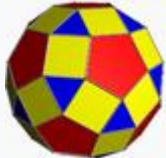
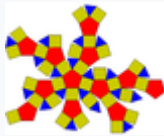
7.2 Platonska telesa

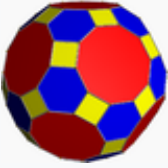
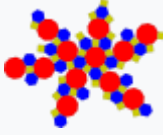
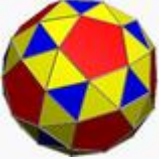
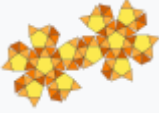
Ime telesa	Slika telesa	Mreža	Št. ploskev	Št. robov	Št. oglišč
tetraeder			4 trikotniki	6	4
kocka (heksaeder)			6 kvadratov	12	8
oktaeder			8 trikotnikov	12	6
dodekaeder			12 petkotnikov	30	20
ikozaeder			20 trikotnikov	30	12

(Vir: https://sl.wikipedia.org/wiki/Platonsko_telo)

7.3 Arhimedska telesa

Ime telesa	Slika telesa	Mreža telesa	Št. ploskev		Št. robov	Št. oglišč
prisekani tetraeder			8	4 trikotniki 4 šestkotniki	18	12
kubooktaeder (rombitetraeder)			14	8 trikotnikov 6 kvadratov	24	12
prisekana kocka (prisekani heksaeder)			14	8 trikotnikov 6 osemkotnikov	36	24
prisekani oktaeder (prisekani tetratetraeder)			14	6 kvadratov 8 šestkotnikov	36	24
rombikubooktaeder (mali rombikubooktaeder)			26	8 trikotnikov 18 kvadratov	48	24

<p>prisekani kuboektaeder (veliki rombiokubektaeder)</p>			26	12 kvadratov 8 šestkotnikov 6 osemkotnikov	72	48
<p>prirešana kocka (prirešani heksaeder) (prirešani kuboektaeder) (2 kiralni obliki)</p>			38	32 trikotnikov 6 kvadratov	60	24
<p>ikozydodekaeder</p>			32	20 trikotnikov 12 petkotnikov	60	30
<p>prisekani dodekaeder</p>			32	20 trikotnikov 12 desetkotnikov	90	60
<p>prisekani ikozaeder</p>			32	12 petkotnikov 20 šestkotnikov	90	60
<p>rombiikozydodekaeder (mali rombiikozydodekaeder)</p>			62	20 trikotnikov 30 kvadratov 12 petkotnikov	120	60

<p>prisekani ikozidodekaeder (veliki rombiikozidodeka eder)</p>			62	<p>30 kvadratov 20 šestkotnikov 12 desetkotnikov</p>	180	120
<p>prireznani dodekaeder (prireznani ikozidodekaeder) (2 kiralni obliki)</p>			92	<p>80 trikotnikov 12 petkotnikov</p>	150	60

(Vir: https://sl.wikipedia.org/wiki/Arhimedsko_telo)