



D. Šabić*

Prirodoslovna škola Vladimira Preloga
Ulica grada Vukovara 269, 10 000 Zagreb

Dokazivanje nekih sastojaka Coca-Cole

Na samom kraju nastavne godine, kad smo već ostvarili odgojno-obrazovne ishode planirane izvedbenim kurikulumom, a da bismo ponovili i usustavili nastavne sadržaje, učenicima prvog razreda ponudila sam nekoliko eksperimenata i dala zadatak da se međusobno dogovore i odaberu njima najprivlačniji. Nakon kratke prezentacije svakog od eksperimenata i rasprave odabrali su eksperiment koji sam prvotno nazvala **“Što se krije u tvom omiljenom napitku?”** a zapravo se radilo o svojevrsnoj analizi Coca-Cole. Na sreću, imam znatiželjne učenike željne znanja i usvajanja dodatnih vještina, a uz to vole kemiju, pa sam im dopustila da odaberu što žele dokazivati u Coca-Coli. Odlučili su dokazati prisutnost ugljikova(IV) oksida, vode, natrija i fosfata.

Na pitanje zašto su odabrali baš taj eksperiment odgovorili su da vole ponekad dobiti nešto drugačije nastavne sadržaje i da im se sviđa kad ono što rade na satu mogu povezati sa svakodnevnim životom. Istaknuli su da su im najzanimljiviji eksperimenti koje rade s kemikalijama i/ili namirnicama koje svakodnevno upotrebljavaju. Budući da je bila riječ o učenicima prvog razreda srednje škole, odlučila sam raditi jednostavniju verziju eksperimenta.

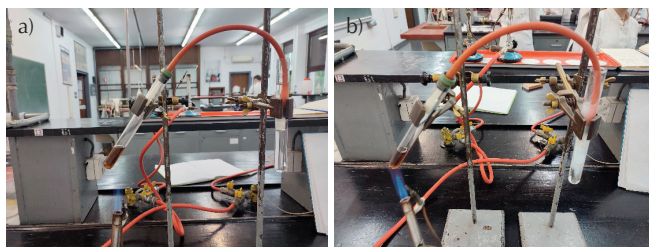
Na samom početku provela se rasprava o tome što je to Coca-Cola. Coca-Cola je gazirani bezalkoholni napitak široke potrošnje čiji sastav uključuje brojne kemijske spojeve – od vode i šećera do prehrambenih aditiva poput ugljikova(IV) oksida, natrijevih soli, fosforne kiseline, kofeina i drugih. Iako se većina sastojaka lako može iščitati s deklaracije, u kemiji je od temeljne važnosti eksperimentalno potvrditi prisutnost iona i molekula putem kemijskih reakcija koje pružaju vizualne ili neke druge pokazatelje njihove prisutnosti.

Prije nego se pristupi provedbi eksperimenata kojima se u školskom laboratoriju mogu identificirati odabrani (gore navedeni) sastojci Coca-Cole pripremi se potreban pribor i kemikalije: plinski plamenik, metalni stalak, mufa, klema, epruvete, stalak za epruvete, probušeni gumeni čep sa staklenom cjevčicom, staklena čaša, satno staklo, metalni štapić, Coca-Cola, vapnena voda (zasićena vodena otopina kalcijeva hidroksida), bezvodni bakrov(II) sulfat, otopina amonijeva molibdata (priređena otapanjem amonijeva molibdata u destiliranoj vodi uz dodatak dušične kiseline), otopina Fehling I (vodena otopina bakrova(II) sulfata), otopina Fehling II (vodena otopina kalijeva natrijeva tartarata i natrijeva hidroksida) te kamenčići za vrenje. Kao i u svakom eksperimentu od iznimne je važnosti da učenici upotrebljavaju zaštitnu opremu (zaštitna kuta, naočale i rukavice) i da se pridržavaju mjera opreza pri radu u laboratoriju.

Potom se pristupa provedbi eksperimenata.

1. Dokazivanje prisutnosti ugljikova(IV) oksida u uzorku Coca-Cole

Na metalni stalak se pričvrsti epruveta. U epruvetu se ulije oko 2 ml Coca-Cole i doda kamenčići za vrenje. Otvor epruvete zatvori se čepom kroz koji je provučena staklena cjevčica. Cjevčica se uroni u epruvetu s vapnenom vodom ($\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$) koja se pričvrsti na drugi metalni stalak (može se ostaviti i u stalku za epruvete). Sadržaj epruvete u kojoj se nalazi Coca-Cola lagano se zagrijava plamenikom i prati se promjena u epruveti s vapnenom vodom (slika 1a).



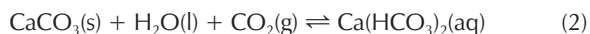
Slika 1 – a) Aparatura za dokazivanje prisutnosti CO_2 u uzorku Coca-Cole; b) pojava zamućenja (bijelog taloga) u vapnenoj vodi

Ovdje učenici opažaju mjehuriće plina u epruveti s vapnenom vodom te da dolazi do zamućenja vapnene vode, odnosno nastanka bijelog taloga (slika 1b). Zaključak bi bio da je nastao u vodi netopljiv talog kalcijeva karbonata (jedin. (1)).¹

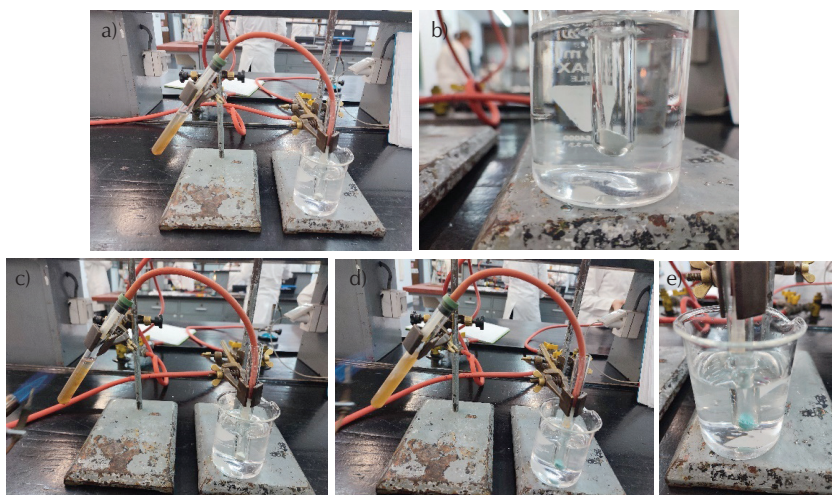


Pokus jasno dokazuje da je u Coca-Coli prisutan ugljikov(IV) oksid, CO_2 . Iako se ovaj plin ne može vidjeti izravno, kemijskom reakcijom je dokazana njegova prisutnost. Mutnoća vapnene vode rezultat je kemijske promjene, a ne samo fizikalnog procesa ispuštanja plinovitog CO_2 .

CO_2 je plin koji je prisutan u mnogim gaziranim napitcima, uključujući Coca-Colu. Osim što stvara gazirane mjehuriće, ima funkciju konzervansa i utječe na pH vrijednost pića, što doprinosi njegovom okusu i stabilnosti. CO_2 se otapa u vodi pri čemu nastaje ugljična kiselina, H_2CO_3 , koja može uzrokovati blagu kiselost pića. Ako se eksperiment provodi s učenicima viših razreda, ovdje im se može postaviti pitanje što bi se dogodilo da se u vapnenu vodu doda višak CO_2 . Naime, ako se nastavi dodavati još CO_2 , bijeli talog CaCO_3 može nestati (otopiti se) sukladno jedn. (2), a otopina ponovno postaje bezbojna.¹



* Danica Šabić, dipl. kem. ing.
e-pošta: danicasabic@gmail.com



Slika 2 – Dokazivanje prisutnosti vode u uzorku Coca-Cole: a) aparatura za dokazivanje, b) bezvodni bakrov(II) sulfat, c-e) tijek promjena tijekom zagrijavanja: pojava plavog obojenja uslijed nastanka bakrova(II) sulfata pentahidrata

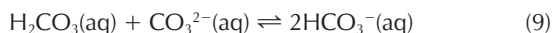
Zašto se to događa? Kad se CO_2 otopi u vodi, nastaje ugljična kiselina (H_2CO_3), koja vrlo slabo disocira u dva stupnja, pri čemu nastaju vodikovi (H^+), hidrogenkarbonatni (HCO_3^-) i karbonatni ioni (CO_3^{2-}) (jedin. (3)–(6)).²



Iako je kalcijev karbonat (CaCO_3) jako slabo topljiv u vodi, on ipak generira malu količinu karbonatnih iona (jedin. (7)) koji se u vodi ponašaju kao baza (zbog hidrolize; jedin. (8)).



Prisutnost kiseline (H_2CO_3) i baze (CO_3^{2-}) u istom mediju rezultira njihovom reakcijom²:



Na taj način troši se karbonatni ion što se, prema Le Châtelierovom principu, nadoknađuje otapanjem CaCO_3 , sukladno jedin. (7).

Taj primjer pokazuje da promjena uvjeta (u ovom slučaju, povećanje koncentracije CO_2 u sustavu) može utjecati na ravnotežu kemijskih reakcija i topljivost tvari.

Opisana pojava se događa i u prirodi – tvrda voda često sadrži kalcijev hidrogenkarbonat, nastao upravo tim putem.

2. Dokazivanje prisutnosti vode u uzorku Coca-Cole

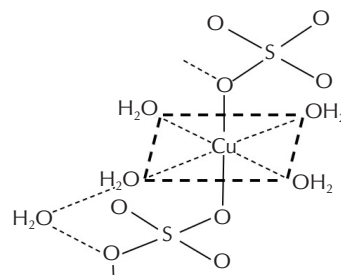
Sastavi se aparatura prema slici 2a. Na metalni stalak pričvrsti se epruveta u koju se zatim ulije oko 2 ml Coca-Cole i dodaju kamenčići za vrenje. Otvor epruvete zatvori se čepom kroz koji je provučena staklena cjevčica. Cjevčica se uroni u čistu i suhu epruvetu u koju se prethodno doda malo bezvodnog bakrova(II) sulfata ($\text{CuSO}_4(\text{s})$) – reagens za dokazivanje vode³; slika 2b). Ta se epruveta postavi u čašu s hladnom vodom (uloga hladila). Sadržaj epruvete u kojoj se nalazi Coca-Cola lagano se zagrijava do vidljivih promjena (slike 2c i 2d).

Učenici opažaju da, nakon nekog vremena zagrijavanja, u epruvetu u kojoj se nalazi bijeli bezvodni CuSO_4 kaplje bezbojna tekućina, a nakon kontakta s bezvodnim bakrovim(II) sulfatom uočavaju plavo obojenje (slika 2e). Od učenika se očekuje da zaključe da zagrijavanjem iz Coca-Cole izlazi vodena para koja hlađenjem kondenzira i kaplje u epruvetu u kojoj se nalazi bezvodni CuSO_4 , te da je pojava plave boje dokaz je da je bezbojna tekućina voda, jer je nastala modra galica. CuSO_4 vezao je na sebe vodu prema jedin. (10).⁴



Iako je poznato da voda čini osnovu bezalkoholnih napitaka, ovaj pokus služi da se eksperimentalno potvrdi ta činjenica primjenom kemijskih indikatora/reagensa.

Ako se pokus radi s učenicima viših razreda, može se provesti diskusija na višoj razini. Učenici bi trebali znati da je bezvodni CuSO_4 kristal koji se u dodiru s molekulama vode veže u pentahidrat prema jedin. (10). U toj reakciji voda djeluje kao ligand, koji se veže na središnji Cu^{2+} ion u oktaedarski koordinacijski kompleksni spoj. Učenicima se može pojasniti da je taj kompleksni spoj sastavljen zapravo od četiri molekule vode koje su planarno vezane kao ligandi na centralni Cu^{2+} ion, dok preostala dva mjesta u oktaedarskoj strukturi zauzima jedan atom kisika iz sulfatne skupine. Budući je evidentno da jedna molekula CuSO_4 sadrži jednu sulfatnu skupinu, drugi kisikov atom dolazi iz sulfatne skupine susjedne CuSO_4 molekule stvarajući na taj način lančano povezivanje. Preostala, peta molekula vode iz modre galice povezana je vodikovim vezama sa sulfatnom skupinom ili ligandima vode (slika 3).⁵



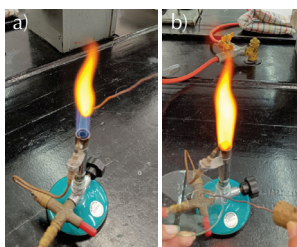
Slika 3 – Struktura kompleksa kod modre galice

Promjena boje uzrokovana je upravo nastankom kompleksnog spoja. Naime, nastalo ligandno polje degenerira vanjsku d orbitalu iona bakra (3d orbitala), što utječe na spektar svjetlosti koju njezini elektroni mogu apsorbirati, a time i boju koju vidimo. Isto tako, od učenika se očekuje da zaključuje da je ta reakcija osjetljiva i selektivna. Naime, CuSO_4 ne reagira s ostalim tvarima prisutnima u Coca-Coli (npr. šećerima, kofeinom, aromama), već isključivo s vodom, čime daje jasan dokaz o njezinoj prisutnosti.

Taj pokus ističe važnost kvalitativne analize u kemiji, pri čemu se uporabom specifičnih reagenasa može dokazati prisutnost pojedinih sastojaka i u složenim smjesama. Iako je voda očekivani sastojak u bezalkoholnim pićima, ovaj eksperiment ilustrira znanstveni pristup u kojem se ništa ne pretpostavlja, već se sve dokazuje eksperimentalno.

3. Dokazivanje prisutnosti natrija u uzorku Coca-Cole

Na satno stakalce ulije se malo Coca-Cole. Metalni štapić (u našem slučaju bio je to bakreni štapić) žari se šuštećim plamenom – to je priprema kojom se odstranjuju eventualne nečistoće s metalnog štapića. Nakon žarenja, vruć štapić se odmah uroni u uzorak Coca-Cole na satnom staklu te se potom ponovno prinese u plamen i žari (slika 4a). Promatra se boja plamena. Učenici će uočiti da se plamen oboji žuto (boja plamena može potrajati nekoliko sekundi) i prema tome zaključuju da Coca-Cola sadrži natrij – jer on boji plamen žuto. Drugi način na koji se eksperiment može izvesti je da se užareni štapić uroni u uzorak Coca-Cole sa satnog stakla koji je usmjeren otvoru za dovod zraka na plinskom plameniku (slika 4b).



Slika 4 – Dokazivanje natrija u uzorku Coca-Cole promatranjem promjene boje plamena: a) umetanje užarenog metalnog štapića s uzorkom izravno u plamen; b) uranjanjem užarenog metalnog štapića u uzorak na satnom staklu koji je usmjeren otvoru za dovod zraka na plinskom plameniku

Ako se eksperiment radi s učenicima viših razreda, od njih se može očekivati malo opširnije objašnjenje. Naime, kad se plinovitom uzorku neke tvari energija povisi, primjerice zagrijavanjem na visoku temperaturu, elektroni u atomima apsorbiraju energiju pa se kaže da su atomi u “pobuđenom stanju”. Atomi ne mogu apsorbirati bilo koju količinu energije, nego samo one kvante energije koji su jednaki razlici mogućih energijskih nivoa atoma. Pri tome, primajući energiju, elektron preskoči s nižeg na viši energijski nivo. Takvo pobuđeno stanje ne traje dugo pa se elektroni skokovito vraćaju s viših energijskih nivoa na niže i pritom emitiraju energiju (jedn. (11)) u obliku svjetlosti točno određenih valnih duljina.⁶ Ako je energetska razlika tolika da se frekvencija zračenja nalazi između $4 \cdot 10^{14}$ i $8 \cdot 10^{14}$ Hz, emitirana energija ima oblik vidljive svjetlosti.⁷ Za natrij, ta emisija odgovara valnoj duljini oko 589 nm, što ljudsko oko percipira kao žutu boju plamena.



gdje $+\Delta E$ predstavlja energiju koju elektroni prime zagrijavanjem, a $-\Delta E$ energiju otpuštenog fotona. Energija otpuštenog fotona ovisi o frekvenciji značenja ν , odnosno valnoj duljini emitiranog dijela spektra λ sukladno jedn. (12).

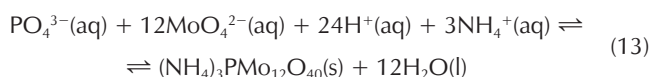
$$\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (12)$$

Malim slovom h označena je Planckova konstanta u iznosu $6,62607015 \cdot 10^{-34}$ J s, dok c predstavlja brzinu svjetlosti u vakuumu.⁸

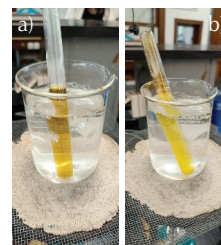
Ovdje se učenicima može napomenuti da atomi pojedinih kemijskih elementa emitiraju karakterističan linijski spektar različit od linijskih spektara drugih kemijskih elementa te da su u spektru svakoga kemijskog elementa jedna ili dvije linije najjačeg intenziteta pa određuju “boju” plamena. Taj eksperiment pokazuje da se i tragovi metala mogu detektirati pomoću njihove spektroskopske karakteristike – boje plamena. Plamena odnosno Beilsteinova proba je jedna od najstarijih, ali još uvijek korisnih metoda kvalitativne analize metala u kemiji. Iako jednostavna, ostaje važna demonstracija učenja o svojstvima elemenata i njihovoj analizi u složenim smjesama. Plamena proba jasno potvrđuje prisutnost Na^+ iona, i to dovoljno osjetljivo – natrij daje boju plamena čak i u vrlo malim količinama.

4. Dokazivanje prisutnosti fosfata u uzorku Coca-Cole

U epruvetu se ulije oko 2 ml Coca-Cole te se zagrije (paziti da ne zakipi) da bi se uklonio CO_2 i (djelomično) razgradili ometajući organski sastojci. Zatim se u epruvetu s uzorkom doda nekoliko kapi koncentrirane HNO_3 da bi se stvorili optimalni kiseli uvjeti. U kiselu otopinu se doda nekoliko kapi svježe pripremljene vodene otopine amonijeva molibdata. Smjesa se lagano zagrije (do $50 - 60^\circ\text{C}$), najbolje u vodenoj kupelji (slika 5a). Prati se promjena u epruveti. Učenicima je potrebno napomenuti da će, ako su u uzorku prisutni fosfati, nastati žuti talog amonijeva fosfomolibdata $(\text{NH}_4)_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}] \cdot x\text{H}_2\text{O}$, sukladno jedn. (13).⁹



Ta reakcija se zbog visoke osjetljivosti može koristiti za analizu čak i malih količina fosfata.



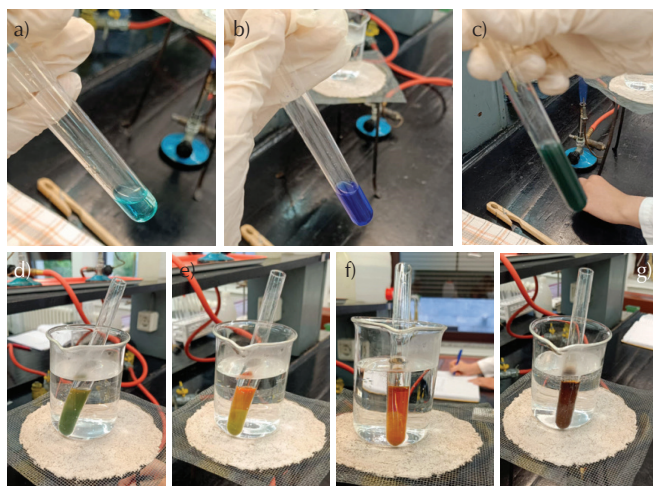
Slika 5 – Dokazivanje fosfata u uzorku Coca-Cole: a) zagrijavanje u vodenoj kupelji i b) nastanak žutog taloga

Učenici će relativno brzo uočiti pojavu žućkastog taloga (slika 5b) te zaključiti da uzorak sadrži fosfate.

Za učenike koji žele znati više ili učenike viših razreda, može se dati zadatak da istraže zašto je važno da se reakcija odvija u kiselim uvjetima. Ako se zadatak planira vrednovati preporuča se učenicima dati smjernice za istraživanje, a isto tako i kriterije vrednovanja.

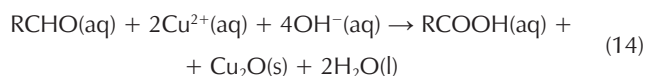
5. Dokazivanje prisutnosti šećera u uzorku Coca-Cole

U epruvetu se ulije oko 2 ml Coca-Cole te se zagrije (paziti da ne zakipi) da bi se uklonio CO_2 i (djelomično) razgradili ometajući organski sastojci. U drugoj epruveti se pripremi Fehlingov reagens tako da se ulije oko 1 ml otopine Fehling I (slika 6a) i oko 1 ml otopine Fehling II (slika 6b) te promućka sadržaj epruvete. Zatim se u epruvetu s uzorkom Coca-Cole doda pripremljeni Fehlingov reagens (slika 6c) i sadržaj epruvete se zagrijava u vodenoj kupelji do vidljive promjene (slike 6d-6g).



Slika 6 – Dokazivanje prisutnosti šećera u uzorku pića Coca-Cola: a) stavljanje 1 ml otopine Fehling I reagensa u epruvetu, b) epruveta s dodanim Fehling I i Fehling II reagensima, c) epruveta s uzorkom Coca-Cole nakon dodatka Fehling I i Fehling II reagensa, d-f) praćenje promjena u epruveti nastalih tijekom zagrijavanja u vodenoj kupelji i g) nastanak crvenosmeđeg taloga bakrova(II) oksida

Učenici će tijekom eksperimenta uočiti nastanak crvenosmeđeg taloga (slika 6g). Otopine koje sadržavaju Cu^{2+} ione plave su boje. Kad se takvoj otopini doda otopina koja sadrži reducirajući šećer (glukozu ili fruktozu) i zagrije, bakar iz oksidacijskog stanja +2 reducira se u stanje +1 i dolazi do taloženja crvenosmeđeg bakrova(II) oksida (Cu_2O). To je dokaz da ispitivani uzorak sadržava reducirajući šećer, glukozu ili fruktozu. Učenicima se može napomenuti da se šećeri koji reduciraju Fehlingovu otopinu nazivaju reducirajućim šećerima. Općenito, promjene se mogu prikazati jedn. (14).¹⁰



RCHO predstavlja organsku molekulu s aldehydom skupinom odnosno reducirajući šećer, a RCOOH organsku molekulu s karboksilnom skupinu.

Tijekom izvedbe tih eksperimenata na jednom od mojih satova, jedna skupina učenika odlučila je provesti usporedni pokus s uzorkom pića Coca-Cola Zero. Coca-Cola Zero nije dala klasičnu pozitivnu reakciju – nije se stvorio crvenosmeđi talog, već se pojavio zelenkasti ton u otopini (slika 7). To dokazuje da Coca-Cola Zero ne sadrži reducirajuće šećere, već zaslađivače koji ne reagiraju s Fehlingovim reagensom. Pretpostavljamo da zelena nijansa može biti rezultat interakcije Fehlingova reagensa s aditivima ili preklapanja boja pića i reagensa, a ne stvarne redukcije Cu^{2+} iona.

Ovdje se učenicima može istaknuti da se Fehlingov reagens može upotrijebiti i za dokazivanje glukoze u urinu. Urin zdrava čovjeka ne sadrži glukozu, ali ako dođe do poremećaja metabolizma



Slika 7 – Dokazivanje prisutnosti šećera u uzorku pića Coca-Cola Zero: nastanak zelenkaste otopine umjesto crvenosmeđeg taloga ukazuje na izostanak pozitivne reakcije

glukoze (šećerne bolesti ili dijabetesa), ona se može javiti u urinu. Kod pozitivnog testa na glukozu boja taloga mijenja se od svijetlo-zelene preko žutonarančaste pa do tamnocrvene boje, što zavisi o masenom udjelu glukoze u urinu.¹¹

Nakon provedenog eksperimenta može se povesti rasprava o utjecaju pojedinih (u eksperimentu dokazanih) sastojaka Coca-Cole na ljudski organizam. Može se učenicima zadati i istraživački rad na tu temu; učenike se može podijeliti u pet skupina tako da svaka skupina istražuje utjecaj na organizam jednog od dokazanih sastojaka. U tom slučaju potrebno je dati im jasne smjernice za istraživanje, upute na koji način će prezentirati svoj rad i kriterije vrednovanja – ako ga se planira vrednovati. Ako postoji mogućnost, zgodno bi bilo rezultate istraživanja prikazati na plakatima i izvesti ih na vidljivo mjesto u školi da bi i drugi učenici doznali korisne informacije.

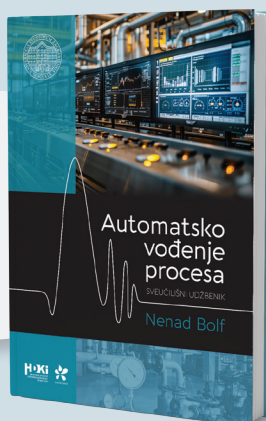
Tim eksperimentima mogu se ostvariti i provjeriti sljedeći odgojno-obrazovni ishodi: ispravno primjenjujući različite tehnike rada učenik određuje prisutnost određenih sastojaka u Coca-Coli; analizira dobivene rezultate na temelju kemijskih reakcija; ispravno piše jednadžbe kemijskih reakcija uz pravilnu upotrebu agregacijskih stanja svih sudionika kemijske reakcije; kritički promišlja o sastavu gaziranih napitaka i njihovu utjecaju na zdravlje; poštuje mjere opreza pri radu u laboratoriju. Drugim riječima, provedenim pokusima kvalitativne analize eksperimentalno je potvrđena prisutnost ugljikova(IV) oksida, vode, natrija, fosfata i šećera u Coca-Coli. Svaki od njih identificiran je karakterističnim kemijskim reakcijama: taloženjem, promjenom boje ili plamenom probom. Ti pokusi demonstriraju da osnovna kemijska znanja i laboratorijske tehnike omogućuju analizu složenih komercijalnih proizvoda. Takva analiza ne samo da potvrđuje deklarirani sastav, već razvija kritičko razmišljanje i primjenu kemijskih zakonitosti u stvarnim kontekstima.

Jeste li znali?

- Coca-Cola je najpoznatije bezalkoholno piće, a ujedno i druga najpoznatija riječ na svijetu – odmah poslije riječi OK.¹²
- Dana 8. svibnja 1886., u jednom dvorištu grada Atlante, farmaceut dr. John Pemberton kuhao je u svojem bakrenom loncu kopiju francuskog vina zvanog kola, pri čemu je napravio Coca-Colu, ali koja nije bila gazirana. Uskoro je saznao da, kako bi piće bilo gazirano, treba dodati ugljikov dioksid. Zbog nedostatka novca, dr. Pemberton objavio je u lokalnim novinama da traži suradnika koji će mu dati 2000 USD za rad, no tvrtka je propala.¹²
- Njezina je formula jedna od najvećih svjetskih tajni.¹²
- Coca-Cola je danas nakon više od sto godina postojanja jedan od najpoznatijih svjetskih brandova.¹²
- Samo dvije zemlje na svijetu – Sjeverna Koreja i Kuba – nemaju službenu distribuciju Coca-Cole.¹³

Literatura

1. *D. Turčinović*, Pokusi iz kemije za državnu maturu, teorijska i metodička razrada smjernica s riješenim primjerima, Školska knjiga, Zagreb, 2018.
2. *S.-J. Han, M. Yoo, D.-W. Kim, J.-H. Wee*, Carbon Dioxide Capture Using Calcium Hydroxide Aqueous Solution as the Absorbent, *Energy Fuels* **25** (8) (2011) 3825–3834, doi: <https://doi.org/10.1021/ef200415p>.
3. URL: https://pse.pbf.hr/hrvatski/_elementi/cu/spojevi.html (pristupljeno 17. svibnja 2025.)
4. URL: <https://www.chemguide.co.uk/14to16/analysis/water.html?utm>, testing for water (pristupljeno 17. svibnja 2025.)
5. *L. Cheng, W. Li, Y. Li, Y. Yang, Y. Li, Y. Cheng, D. Song*, Thermal analysis and decomposition kinetics of the dehydration of copper sulfate pentahydrate. *J. Therm. Anal. Calorim.* **135** (2019) 2697–2703, doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7595-y>.
6. *M. Sikirica*, Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu, Školska knjiga, Zagreb, 2011., str. 87–88.
7. svjetlost. *Hrvatska enciklopedija*, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2025. Pristupljeno 17.5.2025. <<https://www.enciklopedija.hr/clanak/svjetlost>>
8. Planckova konstanta. *Hrvatska enciklopedija*, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2025. Pristupljeno 17.5.2025. <<https://enciklopedija.hr/clanak/planckova-konstanta>>.
9. *J. Giljanović*, Praktikum iz kvalitativne analize, udžbenici sveučilišta u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultete Sveučilišta u Splitu, Split, 2009.
10. *M. Sikirica*, Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu, Školska knjiga, Zagreb, 2011., str. 22–23.
11. *D. Stričević, B. Sever*, Temelji organske kemije, udžbenik iz kemije za četvrti razred gimnazije, Profil, 2006., str. 124.
12. URL: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Coca-Cola> (pristupljeno 17. svibnja 2025.)
13. URL: <https://www.poslovnih.hr/strane/10-zanimljivih-stvari-koje-niste-znali-o-coca-coli-277753> (pristupljeno 17. lipnja 2025.)



USKORO!!

Nenad Bolf

Automatsko vođenje procesa

Cijena udžbenika u pretplati je **35 €** (PDV uključen).

Akcija traje **do 22. rujna 2025.**

Narudžbe se primaju elektroničkom poštom (kui@hdk.hr).