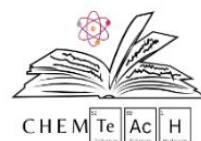




Co-funded by
the European Union



Savremena nastava hemije

KOMPETENCIJE I PEDAGOŠKI PRISTUPI

Milica Balaban

Banja Luka, 2025

Prof. dr Milica Balaban

Univerzitet u Banjoj Luci

Savremena nastava hemije

KOMPETENCIJE I PEDAGOŠKI PRISTUPI

Priručnik za nastavnike hemije koji pruža teorijsku i praktičnu podršku u razvoju kompetencija i savremenih pedagoških metoda

Elektronsko izdanje

Erasmus+ Project

Unapređenje kvaliteta nastave hemije u stručnom obrazovanju u Bosni i Hercegovini – ChemTeach

101129417-ERASMUS-EDU-2023-CB-VET

Odricanje od odgovornosti:

Finansirano od strane Evropske unije. Izneseni stavovi i mišljenja su, međutim, isključivo stavovi autora/autorica i ne odražavaju nužno stavove Evropske unije ili Izvršne agencije za obrazovanje i kulturu (EACEA). Ni Europska unija ni EACEA ne mogu se smatrati odgovornima za njih.

Porijeklo vizuelnih elemenata: freepik.com

Ovaj priručnik nastao je u okviru Erasmus+ projekta "Unapređenje kvaliteta nastave hemije u stručnom obrazovanju u Bosni i Hercegovini – ChemTeach" (101129417-ERASMUS-EDU-2023-CB-VET), čiji je cilj osnaživanje nastavnika hemije za primjenu savremenih pristupa u obrazovanju. Projekat se realizuje kroz saradnju srednjih stručnih škola, univerziteta i poslodavaca, sa fokusom na razvoj nastavničkih kompetencija i unapređenje kvaliteta nastave prirodnih nauka.

Koordinator projekta je Slovački tehnički univerzitet iz Bratislave, a tim Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, kao autor ovog priručnika, vodi aktivnosti u Bosni i Hercegovini u saradnji sa tri banjalučke škole: Gimnazijom, Medicinskom i Tehnološkom školom. U projektne aktivnosti uključeni su i partneri iz Slovačke i Češke, sa ciljem razmjene dobrih praksi i izgradnje savremenih obrazovnih materijala.

Priručnik je namijenjen nastavnicima hemije i srodnih predmeta, s namjerom da im pruži teorijsku i praktičnu podršku za realizaciju kvalitetne, kontekstualizovane i kompetencijski orijentisane nastave hemije.

Banja Luka, maj 2025. godine

This manual was developed within the framework of the Erasmus+ project “Improving the Quality of Chemistry Teaching in Vocational Education in Bosnia and Herzegovina – ChemTeach” (101129417-ERASMUS-EDU-2023-CB-VET), which aims to empower chemistry teachers to apply modern approaches in education. The project is implemented through cooperation among vocational secondary schools, universities, and employers, with a focus on developing teaching competencies and enhancing the quality of science education.

The project coordinator is the Slovak University of Technology in Bratislava, while the team from the Faculty of Natural Sciences and Mathematics at the University of Banja Luka, as the author of this manual, leads the activities in Bosnia and Herzegovina in cooperation with three schools from Banja Luka: the Gymnasium, the Medical School, and the Technological School. Project activities also involve partners from Slovakia and the Czech Republic, with the goal of exchanging best practices and developing modern educational materials.

This manual is intended for teachers of chemistry and related subjects, with the aim of providing both theoretical and practical support for the implementation of high-quality, contextualized, and competence-oriented chemistry teaching.

Banja Luka, May 2025

PREDGOVOR	1
FOREWORD	2
SADRŽAJ	3
UVOD	7
I MJESTO I ULOGA PREDMETA HEMIJA U OBRAZOVNOM SISTEMU	11
1.1 Hemija kao osnov naučne pismenosti	11
1.2 Interdisciplinarni karakter i povezanost s drugim naukama	12
1.3 Pedagoški aspekti nastave hemije	13
1.4 Hemija u širem društvenom kontekstu	14
II OD TRADICIONALNOG DO AKTIVNOG UČENJA	16
2.1 Tradicionalni modeli nastave hemije	16
2.2 Prelazak ka učenju usmjerenom na učenika	17
2.3 Aktivne metode poučavanja – prednosti i izazovi	17
2.4 Uloga nastavnika kao fasilitatora	18
III RAZVOJ NAUČNE PISMENOSTI	19
3.1 Komponente naučne pismenosti	19
3.2 Uloga hemije u svakodnevnom donošenju odluka	21
3.3 Etika u naučnom istraživanju	22
IV NAUČNI METOD I RAZLIKOVANJE NAUKE OD PSEUDONAUKE	24
4.1 Primjena naučnog metoda u nastavi hemije	24
4.2 Prepoznavanje pseudonaučnih tvrdnji	25
4.3 Evaluacija naučne pismenosti u nastavi hemije	27

V	AKTIVNO UČENJE U HEMIJI	29
5.1	Promjena paradigme učenja	29
5.1.1	<i>Aktivno naspram pasivnog učenja</i>	29
5.1.2	<i>Šta je aktivno učenje?</i>	30
5.1.3	<i>Zašto je aktivno učenje važno u hemiji?</i>	32
5.2	Metode i strategije aktivnog učenja u nastavi hemije	34
5.2.1	<i>Eksperimenti u nastavi hemije</i>	34
5.2.2	<i>Problemska nastava</i>	36
5.2.3	<i>Debate u nastavi hemije</i>	37
5.2.4	<i>Drugi oblici aktivne nastave hemije</i>	38
VI	ELEMENTI SAVREMENOG PREDMETNOG PROGRAMA HEMIJE	43
6.1	Struktura predmetnog programa	43
6.2	Svrha i ciljevi predmeta	43
6.3	Tematski i konceptualni okvir	44
6.4	Ishodi učenja – srž savremenog kurikulumu	44
6.5	Metodološka podrška nastavnicima	46
6.6	Interdisciplinarnost i povezanost s realnim svijetom	46
6.7	Vrednovanje i evaluacija programa	47
VII	TEMATSKE OBLASTI U PREDMETU HEMIJA	48
7.1	Tradicionalna organizacija sadržaja	48
7.2	Savremeni pristupi organizaciji tematskih oblasti	49
7.2.1	Organizacija po oblastima (domenima)	50
7.2.2	Tematska ili problemska organizacija	50
7.2.3	Integrirana nastava prirodnih nauka	51
7.3	Ishodi učenja kao polazište za organizaciju oblasti	52

7.3.1	Preporuke za unaprjeđenje organizacije tematskih oblasti	52
VIII	ISHODI UČENJA I KOMPETENCIJE	54
8.1	Kompetencije	54
8.2	Ishodi učenja	55
8.3	Ključne kompetencije za cjeloživotno učenje	55
8.4	Generičke kompetencije	57
IX	HEMIJA U SVAKODNEVNOM ŽIVOTU I PRAKSI	59
9.1.	Hemija u domaćinstvu	59
9.1.1	<i>Sastav i funkcija sredstava za čišćenje</i>	60
9.1.2	<i>Hemijske reakcije u pranju i čišćenju</i>	61
9.1.3	<i>Hemikalije i proizvodi u domaćinstvu</i>	61
9.2.	Hemija i zdravlje	62
9.2.1	<i>Hemijski sastav lijekova i njihov uticaj na organizam</i>	62
9.2.2	<i>Hemija u vakcinama, antibioticima i drugim terapijama</i>	63
9.2.3	<i>Hemija u prehrambenoj industriji: dodaci, konzervansi, arome</i>	64
9.2.4	<i>Hemijski procesi u organizmu – probava, metabolizam, disanje</i>	64
9.3	Hemija i zaštita životne sredine	64
9.3.1	Zagađenje vode, vazduha i tla	65
9.3.2	Hemijske reakcije u prirodi – kisele kiše, efekat staklene bašte, klimatske promjene	65
9.3.3	Hemijski procesi u reciklaži i obnovi resursa	66
9.3.4	Uloga hemije u održivosti i primjena ekološki prihvatljivih tehnologija	66
9.4	Hemija u industriji i tehnologiji	67
9.4.1	<i>Industrijski hemijski procesi</i>	67

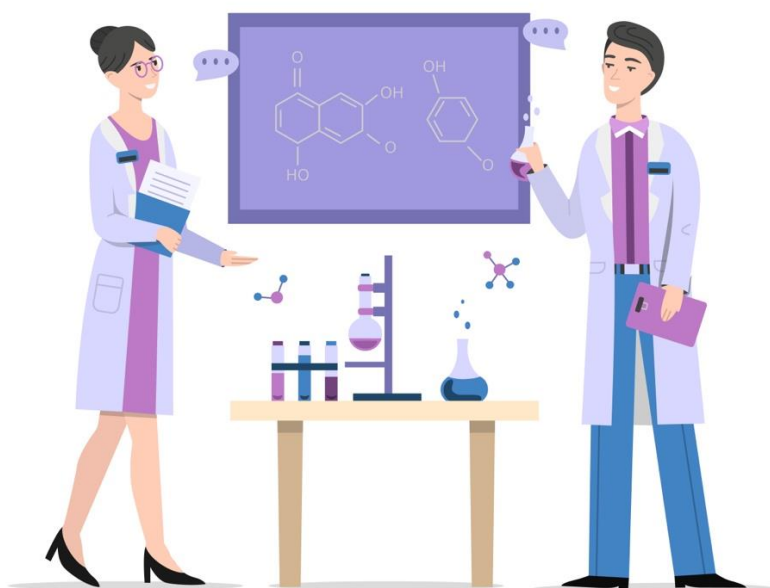
9.4.2	<i>Hemija u savremenim tehnologijama</i>	68
9.4.3	<i>Zeleni hemijski procesi i održiva industrija</i>	69
X	OSNOVE PRIMJENA VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE U NASTAVI HEMIJE	70
10.1	Vještačka inteligencija i mogućnosti u nastavi hemije	72
10.2	Primjeri primjene VI u nastavnoj praksi	74
10.3	Prednosti i nedostaci primjene VI u nastavi hemije	76
10.4	Preporuke nastavnicima hemije za odgovoran pristup VI	78

U savremenom društvu, utemeljenom na znanju i brzom tehnološkom razvoju, nauka predstavlja najvažniji pokretač ekonomskog napretka i ključnu odrednicu sposobnosti jedne zajednice da razvija inovacije i stvara radna mjesta budućnosti. Hemija, kao fundamentalna prirodna nauka, ima posebno mjesto u tom procesu, jer svojim zakonima i principima prožima svakodnevni život, industriju, medicinu, poljoprivredu, zaštitu životne sredine i brojne druge oblasti.

Uprkos tome, savremeno obrazovanje se suočava s izazovima kako da prenese relevantna naučna znanja i vještine na način koji će učenike osposobiti za razumijevanje složenosti svijeta koji ih okružuje i motivisati ih za dalji razvoj u naučnim oblastima. Pitanja zaštite životne sredine, održivog razvoja, energetske tranzicije, sigurnosti hrane i zdravlja, traže obrazovanog pojedinca koji umije da razumije i kritički prosuđuje naučne informacije. U tom smislu, obrazovni sistem ima zadatak da uskladi naučno obrazovanje sa potrebama savremenog čovjeka, te da učenicima omogući da izgrade naučnu pismenost – sposobnost da razumiju naučne fenomene, koriste dokaze pri donošenju odluka i odgovorno djeluju kao građani savremenog društva.

Ovaj priručnik za nastavnike hemije nastao je u okviru Erasmus+ projekta "Unapređenje kvaliteta nastave hemije u stručnom obrazovanju u Bosni i Hercegovini" (**ChemTeach**), a s ciljem da doprinese kvalitetu nastave hemije i odgovori na savremene izazove obrazovanja u oblasti prirodnih nauka. Priručnik nudi teorijske okvire i praktične smjernice koji nastavnicima mogu pomoći u planiranju i izvođenju nastave, razvoju kompetencija učenika i njihovom osposobljavanju za primjenu hemije u realnim kontekstima.

U fokusu ovog priručnika nalazi se potreba za promjenom pristupa u nastavi hemije – od tradicionalnog, usmjerenog na reprodukciju sadržaja, ka aktivnom učenju koje podstiče razumijevanje, istraživanje, povezivanje sa svakodnevicom i upotrebu znanja u novim situacijama. Učenici treba da hemiju ne doživljavaju kao apstraktan skup činjenica, već kao alat za rješavanje problema koji se tiču njihovog zdravlja, okoline, potrošnje, ishrane, energije i brojnih drugih aspekata života.



Poseban značaj u tom procesu ima i integracija eksperimentalnog rada, koji osim sticanja praktičnih vještina doprinosi razvoju logičkog mišljenja i naučne metodologije. Istovremeno, savremeni digitalni alati, uključujući i one koji koriste vještačku inteligenciju, otvaraju nove mogućnosti za personalizovano učenje, virtuelne eksperimente i interaktivno istraživanje hemijskih fenomena.

U okviru priručnika biće detaljno obrađena i tema naučne pismenosti

kao ključnog cilja savremenog naučnog obrazovanja. Naučno pismena osoba ne samo da poznaje osnovne naučne pojmove i zakone, već umije da ih kritički primijeni u svakodnevnom životu, da donosi odluke na osnovu naučnih dokaza i razumije uticaj nauke i tehnologije na društvo. Upravo hemija, kroz svoj interdisciplinarni karakter i vezu sa brojnim aspektima svakodnevice, ima ogroman potencijal u razvijanju tih kompetencija.

Priručnik takođe otvara prostor za promišljanje o statusu hemije u nastavnim planovima, kao i o izazovima sa kojima se suočavaju nastavnici u njenom poučavanju – od ograničenih materijalnih resursa, preko neusklađenosti programa sa savremenim potrebama, do pada interesovanja učenika za prirodne nauke. Zato je jedan od važnih ciljeva ovog materijala da pruži podršku nastavnicima u osmišljavanju nastave koja je funkcionalna, kontekstualizovana i usmjerena na razvoj kompetencija, a ne samo na usvajanje informacija.

Vjerujemo da će ovaj priručnik biti koristan resurs u svakodnevnom radu nastavnika hemije, kao i vrijedan doprinos reformskim procesima u obrazovanju prirodnih nauka. Njegova svrha je da osnaži nastavnike kao nosioce promjena, jer upravo kroz kvalitetnu i savremenu nastavu hemije moguće je izgraditi osnovu za društvo znanja, spremno da odgovori na izazove sadašnjosti i budućnosti.

U nastavku su navedeni ciljevi priručnika koji predstavljaju kombinaciju teorijskih i praktičnih težnji autora usklađeni su sa savremenim zahtjevima obrazovanja u oblasti prirodnih nauka, te prilagođeni kontekstu Republike Srpske i širem evropskom obrazovnom okruženju. Osnovni cilj ovog rukopisa je podrška nastavnicima hemije u njihovoj stručnoj, pedagoškoj i metodičkoj ulozi u okviru obrazovnog sistema Republike Srpske i Bosne i Hercegovine. Polazeći od savremenih potreba društva i izazova u nastavi prirodnih nauka, te oslanjajući se na iskustva i preporuke proizašle iz Erasmus+ projekta *ChemTeach*,

priručnik ima sljedeće ciljeve:

Podrška nastavniku hemije u razumijevanju obrazovne i društvene uloge hemije, kroz promišljanje o značaju predmeta za naučni napredak, svakodnevni život, inovacije i održivi razvoj.

Oснаživanje nastavnika hemije za razvoj naučne pismenosti kod učenika, uz kritičko sagledavanje pseudonaučnih narativa i afirmaciju naučnog metoda u nastavi.

Pružanje teorijskog i didaktičkog okvira nastavniku hemije za primjenu savremenih pristupa učenju, s fokusom na aktivno, istraživačko i problemski orijentisano učenje, relevantno i motivišuće za učenike.

Unapređenje kompetencija nastavnika hemije za planiranje i realizaciju savremenih nastavnih programa, uključujući ishode učenja, razvoj kompetencija, interdisciplinarnost, evaluaciju i digitalne tehnologije.

Podrška nastavniku hemije u izboru i primjeni nastavnih metoda koje razvijaju generičke i predmetno-specifične kompetencije učenika, kao što su kritičko mišljenje, saradnja, komunikacija i odgovornost.

Osvježavanje profesionalne uloge nastavnika hemije kroz primjere dobre prakse, promišljanje o upotrebi vještačke inteligencije u obrazovanju i njegovanje uloge nastavnika kao nosioca promjena u savremenom društvu.

MJESTO I ULOGA PREDMETA HEMIJA U OBRAZOVNOM SISTEMU

U savremenom društvu, nauka predstavlja ključni pokretač ekonomskog, društvenog i tehnološkog razvoja. Među prirodnim naukama, hemija ima posebno mjesto jer povezuje fundamentalna saznanja s njihovom praktičnom primjenom, i ima sposobnost da objasni mnoge fenomene svakodnevnog života, industrijske procese i savremene izazove kao što su klimatske promjene, održivi razvoj i očuvanje zdravlja ljudi i životne sredine. U tom kontekstu, nastava hemije mora imati jasno definisanu i snažnu ulogu u obrazovnom sistemu.

HEMIJA KAO OSNOV NAUČNE PISMENOSTI

Uloga predmeta hemija prevazilazi okvir puke transmisije znanja – njen zadatak je razvoj naučne pismenosti kod učenika. Naučna pismenost, kako je definiše OECD, uključuje sposobnost da se naučne informacije razumiju, primjenjuju i koriste za donošenje utemeljenih odluka. U tom smislu, hemija omogućava učenicima da povežu teorijska znanja sa svakodnevnim iskustvima, razmišljaju kritički i rješavaju konkretne probleme.

Bez obzira da li će učenik u budućnosti postati naučnik, zdravstveni radnik, inženjer, poljoprivrednik ili građanin koji donosi odgovorne odluke o zdravlju i životnoj sredini, osnovna znanja iz hemije su ključna za život u savremenom društvu. Tradicionalno, nastava hemije u gimnazijama i stručnim školama organizovana je po godinama na način koji slijedi naučnu sistematiku: u prvoj godini izučava se opšta i

neorganska hemija, u drugoj fizička i analitička, u trećoj organska hemija, a u četvrtoj hemija prirodnih proizvoda i biohemija. Ovakva struktura omogućava temeljit i postepen razvoj znanja, ali i dalje postoji prostor za unapređenje, posebno u pogledu integracije sa svakodnevnim životom i povezivanja sa drugim naučnim disciplinama.

Savremeni kurikulumi u zemljama Evropske unije često organizuju nastavu hemije po domenima ili tematskim oblastima, poput "materija i promjene", "energija i hemijske reakcije", "hemija i okruženje", ili "hemija i zdravlje". Ovaj pristup omogućava veću fleksibilnost, bolju integraciju sadržaja sa životnim kontekstima i razvoj transverzalnih kompetencija.

INTERDISCIPLINARNI KARAKTER I POVEZANOST S DRUGIM NAUKAMA

Hemija nije izdvojena disciplina – ona se nalazi u samom centru STEM oblasti (nauka, tehnologija, inženjerstvo i matematika). Njene snažne veze sa biologijom, fizikom, medicinom, ekologijom i inženjerstvom čine je idealnom osnovom za razvoj interdisciplinarnog učenja. Nastavnici, na primjer, mogu povezati teme poput fotosinteze (hemija i biologija), termodinamike (hemija i fizika) ili zagađenja i zaštite životne sredine (hemija i ekologija). Ovakav pristup omogućava učenicima da hemijske pojmove razumiju u širem kontekstu, razviju dublje shvatanje prirodnih pojava i povežu školsko učenje sa izazovima stvarnog svijeta.

Kada se ovaj pristup proširi uključivanjem umjetnosti – prelaskom sa STEM na STEAM – nastava postaje još bogatija i podstiče kreativno izražavanje. Integrisanje elemenata kao što su vizualizacija, dizajn razmišljanje i kreativno rješavanje problema omogućava učenicima ne samo da dublje razumiju hemiju u širem naučnom okviru, već i da to znanje tumače i primjenjuju na maštovit i smislen način. Na primjer,

učenici mogu osmišljavati ekološki prihvatljive proizvode, kreirati infografike koje predstavljaju složene naučne podatke ili razvijati multimedijalne prezentacije o hemijskim procesima koji utiču na svakodnevni život.



STEM → STEAM

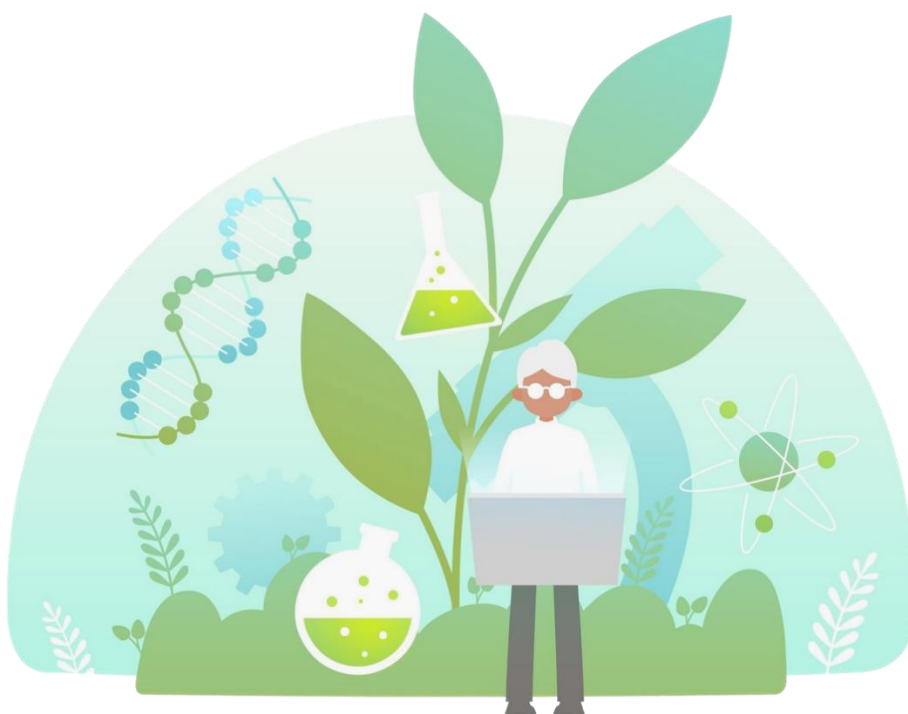
Primjena ovakvog interdisciplinarnog i kreativnog pristupa pomaže učenicima da razviju dublje naučno razumijevanje, podstiče inovativnost i povezuje školsko učenje sa stvarnim životnim problemima. STEAM obrazovanje njeguje i analitičko i kreativno mišljenje – vještine koje su ključne u današnjem dinamičnom svijetu.

PEDAGOŠKI ASPEKTI NASTAVE HEMIJE

Uloga nastavnika hemije jeste da aktivno uključi učenike u proces učenja kroz eksperimentalni rad, diskusije, projekte i upotrebu savremenih tehnologija. Eksperimenti omogućavaju učenicima da vizualizuju apstraktne pojave, testiraju hipoteze i razvijaju vještine naučnog mišljenja. U savremenim obrazovnim sistemima naglasak je na aktivnom učenju i razvoju kompetencija, a ne na pukom memorisanju činjenica.

Pored eksperimenata, sve se više koriste digitalni alati, simulacije i virtuelne laboratorije, što omogućava inkluzivniji pristup i nadoknađuje nedostatak opreme u školama. Savremena nastava takođe

podrazumijeva razvoj generičkih kompetencija kao što su rješavanje problema, saradnja, komunikacija i kritičko mišljenje. Vještačka inteligencija ima potencijal da podrži nastavnika u individualizaciji nastave i jačanju pristupa usmjerenog na učenika.



HEMIJA U ŠIREM DRUŠTVENOM KONTEKSTU

Učenje hemije mora biti povezano sa kontekstima iz stvarnog života – hemija hrane, hemija u domaćinstvu, kozmetika, lijekovi, deterdženti – sve su to teme koje učenici mogu istraživati i analizirati. Povezivanje teorijskog znanja sa primjerima iz svakodnevnog života povećava

motivaciju, podstiče dubinsko učenje i jača svijest o važnosti nauke.

Pored toga, kroz obrazovanje iz hemije učenici treba da razviju osjećaj odgovornosti prema životnoj sredini i da razumiju principe održivog razvoja. Na primjer, uvođenje tema kao što su „zelena hemija” i cirkularna ekonomija u nastavu hemije može pomoći u jačanju ekološke svijesti i podstaći učenike da se opredijele za karijere povezane sa održivošću.

OD TRADICIONALNOG DO AKTIVNOG UČENJA

TRADICIONALNI MODELI NASTAVE HEMIJE

Tradicionalni modeli nastave hemije zasnivaju se na frontalnom pristupu u kojem nastavnik dominira procesom kao glavni izvor znanja, dok su učenici pasivni slušaoci. Nastava je najčešće usmjerena na teorijske informacije, uz primjenu metoda poput predavanja i reprodukcije sadržaja.



Slika 1. Učenje usmjereno na učenika (izvor: educationevolving.org)

Učenici se podstiču da memorišu definicije i formule, bez većeg razumijevanja konteksta ili praktične primjene. Nedostatak mogućnosti za postavljanje pitanja, istraživanje ili izražavanje vlastitih ideja ograničava razvoj kritičkog mišljenja i dublje razumijevanje. Iako ovaj pristup može biti efikasan za usvajanje osnovnih činjenica, on ne razvija vještine potrebne za primjenu naučnih koncepata u stvarnim životnim situacijama.

PRELAZAK KA UČENJU USMJERENOM NA UČENIKA

Savremeni obrazovni pristupi nastoje premjestiti težište sa nastavnika na učenika. U takvom modelu učenik postaje aktivni učesnik učenja, a nastavnik ima ulogu fasilitatora koji podržava samostalnost i angažman učenika. Učenje se prilagođava individualnim potrebama, interesovanjima i sposobnostima učenika, a nastavni sadržaji se povezuju sa realnim situacijama. U nastavi hemije to znači uključivanje učenika u eksperimente, projekte i interdisciplinarne zadatke kroz koje razvijaju analitičko mišljenje, postavljaju pitanja i aktivno istražuju pojave koje ih okružuju.

AKTIVNE METODE POUČAVANJA – PREDNOSTI I IZAZOVI

Aktivne metode učenja, kao što su eksperimentalni rad, timska i projektna nastava, omogućavaju učenicima da kroz praktične aktivnosti sami dolaze do znanja. Ovakav pristup podstiče razvoj praktičnih i kognitivnih vještina, kao i sposobnost primjene naučnih koncepata u različitim kontekstima. Ipak, implementacija ovih metoda zahtijeva dodatne resurse, stručno usavršavanje nastavnika, kao i pristup savremenim nastavnim alatima i tehnologijama. Takođe, uspješno

aktivno učenje podrazumijeva spremnost učenika da preuzmu veću odgovornost za sopstveno učenje, što može predstavljati izazov za one naviknute na tradicionalne modele. Organizacija i praćenje aktivnosti u velikim razredima takođe može biti zahtjevna

ULOGA NASTAVNIKA KAO FASILITATORA

U aktivno orijentisanoj nastavi nastavnik više nije samo prenosilac znanja, već podrška učenicima u procesu samostalnog otkrivanja i razumijevanja sadržaja. Kao fasilitatori, nastavnici kreiraju okruženje koje podstiče istraživanje, rješavanje problema, postavljanje pitanja i timski rad. U nastavi hemije to znači ohrabrivanje učenika da analiziraju eksperimente, primjenjuju stečena znanja i povezuju ih sa svakodnevnim životom. Uloga nastavnika uključuje i motivisanje učenika, kao i pružanje alata i strategija za razvoj kritičkog mišljenja i samostalnosti. Nastavnici koji primjenjuju ovaj pristup trebaju biti fleksibilni, spremni na prilagođavanje nastavnih metoda, te kontinuirano razvijati svoje profesionalne kompetencije kako bi stvorili dinamično i podržavajuće učioničko okruženje.

RAZVOJ NAUČNE PISMENOSTI

U savremenom društvu, zasnovanom na znanju i ubrzanom tehnološkom razvoju, naučna pismenost postaje ključna kompetencija pojedinca. Nauka je jedan od glavnih pokretača ekonomskog razvoja i osnova za inovacije i nova radna mjesta. Istovremeno, intenzivna eksploatacija prirodnih resursa i industrijska proizvodnja dovode do brojnih izazova – ekoloških, klimatskih, zdravstvenih i ekonomskih. U tom kontekstu, obrazovni sistem treba da odgovori na savremene potrebe kroz razvoj naučne pismenosti.

KOMPONENTE NAUČNE PISMENOSTI

Prema definiciji OECD-a, naučna pismenost podrazumijeva sposobnost pojedinca da se angažuje s naučnim temama i problemima, koristi naučne dokaze u donošenju odluka i razumije osnovne pojmove i procese. Naučno pismena osoba:

- razumije osnovne pojmove i zakone prirodnih nauka,
- postavlja pitanja, analizira podatke i interpretira naučne rezultate,
- primjenjuje naučna saznanja u svakodnevnom životu i u društvenom kontekstu.
- Naučna pismenost nije samo poznavanje definicija, već i razumijevanje kako nauka funkcioniše, kakvu ulogu ima u društvu i kako se znanje odgovorno primjenjuje. To uključuje:
 - Razumijevanje metoda naučnih istraživanja: hipoteze, eksperimenti, eksperimentalni uslovi, interpretacija;
 - Poznavanje osnovnih etičkih principa: odgovornost akademska čestitost, poštovanje intelektualne svojine;

- Korištenje naučnih argumenata u svakodnevnim situacijama;
- Odgovorno korištenje naučnih saznanja i tehnologije u interesu zajednice.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Analizirajte medijske sadržaje sa naučnim tvrdnjama (reklame, članci, blogovi). Da li su tvrdnje zasnovane na dokazima?

Organizujte radionicu na temu kako se hemija koristi u domaćinstvu (deterdženti, konzervansi, kozmetika).

Osmislite eksperiment koji pokazuje neku pojavu iz svakodnevnog života (npr. kiselost sredstava za čišćenje).

DISKUSIJA

Zašto je važno razlikovati naučne od nenaučnih izvora informacija?

Kako naučna pismenost utiče na naše svakodnevne odluke?

SAMOPROCJENA

U kojoj mjeri se slažete sa izjavom: *Znam prepoznati kada je tvrdnja pseudonaučna.*

ULOGA HEMIJE U SVAKODNEVNOM DONOŠENJU ODLUKA

Poznavanje hemije pomaže u donošenju informisanih odluka o zdravlju, ishrani, higijeni i zaštiti okoline. Ipak, nastava hemije je često teorijska, s nedovoljno veza sa stvarnim životom. Nedostatak eksperimenata, integracije sa drugim predmetima i profesionalne orijentacije učenika utiče na pad interesovanja za hemiju i STEM oblasti.

Hemijska znanja su od suštinske važnosti za energetiku, prehrambenu i farmaceutsku industriju, ali i za svakodnevni životi. To znači da učenici na nivou srednje škole treba da razumiju praktičnu vrijednost hemije, koja odgovaraja na pitanja poput: „Koji sapun je efikasniji?“, „Zašto se hrana kvari?“, „Kako djeluje sredstvo za uklanjanje kamenca?“ – što otvara prostor za istraživačko učenje.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Istraživački zadatak: poređenje vode iz različitih izvora (pH, tvrdoća, boja, miris).

Debata: "Da li su sve hemikalije štetne?" – učenici brane različite stavove uz naučne argumente.

Analiza etiketa proizvoda: Koje hemijske supstance se koriste i zašto?

DISKUSIJA

Koji su primjeri pozitivne primjene hemije u svakodnevnom životu?

Kako bi izgledao svijet bez hemije?

SAMOPROCJENA

U kojoj mjeri razumijete načine na koje hemija utiče na vaš svakodnevni život?

ETIKA U NAUČNOM ISTRAŽIVANJU

Razvijanje naučne pismenosti uključuje i razumijevanje etičkih aspekata istraživanja. Nauka mora biti usklađena sa zakonom, etičkim principima, zaštitom ljudskih prava i životne okoline. Učenici treba da usvoje principe odgovornog eksperimentalnog rada, provjere izvora i etičnog prikazivanja i interpretacije rezultata.

Etika uključuje akademsku čestitost, poštovanje autorskih prava i svijest o potencijalnim posljedicama naučnih otkrića. Hemija, kao eksperimentalna nauka, pruža dobru osnovu za razvijanje ovih vrijednosti kroz istraživačke aktivnosti i timski rad.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Simulacija etičke komisije: učenici odlučuju o etičnosti eksperimenta na osnovu studije slučaja.

Analiza stvarnih primjera zloupotrebe nauke (npr. zagađenje, interes korporacija).

Izrada postera o naučnoj odgovornosti i prezentacija u školi.

Učenici treba da razlikuju nenamjerne greške u istraživanju od namjerne

manipulacije. Na časovima hemije je važno podsticati kulturu otvorenosti, priznanja grešaka i stalnog učenja – što su temelji razvoja nauke.

DISKUSIJA

Da li naučnici snose odgovornost za primjenu svojih otkrića?

Može li nauka biti vrijednosno neutralna?

Ko je odgovoran kada se naučne činjenice pogrešno interpretiraju u medijima – naučnici, novinari, čitaoci?

Da li postoji granica između nauke i ličnih uvjerenja?

SAMOPROCJENA

Da li pri istraživanju vodite računa o etičkim pravilima i pouzdanosti izvora?

Razvijanje naučne pismenosti nije samo zadatak nastavnika prirodnih nauka, već zajednički cilj obrazovanja. Nastava hemije pruža jedinstvenu priliku da učenici razviju analitičko mišljenje, odgovornost i sposobnost donošenja informisanih odluka – osobine koje su ključne za aktivno građanstvo u savremenom društvu.

NAUČNI METOD I RAZLIKOVANJE NAUKE OD PSEUDONAUKE

PRIMJENA NAUČNOG METODA U NASTAVI HEMIJE

Naučni metod predstavlja sistematski pristup proučavanju pojava, zasnovan na postavljanju pitanja, formulisanju hipoteza, prikupljanju i analizi podataka, izvođenju zaključaka i evaluaciji rezultata. Korištenjem naučnog metoda, učenici razvijaju vještine kritičkog mišljenja i rješavanja problema. Nastava hemije pruža odličnu priliku za primjenu naučnog metoda kroz eksperimentisanje, posmatranje i formulaciju zaključaka. Učenici uče kako da postavljaju istraživačka pitanja, planiraju ogledе, analiziraju rezultate i razmišljaju o primjenama naučnih saznanja.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Osmislite i izvedite eksperiment: „Koji deterdžent najefikasnije uklanja mrlje?“

Istraživačko pitanje: „Kako temperatura utiče na brzinu rastvaranja?“

DISKUSIJA

Koje faze naučnog metoda koristimo u svakodnevnom životu, a da toga nismo ni svjesni?

SAMOPROCJENA

U kojoj mjeri možete samostalno planirati i izvesti jednostavan hemijski eksperiment?

PREPOZNAVANJE PSEUDONAUČNIH TVRDNJI

Razlikovanje naučnih i pseudonaučnih tvrdnji je važan dio naučne pismenosti. Pseudonaučne tvrdnje često imitiraju jezik nauke, ali nisu zasnovane na provjerljivim dokazima, nemaju sistematičnost ni mogućnost falsifikacije.

Učenici treba da razviju sposobnost prepoznavanja karakteristika pseudonauke: nedostatak provjerljivih dokaza, oslanjanje na autoritet bez argumentacije, korištenje naučnog jezika bez suštine, i ignorisanje suprotnih dokaza. Uvođenjem primjera iz svakodnevice, kao što su reklame za „čudotvorne proizvode“ ili neprovjerene tvrdnje na društvenim mrežama, učenici mogu kritički analizirati informacije koje ih okružuju.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Istraživanje kontroverzne teme (npr. vakcinacija, GMO, klimatske promjene) – učenici u paru prikupljaju naučne i pseudonaučne izvore, analiziraju razlike i prezentuju zaključke.

Analiza video sadržaja sa interneta: da li su tvrdnje zasnovane na dokazima?

Debata: „Da li treba vjerovati svemu što piše 'naučno dokazano'?"

DISKUSIJA

Kako razlikovati naučno validne informacije od manipulativnih tvrdnji?

SAMOPROCJENA

Da li ste sigurni u svoju sposobnost da prepoznate pseudonaučne tvrdnje?

EVALUACIJA NAUČNE PISMENOSTI U NASTAVI HEMIJE

Uvođenje zadataka koji zahtijevaju primjenu naučnog metoda i kritičku analizu pseudonaučnih tvrdnji doprinosi razvoju naučne pismenosti. Evaluacija treba da obuhvati ne samo usvojena znanja, već i sposobnost analitičkog mišljenja, argumentacije i etičkog promišljanja.

Aktivnosti mogu uključivati izradu mini-projekata, pisanje naučnih osvrta, prezentaciju rezultata istraživanja i refleksiju o procesu učenja. Na taj način se povezuju znanja iz hemije sa širim kontekstima i razvijaju kompetencije potrebne za odgovorno i informisano djelovanje u savremenom društvu.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Izrada postera: „Kako prepoznati pseudonauku?“

Istraživački zadatak: analiza sastava popularnog 'detox' napitka – da li su tvrdnje opravdane?

DISKUSIJA

Kako bi izgledala škola koja redovno razvija naučnu pismenost kroz sve predmete?

SAMOPROCJENA

Koliko ste sigurni u svoju sposobnost da procijenite pouzdanost naučne tvrdnje?

AKTIVNO UČENJE U HEMIJI

PROMJENA PARADIGME UČENJA

Tradicionalna nastava, u kojoj učenici pasivno usvajaju gotove informacije, sve više ustupa mjesto pristupu u kojem se učenik nalazi u središtu procesa učenja. U savremenom obrazovanju, učenici aktivno učestvuju u nastavi kroz razne oblike misaonog angažmana, a nastavnik preuzima ulogu facilitatora i mentora. Ovakav pristup omogućava dublje razumijevanje gradiva i razvoj kompetencija koje su primjenjive u svakodnevnom životu i budućem radu.

Aktivno naspram pasivnog učenja

Tradicionalni, pasivni pristupi učenju često podrazumijevaju frontalnu nastavu u kojoj nastavnik prenosi znanje, a učenici ga reprodukuju. U takvom modelu učenici uglavnom slušaju, bilježe informacije i pripremaju se za testove koji mjere pamćenje činjenica. Iako ovakav način rada može donijeti kratkoročne rezultate, on rijetko doprinosi dubljem razumijevanju, povezivanju znanja i razvoju vještina.

S druge strane, aktivno učenje podrazumijeva da učenici učestvuju u nastavnom procesu kroz aktivnosti koje zahtijevaju razmišljanje, analizu, saradnju i primjenu znanja. Umjesto da budu pasivni primaoci informacija, učenici postaju aktivni kreatori znanja. Ovakav pristup omogućava bolje razumijevanje koncepata, razvoj metakognitivnih sposobnosti i trajno usvajanje znanja. Sljedeća tabela prikazuje osnovne razlike između pasivnog i aktivnog učenja.

Tabela 1. Najvažnije razlike između pasivnog i aktivnog učenja

Pasivno učenje	Aktivno učenje
Fokus na prenošenju gotovih informacija	Fokus na istraživanju i građenju znanja
Učenici slušaju i bilježe	Učenici postavljaju pitanja i diskutuju
Reprodukcija znanja	Primjena, analiza i sinteza znanja
Nastavnik dominira u procesu	Nastavnik usmjerava
Ograničena interakcija	Aktivna međusobna saradnja
Kratkoročno pamćenje	Dugoročno razumijevanje



Slika 2. Pasivno naspram aktivnog učenja (izvor: teaonline.asu.edu)

Šta je aktivno učenje?

Aktivno učenje obuhvata raznovrsne pristupe i metode koje podrazumijevaju aktivno uključivanje učenika u proces učenja. Osnovne

karakteristike su samostalno istraživanje, međusobna interakcija, povezivanje sa svakodnevnim iskustvima i refleksija. Učenici ne primaju znanje pasivno, već ga grade kroz vlastito iskustvo, koristeći dostupne informacije, eksperimente, diskusije i rješavanje problema.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Ispitivanje prisustva skroba u različitim namirnicama

Učenici u grupama osmišljavaju i provode eksperiment pomoću rastvora joda i uzoraka iz kućne upotrebe (npr. krompir, hljeb, jabuka, tjestenina).

DISKUSIJA

Koji uzorci su dali pozitivnu reakciju na skrob i zašto?

Kako tumačimo promjene boje u reakciji joda sa skrobom?

SAMOPROCJENA

Koliko ste angažovani u planiranju i izvođenju eksperimenta?

Možete li navesti barem jedan način za dalje istraživanje uloge skroba u ishrani ili hemijskim procesima?

Zašto je aktivno učenje važno u hemiji?

- Hemija je konceptualno zahtjevna i eksperimentalna nauka. U predmetu hemija učenici ne samo da usvajaju teorijska znanja, već i razvijaju vještine potrebne za praktičnu primjenu tih znanja. Od učenika se zahtijeva da aktivno učestvuju u istraživačkom procesu, razmišljaju o rezultatima svojih eksperimenata i povezuju teoriju s praksom. Aktivno učenje pruža učenicima priliku da se angažuju u eksperimentima, analiziraju hemijske reakcije i razvijaju kritičko razmišljanje.
- Aktivno učenje igra ključnu ulogu u razvoju hemijske pismenosti, koja podrazumijeva sposobnost da učenici razumiju, analiziraju i primjenjuju hemijske koncepte u svakodnevnim životnim situacijama. Kroz različite aktivnosti, kao što su eksperimenti, istraživanje i diskusije, učenici ne samo da bolje razumiju hemijske pojmove, već razvijaju vještine koje im pomažu da prepoznaju hemijske fenomene u okolini. Aktivno učenje omogućava učenicima da uče na osnovu vlastitog iskustva, čime se povećava njihova sposobnost da primjene hemijske principe u realnim situacijama.
- Kroz aktivno učenje, učenici razvijaju sposobnost naučnog mišljenja i donošenja zaključaka zasnovanih na analizama i eksperimentima. Ovaj pristup omogućava učenicima da se suoče sa stvarnim problemima, razmišljaju o različitim mogućnostima rješenja i nauče kako donijeti informisane odluke na osnovu dostupnih podataka. Aktivno učenje podstiče učenike da postavljaju pitanja, istražuju uzroke i posljedice hemijskih reakcija te razvijaju vještine za rješavanje složenih problema.
- Hemija je usko povezana sa svakodnevnim životom, a razumijevanje osnovnih hemijskih principa pomaže učenicima da bolje shvate svijet oko sebe. Aktivno učenje omogućava

učenicima da uče kroz primjenu hemije na svakodnevnim primjerima i situacijama, kao što su kućni eksperimenti, analiza prehrambenih proizvoda ili razumijevanje ekoloških izazova. Time se hemija povezuje s realnim životom, što omogućava učenicima da prepoznaju važnost ove nauke i njenu primjenu u društvu.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Ispitivanje pH vrijednosti tečnosti

Učenici mjere pH vrijednost različitih tečnosti (npr. limunov sok, sirće, voda) koristeći indikatorski papir, te analiziraju rezultate u kontekstu kiselo-baznih reakcija.

Analiza sastava proizvoda

Učenici istražuju sastav različitih proizvoda (npr. sapuni, deterdženti) i diskutuju o njihovoj primjeni.

Simulacija sagorijevanja

Korištenjem *online* simulacija ili praktičnih demonstracija, učenici istražuju kako različiti faktori (temperatura, količina kiseonika) utiču na brzinu reakcije sagorevanja i efikasnost ove reakcije.

Ekološki uticaj hemikalija

Učenici istražuju kako industrijske hemikalije, poput pesticida ili plastičnih materijala, utiču na okolinu, te diskutuju o mogućim rješenjima za smanjenje njihovog negativnog uticaja.

METODE I STRATEGIJE AKTIVNOG UČENJA U NASTAVI HEMIJE

Osmišljavanjem i uključivanjem metoda aktivnog učenja u nastavni proces ne samo da se olakšava pamćenje i razumijevanje informacija, već se značajno razvijaju samostalnost, odgovornost, kreativnost i motivacija kod učenika. Učenici se pripremaju za životne situacije u kojima će morati da analiziraju, odlučuju, sarađuju i primenjuju naučeno u različitim kontekstima. Osim toga, aktivno učenje doprinosi formiranju funkcionalnog znanja – znanja koje se ne zaboravlja nakon provjere, već ostaje kao trajna osnova za dalje učenje i delovanje. U vremenu brzih promena i sve veće potrebe za fleksibilnim razmišljanjem i učenjem tokom života, ovaj pristup nastavi postaje neophodan.

Iako su u nastavi hemije mogućnosti za primenu metoda aktivnog učenja brojne, izvođenje eksperimenata zasnovanih na teorijskim konceptima koje se u datom trenutku podučavaju, smatra se jednom od najvažnijih, ako ne i najvažnijom metodom.

Eksperiment omogućava učenicima da apstraktne hemijske pojmove učine vidljivim, konkretnim i razumljivim. Učenici ne samo da slušaju o hemijskim reakcijama, već istražuju, posmatraju, mere, upoređuju rezultate i donose zaključke na osnovu svojih zapažanja.

Eksperimenti u nastavi hemije

Eksperiment podstiče aktivno učešće učenika, jer osmišljavajući i izvedeći sve faze eksperimenta, oni postaju istraživači. Efikasno uključivanje eksperimenta u nastavu zahteva postavljanje jasnih ciljeva i odabir eksperimenata koji nedvosmisleno podržavaju teorijske

koncepte. Takođe, treba omogućiti učenicima da samostalno primenjuju elemente naučnog metoda – od postavljanja hipoteza, preko izrade plana, izvođenja eksperimenta, analize rezultata, pa do donošenja zaključaka.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Reakcija neutralizacije: Učenici mogu posmatrati reakciju sode bikarbone i sirćetne kiseline, uočavajući pjenušanje i izdvajanje ugljen-dioksida. Ovaj eksperiment pomaže učenicima da učvrste znanje o kiselinama i bazama.

Reakcija oksidacije: Učenici mogu proučavati proces rđanja gvožđa u kontaktu s vodom ili vazduhom, a mogu koristiti različite materijale (žicu od aluminijuma, bakra) kako bi ispitali kako faktori kao što su vlažnost ili temperatura utiču na brzinu rđanja.

Sagorijevanje organskih supstanci: Na osnovnom nivou učenici mogu proučavati prosto sagorijevanje papira, dok na višim nivoima istražuju sagorijevanje parafina ili sagorijevanje fosilnih goriva, povezujući ovu reakciju sa ekološkim aspektima.

Ovaj pristup povećava motivaciju, jer učenici osećaju da su deo stvarnog naučnog procesa, a ne samo pasivni posmatrači. Izvođenjem eksperimenata učenici razvijaju niz važnih kompetencija: pažljivost,

preciznost, timski rad, odgovornost, kritičko mišljenje i rešavanje problema.

Eksperimenti mogu biti jednostavni (npr. posmatranje promene boje pri reakciji kiseline i baze) ili složeniji (npr. izdvajanje metala iz ruda, identifikacija jona). Takođe, mogu biti demonstracioni, grupni, individualni, a u novije vreme i digitalni. Nastavnici često biraju niskobudžetne eksperimente, što omogućava održivost i razvijanje kompetencije za rad u okviru realnih uslova škole.

Problemska nastava

Problemska nastava (*Problem-based learning – PBL*) predstavlja metodu aktivnog učenja u hemiji u kome nastavnik zadaje stvarni ili simulirani problem, povezan sa nekom stvarnom situacijom iz realnog života (npr. kako očistiti zagađenu vodu ili zašto dolazi do korozije metala), a učenici istražuju, planiraju rješenje i prezentuju rezultate u interaktivnom i timskom okruženju, a često su je potreban interdisciplinarni pristup koji podrazumijeva sagledavanje problema sa aspekta više različitih disciplina.

Česti primjeri ovog metoda odnose se na važne društvene teme koje su direktno povezani sa nekim aspektima hemije, kao što su na primjer teme vezane za zagađenje i očuvanje životne sredine. Iako postoje primjeri da se tema "Zagađenje vazduha i kisele kiše" učenicima prezentuje u osnovnoj školi, po nivou potrebnih hemijskih kompetencija ova tema je primjereniji nivou srednje škole (npr. 2. ili 3. razred gimnazije ili srednje stručne škole) i obuhvata elemente istraživačkog učenja, grupnog rada, povezivanja sa svakodnevnim životom i razvijanja kritičkog mišljenja.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Zagađenje vazduha i kisela kiša

Ova tema može se povezati s ključnim pojmovima iz hemije, poput oksida, kiselina i reakcija neutralizacije, ali kroz problemski pristup učenici ne samo da razmatraju hemijske reakcije, već istražuju i socijalne, ekološke i ekonomske aspekte problema.

Scenarij za temu “Zagađenje vazduha i kisela kiša”:

1. **Uvod u problem (10 minuta):** Učenici gledaju video o posljedicama kiselih kiša. Nastavnik postavlja pitanja o gasovima koji nastaju pri sagorevanju fosilnih goriva i njihovom uticaju na životnu sredinu.
2. **Grupni rad – istraživanje i analiza (40 minuta):** Učenici se dele u grupe i istražuju uzroke i posledice zagađenja, povezujući hemijske reakcije sa ekološkim problemima. Na kraju, predlažu mere za smanjenje zagađenja, poput smanjenja azota i sumpora u gorivu.

Debate u nastavi hemije

Organizovanje debate o hemijskim temama, koje su ujedno i aktuelna društvena pitanjima takođe predstavlja oblik aktivne nastave posebno zanimljive na časovima hemije. Mnogi društveni problemi, na lokalnom, ali i na globalnom nivou u svojoj osnovi imaju hemiju kao nauku. Neki od njih su upotreba pesticida i bezbjednost hrane generalno, plastika u

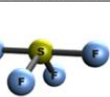
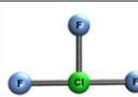
svakodnevnom životu, sigurnost vakcina, prednosti i nedostaci obnovljivih izvora energije, različiti prirodni resursi, voda, rudnici i mineralne sirovine i mnoge druge. Ovakve teme su često veoma kompleksne i zahtijevaju temeljnu pripremu nastavnika, kako bi se debata zadržala u okviru argumentacije potvrđenim naučnim činjenicama, posebno imajući u vidu da su često predmet tzv. teorija zavjera i pseudonaučnog pristupa. Pored naprednih hemijskih znanja i naučne pismenosti kroz debate o aktuelnim hemijskim temama razvijaju se komunikacione vještine učenika i povezuje stečeno znanje sa realnim životnim situacijama.

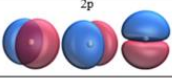
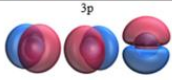
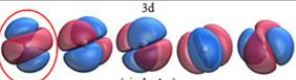
Drugi oblici aktivne nastave hemije

Pored opisanih u nastavku su predstavljene još neke odabrane metode koje se mogu uspješno primijeniti u okviru nastave hemije, uz konkretne primjere.

Izrada trodimenzionalnih modela molekula

Ova metoda je posebno efektna u nastavi organske hemije, gdje učenici često imaju poteškoća u razumijevanju prostorne građe molekula. Korišćenjem jednostavnih materijala kao što su plastelin, drveni štapići, žica, kuglice ili čak reciklirani materijali, učenici mogu praviti 3D modele metana, etena, cikloalkana, aromatičnih jedinjenja ili aminokiselina i proteina. Kroz ovakvu aktivnost, učenici lakše razumiju pojmove kao što su *geometrija molekula, izomerija, konformacije i stereoizomerija*. Komercijalni setovi za molekularno modelovanje takođe se mogu koristiti, naročito u srednjim stručnim školama i gimnazijama sa većim fondom časova, kako bi se stvorila dublja veza između teorijskih znanja i njihove vizualizacije.

Steric number (hybridization and bond angle)	Lone pairs		
	0	1	2
2 (sp 180°)	 (Linear)		
3 (sp^2 120°)	 (Trigonal planar)	 (Bent)	
4 (sp^3 $\sim 109.5^\circ$)	 (Tetrahedral)	 (Trigonal pyramidal)	 (Bent)
5 (dsp^3 $90^\circ/120^\circ$)	 (Trigonal bipyramidal)	 (Seesaw)	 (T-shaped)
6 (d^2sp^3 90°)	 (Octahedral)	 (Square pyramidal)	 (Square planar)

1s 	
2s 	2p 
3s 	3p 
	3d  (circle d_{xy})

Slika 3. Primjer 3D modela (izvor: bmcresnotes.biomedcentral.com)

Edukativne igre i kvizovi

Za ponavljanje gradiva i provjeru znanja, nastavnik može osmisliti kvizove u raznim formatima – digitalne (npr. *Kahoot*, *Quizizz*), papirne (igre karata sa pitanjima i odgovorima), kao i takmičarske igre u timu („Ko želi da bude hemičar?“, „*Hemijski milioner*“). U ovakvom pristupu, učenici uče kroz igru, a ujedno razvijaju uče *brzo razmišljanje*, *timsku saradnju* i *takmičarski duh*. Kvizovi se mogu koristiti kao uvod u novu lekciju (provjera prethodnog znanja), u sredini nastavne jedinice (formativna procjena) ili na kraju (sumativna provjera).

Projektna nastava i timski istraživački zadaci

Neke teme iz hemije su odlične za dublje istraživanje i timski rad. Učenici mogu raditi na mini-projektima u manjim grupama, istražujući hemijske aspekte svakodnevnog života: „Hemija u kozmetici“, „Analiza sastava bezalkoholnih pića“, „Uticaj kiselih kiša na okolinu“, „Zagađenje mikroplastikom“, „Hemija lijekova“ i slično. Učenici prikupljaju informacije iz više izvora, vrše jednostavne eksperimente ili ankete, analiziraju nalaze i predstavljaju rezultate kroz postere, PowerPoint prezentacije, video-klipove ili panoe. Ova metoda podstiče istraživački duh, medijsku i informacionu pismenost, kao i timsku saradnju.

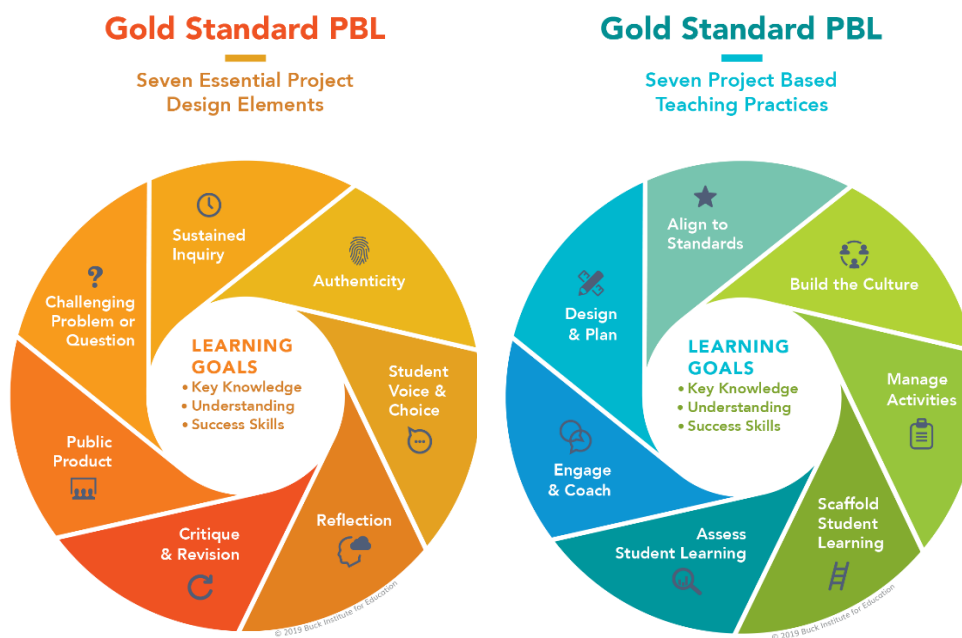


Figure 4. Project-based learning (source: pblworks.org)

Terenska nastava

Organizovanje posjeta industrijskim postrojenjima, laboratorijama, farmaceutskim fabrikama, hemijskim odsjecima univerziteta ili postrojenjima za preradu vode omogućava učenicima da hemiju dožive kao stvarnu i korisnu nauku. Učenici mogu vidjeti primjenu procesa kao što su destilacija, filtracija, neutralizacija, kontrola kvaliteta, primjena savremenih analitičkih instrumenata i zaštita životne sredine u realnim uslovima rada. Ovakva iskustva jačaju motivaciju za učenje, profesionalnu orijentaciju i povezanost teorije i prakse.

The Power of School Trips: Key Benefits

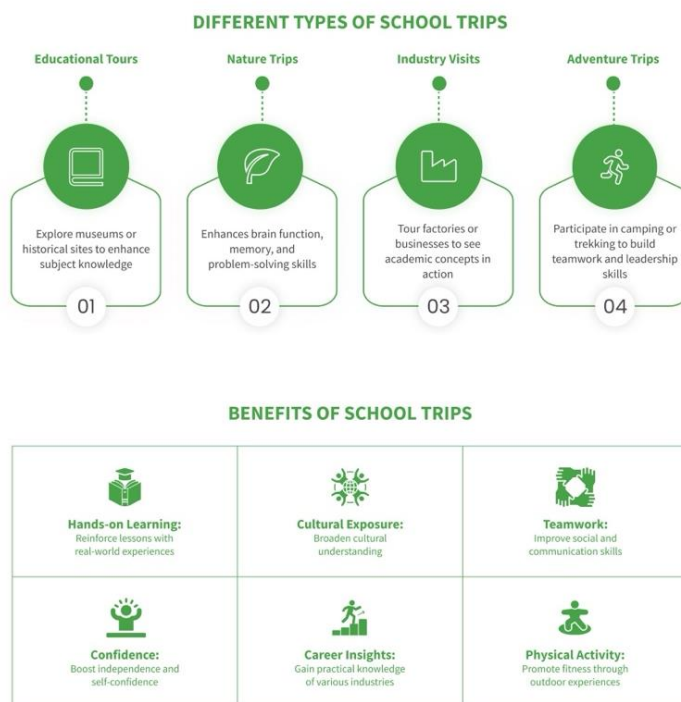


Figure 1. Prednosti školskih posjeta (source: varthana.com)

Generalno, uključivanje aktivnih metoda u nastavu hemije ne samo da povećava angažovanost i interesovanje učenika, već omogućava dublje razumijevanje gradiva, razvoj viših kognitivnih vještina i priprema učenike za suočavanje sa stvarnim problemima. Nastavnici hemije imaju široku lepezu kreativnih mogućnosti da kroz ovakve metode pretvore časove u inspirativna iskustva učenja.

ELEMENTI SAVREMENOG PREDMETNOG PROGRAMA HEMIJE

STRUKTURA PREDMETNOG PROGRAMA

Predmetni program hemije (kurikulum) predstavlja osnovu za planiranje, realizaciju i evaluaciju nastave, a istovremeno i vodič nastavnicima u ostvarivanju obrazovnih ciljeva. On nije puka zbirka nastavnih sadržaja, već promišljen okvir koji usmjerava učenike ka sticanju znanja, razvijanju vještina i oblikovanju stavova u skladu sa savremenim potrebama društva i naučnim dostignućima.

U savremenom obrazovnom pristupu, predmetni program hemije oblikuje se tako da podrži razvoj funkcionalne pismenosti i naučne pismenosti, sa posebnim naglaskom na ishode učenja. Ovi ishodi ne predstavljaju samo jednostavno reprodukovanje činjenica, već se odnose na ono što učenici treba da budu sposobni da znaju, razumiju, primijene, analiziraju, procjenjuju i kreiraju u kontekstu hemijskih koncepata i njihove praktične primjene.

Svrha i ciljevi predmeta

Na početku svakog kurikuluma definiše se svrha predmeta, koja objašnjava zbog čega se hemija izučava u obrazovnom sistemu i na koji način doprinosi opštem obrazovanju. Hemija razvija sposobnost razumijevanja materijalnog svijeta, racionalnog mišljenja, eksperimentalnog rada i donošenja odluka na osnovu dokaza. Kroz učenje hemije učenici razvijaju svijest o uticaju nauke i tehnologije na svakodnevni život, kao i odgovornost prema životnoj sredini i

društvenoj zajednici.

Ciljevi se postavljaju tako da podrže razvoj ključnih kompetencija, kao što su: komunikacija, rješavanje problema, digitalna pismenost, saradnja, odgovornost i samostalno učenje. U kontekstu hemije, to znači osposobljavanje učenika da analiziraju hemijske procese, kritički promišljaju o naučnim tvrdnjama, rješavaju zadatke kroz logičko zaključivanje i da primjenjuju stečena znanja u svakodnevnim situacijama.

Tematski i konceptualni okvir

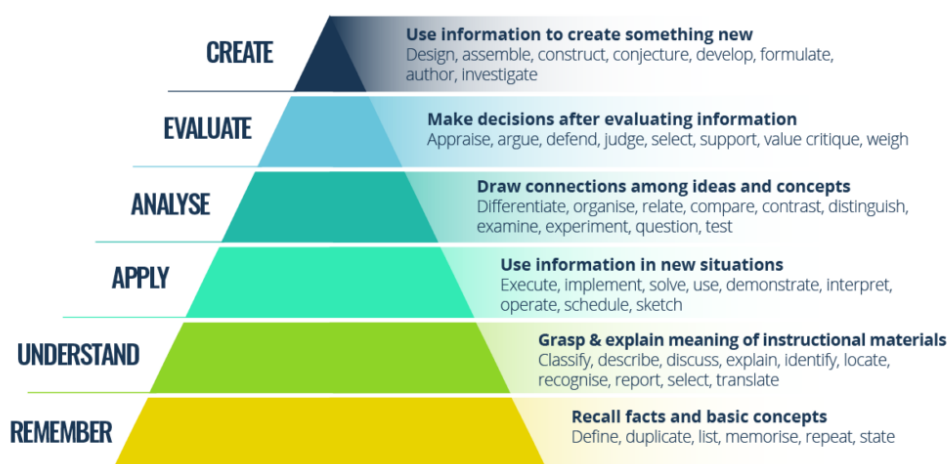
Struktura programa je organizovana oko tematskih cjelina i konceptualnih okvira, što omogućava dublje razumijevanje i povezivanje različitih oblasti hemije. Umjesto linearnog nabiranja oblasti, savremeni programi integrišu sadržaje kroz teme koje su relevantne, kontekstualne i često interdisciplinarne. Na taj način učenici razvijaju sposobnost da prepoznaju hemijske principe u različitim situacijama – od kuhinje, preko zdravlja i ekologije, do industrije i energetike.

Ishodi učenja – suština savremenog nastavnog programa

Ishodi učenja predstavljaju ključni element svakog predmetnog programa. To su jasne, mjerljive izjave koje definišu šta učenik treba da zna, razumije i može da uradi nakon određenog perioda učenja. Ishodi su zasnovani na različitim nivoima kognitivnog razvoja, prema Bloomovoj taksonomiji, i uključuju:

- **Znanje i razumijevanje** – učenik prepoznaje osnovne hemijske pojmove (npr. zna definisati atom, molekul, element, jedinjenje);

- **Primjena** – učenik koristi znanje u novim situacijama (npr. izračunava količinu supstance potrebne za reakciju);
- **Analiza** – učenik povezuje uzroke i posljedice (npr. analizira promjene u eksperimentu i objašnjava ih);
- **Evaluacija** – učenik procjenjuje informacije i donosi zaključke (npr. ocjenjuje uticaj neke hemikalije na životnu sredinu);
- **Kreacija** – učenik osmišljava rješenja ili sopstvene eksperimente (npr. dizajnira eksperiment za ispitivanje reakcije neutralizacije).



Slika 3. Bloomova taksonomija (www.growthengineering.co.uk)

Ishodi su često povezani s konkretnim sadržajima, ali imaju širi cilj: razvoj kompetencija koje se mogu prenijeti na druge oblasti i kontekste. Na primjer, učenik koji nauči analizirati rezultate hemijskog eksperimenta razvija i vještine koje su korisne u rješavanju stvarnih problema ili pri odlučivanju o zdravstvenim ili ekološkim pitanjima.

U savremenim programima hemije, ishodi su često grupisani u tematske oblasti (domene), kao što su:

- Hemijsko znanje (razumijevanje koncepata),
- Eksperimentalne vještine (planiranje, izvođenje, zaključivanje),
- Zdravlje i životna sredina (primjena znanja u svakodnevnicu),
- Komunikacija i argumentacija (izražavanje mišljenja na naučno utemeljen način).

Metodološka podrška nastavnicima

Predmetni programi pružaju nastavnicima didaktičko-metodička uputstva, koja ih usmjeravaju na izbor nastavnih strategija, bez ograničavanja njihove kreativnosti i profesionalne slobode. Ova uputstva obuhvataju preporuke o:

- izboru metoda aktivnog učenja (eksperiment, debata, projektni zadaci, rješavanje problema),
- korištenju digitalnih alata (simulacije, virtualni eksperimenti, video demonstracije),
- organizaciji evaluacije (formativno i sumativno vrednovanje, portfolio, prezentacije).

Svrha ovih preporuka je da olakšaju nastavnicima ostvarenje ishoda, ali i da im omoguće da u nastavi odraze sopstveni pedagoški stil i kontekst u kojem rade.

Interdisciplinarnost i povezanost s realnim svijetom

Programi hemije trebaju ukazivati na povezanost hemije sa drugim predmetima (npr. biologijom, fizikom, geografijom, građanskim obrazovanjem) i sa temama koje prevazilaze granice školskih disciplina, kao što su, na primjer, klimatske promjene, energija, zdravlje, ishrana i

održivi razvoj. Time se omogućava učenicima da razviju širu sliku o ulozi nauke, ali i da prepoznaju značaj hemijskog znanja u kontekstu savremenih izazova.

Vrednovanje i evaluacija programa

Savremeni predmetni program uključuje smjernice za vrednovanje postignuća učenika koje su usklađene s ishodima učenja. Umjesto isključivo reproduktivnih zadataka, vrednovanje treba obuhvatiti raznovrsne oblike zadataka, uključujući otvorena pitanja, praktične zadatke, refleksije i samoprocjenu.

Pored toga, program mora predviđati periodičnu evaluaciju samog kurikulumu, kojom se osigurava njegova relevantnost i efikasnost. Ova evaluacija treba da bude zasnovana na analizi postignutih ishoda, povratnim informacijama nastavnika i učenika, te promjenama u nauci, društvu i tržištu rada.

TEMATSKE OBLASTI U PREDMETU HEMIJA

Nastavni program hemije u srednjoškolskom obrazovanju u Bosni i Hercegovini razlikuje se u trajanju i obimu, zavisno od tipa škole i obrazovnog profila. Od jednogodišnjih kurseva nekim srednjim stručnim školama, do četverogodišnjih programa u prirodno-matematičkim gimnazijama, hemija je predmet koji nudi veliki potencijal za razvoj naučne pismenosti, kritičkog mišljenja i sposobnosti povezivanja teorije sa stvarnim svijetom.

TRADICIONALNA ORGANIZACIJA SADRŽAJA

U većini škola u našem obrazovnom sistemu nastava hemije još uvijek se organizuje po linearnom modelu, gdje se oblasti hemije obrađuju sukcesivno po razredima, prateći u velikoj mjeri istorijski razvoj hemijskih nauka:

- **Prva godina:** Opšta i neorganska hemija. Obrađuju se pojmovi strukture atoma, periodnog sistema, hemijskih veza i tipova hemijskih reakcija. Pored toga, uče se osobine osnovnih klasa neorganskih jedinjenja.
- **Druga godina:** Fizička i analitička hemija. Fokus je na hemijskoj kinetici, ravnoteži, koligativnim osobinama rastvora, kao i osnovama hemijske analize.
- **Treća godina:** Organska hemija. Učenici se upoznaju sa strukturama i reakcijama ugljovodonika, funkcionalnih grupa i svakodnevnih organskih supstanci.

- **Četvrta godina:** Hemija prirodnih proizvoda i biohemija. Obrađuju se osnovne biološke molekule, enzimi, vitamini i metabolički putevi, često uz učešće u projektima i istraživačkom radu.

Ovakav pristup ima određene prednosti, kao što su sistematičnost i progresivna nadogradnja znanja. Međutim, često zanemaruje funkcionalnu primjenu hemije i ograničava mogućnosti za povezivanje sa svakodnevnim kontekstima, drugim predmetima i savremenim izazovima.

Iako linearan pristup omogućava postepeno usvajanje znanja, u praksi se često pokazuje kao statičan i nefleksibilan. Analiza nastavnih programa i nastavne prakse ukazuje na:

- Nedovoljnu povezanost između nastavnih tema i svakodnevnog života učenika.
- Mehaničko uključivanje sadržaja bez jasno definisanih obrazovnih ishoda.
- Nedostatak prostora za eksperimentalni rad, interdisciplinarnost i razvoj generičkih kompetencija.

Ovi izazovi postaju još izraženiji u dvogodišnjim i trogodišnjim programima, gdje je obim gradiva ograničen, a učenici često ne stignu dublje razumjeti hemijske procese i njihovu praktičnu vrijednost.

SAVREMENI PRISTUPI ORGANIZACIJI TEMATSKIH OBLASTI

U savremenim kurikulumima širom svijeta, sve veći akcenat stavlja se na funkcionalnu organizaciju znanja i razvijanje kompetencija, pri čemu je fokus na učeniku i ishodima učenja. Dva dominantna pristupa su:

Organizacija predmetnog programa po oblastima (domenima)

Ovaj pristup, primijenjen u Finskoj, Estoniji, Kanadi, Hrvatskoj i drugim obrazovnim sistemima, organizuje nastavu hemije oko tematskih cjelina koje imaju jasno određenu svrhu i obrazovne ishode. Umjesto izučavanja po naučnim disciplinama, sadržaji su organizovani tako da odražavaju:

- **Funkcionalnost znanja** – znanje koje učenik može primijeniti.
- **Povezanost sa stvarnim svijetom** – kroz teme koje su učenicima poznate.
- **Spirala znanja** – isti koncepti se obrađuju na sve složenijem nivou u različitim razredima.

U primjerima iz prakse, kao što su finski domeni („Struktura materije“, „Promjene i interakcije“, „Energija u hemijskim procesima“, „Hemija u svakodnevnom životu“), jasno je vidljivo kako se sadržaji strukturiraju prema obrazovnim ishodima i životnoj primjeni.

Tematska ili problemska organizacija

Tematski pristup, često prisutan u Holandiji, Australiji i državama koje prate okvire međunarodne evaluacije, zasniva se na istraživačkim pitanjima koja pokreću proces učenja. Na primjer:

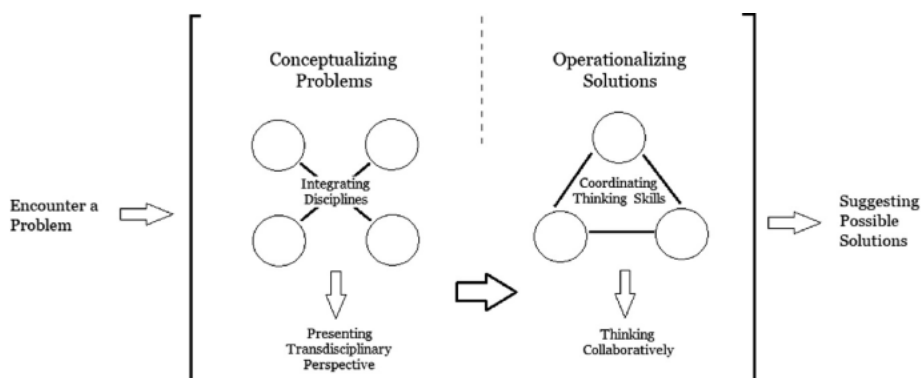
- Kako rade baterije?
- Koja je razlika između sapuna i deterdženta?
- Kako hemija doprinosi borbi protiv klimatskih promjena?

Ovakva pitanja omogućavaju učenicima da uče kroz istraživanje, diskusiju i praktične eksperimente, čime se podstiče razvoj kritičkog mišljenja i kreativnosti.

Integrisana nastava prirodnih nauka

U SAD, Velikoj Britaniji i Norveškoj, sve češće se koristi model gdje se hemija izučava u sklopu predmeta „Science“, zajedno sa biologijom i fizikom. Prednost ovakvog pristupa je:

- Učenje kroz projekte i teme koje uključuju više disciplina.
- Razvijanje interdisciplinarnih veza i funkcionalnog znanja.
- Bolja priprema učenika za rješavanje kompleksnih problema savremenog svijeta.



Slika 4. Integrisano naučno obrazovanje (izvor: Integrisano naučno obrazovanje: Rasprave o važnosti i pristupima poučavanju, link.springer.com)

ISHODI UČENJA KAO POLAZIŠTE ZA ORGANIZACIJU OBLASTI

Bez obzira na model, savremena organizacija nastavnih oblasti ne može se zamisliti bez jasno definisanih **ishoda učenja**. Ishodi su konkretne i mjerljive izjave koje opisuju:

- Šta učenik treba da **zna** (znanje),
- Šta treba da **razumije** (razumijevanje),
- Šta treba da **može da uradi** (vještine i kompetencije).

Tematske oblasti u savremenom kurikulumu formulišu se tako da podržavaju ostvarenje ishoda učenja, a sadržaji se biraju kao sredstvo za njihovo postizanje. Na primjer:

- U oblasti „**Hemija i zdravlje**“, ishod može glasiti: *„Učenik analizira ulogu različitih hemijskih supstanci u organizmu i donosi zaključke o njihovom uticaju na zdravlje.“*
- U oblasti „**Materija i promjene**“, ishod može biti: *„Učenik predviđa tok i posljedice hemijskih reakcija na osnovu poznavanja zakona hemije.“*

Ovako postavljeni ishodi olakšavaju planiranje, vrednovanje i diferencijaciju nastave u zavisnosti od konteksta, interesovanja učenika i dostupnih resursa.

Preporuke za unaprjeđenje organizacije tematskih oblasti

U cilju modernizacije nastave hemije, preporučuju se sljedeće aktivnosti i intervencije u okviru predmetnih programa:

- Postepena integracija oblasne i problemske organizacije nastave počevši od tematskih cjelina unutar postojeće strukture.
- Jasno povezivanje oblasti sa ishodima učenja i kompetencijama – svaka oblast treba da ima takozvano obrazovno opravdanje.
- Uvođenje fleksibilnih modula i izbornih tema – kao što su „Hemija i energija“, „Hemija hrane“, „Hemija i društvo“.
- Korišćenje interdisciplinarnih projekata i scenarija – gdje se hemija povezuje sa biologijom, geografijom, fizikom, informatikom i građanskim obrazovanjem.
- Stalna edukacija nastavnika – kako bi se osigurala pravilna interpretacija i realizacija savremenih pristupa.

ISHODI UČENJA I KOMPETENCIJE

Savremeni obrazovni sistemi sve više se udaljavaju od tradicionalnih pristupa i usmjeravaju ka ishodima i razvoju kompetencija kod učenika. U tom procesu u stručnu i opštu obrazovnu terminologiju uvode se novi pojmovi, pri čemu dolazi do čestih zamjena termina poput „kompetencija“, „ishoda učenja“, „vještina“ i „sposobnosti“. Iako se ovi pojmovi često koriste kao sinonimi, među njima postoje važne razlike koje je nužno razumjeti kako bi se uspješno primijenili u planiranju, realizaciji i evaluaciji nastave.

KOMPETENCIJE

Kompetencije predstavljaju kombinaciju znanja, vještina, stavova i sposobnosti koje omogućavaju osobi da djeluje efikasno, odgovorno i samostalno u različitim kontekstima – u učenju, radu i svakodnevnom životu. Prema definiciji Evropske komisije, kompetencija je: „Dokazana sposobnost korištenja znanja, vještina i ličnih, socijalnih i/ili metodoloških sposobnosti u radnim ili obrazovnim situacijama, te u profesionalnom i ličnom razvoju.“ Dakle, kompetencije uključuju ne samo ono što osoba zna, već i njenu sposobnost da ta znanja i vještine primjenjuje u stvarnim životnim okolnostima. One su širi obrazovni ciljevi koje nastava treba da podrži.

ISHODI UČENJA

Ishodi učenja su konkretne, jasno formulisane izjave koje opisuju šta učenik treba da zna, razumije i može da uradi po završetku određenog obrazovnog procesa. Za razliku od kompetencija koje predstavljaju

krajnje ciljeve, ishodi učenja su mjerljivi koraci koji vode ka razvoju kompetencija.

Na primjer, u nastavi hemije:

- **Kompetencija:** Razvijena naučna pismenost i sposobnost primjene hemijskih koncepata u svakodnevnom životu.
- **Ishod učenja:** Učenik objašnjava svojstva i primjenu sapuna i deterdženata na osnovu hemijske strukture njihovih molekula.

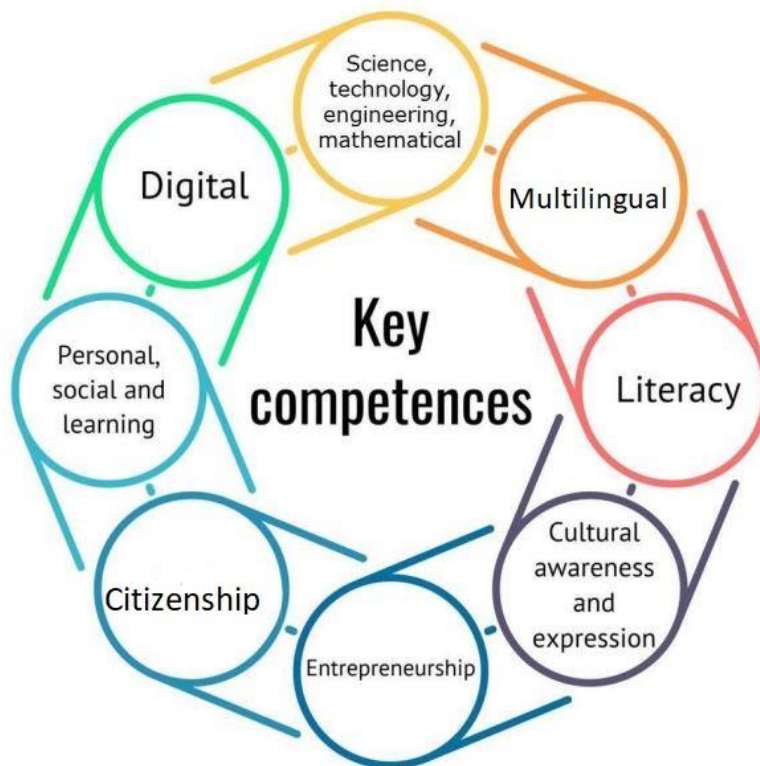
Na ovaj način, ishodi učenja se mogu smatrati alatom za postizanje kompetencija. Dobro formulisani ishodi učenja pomažu nastavnicima da jasno definišu ciljeve časa, planiraju aktivnosti i razvijaju strategije vrednovanja, dok učenicima omogućavaju da razumiju šta se od njih očekuje.

KLJUČNE KOMPETENCIJE ZA CJELOŽIVOTNO UČENJE

Koncept ključnih kompetencija razvijen je kao odgovor na potrebe društva znanja, ubrzane tehnološke promjene i globalizaciju tržišta rada. Evropska unija je 2006. godine usvojila okvir ključnih kompetencija, a 2018. godine on je revidiran kako bi bolje odgovorio na izazove digitalizacije, održivog razvoja i društvene inkluzije.

Ključne kompetencije za cjeloživotno učenje predstavljaju skup znanja, vještina i stavova potrebnih svakom pojedincu za:

- lični razvoj,
- zapošljavanje,
- aktivno građanstvo,
- socijalnu uključenost.



Slika 5. Ključne kompetencije (izvor: kivinen.wordpress.com)

Prema dokumentu *Preporuka o ključnim kompetencijama za cjeloživotno učenje* (2006, revidirano 2018), identificirano je osam ključnih kompetencija:

1. Pismenost – jezičke i komunikacijske sposobnosti u maternjem jeziku
2. Komunikacija na stranim jezicima
3. Matematička, naučna i tehnološka kompetencija
4. Digitalna kompetencija
5. Lični i socijalni razvoj, učenje kako se uči

6. Građanska kompetencija
7. Preduzetnička kompetencija
8. Kulturna osviještenost i izražavanje

Ključne kompetencije predstavljaju osnovu za sve nastavne predmete, uključujući i hemiju. One se ne razvijaju u izolaciji, već kroz integrisane nastavne sadržaje i pedagoške pristupe usmjerene na učenika.

GENERIČKE KOMPETENCIJE

U literaturi se često koriste termini *generičke kompetencije*, *opšte*, *transverzalne* ili *prenosive kompetencije*. One obuhvataju vještine i sposobnosti koje nisu specifične za određenu oblast znanja, već su važne u svim kontekstima obrazovanja, rada i života.

Primjeri generičkih kompetencija:

- Usmena i pisana komunikacija
- Kritičko mišljenje
- Rješavanje problema
- Timski rad i saradnja
- Upravljanje vremenom
- Samostalno učenje
- Digitalna pismenost
- Etičko i odgovorno ponašanje

Generičke kompetencije su važan dio savremenih nastavnih kurikuluma jer pomažu učenicima da se prilagode promjenama, efikasno komuniciraju, te donose odgovorne i informisane odluke. One se

razvijaju kroz sve nastavne predmete, projekte, vannastavne aktivnosti i međupredmetne sadržaje.

Tabela 2. Terminološke razlike između različitih vidova kompetencija

Termin	Značenje
Ključne kompetencije	Osnovne kompetencije potrebne za život, rad i cjeloživotno učenje
Kompetencije za cjeloživotno učenje	Širi koncept koji obuhvata sposobnosti stalnog učenja tokom života
Generičke kompetencije	Opšte vještine koje se mogu primijeniti u različitim kontekstima

HEMIJA U SVAKODNEVNOM ŽIVOTU I PRAKSI

Jedan od osnovnih ciljeva savremene nastave hemije jeste da učenici steknu znanja i vještine koje mogu da primijene u stvarnim životnim situacijama. Kako bi hemija izašla iz apstraktnog okvira formule i laboratorije, neophodno je da se poveže sa iskustvima učenika, njihovim svakodnevnim navikama i okruženjem. Upravo zbog toga, posebnu pažnju treba posvetiti oblastima koje omogućavaju razumijevanje hemijskih principa kroz primjere iz svakodnevnog života.



U ovom poglavlju istaknuta je važnost integracije hemije u kontekste koji su učenicima bliski – domaćinstvo, ishrana, zdravlje, higijena, okolina. Takav pristup ne samo da čini nastavu zanimljivijom i relevantnijom, već doprinosi razvoju naučne pismenosti, kritičkog

mišljenja i odgovornog odnosa prema prirodi i sopstvenom zdravlju.

Za nastavnike, ovo predstavlja priliku da koriste teme koje učenici mogu neposredno da prepoznaju, analiziraju i diskutuju, kao i da kroz praktične aktivnosti i projekte podstaknu učenike na dublje razumijevanje uloge hemije u društvu. Povezivanje gradiva sa svakodnevnim praksama doprinosi razvoju funkcionalnog znanja i jačanju kompetencija potrebnih za cjeloživotno učenje.

HEMIJA U DOMAĆINSTVU

Primjena hemije u svakodnevnom životu učenicima može biti izuzetno zanimljiva i motivišuća, posebno kada se poveže s primjerima iz domaćinstva. Nastavnici mogu iskoristiti ovu oblast da kroz poznate, svakodnevne situacije objasne važne hemijske pojmove i principe, čime se teorijsko znanje stavlja u kontekst razumljiv i blizak učenicima.

Sastav i funkcija sredstava za čišćenje

Uvod u ovu nastavnu jedinicu može započeti razmatranjem sastava deterdženata i sapuna, proizvoda koji su dio svakodnevne rutine svake porodice. Ključna komponenta ovih proizvoda su surfaktanti, hemijska jedinjenja koja smanjuju površinski napon vode i omogućavaju efikasno uklanjanje nečistoća i masnoća.

Nastavnici mogu:

- objasniti strukturu molekula surfaktanata (hidrofobni i hidrofilni dio),
- vizuelno prikazati mehanizam uklanjanja prljavštine,
- analizirati deklaracije različitih proizvoda i uporediti njihove sastave.

Ova tema pruža dobru osnovu za kombinovanje teorijskog znanja i praktičnih vještina, kroz zadatke analize etiketa, diskusije o upotrebi i ekološkom uticaju sredstava za čišćenje.

Hemijske reakcije u pranju i čišćenju

Pranjem se ne uklanja samo fizička nečistoća, već se odvijaju konkretne hemijske promjene. Sapuni i deterdženti emulguju masnoće, omogućavajući njihovo uklanjanje vodom.

- Kroz nastavu se može obraditi:
- princip emulgovanja masnoća i uloga sapuna u tom procesu,
- jednostavni eksperimenti (npr. miješanje ulja, vode i deterdženta) uz praćenje efekta sapuna,
- upotreba vizualizacija molekularnih modela i animacija kako bi se učenicima približila hemijska osnova čišćenja.

Ovi sadržaji mogu se realizovati kroz eksperimentalni rad, grupne diskusije ili istraživačke zadatke, čime se podstiče aktivno učenje i razvijanje naučne pismenosti.

Hemikalije i proizvodi u domaćinstvu

Osim sapuna i deterdženata, nastava može obuhvatiti i druge hemijske proizvode prisutne u domaćinstvu: sredstva za dezinfekciju, omekšivače, sredstva za poliranje, itd.

Nastavnici mogu usmjeriti učenike da:

- istraže koje aktivne supstance sadrže ovi proizvodi i koja im je funkcija,

- razlikuju vrste hemikalija prema djelovanju (npr. antibakterijska, anti-kamenac, omekšivači vode),
- razumiju razlike između kiselih, baznih i neutralnih sredstava za čišćenje.

Praktičan zadatak može biti upoređivanje različitih sredstava za čišćenje i njihovo klasifikovanje prema hemijskim osobinama, čime se razvijaju analitičke i evaluativne kompetencije kod učenika.

HEMIJA I ZDRAVLJE

Jedna od najvažnijih i najbližih primjena hemije u svakodnevnom životu jeste njena povezanost sa zdravljem. Kroz razmatranje hemijskog sastava lijekova, procesa u organizmu i sastojaka hrane, učenici razvijaju razumijevanje kako hemija direktno utiče na zdravlje i dobrobit ljudi. Nastava hemije može značajno doprinijeti razvijanju svijesti o odgovornom odnosu prema sopstvenom zdravlju, ali i važnosti naučnih saznanja u donošenju odluka o zdravlju i načinu života.

Hemijski sastav lijekova i njihov uticaj na organizam

Lijekovi su jedinjenja čiji hemijski sastav omogućava ciljano djelovanje na određene procese u organizmu. Nastavnici mogu učenicima objasniti osnovne principe djelovanja lijekova – na primjer, kako analgetici blokiraju bolne signale, kako antihistaminici smanjuju alergijske reakcije, ili kako antibiotici uništavaju bakterije. Pojmovi poput aktivne supstance, pomoćnih sastojaka i farmakodinamike mogu biti uvedeni kroz jednostavne primjere i ilustracije. Takođe, može se razgovarati o važnosti pravilne upotrebe lijekova, kao i opasnosti samoliječenja ili zloupotrebe.



Hemija u vakcinama, antibioticima i drugim terapijama

Učenici često čuju za vakcine i antibiotike, ali rijetko razumiju njihovu hemijsku osnovu. Nastavnici mogu objasniti da vakcine sadrže antigene koji podstiču imunološki odgovor bez izazivanja bolesti, te da su mnoge od njih rezultat sofisticiranih biohemijskih procesa. U nastavi se može prikazati razlika između različitih vrsta vakcina (npr. iRNK vakcine), kao i osnovni princip djelovanja antibiotika, uz pojašnjenje zašto se oni ne koriste protiv virusa. Diskusija o rezistenciji na antibiotike može podstaći kritičko mišljenje i odgovorno ponašanje.

Hemija u prehrambenoj industriji: dodaci, konzervansi, arome

Mnogi prehrambeni proizvodi koje učenici svakodnevno konzumiraju sadrže različite hemijske dodatke. Kroz ovu temu nastavnici mogu uvesti diskusiju o aditivima u hrani – konzervansima, bojama, zgušnjivačima, emulgatorima i vještačkim aromama. Učenici mogu analizirati etikete

proizvoda koje donesu iz vlastitog domaćinstva, čime se nastava povezuje sa stvarnim iskustvima. U ovom kontekstu važno je razvijati i naučnu pismenost – razumijevanje da prisustvo hemikalije ne znači nužno nešto štetno, već da je doza i kontekst ključna razlika između koristi i rizika.

Hemijski procesi u organizmu – probava, metabolizam, disanje

Osnovni biohemijski procesi kao što su probava hrane, ćelijsko disanje, transport kiseonika i razgradnja glukoze predstavljaju sjajan primjer kako hemija funkcioniše unutar našeg tijela. Učenici mogu naučiti kako enzimi ubrzavaju reakcije, kako se hranjive materije pretvaraju u energiju i kako ravnoteža među supstancama (npr. pH vrijednosti, ravnoteža elektrolita) održava zdravlje organizma. Ova znanja omogućavaju učenicima dublje razumijevanje funkcionisanja vlastitog tijela, a time i razvijanje odgovornog odnosa prema zdravlju.

HEMIJA I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

Hemija ima suštinsku ulogu u razumijevanju, praćenju i rješavanju problema koji se odnose na zaštitu životne sredine. Savremeni pristup nastavi hemije treba da kod učenika razvije svijest o povezanosti hemijskih procesa s očuvanjem prirode, te da podstakne odgovoran i održiv odnos prema korištenju prirodnih resursa. Ova tema omogućava interdisciplinarni pristup kroz povezivanje hemije sa ekologijom, biologijom, geografijom i društvenim naukama.

Zagađenje vode, vazduha i tla

Nastavnici mogu učenicima objasniti kako različita hemijska jedinjenja nastala ljudskim djelovanjem dopijevaju u prirodno okruženje i

izazivaju zagađenje. Na primjer, nitrati i fosfati iz đubriva dopijevaju u vode i izazivaju eutrofikaciju; sagorijevanjem fosilnih goriva u atmosferu dopijevaju štetni gasovi poput ugljen-dioksida, ugljen-monoksida, sumpor-dioksida i azotnih oksida; industrijski otpad kontaminira tlo teškim metalima. Učenici mogu istražiti primjere iz svoje lokalne zajednice i analizirati izvore i posljedice zagađenja, čime se stvara direktna veza između hemije i svakodnevnog života.

Hemijske reakcije u prirodi – kisele kiše, efekat staklene bašte, klimatske promjene

Kroz ovu temu učenici mogu razumjeti kako hemijske reakcije doprinose globalnim ekološkim izazovima. Na primjer:

- **Kisele kiše** nastaju kada sumpor-dioksid (SO_2) i azotni oksidi (NO_x) reaguju sa vodom u atmosferi, formirajući kiseline (H_2SO_4 i HNO_3) koje padaju na tlo, šteteći biljkama, građevinama i vodotokovima.
- **Efekat staklene bašte** objašnjava se prisustvom gasova poput CO_2 i CH_4 koji apsorbuju toplotu i doprinose zagrijavanju atmosfere.
- **Klimatske promjene** predstavljaju posljedicu porasta koncentracije gasova staklene bašte, čime se mijenjaju obrasci padavina, podiže nivo mora i smanjuje biodiverzitet.

Nastavnici mogu koristiti modele i simulacije kako bi učenici vizualizovali ove procese, kao i analizirati aktuelne podatke iz naučnih izvora.

Hemijski procesi u reciklaži i obnovi resursa

Reciklaža je jedan od najvažnijih procesa za očuvanje resursa i smanjenje zagađenja, a hemija igra ključnu ulogu u razdvajanju, obradi

i ponovnoj upotrebi materijala. Učenici mogu istražiti kako se metali izdvajaju iz otpada, kako se plastika sortira i hemijski reciklira, te kako se koristi biohemija u razgradnji organskih materijala. Takođe, mogu se predstaviti nove tehnologije, kao što su hemijski katalizatori za razgradnju plastike ili metode ekstrakcije vrijednih elemenata iz elektronskog otpada.

Uloga hemije u održivosti i primjena ekološki prihvatljivih tehnologija

Hemija budućnosti usmjerena je na održivost. Nastavnici mogu uvesti koncept **zelene hemije** – pristupa koji teži minimiziranju upotrebe i nastanka opasnih supstanci u hemijskim procesima. Kroz ovu temu, učenici mogu saznati više o:

- biorazgradivim materijalima,
- alternativnim izvorima energije (npr. gorivne ćelije, sunčeva energija),
- katalitičkim procesima koji štede energiju,
- razvoju neškodljivih pesticida i deterdženata.

Učenici se kroz ovu oblast podstiču da razmišljaju kao odgovorni građani i budući profesionalci koji svojim znanjem mogu doprinijeti rješenju ekoloških problema. Razumijevanje uloge hemije u zaštiti okoline jača njihovu sposobnost kritičkog razmišljanja i primjene naučnih znanja u svakodnevnom životu i donošenju informisanih odluka.

HEMIJA U INDUSTRIJI I TEHNOLOGIJI

U osnovi mnogih industrijskih i tehnoloških procesa koji oblikuju savremeni način života nalaze se novi materijali i tehnologije zasnovane na hemijskim naukama. Učenicima treba omogućiti uvid u to kako se znanja iz hemije koriste u velikim razmjerama za proizvodnju različitih materijala i uređaja koji su svakodnevno prisutni. Kroz ovu temu razvija se razumijevanje primjene teorijskog znanja u praksi, kao i svijest o uticaju industrije na životnu sredinu i potrebi za održivim razvojem.

Industrijski hemijski procesi

Nastavnici mogu predstaviti ključne industrijske procese koji se oslanjaju na hemiju, objašnjavajući njihove osnovne principe i značaj:

- Rafinacija nafte uključuje procese poput destilacije i krakovanja kojima se sirova nafta pretvara u korisne proizvode: benzin, dizel, lož-ulje, plastiku.
- Proizvodnja plastike koristi hemijske reakcije polimerizacije – učenici mogu analizirati razlike između termoplasta i termoreaktivnih plastika, kao i pitanja vezana za njihovu degradaciju i reciklažu.
- Proizvodnja stakla i gume može se objasniti kroz transformaciju sirovina kao što su silicijum-dioksid i prirodni kaučuk, pri čemu učenici stiču uvid u promjene strukture materijala i njihove osobine.

Kroz primjere iz lokalne industrije ili virtualne obilaske postrojenja, učenici mogu dobiti konkretnije predstave o primjeni hemije u proizvodnji.

Hemija u savremenim tehnologijama

Savremena tehnologija nezamisliva je bez hemije. Nastavnici mogu obraditi sljedeće primjere:

- Baterije i njihova hemijska osnova – litijum-jonske baterije, procesi oksidacije i redukcije, skladištenje i oslobađanje energije.
- Elektronika, gdje se hemija koristi u izradi poluprovodnika, čipova i LED dioda.
- Nanotehnologija, oblast u kojoj se materijali manipulišu na atomskom i molekulskom nivou – učenici mogu saznati kako se nanomaterijali koriste u medicini, tekstilu, kozmetici i zaštitnim premazima.

Ove teme se mogu povezati sa STEM pristupom u nastavi, razvijajući tehničku i digitalnu pismenost učenika.



Zeleni hemijski procesi i održiva industrija

Učenje o industrijskoj hemiji treba da uključi i kritičko razmatranje uticaja tih procesa na životnu sredinu. Zelena hemija predstavlja skup principa koji teže razvoju procesa koji su efikasni, energetske manje zahtjevni i manje štetni po okolinu. Učenici mogu upoznati:

- alternative za toksična rastvarača,
- biorazgradive materijale,
- procese sa smanjenom emisijom gasova staklene bašte,
- kružnu ekonomiju i ponovnu upotrebu sirovina.

Kroz diskusije i projektne zadatke, nastavnici mogu podstaknuti učenike da razmišljaju o tome kako nauka može doprinijeti stvaranju održivijeg društva.

OSNOVE PRIMJENE VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE U NASTAVI HEMIJE

Iako trenutno postoje mnoge kontroverze i izazovi kada je riječ o upotrebi vještačke inteligencije (VI) u nastavi i učenju, njena primjena sigurno donosi brojne mogućnosti koje je vrijedno istražiti. VI već zauzima značajno mjesto u savremenom obrazovanju, nudeći prilike za personalizaciju učenja, unapređenje nastavnih metoda i efikasniju obradu informacija. U kontekstu nastave hemije, VI omogućava pomjeranje granica tradicionalnog obrazovanja i otvara prostor za kreativnije, interaktivnije i dublje usvajanje znanja.



Međutim, njeno uvođenje u učionicu zahtijeva promišljen pristup, tehničku i pedagošku spremnost nastavnika, kao i kritički osvrt na etičke i didaktičke aspekte upotrebe ovih alata. Upravo zato smo se trudili da ovo poglavlje oblikujemo koristeći i mogućnosti koje pruža vještačka inteligencija – uključujući i sam tekst koji čitate. U njegovom nastajanju korišten je generativni jezički model **ChatGPT**, čime je autor imala priliku da neposredno ispita potencijal ovakvog vida saradnje.

Iskustvo pisanja uz pomoć VI pokazalo je da ChatGPT zapanjuje brzinom obrade podataka, komunikacijom na visokom akademskom nivou i sposobnošću izražavanja u skladu sa kontekstom obrazovanja. Smatram da i učenici i nastavnici kroz takvu komunikaciju mogu naučiti mnogo – ne samo o sadržaju, već i o jasnoći, stilu i kulturi izražavanja. Istovremeno, postalo je očigledno da podaci koje VI nudi često zahtijevaju dodatnu provjeru, interpretaciju i prilagođavanje pedagoškom kontekstu. Ton, stil i način obrade tema ne mogu zamijeniti autorsko prisustvo nastavnika – naprotiv, ono je ključno kako bi krajnji rezultat imao smisla i vrijednost u obrazovanju.

Kao univerzitetska profesorica koja se već dugi niz godina bavi obrazovanjem, doživljam ovu saradnju kao početak jednog uzbudljivog, novog poglavlja i u mom ličnom obrazovanju. Upotreba VI u izradi ovog dijela priručnika predstavlja prvi korak u okviru projekta **ChemTeach**, unutar kojeg će se nastaviti razvoj obrazovnih resursa. Planirana je i izrada detaljnijeg priručnika *Multimedija u nastavi hemije*, gdje će se primjena ChatGPT-a i srodnih alata dodatno razraditi. Ovo iskustvo mi je ne samo proširilo vidike kada je riječ o mogućnostima koje VI nudi, već je i dodatno potvrdilo ključnu ulogu nastavnika kao vodiča i autora u obrazovnom procesu.

Vjerujemo da izradom jasnih uputstava i pedagoški usmjerenih priručnika možemo olakšati korištenje VI kao moćnog alata za obrazovanje budućih generacija.

VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA I MOGUĆNOSTI U NASTAVI HEMIJE

Uvođenje vještačke inteligencije (VI) u obrazovanje donosi promjene koje nastavnici hemije ne mogu zanemariti. VI nudi nove alate koji omogućavaju lakše planiranje nastave, personalizaciju učenja i

vizualizaciju apstraktnih sadržaja. Iako još relativno nova u kontekstu obrazovne prakse, VI može postati vrijedan saveznik u učionici – ako se koristi smisleno i s jasnim ciljem.

Nastavnici hemije mogu koristiti VI u svim fazama nastavnog procesa:

- u pripremi nastave (npr. kreiranje pitanja i materijala),
- tokom izvođenja časa (vizualizacije, simulacije),
- u evaluaciji (analiza odgovora, formativno praćenje).

Korisni alati uključuju *ChatGPT* i slične jezičke modele za brzo generisanje sadržaja, definicija, zadataka, objašnjenja, sinteza naučnih tekstova, zatim *Labster* i druge simulacije: za izvođenje virtuelnih eksperimenata u školama bez laboratorijskih uslova. *CenturyTech* i drugi *personalizovani sistemi* mogu se koristiti kao ispomoć koji pomažu u diferencijaciji nastave. Takođe, postoje *sistemi za automatsku analizu* koji omogućavaju uvid u tipične greške učenika i mogu dati preporuku korektivnih aktivnosti. Detaljan prikaz alata VI sa nekim jednostavnim primjerima upotrebe dati su u **Tabeli 3**.

Tabela 3. Primjeri upotrebe alata vještačke inteligencije u nastavi hemije

Alat / Tehnologija	Funkcija VI	Primjeri primjene u nastavi hemije
ChatGPT	Generisanje teksta, odgovora, pitanja, analiza sadržaja	Priprema pitanja za provjere znanja, kreiranje problemskih zadataka, pojednostavljenje pojmova
Labster	Simulacija eksperimenata u virtuelnom okruženju	Izvođenje hemijskih eksperimenata u školama bez laboratorije, vizualizacija procesa
ScribeSense	Automatsko ocjenjivanje i analiza rukom pisanih radova	Brza evaluacija domaćih zadataka, detekcija grešaka i izdvajanje učeničkih potreba
CenturyTech	Personalizovano učenje i preporuke	Prilagođavanje nastavnih sadržaja prema nivou znanja i interesima učenika
Consensus	Pretraživanje naučne literature uz sažetak ključnih informacija	Nastavnici i učenici mogu brzo dobiti pouzdane izvore i koristiti ih u istraživačkim radovima
Canva AI, DALL-E	Generisanje edukativnih vizuala i ilustracija	Izrada postera, infografika i vizualnih prikaza hemijskih procesa
Turnitin, GPTZero	Detekcija plagijarizma i generisanog sadržaja	Provjera autentičnosti učeničkih radova i praćenje etičkog korištenja VI
Google Bard / Copilot	Asistencija u planiranju, pisanju i organizaciji sadržaja	Podrška nastavnicima u kreiranju nastavnih materijala, nastavnih priprema, evaluacionih listića

PRIMJERI PRIMJENE VI U NASTAVNOJ PRAKSI

Primjena vještačke inteligencije u nastavnoj praksi hemije više nije stvar budućnosti – već postaje svakodnevni alat koji olakšava rad nastavnika i obogaćuje učenje učenika. U ovom odjeljku prikazano je nekoliko konkretnijih primjera kako VI može podržati različite aspekte nastavnog procesa, od pripreme materijala do diferencirane nastave i formativnog praćenja. Svaki primjer ističe ne samo tehničku funkcionalnost alata, već i pedagoški kontekst u kojem se koristi, jer je upravo nastavnik taj koji oblikuje smislen i odgovoran pristup upotrebi novih tehnologija. Ovi primjeri mogu poslužiti kao inspiracija, ali i kao osnova za razmišljanje o daljoj integraciji VI u savremenu nastavu hemije.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Primjer 1: Priprema pitanja za provjeru znanja

Nastavnik koristi generativni model da na osnovu teme, na primjer, "Kiseline i baze" zatraži niz višestrukih, dopunjavanih i problemskih zadataka. Potom revidira dobijene prijedloge i prilagođava ih ciljevima časa. *Pedagoški aspekt:* VI ubrzava proces pripreme, ali nastavnik ostaje odgovoran za kvalitet i validnost zadataka.

Primjer 2: Vizualizacija molekula i reakcija

Tokom obrade građe molekula, nastavnik koristi alate koji uz podršku VI generišu 3D modele molekula. Učenici mogu rotirati molekule, mijenjati elektronske konfiguracije i uočiti prostorne odnose. *Pedagoški aspekt:* učenici razvijaju prostornu orijentaciju i bolje razumiju koncepte koji se teško mogu prikazati pomoću klasičnih nastavnih sredstava.

Primjer 3: Diferencijacija nastave

VI pomaže nastavniku da analizira rezultate prethodnih testova i kreira, na primjer, tri verzije zadataka za istu temu, prema sposobnostima i interesovanjima učenika. *Pedagoški aspekt:* VI olakšava individualizaciju učenja, čime se povećava uključenost i motivacija učenika.

Primjer 4: Formativno praćenje

U toku nastavne jedinice, na primjer, "Redoks reakcije", nastavnik koristi sistem koji automatski analizira kratke odgovore učenika i grupiše ih prema učestalosti pogrešnih predstava. Na osnovu toga planira naredne časove. *Pedagoški aspekt:* nastavnik brzo dobija povratne informacije i prilagođava pristup učenju.

Primjer 5: Korištenje VI za kreiranje materijala

Nastavnici mogu koristiti VI za: izradu radnih listića, pojednostavljivanje stručnih članaka za potrebe učeničkih istraživačkih radova, generisanje kvizova i animacija koje prikazuju hemijske promjene.

PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE U NASTAVI HEMIJE

Primjena vještačke inteligencije u nastavi hemije donosi brojne prednosti, ali i izazove koji je prate. Dok tehnologija omogućava personalizovano učenje, efikasnije planiranje nastave i povećanu motivaciju učenika, postoje važna pitanja koja se odnose na etiku, zavisnost od tehnologije i dostupnost digitalnih resursa. Ovo poglavlje analizira ključne prednosti i nedostatke primjene AI u obrazovnom procesu, s ciljem da pomogne nastavnicima da bolje razumiju mogućnosti i ograničenja ove tehnologije.

Prednosti primjene AI u nastavi hemije

Primjena vještačke inteligencije u obrazovanju nudi brojne koristi i za učenike i za nastavnike, koje mogu unaprijediti kvalitet nastave i učiniti je efikasnijom i pristupačnijom. Radi bolje organizacije nastave, neke od najvažnijih prednosti koje nastavnici treba da imaju na umu prilikom planiranja časova uključuju:

- **Individualizacija i personalizacija učenja.** Uz AI, učenici mogu učiti sopstvenim tempom, što omogućava bolje prilagođavanje nastave. Alati zasnovani na vještačkoj inteligenciji mogu prepoznati individualne potrebe učenika i pružiti

personalizovane zadatke i podršku u realnom vremenu, što značajno povećava efikasnost procesa učenja.

- **Efikasnije planiranje i evaluacija nastave.** Nastavnici imaju više vremena za kreativne i istraživačke aktivnosti jer AI alati preuzimaju rutinske zadatke, poput ocjenjivanja učenika ili automatizacije administrativnih obaveza. Ovakva podrška omogućava nastavnicima da se fokusiraju na ključne aspekte nastave i razvijaju inovativne pristupe učenju.
- **Povećana motivacija učenika.** Interaktivni AI alati i simulacije čine nastavu dinamičnijom i zanimljivijom. Upotreba gamifikacije, virtuelnih laboratorija i drugih alata koji omogućavaju praktičnu primjenu teorijskog znanja može značajno povećati angažman i motivaciju učenika.
- **Razvoj digitalnih kompetencija.** Kroz korišćenje AI tehnologija, učenici stiču važne digitalne vještine i uče kako da odgovorno koriste napredne tehnologije. Ove vještine su ključne za njihov budući profesionalni život, posebno u brzorastućim industrijama koje zahtijevaju visok nivo tehnološke pismenosti.

Nedostaci i izazovi primjene AI u nastavi hemije

Uprkos brojnim prednostima, primjena AI u obrazovanju donosi i određene izazove i ograničenja koja zahtijevaju pažljivo razmatranje (u skladu sa DigiComp 3.0):

- **Pitanja etike i akademskog integriteta.** Lako dostupni alati za automatsko generisanje odgovora mogu dovesti do zloupotrebe, gdje učenici koriste AI kao zamjenu za sopstveno razmišljanje i kreativnost. To može narušiti akademski integritet i umanjiti razvoj kritičkog mišljenja.

- **Zavisnost od tehnologije.** Postoji rizik od pretjeranog oslanjanja na tehnologiju, što može dovesti do slabljenja sposobnosti kritičkog mišljenja i samostalnog rada. Ako se nastavnici i učenici previše oslanjaju na automatizovane sisteme, osnovne vještine poput analize podataka i rješavanja problema mogu biti zanemarene.
- **Nejednak pristup digitalnim resursima.** Nejednakost u pristupu internetu i digitalnim uređajima može produbiti obrazovne razlike među učenicima. Učenici iz siromašnijih ili ruralnih područja mogu biti uskraćeni za jednake obrazovne mogućnosti koje AI nudi, čime se povećavaju postojeće razlike.
- **Potreba za digitalnom pismenošću nastavnika.** Da bi nastavnici efikasno koristili AI alate, neophodna je kontinuirana edukacija i podrška. Nastavnici moraju razvijati digitalne kompetencije i sposobnost integracije novih tehnologija u nastavni proces, što može predstavljati izazov za one koji nisu dovoljno upoznati sa savremenim tehnološkim alatima.

PREPORUKE NASTAVNICIMA HEMIJE ZA ODGOVORAN PRISTUP VI

Uloga nastavnika u digitalnom dobu se ne umanjuje – ona se transformiše. Vještačka inteligencija može biti moćan alat u nastavi hemije, ali samo ako je nastavnik vodi, nadzire i koristi s pedagoškom svrhom. U rukama obrazovanog i motivisanog nastavnika, VI ne predstavlja prijetnju, već priliku za unapređenje nastave, podsticanje znatiželje i osnaživanje učenika za svijet koji se ubrzano mijenja. Kako bi VI zaista bila korisna, potrebno je da se nastavnik postavi kao kritički

korisnik i fasilitator. Neke najvažnije preporuke uključuju:

- *Razvijanje digitalne kompetencije* kroz kontinuirano stručno usavršavanje. Preporučuje se upoznavanje s osnovnim principima rada generativnih modela i sistemima za obradu obrazovnih podataka.
- *Konstantno preispitivanje sadržaja koji VI generiše.* Jezički modeli mogu dati površne, netačne ili nepedagoške prijedloge. Nastavnik mora biti spreman da interveniše i koriguje nepotpune ili netačne navode.
- *Podučavanje o odgovornom korištenju VI.* Nastavnik ima obavezu da konstanto objašnjava razlike između korištenja VI kao podrške u učenju i zloupotrebe radi prepisivanja.
- *Humana komponenta obrazovanja je najvažnija.* Tehnologija mora služiti obrazovanju, a ne obrnuto. Svi alati i pomoć koja se koriste imaju za cilj postizanje postavljenih ishoda učenja i sticanje kompetencija kod učenika.
- *Kombinacija raznih alata sa drugim metodama aktivnog učenja.* VI se najbolje koristi u kombinaciji sa drugim oblicima učenja kao što su eksperiment, debata, problemska nastava, projekti i slično.

Vještačka inteligencija u nastavi hemije otvara prostor za inovacije, bolju organizaciju nastave i dublje razumijevanje kompleksnih pojmova. Međutim, njen uspješan razvoj u školskom kontekstu zahtijeva promišljen pedagoški pristup, stalno usavršavanje nastavnika i jasna etička pravila korištenja. Vještačka inteligencija nije prijetnja ulozi nastavnika – naprotiv, ona je prije saveznik u ostvarivanju obrazovnih ciljeva, pod uslovom da se koristi odgovorno, kritički i u službi razvoja znanja i kompetencija učenika.

