3. MODUL:

KEMIJSKE VEZE

Europska unija
Zajedno do fondova EU

EUROPSKI STRUKTURNI I INVESTICIJSKI FONDOVI

ESF UČINKOVITI LJUDSKI POTENCIJALI

CARNET znanje povezuje

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

Više informacija o EU fondovima možete pronaći na: www.strukturnifondovi.hr

Naručitelj i nakladnik: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET

Voditeljica projekta: Mirta Ambruš Maršić

Urednica: Anita Terzić Šunjić, prof.

Autori: Aleksandra Habuš, prof. savjetnik, Snježana Liber, prof. savjetnik

Stručnjak za metodičko oblikovanje nastavnih sadržaja: doc. dr. sc. Roko Vladušić

Savjetnik za metodičko oblikovanje nastavnih sadržaja: doc. dr. sc. Ivan Vicković

Stručnjaci za inkluzivno obrazovanje: Mara Modrić, prof. rehab., prof. dr. sc. Zrinjka Stančić

Metodički recenzent: doc. dr. sc. Valentina Pavić

Sadržajni recenzent: Dubravka Turčinović, dipl. ing.

Inkluzivni recenzent: doc. dr. sc. Katarina Pavičić Dokoza

Prijelom: Ivan Belinec

Lektura: Tanja Konforta, Marina Fakac

Izvori fotografija: Getty Images/Guliver image, Science Photo Library, Shutterstock, Pixabay, FreeImage

Izvoditelj: Profil Klett d.o.o.

Podizvoditelji: Centar Inkluzivne potpore IDEM, UX Passion

Više informacija:
Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET
Josipa Marohnića 5, 10000 Zagreb
tel.: +385 1 6661 500
www.carnet.hr

Više informacija o fondovima EU:
Ministarstvo regionalnoga razvoja i fondova Europske unije www.strukturnifondovi.hr.

2018. g.

Ovo djelo je dano na korištenje pod licencom Creative Commons Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0. međunarodna

Sadržaj ovog materijala isključiva je odgovornost Hrvatske akademske i istraživačke mreže – CARNET.

SADRŽAJ

3. KEMIJSKE VEZE
3.1. Kovalentno vezivanje
3.2. Ionsko vezivanje
3.3. Međumolekulske interakcije
3.4. Kristali i amorfne tvari
3.5. Molekulski i atomski kristali
3.6. Ionski kristali
3.7. Metalno vezivanje
3.8. Kristali metala
3.9. Ponavljanje i usustavljivanje gradiva o kemijskim vezama i međumolekulskim reakcijama

3. KEMIJSKE VEZE

Uvod

Ovaj priručnik namijenjen je nastavnicima i odnosi se na treći modul nastave za prvi razred srednje škole. Treći modul nosi naslov *Kemijske veze*. U priručniku je ukratko prikazano devet nastavnih jedinica koje su obuhvaćene trećim modulom. Naglašene su specifičnosti modula i pojedinih jedinica, te je ukazano na metode poučavanja i poteškoće koje nastavnik može očekivati u razredu pri radu na pojedinoj jedinici. U priručniku nije predviđeno da bude razmatrana izrada pripreme i radnih listića, ali su dani primjeri zadataka za uvježbavanje predstavljenog gradiva.

Popis jedinica:

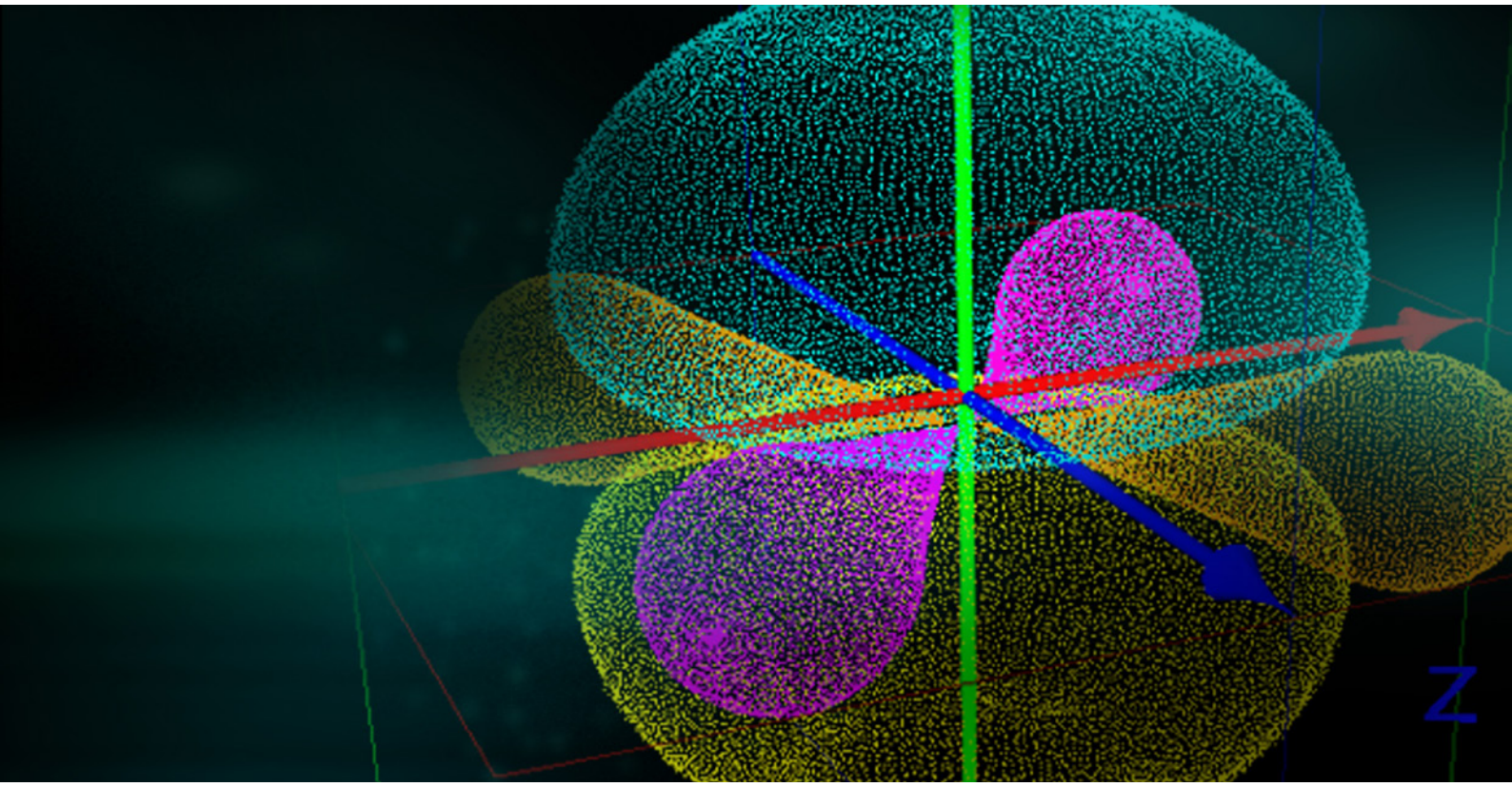
3.1. Kovalentno vezivanje
3.2. Ionsko vezivanje
3.3. Međumolekulske interakcije
3.4. Kristali i amorfne tvari
3.5. Molekulski i atomski kristali
3.6. Ionski kristali
3.7. Metalno vezivanje
3.8. Kristali metala
3.9. Ponavljanje i usustavljivanje gradiva o kemijskim vezama i međumolekulskim reakcijama

Odgojno-obrazovni ishodi na razini modula:

- ✓ objasniti vrste i obilježja kemijskih veza
- ✓ povezati svojstva tvari s međučestičnim interakcijama
- ✓ razlikovati kemijske veze i međumolekulske interakcije
- ✓ ostvariti pomak u razvoju prirodoslovno-znanstvenog pogleda na svijet
- ✓ ostvariti pomak u razvoju sposobnosti rješavanja problema
- ✓ primijeniti znanja o strukturi i svojstvima tvari za promicanje ekološki poželjnih postupanja

Uputa za rad s učenicima s teškoćama

Općenite **didaktičko metodičke upute za rad s učenicima s teškoćama** možete pronaći na stranici:
https://scenariji-poucavanja.e-skole.hr/wp-content/uploads/2016/09/CARNET_Didakticko-metodicke-upute.pdf
U navedenom priručniku prikazani su načini prilagodbe različitih vrsta aktivnosti u odnosu na različite vrste teškoća.



3.1. Kovalentno vezivanje

Odgojno-obrazovni ishodi:

- ✓ povezati model kovalentnog vezivanja s konceptom molekule
- ✓ Lewisovom simbolikom prikazati model nastajanja kovalentne veze
- ✓ obrazložiti usmjerenost kovalentne veze u prostoru
- ✓ prepoznati kada dolazi do odstupanja od pravila okteta za središnji atom u molekuli primjenom VSEPR modela
- ✓ predvidjeti prostornu građu molekula

Metodika nastave predmeta

Kemijsko je vezivanje jedna od najvažnijih tema srednjoškolske kemije. Razmatranja načina na koji se čestice udružuju, kao i prirode veza između njih, omogućuju povezivanje značajki strukture s kemijskim i fizikalnim svojstvima tvari. Područje kemijskog vezivanja daleko je od učeničkog svakodnevnog iskustva. Zbog apstraktne prirode, mnogi učenici imaju poteškoća s poimanjem koncepata tog sadržaja. Razumijevanje se postiže uporabom različitih modela od kojih niti jedan ne opisuje sve aspekte kemijskog vezivanja.

Navedene značajke kemijsko vezivanje čine problematičnom temom i za učenje i za poučavanje, stoga ne čudi što je različitim istraživanjima utvrđen veliki broj pogrešnih poimanja. Svijest o konkretnim pogrešnim poimanjima od ključne je važnosti za

nastavnike jer im omogućava planiranje i provedbu nastave u kojoj će se pogrešna poimanja izbjeći ili pokušati ispraviti.

Taber i Coll (2002) su probleme nerazumijevanja kemijskog vezivanja povezali s četirima preprekama za učenje: (a) učenici imaju pogrešne ideje o razlozima nastajanja kemijskih veza; (b) učenici sve tipove veza povezuju s izdvojenim česticama – molekulama i ne razumiju prirodu ionskog i metalnog vezivanja te velikih kovalentnih struktura; (c) učenici vezama smatraju samo ono što se može povezati s *prijenosom elektrona* i *dijeljenjem elektronskog para;* (d) učenici mogu imati problema s percipiranjem prijelaznih tipova veza (primjerice, polarnih veza).

U nastavku ćemo detaljnije opisati svaku od navedenih prepreka:

a) Utvrđeno je da mnogi učenici pravilo okteta koriste kao temeljni princip za objašnjavanje kemijskih reakcija i kemijskog vezivanja. Prema njemu do kemijskog vezivanja dolazi *zbog težnje (atoma) za postizanjem stabilne elektronske strukture (tj. popunjavanjem vanjske ljuske s 8 elektrona).* Učenici i studenti često povezuju *dijeljenje* elektrona u molekulama s popunjavanjem vanjske ljuske atoma, pa mnogi zaključuju da je kovalentna veza dijeljenje elektrona do kojeg dolazi da bi se popunile vanjske ljuske atoma.

b) Prema modeliranom kemijskom pogledu, neke su kovalentne tvari sastavljene od molekula, a druge od atoma umreženih u velike kristalne sustave. Soli nisu sastavljene od molekula, već od međusobno povezanih iona. Ova se različitost ponekad ne prepoznaje – mnogi učenici konceptualiziraju tvari kao da su uvijek građene od molekula. Obično prvi koncept kemijskog vezivanja s kojim se učenici susreću – koncept kovalentne veze kojom se vežu atomi u molekulama – može biti izvor takvih poteškoća, ako se nije dobro razumjela priroda kemijskih veza. Stoga bi svaki nastavnik trebao promisliti o redoslijedu poučavanja modela kemijskog vezivanja.

c) U kontekstu razumijevanja kemijskog vezivanja, utvrđeno je nekoliko dihotomija. Kemijski se elementi uobičajeno klasificiraju kao metali ili nemetali. Vrlo često, ova dihotomija kemijskih elemenata vodi k dihotomnoj klasifikaciji kemijskog vezivanja: kovalentna veza uspostavlja se između nemetala, a ionska između metala i nemetala. Istraživanja potvrđuju da učenici na kraju sekundarnog obrazovanja uobičajeno razlikuju samo dvije vrste kemijskih veza – kovalentnu i ionsku.

d) U svjetlu koncepta polarnih kovalentnih veza, polarnost molekula, polarnost veze i oblik molekula, učenicima mogu predstavljati probleme. Uzroke tome treba tražiti u nerazumijevanju elektronegativnosti i dihotomiji promišljanja o ionskoj i kovalentnoj vezi. Tendencija zanemarivanja polarnosti veze vodi k drugim pogreškama. Primjerice, učenici koji klasificiraju fluorovodik kao tvar sastavljenu od molekula s kovalentnim, a ne (kovalentnim) polarnim vezama, često će solvatizirane kemijske vrste te tvari smatrati molekulama i nakon otapanja tvari u vodi.

Literatura:

Taber, K. S. & Coll, R. (2002). Chemical Bonding. In J. K. Gilbert i sur., (Ed.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 213-234.

Uputa za rad s učenicima s teškoćama

Uvod i motivacija

Iskoristite fotografiju dijamanta, grafita i fulerena kako biste učenicima s teškoćama zorno prikazali kako izgledaju tvari koje su građene od različito vezanih atoma ugljika. Naglasite da grafit i dijamant imaju različiti raspored atoma ugljika u prostoru.

Razrada sadržaja i poučavanja

Pri pojašnjavanju i demonstraciji povezivanja atoma, nastajanja kovalentne veze naglasite učenicima što utječe na povezivanje atoma. Povezivanje različitih atoma i nastajanje različitih vrsta vezivanja potkrijepite fotografijama, shematskim prikazom i modelima. Naglasite o čemu ovisi prostorna građa molekula. Pri pregledu videozapisa, pristupite učenicima s teškoćama onako kako je gledanje videozapisa u ovom priručniku, u prvom modulu.

Pri opisu načina vezivanja stručnim terminima kao što su oktet, trostrana bipiramida, oktaedar, provjerite jesu li ti izrazi poznati učenicima s teškoćama. Ako je potrebno, izradite modele prema shematskim prikazima ponuđenim u tablici *Prostorna građa molekula prema VSEPR modelu*.

Crtanje strukturnih formula postupno demonstrirajte. Uzmite u obzir da učenici s teškoćama ne mogu biti precizni pri crtanju i konstruiranju.

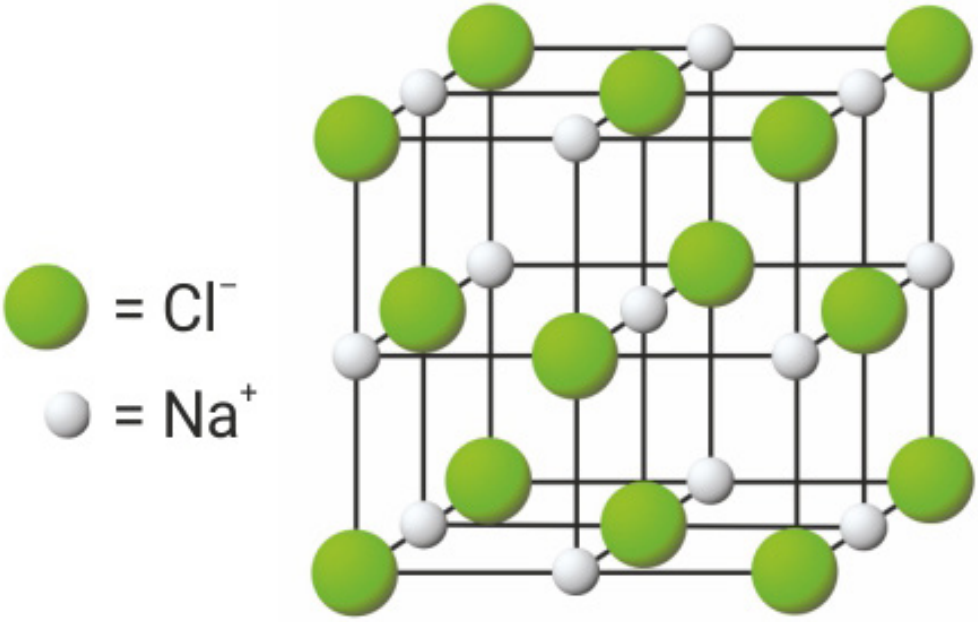
Završetak

Prije rješavanja zadataka, potaknite učenike s teškoćama da izrade umnu mapu koja će im biti od koristi pri ususstavljivanju novih sadržaja te povezivanju novih s već usvojenim sadržajem. Ponudite učenicima sažetak s ključnim pojmovima i činjenicama. Provjerite razumiju li učenici sve ponuđene zadatke. Ukoliko je potrebno, pružite im podršku tijekom rješavanja.

Upute za rad s darovitim učenicima

U ovoj jedinici je za darovite učenike osmišljen tekst o nobelovcu Linusu Carlu Paulingu. Učenicima je ponuđen link na stranicu na kojoj mogu prikupiti podatke o ovom znanstveniku.

Potaknite učenike da izrade plakat pomoću alata https://piktochart.com/ te ostatku razreda prezentiraju najvažnije informacije.



3.2. Ionsko vezivanje

Odgojno-obrazovni ishodi:

✓ prikazati ionsko vezivanje na različitim primjerima

Metodika nastave predmeta

Veliki broj učenika na završetku srednjoškolskog obrazovanja ionsko vezivanje percipira kao prijenos elektrona. Istraživanjima je utvrđeno da je ovo uvjerenje povezano s načinom na koji je tema prezentirana u udžbenicima ili od strane nastavnika. Kako bi bolje razumio takva i slična učenička poimanja ionskog vezivanja, Taber (1997) je tendenciju učeničkog promišljanja o parovima iona opisao *Molekularnim okvirom*. Specifična poimanja koja čine molekularni okvir mogu voditi k molekularnoj konceptualizaciji ionskog vezivanja. Taber ih je kanalizirao u tri karakteristična promišljanja i nazvao: *pretpostavka o valentnosti, pretpostavka o povijesti* i *"samo sile" pretpostavka*. Takva su promišljanja u suprotnosti sa znanstveno utemeljenim, *elektrostatskim okvirom ionskog vezivanja*. Detaljniji opis molekularnog i elektrostatskog okvira dan je u tablici 33.

Tablica 33. Molekularni i elektrostatski okvir promišljanja o ionskom vezivanju (Taber, 1997)

Status	**Molekularni okvir**	**Elektrostatski okvir**
	Alternativni okvir	Kurikularni okvir
Uloga molekula	Parovi iona *se ponašaju* kao molekule ionskih tvari.	Ionske strukture ne sadrže ionske parove – u kristalima nema izdvojenih parova iona.
Fokus	Prijenos elektrona je proces kojim nastaju ioni, odnosno ionske veze.	Između suprotno nabijenih iona u rešetkama djeluju sile.
Pretpostavka o valentnosti	Elektronska konfiguracija atoma određuje broj ionskih veza koje taj atom može ostvariti (npr. atom natrija može donirati samo jedan elektron pa može ostvariti samo jednu ionsku vezu s atomom klora).	Broj veza koje mogu nastati ne ovisi o valenciji ili naboju iona već o koordinacijskom broju (npr. koordinacijski broj svakog iona u natrijevu kloridu je 6).
Pretpostavka o povijesti	Veze nastaju samo između atoma koji doniraju ili prihvaćaju elektrone (npr. u natrijevu kloridu, kloridni je ion vezan na onaj ion natrija od kojeg je primio elektron, i obrnuto).	Elektrostatske sile ovise o veličini naboja i njihovoj udaljenosti, a ne prethodnoj konfiguraciji sustava (primjerice, u natrijevu kloridu, ion klora je vezan sa 6 susjednih iona natrija).
Samo sile pretpostavka	Ion je povezan sa svim ionima suprotnog naboja koji ga okružuju, ali samo s jednim ostvaruje ionsku vezu, dok je s ostalima povezan *samo silama* (ne vezama). (Primjerice, u natrijevu kloridu, kloridni je ion vezan samo s jednim ionom natrija, dok se s preostalih pet susjednih natrijevih iona ne povezuje vezama, nego *samo silama.)*	Kemijska veza je rezultat elektrostatskih sila – ionske veze nisu ništa više od toga (primjerice, sile između kloridnog iona i svakog od iona natrija koji ga okružuju su jednake).

U nastavku ćemo, na nivou koji je prikladan za učenike srednjih škola, navesti značajke znanstveno prihvaćenog modela vezivanja u ionskim tvarima:

- Svaka ionska tvar sastavljena je od pozitivno nabijenih iona (kationa) i negativno nabijenih iona (aniona) koji su organizirani u pravilnu trodimenzijsku strukturu.
- Brojevi kationa i aniona su u omjerima sukladnima sastavu tvari (što je iskazano njezinom kemijskom formulom).
- Sastav i kemijska formula tvari određeni su nabojem kationa i nabojem aniona – relativni broj suprotno nabijenih iona je toliki da je ukupni naboj kristala nula.

- Svaki je kation okružen s točno određenim brojem najbližih susjednih aniona s kojima se jednako privlači. Broj najbližih susjednih aniona s kojima je povezan, naziva se koordinacijskim brojem kationa.
- Svaki je anion okružen točno određenim brojem najbližih susjednih kationa s kojima se jednako privlači. Broj najbližih susjednih kationa s kojima je povezan, naziva se koordinacijskim brojem aniona.
- Sveukupno elektrostatsko privlačenje kationa i aniona disperzirano kroz kristal ionske tvari, koje kristal drži na okupu, naziva se ionsko vezivanje.
- Broj suprotno nabijenih najbližih susjednih iona – koordinacijski broj promatranog iona – ne može biti izveden iz naboja (koji se nekad poistovjećuje s valencijom) tog iona.

Problemi nerazumijevanja ionskog vezivanja detaljno su istraženi na uzorcima učenika, studenata i nastavnika u RH i objavljeni u radu *Understanding ionic bonding – a scan across the Croatian education system* (Vladušić, Bucat i Ožić, 2016). U radu, besplatno dostupnom na stranicama časopisa *Chemistry Education Research and Practice,* iskazana su pogrešna poimanja i analizirani mogući uzroci problema nerazumijevanja modela ionskog vezivanja te su dane preporuke za poučavanje.

Literatura: Taber, K. S. (1997). Student understanding of ionic bonding: molecular versus electrostatic thinking? *School Science Review*, 78(285), 85-95. Vladušić, R., Bucat, B. R. i Ožić, M. (2016). Understanding ionic bonding – a scan across the Croatian education system. *Chemistry Education Research and Practice*, **17**, 685-699.

Uputa za rad s učenicima s teškoćama

Uvod i motivacija

Iskoristite uvodni tekst kako biste motivirali učenike s teškoćama da se zainteresiraju za nastavni sadržaj. Istaknite povijesnu i životnu ulogu soli. Potaknite ih da razmisle o tome kako bi izgledao njihov svakodnevni život bez soli.

Razrada sadržaja i poučavanja

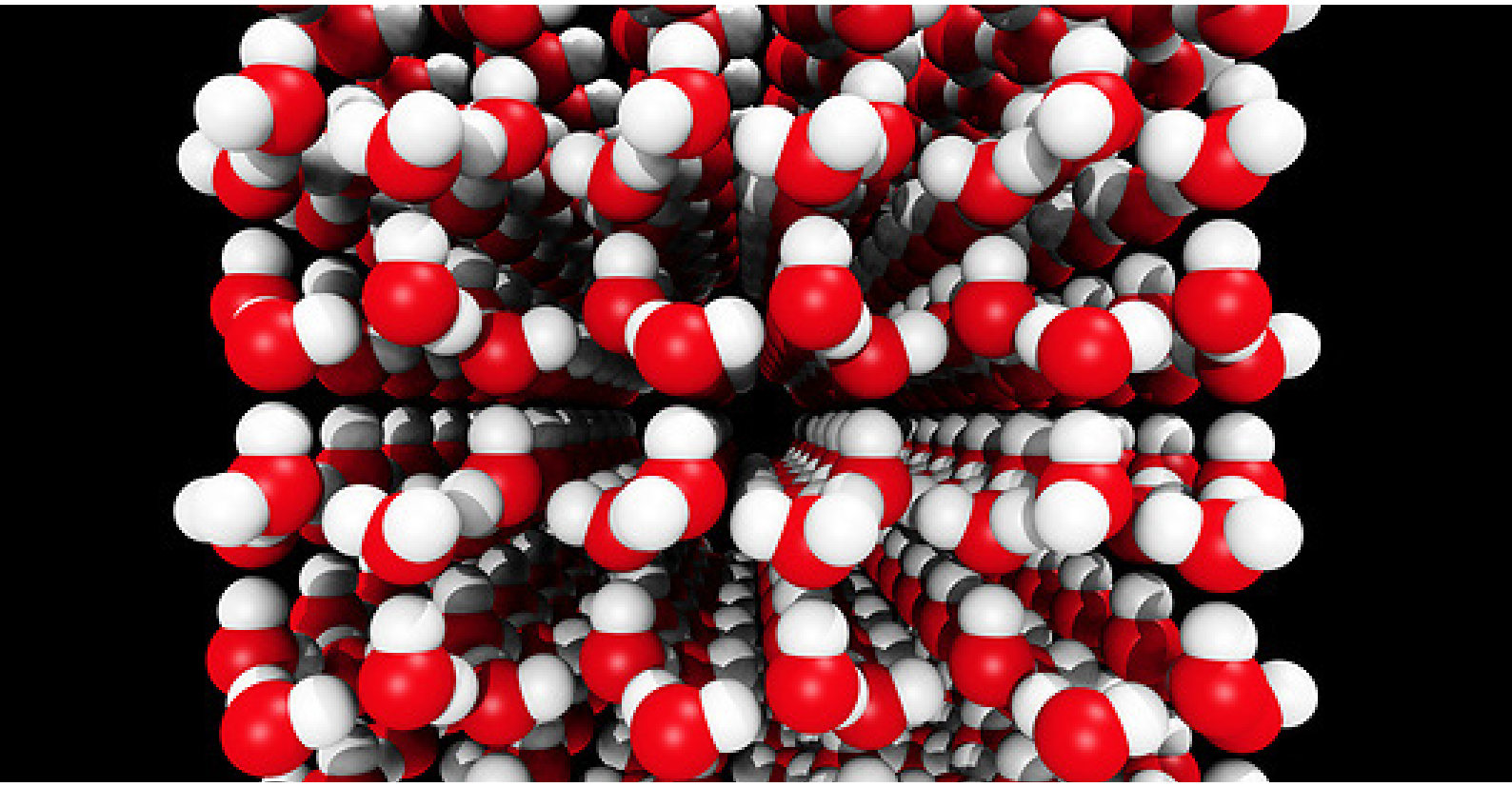
Pokus *Sinteza natrijeva klorida* pripremite na način koji je opisana priprema za pokuse u priručnicima za prvi i drugi modul Kemije 1. Pojasnite učenicima s teškoćama kako riješiti zadatke vezane uz elektronsku konfiguraciju. Podsjetite ih u kojoj su jedinici učili o tome. Ukoliko je potrebno, uputite ih da se prisjete sadržaja i pronađu tu jedinicu u drugom modulu Kemije 1. Ionsko vezivanje i nastanak iona objasnite postupno. Služite se slikovnim i shematskim prikazima kako bi učenici s teškoćama imali jasniju predodžbu aniona, kationa i oksidacijsko-redukcijskih procesa. Istaknite na koji način se označavaju anioni i kationi. Sve navedeno povežite s primjerima iz svakodnevnog života.

Završetak

Pri rješavanju zadataka na završetku jedinice, držite se uputa danih u uvodnom dijelu priručnika.

Upute za rad s darovitim učenicima

U ovoj jedinici je za darovite učenike osmišljen sadržaj o natriju i kloru, elementima koji čine kuhinjsku sol, natrijev klorid. Nakon što učenici pogledaju videozapis, potaknite ih da pronađu podatke o Mrtvom moru, jezeru koje ima vrlo visok salinitet. Kada prikupe podatke, neka ih prikažu pomoću IKT alata https://popplet.com/.



3.3. Međumolekulske interakcije

Odgojno-obrazovni ishodi:

- ✓ prepoznati ion-ion interakcije
- ✓ prepoznati van der Waalsove privlačne sile
- ✓ usporediti vrelišta, tališta i agregacijska stanja tvari prema jakosti van der Waalsovih sila
- ✓ shematski prikazati vodikove veze na primjerima
- ✓ objasniti posljedice vodikove veze npr. anomalija vode

Metodika nastave predmeta

Iako nam modeli kovalentnog, ionskog i metalnog vezivanja pomažu u razumijevanju (objašnjavanju) mnogih svojstava tvari poput topljivosti, tališta ili električne vodljivosti, pojedina svojstva tvari nije moguće objasniti pomoću njih. Primjerice, razliku vrelišta vode i metana ne možemo objasniti modelom kovalentne veze iako su i voda i metan molekularne građe. Činjenica da se vrelište vode (sastavljene od molekula molarne mase 18 g/molu) i metana (sastavljenog od molekula molarne mase od 16 g/molu), unatoč sličnoj molarnoj masi, značajno razlikuju (100 °C i – 161,5 °C) upućuje na postojanje privlačnih sila (različite jakosti) između njihovih molekula. U nastavi je jakost tih sila potrebno sustavno dovesti u vezu s polarnošću kovalentne veze, odnosno polarnošću molekule. Primjerice, jednostavan prikaz molekule klorovodika Lewisovim simbolima, u kojemu je vezni elektronski par nacrtan neposredno uz

simbol atoma klora (i značajno udaljen od simbola atoma vodika), vizualno će pomoći u poimanju polarnosti molekule klorovodika. Na istom prikazu, temeljem principa Coulombova zakona, može se raspraviti o nejednakoj distribuciji elektriciteta oko atoma vodika i atoma klora.

U nastavku ove aktivnosti, učenike je poželjno angažirati na docrtavanju prikaza novih molekula klorovodika oko prvotno razmatrane i razvojnim razgovorom voditi do razumijevanja međumolekulskih interakcija (u opisanom primjeru, vodikovih veza) i njihovog utjecaja na svojstva tvari.

Učenicima je važno naglasiti da su međumolekulske interakcije električne prirode, jednako kao i interakcije koje opisujemo modelima kovalentnog, ionskog i metalnog vezivanja. Utvrđeno je da mnogi učenici kemijske veze ne smatraju interakcijama upravo iz razloga jer se pojam i*nterakcije* neposredno veže uz međumolekulska djelovanja (*međumolekulske interakcije*) pa je poželjno razjasniti značenje te riječi.

S obzirom da jakost međumolekulskih interakcija u pojedinim tvarima rezultira lako uočljivim svojstvima tih tvari, u poučavanju ovog sadržaja posebno je poželjno polaziti upravo od tih svojstava. Primjerice, učenicima možemo dati zadatak da utvrde jesu li međumolekulske interakcije snažnije među molekulama vode ili molekulama izopropanola. Svaka skupina učenika će dobiti uzorke vode i izopropanola u čašama, dvije kapaljke i da lista papira. Usporedit će oblik kapljice svakog uzorka i brzinu njihova upijanja u papir te će temeljem znanja o napetosti površine izvesti zaključke o relativnoj jakosti međumolekulskih interakcija u vodi u odnosu na iste interakcije u izopropanolu.

Uputa za rad s učenicima s teškoćama

Uvod i motivacija

U uvodnom dijelu, videozapis *Ispitivanje polarnosti tekućine*, učenicima s teškoćama pripremite kako je već opisano prikazivanje videozapisa u prvom modulu ovog priručnika.

Razrada sadržaja i poučavanja

Kako bi učenici s teškoćama razumjeli pojam međumolekulske interakcije, moraju se prisjetiti makroskopskih stanja tvari koja su se učila u prvom modulu Kemije 1. Ukoliko je potrebno, potaknite ih da ponovno pročitaju jedinicu ili pretraže pojmovnik. Polarne jedinice prikažite shematskim, slikovnim prikazom ili zajedno s učenicima izradite model. Pri pojašnjavanju kovalentnog polumjera i van der Waalsovog polumjera, poslužite se slikovnim prikazom kako biste istaknuli razliku između ta dva pojma. Nakon pojašnjavanja van der Waalosovih i Lonodonovih sila te vodikovih veza, učenicima s teškoćama ponudite sažetak s ključnim pojmovima i važnim činjenicama. Potkrijepite primjerom kod kojih se elemenata te sile ili vrste veza javljaju.

Završetak

Pri rješavanju zadataka vezanih uz graf, uzmite u obzir moguće perceptivne teškoće i zamor zbog velike količine podataka. Ukoliko je potrebno, učeniku pružite pomoć pri izradi grafa, te se koristite vrstama prilagodbe opisanim u općem dijelu priručnika u poglavlju: Didaktičko metodičke upute za učenike s posebnim odgojno-obrazovnim potrebama u nastavi Kemije.

3.4. Kristali i amorfne tvari

Odgojno-obrazovni ishodi:

- ✓ razlikovati amorfne od kristalnih tvari
- ✓ navesti elemente simetrije
- ✓ izvesti kristalizaciju nekih tvari
- ✓ opisati jediničnu ćeliju kristalne rešetke

Metodika nastave predmeta

Svijet koji nas okružuje prepun je tvari u čvrstom stanju. Učenici znaju da čvrste tvari imaju stalan oblik, gustoću i volumen. Međutim, mnogi od njih ne znaju da postoje dvije glavne grupe čvrstih tvari: kristalne i amorfne. Stoga je zanimljivo nastavu započeti tražeći od učenika pretpostavke o strukturi različitih čvrstih tvari.

Pri poučavanju ovog sadržaja treba koristiti izvornu stvarnost jer se temeljem vanjskog izgleda čvrstih uzoraka (primjerice stakla i halita) može zaključivati o (ne) pravilnosti njihove unutarnje strukture.

Važno je pravilno definirati elemente simetrije, jediničnu ćeliju i kristalne sustave. Jedinične ćelije je poželjno objašnjavati uz pomoć strukturnih modela, a kristalne sustave uz pomoć geometrijskih tijela koje učenici mogu sami izrađivati od papira.

Pozornost treba posvetiti razumijevanju pojma kristalna rešetka. Učenici često kristalnu rešetku pogrešno doživljavaju fizičkom strukturom kristala. U poučavanju

treba naglasiti da je kristalna rešetka trodimenzionalni raspored točaka (a ne atoma, iona ili molekula) u kristalu koje tvore ponavljajuće uzorke.

Kristali imaju mnoge primjene u svakodnevnom životu. Učenicima se može zadati da istraže razloge zbog kojih se kristali kvarca često koriste u svakodnevnom životu (u satnim mehanizmima, radioprijemnicima i predajnicima, računalnim mikroprocesorima, termometrima itd.) i o novim spoznajama rasprave na nastavnom satu.

Uputa za rad s učenicima s teškoćama

Uvod i motivacija

Kako biste motivirali učenike s teškoćama za učenje o kristalima i amorfnim tvarima, iskoristite i fotogaleriju o obradi, talištu i vrelištu stakla.

Razrada sadržaja i poučavanja

Pri pojašnjavanju strukture kristala koristite se slikovnim i grafičkim prikazima. Također, koristite i modele kojima ćete zorno demonstrirati sve odlike kristala. Istaknite važnost znanstvenika čija su otkrića označila početak moderne kristalografije te one koji su zbog svojih otkrića povezanih uz kristale dobili Nobelovu nagradu.

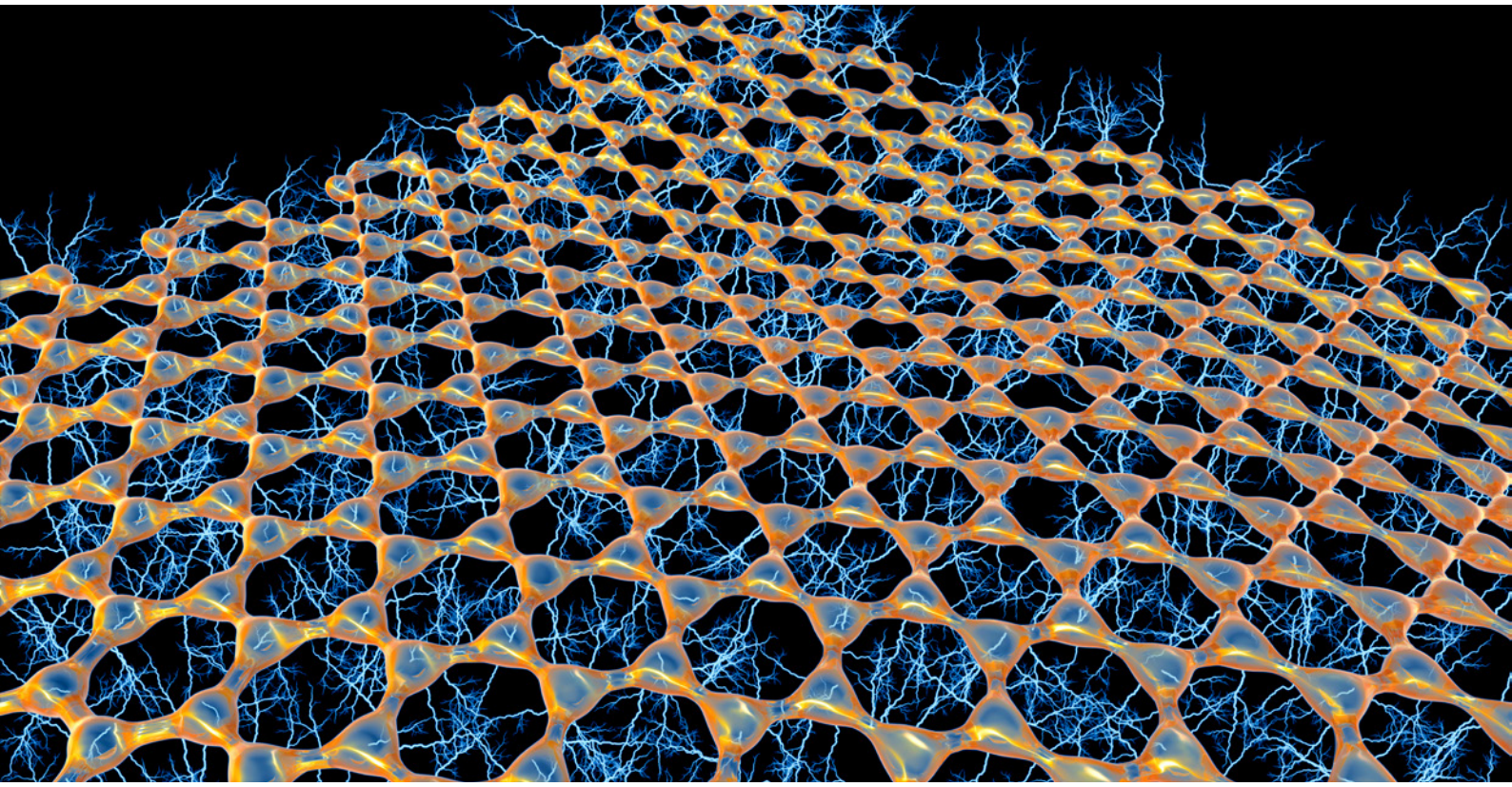
Pri pojašnjavanju simetrije, koristite životne primjere koji se mogu koristiti kao usporedba s važnošću simetrije u kemiji.

Završetak

Pokus *Kako napraviti bombon* priredite na način koji je opisan u priručnicima za prvi i drugi modul Kemije 1. Ovaj pokus je izvrsna prilika za iskustveno učenje koje je svim učenicima vrijedno. Ipak, učenici s teškoćama će ovim pokusom dobiti primjer iz svakodnevnog života vezan uz nastanak kristala.

Upute za rad s darovitim učenicima

U ovoj jedinici je za darovite učenike osmišljen sadržaj o svjetlovodima. Neka učenici prikupe podatke o korištenju optičkih vlakana od sedamdesetih godina prošlog stoljeća do danas. Neka izrade prezentaciju u alatu https://prezi.com/ i ostalim učenicima predstave što su otkrili o ovoj temi.



3.5. Molekulski i atomski kristali

Odgojno-obrazovni ishodi:

✓ povezati strukturu molekulskih i atomskih kristala sa svojstvima tvari

Metodika nastave predmeta

Osnovni izvori znanja u poučavanju ove nastavne jedinice su kemijski eksperiment i modeli tvari. Temeljem njih potrebno je povezivati strukturu molekulskih i atomskih kristala sa svojstvima tvari. Poželjno je organizirati razredne rasprave. Za tu svrhu mogu se upotrijebiti zadatci koje će učenici razmatrati u paru. Kao zanimljiviju varijantu, koja nastavniku omogućava uvid u promišljanja svih učenika u razredu, predlažemo uporabu jedne od aplikacija koje omogućavaju iskazivanje mišljenja klikom na ekran pametnog telefona. Preporučamo aplikaciju *Socrative,* besplatno dostupnu na mrežnoj stranici https://socrative.com/.

Navest ćemo jedan zadatak dvoslojnog tipa (Peterson, 1986) koji se može implementirati u *Socrative* i upotrijebiti za propitivanje razumijevanja povezanosti strukture i svojstava molekulskih kristala.

Suhi je led čvrsta tvar sastavljena od molekula ugljikova dioksida. Koristi se kao sredstvo za hlađenje pojedinih vrsta namirnica. Tijekom tog procesa, suhi led sublimira. Na temelju ovih informacija suhi se led može svrstati u:

1. molekulske kristale
2. atomske kristale

Razlog

a) Kristalna rešetka suhog leda sastavljena je od niza kovalentno vezanih atoma ugljika i kisika koji zajedno čine veliku molekulu.

b) Kristalna rešetka suhog leda sastavljena je od molekula ugljikova dioksida međusobno povezanih slabim privlačnim silama.

c) Kristalna rešetka suhog leda sastavljena je od molekula ugljikova dioksida međusobno povezanih kovalentnim vezama.

d) Kristalna rešetka suhog leda sastavljena je od molekula ugljikova dioksida međusobno povezanih jakim privlačnim silama.

Literatura:

Peterson, R.F. (1986). *The development, validation and application of a diagnostic test measuring Year l1 and 12 students' understanding of covalent bonding and structure*. Neobjavljeni magistarski rad, Curtin University of Technology, Western Australia.

Uputa za rad s učenicima s teškoćama

Uvod i motivacija

Kako biste učenike s teškoćama motivirali na učenje o molekulskim i atomskim kristalima, iskoristite tekst o kristalnoj strukturi snježne pahulje. Potaknite učenike da se prisjete zvuka i doživljaja pucketanja ili škripanja snijega. Pojasnite im zbog čega imamo takav doživljaj.

Razrada sadržaja i poučavanja

Pri navođenju primjera molekulskih i atomskih kristala te njihovih karakteristika, poslužite se slikovnim prikazom. Dodatno pojasnite zašto molekulski i atomski kristali imaju određene karakteristike. Pri pojašnjavanju odlika dijamanta i grafita, priredite sažetak s ključnim pojmovima i informacijama pošto je ponuđena tablica složena i ima veliku količinu podataka. Sadržaj o ugljikovim nanocijevima objasnite postupno. Korištenje nanocijevi potkrijepite primjerima iz svakodnevnog života.

Završetak

Pri rješavanju zadataka na završetku jedinice, držite se uputa danih u jedinici *Kovalentno vezivanje* kao i u uvodnom dijelu priručnika i poglavlju Didaktičko metodičke upute za učenike s posebnim odgojno-obrazovnim potrebama u nastavi Kemije.

3.6. Ionski kristali

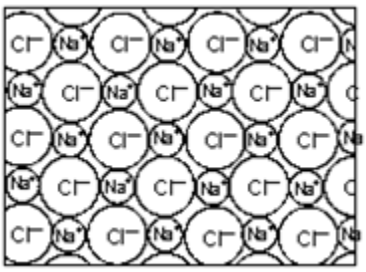
Odgojno-obrazovni ishodi:

- ✓ povezati strukturu ionskih kristala sa svojstvima tvari
- ✓ odrediti koordinacijski broj na primjerima
- ✓ objasniti značenje stručnog pojma polimorfija

Metodika nastave predmeta

Sve predloženo za nastavu o molekulskim i atomskim kristalima vrijedi i za nastavu o ionskim kristalima.

Ovdje ćemo napisati nekoliko tvrdnji koje se mogu upotrijebiti za raspravu o ionskom vezivanju i ionskim kristalima (Taber, 2002). Tvrdnje se odnose na shematski prikaz strukture natrijevog klorida. Shema prikazuje dio sloja kristala natrijeva klorida.



Pažljivo proučite tvrdnje (izjave) i prosudite njihovu ispravnost.

1. Pozitivno nabijeni ion će biti privučen bilo kojem negativno nabijenom ionu.
2. Natrijev ion je vezan samo s onim ionom klora kojem je donirao elektron.
3. Atom natrija može formirati samo jednu ionsku vezu, jer u svojoj vanjskoj ljusci ima samo jedan elektron kojeg može donirati.
4. Izmjena elektrona između iona natrija i iona klora razlog je zbog kojeg dolazi do formiranja veze među njima.
5. Prema shemi, kloridni je ion privučen jednom ionu natrija tvoreći vezu, dok je s ostalim ionima natrija povezan samo silama.
6. Prema shemi, svaka molekula natrijevog klorida sadrži jedan natrijev i jedan kloridni ion.
7. Ionskom vezom nazivamo privlačenja između pozitivnih i negativnih iona.
8. Nije moguće utvrditi gdje su uspostavljene ionske veze, osim ako znamo koji su natrijevi i kloridni ioni sudjelovali u izmjeni elektrona.
9. Negativno nabijeni ion može biti privučen samo jednom pozitivnom ionu.
10. Razlog nastajanja veze između kloridnog i natrijevog iona je taj što su oni suprotnog naboja.

Točne tvrdnje su 1, 7 i 10. Ostale tvrdnje su netočne.

Literatura:

Taber, K.S. (2002b). *Chemical misconceptions – prevention, diagnosis and cure: Classroom resources (Vol. II).* Royal Society of Chemistry, London.

Uputa za rad s učenicima s teškoćama

Razrada sadržaja i poučavanja

Pri objašnjavanju sadržaja o ionskim kristalima, istaknite sličnosti i razlike kloridnih i natrijevih iona. Za vrijeme pojašnjavanja izgleda i strukture jedinične ćelije, koristite se shematskim prikazom i modelima. Učenicima s teškoćama dodatno naglasite da koordinacijski broj definira broj iona suprotnog naboja koji okružuju odgovarajući ion. Navedite im neke primjere kako bi apstraktne pojmove povezali s već poznatim pojmom (npr. natrijev klorid).

Pri izračunavanju gustoće kristalnih tvari te pojašnjavanju svojstva ionskih kristala, sve fizikalne veličine perceptivno istaknite na način koji odgovara učeniku s teškoćama (pogledajte opći dio priručnika). Također, za sve formule, matematičke izraze, kemijske i fizikalne veličine, učenici s teškoćama trebaju sažetak ili podsjetnik. Riješeni primjer pojašnjavajte postupno. Provjerite jesu li učeniku jasni svi postupci u zadatku. Ukoliko smatrate da jedan riješeni primjer nije dovoljan, možete osmisliti još neke. Koristite prilagodbe opisane u općem dijelu priručnika. Učenike s teškoćama

pripremite za pokus *Gorenje magnezija* na način koji je opisana priprema za pokuse u priručnicima za prvi i drugi modul Kemije 1.

Završetak

Pri rješavanju zadataka na završetku jedinice, držite se uputa danih u jedinici *Kovalentno vezivanje* kao i u uvodnom dijelu priručnika i poglavlju Didaktičko metodičke upute za učenike s posebnim odgojno-obrazovnim potrebama u nastavi Kemije.

3.7. Metalno vezivanje

Odgojno-obrazovni ishodi:

- ✓ opisati pojam delokaliziranog elektronskog oblaka
- ✓ povezati značajke metalnog vezivanja sa svojstvima metala opisati poluvodiče n-tipa i p-tipa

Metodika nastave predmeta

Na najjednostavnijoj razini struktura metala može se opisati kao skup pravilno raspoređenih kationa, međusobno povezanih preko valentnih elektrona koji se slobodno „kreću“ između njih. Ovakav model strukture atoma najčešće se naziva „more elektrona“. Zbog takvog naziva, mnogi učenici mogu izgraditi predodžbu o relativno malom broju kationa organiziranih u prostoru s ogromnim brojem elektrona (morem), zaboravljajući da je ukupan naboj metala nula. Napredniji model, koji se također razmatra u DOS-u, metalno vezivanje objašnjava preklapanjem atomskih orbitala što rezultira nastajanjem ogromnog broja molekulskih orbitala složene geometrije. Pritom nastaju kontinuirane energijske vrpce. Zahvaljujući dostupnoj toplinskoj energiji, elektroni se, unatoč orbitalnim ograničenjima, mogu pomicati između orbitala u vodljivoj vrpci. Iako je ovakav opis znatno složeniji od modela „more elektrona“, učenicima treba naglasiti da se ipak radi o pojednostavljenom modelu. Njime se primarno objašnjava delokalizacija elektrona, zaslužna za svojstvo dobre vodljivosti metala.

Koja pogrešna poimanja učenici imaju o metalnom vezivanju nastavnik može utvrditi uz pomoć dijagnostičkog bloka (dijagnostički instrument s opisom problema i odgovorima) naslovljenog „Iron – a metal“, dostupnog na mrežnoj stranici Kraljevskog kemijskog društva http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00001094/iron-a-metal?cmpid=CMP00002074.

Uputa za rad s učenicima s teškoćama

Uvod i motivacija

U uvodnom dijelu ove jedinice učenike s teškoćama možete motivirati nizom činjenica vezanih uz metale koje koristimo u svakodnevnom životu. Pri razgovoru o metalima koji se u prirodi nalaze u elementarnom stanju i metalima koji se miješaju u legure, potaknite učenike da se prisjete kako se ti metali koriste. Koji metali imaju posebnu vrijednost? Koje legure svakodnevno koristimo?

Razrada sadržaja i poučavanja

Naglasite da metali čine 4/5 poznatih kemijskih elemenata. Potaknite učenike da se prisjete fizikalnih svojstava o kojima su učili u prvom modulu. Potaknite ih da razmisle kakva fizikalna svojstva imaju metali. Pri rješavanju zadatka u kojem se koristi PSE, učenicima s teškoćama pružite podršku ukoliko ne mogu pronaći podatke iz tablice. Usmjerite ih na inkluzivni prikaz PSE koji je ponuđen u svim modulima.

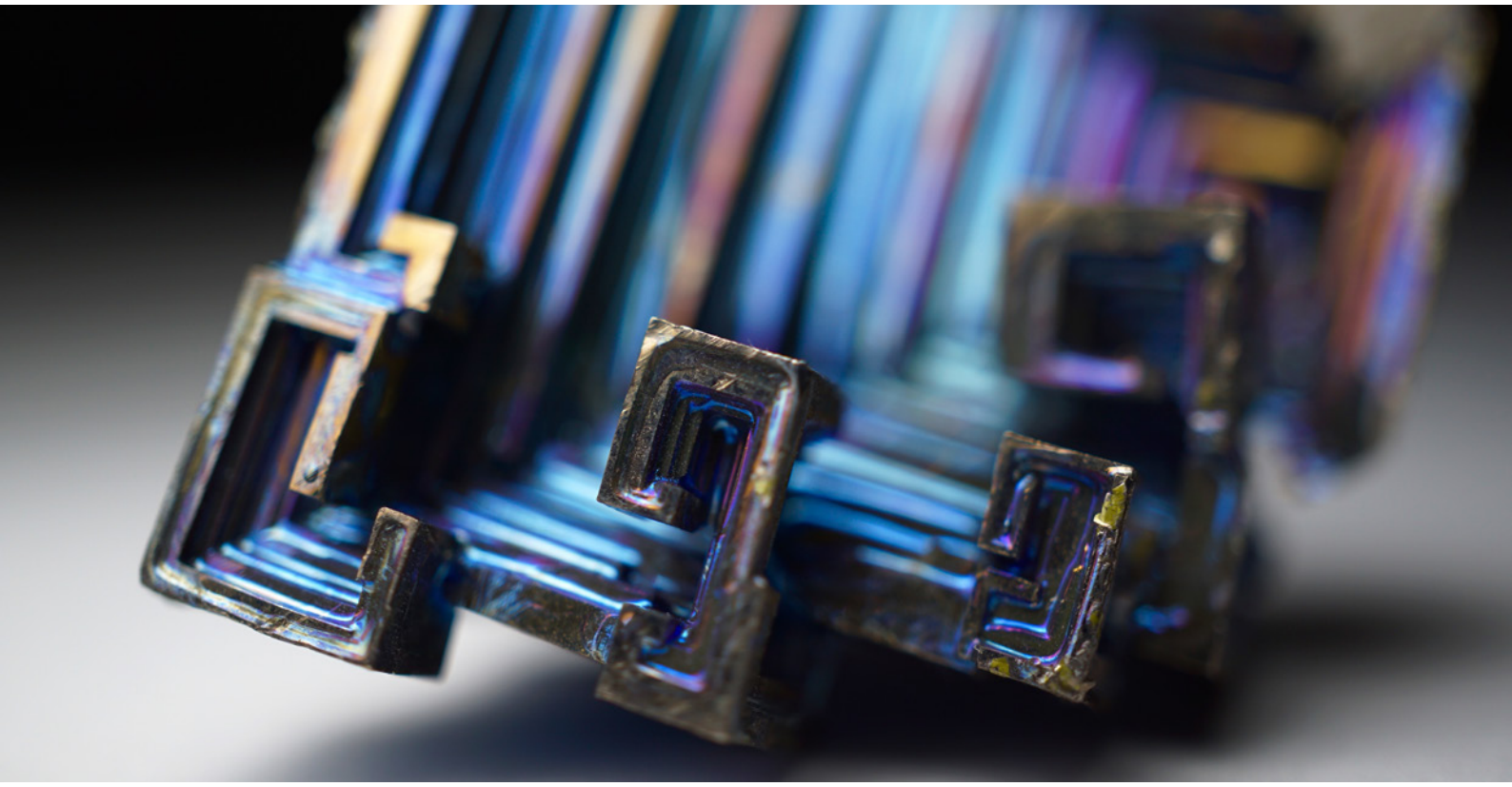
Metalno vezivanje objasnite postupno. Spomenite neke zanimljivosti o privlačnim silama između jezgre i valentnih elektrona. Dobar primjer je živa. Tako će sadržaj biti potkrijepljen primjerom iz svakodnevnog života, što je vrlo važno učenicima s teškoćama. Provjerite sjećaju li se sadržaja vezanog uz valentnost elektrona i orbitale. Ukoliko je potrebno, potaknite ih da se prisjete sadržaja obrađenog u drugom modulu Kemije 1. Istaknite da se metalno vezivanje tumači teorijom elektronskih vrpci. Ključne procese koji se događaju pri metalnom vezivanju demonstrirajte shematskim prikazom. Nastavni sadržaj povežite sa svakodnevnim životom. Spomenite vodiče, poluvodiče i izolatore.

Završetak

Pri rješavanju zadataka na završetku jedinice, držite se uputa danih u jedinici *Kovalentno vezivanje*.

Upute za rad s darovitim učenicima

U ovoj jedinici je za darovite učenike osmišljen tekst o kompleksnim spojevima. Uz tekst su ponuđeni i zadatci koji su osmišljeni kako bi daroviti učenici proširili znanja o kompleksnim spojevima.



3.8. Kristali metala

Odgojno-obrazovni ishodi:

- ✓ povezati strukturu kristala metala sa svojstvima tvari
- ✓ skicirati volumno centriranu, plošno centriranu kubičnu slagalinu

Metodika nastave predmeta

DOS o kristalima metala je poželjno povezati s praktičnim aktivnostima stoga predlažemo jednostavan pokus kojim se može pratiti rast kristala srebra, a koji se može povezati s 4. zadatkom iz kviza.

Pokus: Rast kristala srebra

S površine bakrene žice uklonite tragove oksida i drugih naslaga trljajući je željeznom vunom. Na predmetno staklo postavite 1 cm bakrene žice. Na kraj žice dodajte nekoliko kapi 2 M otopine srebrova nitrata. Kristali srebra će rasti na bakrenoj žici. Promatrajte rast kristala povećalom ili mikroskopom.

Razrijedite malo otopine srebrova nitrata do koncentracije od 1 mol/dm^3. Ponovite eksperiment s novim uzorkom bakrene žice. Nakon završenog eksperimenta riješite zadatke koji slijede:

1. Temeljem opaženog, nacrtajte kristale srebra. Na što vas iz svakodnevnog života podsjećaju? (Na stablo).

2. Kemijskom jednadžbom prikaži reakciju kojom je nastalo srebro.

   $Cu(s) + 2\ AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2\ (aq) + 2\ Ag(s)$

3. Je li brzina rasta kristala ovisna o koncentraciji otopine srebrova nitrata? Obrazloži odgovor. (Da. Veći broj iona se može vezati na rastući kristal.)

Uputa za rad s učenicima s teškoćama

Razrada sadržaja i poučavanja

Pri demonstraciji i pojašnjavanju različitih jediničnih ćelija, uzmite u obzir perceptivne teškoće koje imaju učenici s teškoćama. Svaku vrstu ćelije prikažite modelom, te provjerite jesu li shematski i grafički prikazi razumljivi. Pri izračunavanju popunjenosti prostora, duljine brida, dijagonale, sve fizikalne veličine perceptivno istaknite na način koji odgovara učeniku s teškoćama (pogledajte opći dio priručnika). Riješeni primjer pojasnite jednako kao u jedinici *Ionski kristali*.

Završetak

Pri rješavanju zadataka na završetku jedinice, držite se uputa danih u jedinici *Kovalentno vezivanje* kao i u uvodnom dijelu priručnika u poglavlju Didaktičko metodičke upute za učenike s posebnim odgojno-obrazovnim potrebama u nastavi Kemije.

3.9. Ponavljanje i usustavljivanje gradiva o kemijskim vezama i međumolekulskim reakcijama

Odgojno-obrazovni ishodi:

- ✓ procijeniti vrstu kemijske veze na temelju razlike elektronegativnosti povezanih atoma
- ✓ predvidjeti prostornu građu molekule ili iona na temelju VSEPR metode
- ✓ prikazati višeatomne čestice Lewisovom simbolikom
- ✓ razlikovati vrste međučestičnih privlačnih sila

Metodika nastave predmeta

Na srednjoškolskoj se razini, o kemijskom vezivanju prvenstveno može razmišljati kao o električnom fenomenu. Tek će u nastavku školovanja učenici, odnosno studenti, otkriti nedorečenosti tog modela i upoznati nove čimbenike i teorije kojima se objašnjava povezanost čestica u strukturama. Povezivanje magnetizma s kemijskim vezivanjem i udubljivanje u kvantnu teoriju, na srednjoškolskoj razini predstavlja otegotnu komplikaciju (Taber, 2012). Dakle, osnova za poučavanje kemijskog vezivanja, a time i za usustavljivanje učeničkog znanja, sadržana je u činjenici da su veze privlačne sile koje atome ili ione drže na okupu u elementarnim tvarima i kemijskim spojevima. Te su sile rezultat privlačenja između čestica suprotnog električnog naboja, poput iona ili atomskih jezgara i elektrona.

Nastavno na prepreke razumijevanju modela kemijskog vezivanja, opisane u 3.1. točki ovog Priručnika, ponavljanje i ususstavljivanje učeničkog znanja predlažemo organizirati oko četiri temelja za poučavanje tog sadržaja na srednjoškolskoj razini:

1. Kemijske veze nastaju uslijed djelovanja električnih sila
2. Kemijsko vezivanje ne mora uključivati molekule
3. Nisu sve veze kovalentne ili ionske
4. Između kovalentnog i ionskog postoji i intermedijarno (polarno) vezivanje

Ususstavljivanje se može organizirati oko uzoraka različitih tvari. Učenicima se daju uzorci različitih tvari u epruvetama te se zatraži da svojstva razmatranih uzoraka povežu sa strukturom tvari i odgovarajućim modelom kemijskih veza i drugih interakcija. Kao uzorci mogu poslužiti magnezijeva vrpca, kristali modre galice, strugotine željeza, grafitna punta, sumporni prah, ugljikov dioksid, polipropen, kvarcni pijesak, natrijev klorid, komadić parafinske svijeće…

Uputa za rad s učenicima s teškoćama

U uvodnom dijelu sata, prije rješavanja zadataka provjerite jesu li učenicima s teškoćama razumljivi svi ključni pojmovi. Ponudite im kratak sažetak sa svim ključnim pojmovima, fizikalnim veličinama, kemijskim izrazima koji su potrebni za rješavanje zadataka. Pri rješavanju zadataka, ponudite učenicima podršku, ukoliko je potrebna. Učenik treba dobiti jasnu uputu o načinu rješavanja zadataka u digitalnom sučelju. U ovoj nastavnoj jedinici ima više tipova zadataka (višestruki izbor, dopunjavanje, pitanje i odgovor, uparivanje). Za svaki od navedenih tipova zadataka potrebno je provjeriti znaju li učenici kako ih riješiti na računalu. Češće provjerite učinjeno. Ukoliko dođe do zamora ponudite učenicima kratke stanke. Ponavljanje služi učvršćivanju znanja i postizanju trajnosti. Zadatke povežite s nekim ključnim detaljem kojim ste motivirali učenike za vrijeme poučavanja i uvježbavanja. Na taj način potičete funkcionalno učenje.