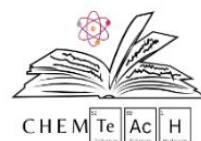




Co-funded by
the European Union



Savremena nastava hemije

MULTIMEDIJA I DIGITALNI RESURSI

Milica Balaban

Ivan Špánik

Banja Luka i Bratislava, 2025.

Prof. dr Milica Balaban

Univerzitet u Banjoj Luci

Prof. dr Ivan Špánik

Slovački tehnički univerzitet u Bratislavi

Savremena nastava hemije MULTIMEDIJA I DIGITALNI RESURSI

Priručnik za nastavnike hemije koji podstiče korišćenje multimedijalnih i digitalnih alata u nastavi, uključujući virtuelne laboratorije, simulacije i alate zasnovane na vještačkoj inteligenciji.

Elektronsko izdanje

Erazmus+ Projekat

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 Evropska unija ni EACEA ne mogu se smatrati odgovornima za njih.

Porijeklo vizuelnih elemenata: freepik.

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), sa ciljem da nastavnicima hemije pruži okvir za primjenu savremenih, digitalno podržanih i multimedijalnih pristupa u obrazovanju. Projekat okuplja srednje stručne škole, univerzitete i poslodavce, fokusirajući se na razvoj nastavničkih kompetencija, unapređenje kvaliteta nastave prirodnih nauka generalno i osposobljavanje učenika za aktivno, istraživačko i kontekstualno učenje.

Koordinator projekta je Slovački tehnički univerzitet u Bratislavi, dok tim Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci vodi projektne aktivnosti u Bosni i Hercegovini u saradnji sa Gimnazijom, Medicinskom i Tehnološkom školom u Banjoj Luci. Partneri iz Slovačke i Češke aktivno doprinose razmjeni dobrih praksi, razvoju inovativnih nastavnih materijala i integraciji digitalnih alata u nastavni proces.

Priručnik je namijenjen nastavnicima hemije i srodnih predmeta, pružajući teorijsku i praktičnu podršku za realizaciju kompetencijski orijentisane i multimedijalno obogaćene nastave. Fokus je na korišćenju interaktivnih simulacija, virtuelnih laboratorija, digitalnih vizualizacija, kvizova, portfolija i alata zasnovanih na vještačkoj inteligenciji. Ove strategije omogućavaju aktivno uključivanje učenika, povezivanje hemije sa svakodnevnim životom i razvoj kritičkog mišljenja, kreativnosti i digitalne pismenosti. Primjeri dobre prakse, obrasci aktivnosti i radni listovi osnažuju nastavnike kao nosioce promjena i olakšavaju integraciju digitalnih resursa u nastavu.

Banja Luka i Bratislava, novembar 2025. godine

FOREWORD

This handbook was developed within the Erasmus+ project *“Enhancing the Quality of Chemistry Teaching in Vocational Education in Bosnia and Herzegovina – ChemTeach”* (101129417-ERASMUS-EDU-2023-CB-VET), with the aim of providing chemistry teachers with a framework for implementing modern, digitally supported, and multimedia-based approaches in education. The project brings together vocational secondary schools, universities, and employers, focusing on the development of teaching competences, the improvement of the quality of science education more broadly, and the preparation of students for active, inquiry-based, and contextual learning.

The project is coordinated by the Slovak University of Technology in Bratislava, while the team of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics at the University of Banja Luka leads project activities in Bosnia and Herzegovina in cooperation with the Grammar School, the Medical School, and the Technology School in Banja Luka. Partners from Slovakia and the Czech Republic actively contribute to the exchange of good practices, the development of innovative teaching materials, and the integration of digital tools into the teaching process.

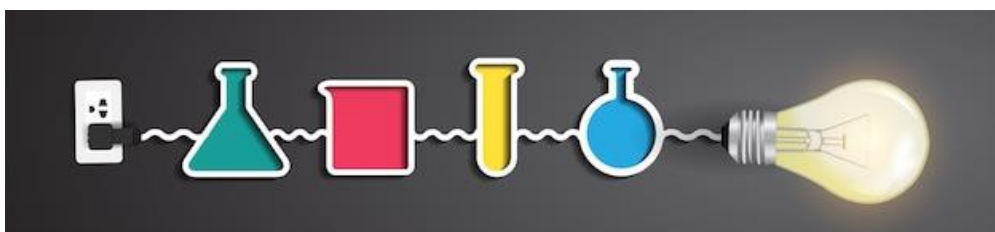
The handbook is intended for teachers of chemistry and related subjects, providing both theoretical and practical support for implementing competence-oriented and multimedia-enriched instruction. It focuses on the use of interactive simulations, virtual laboratories, digital visualizations, quizzes, portfolios, and tools based on artificial intelligence. These strategies enable active student engagement, the connection of chemistry to everyday life, and the development of critical thinking, creativity, and digital literacy. Examples of good practice, activity templates, and worksheets empower teachers as agents of change and facilitate the integration of digital resources into classroom practice.

Banja Luka and Bratislava, November 2025

PREDGOVOR	1
FOREWORD	2
SADRŽAJ	3
UVOD	7
I SAVREMENA NASTAVA HEMIJE: KONTEKST I IZAZOVI	9
1.1 Uloga predmeta hemija u savremenom obrazovanju	10
1.2 Kompetencije i hemijsko obrazovanje	11
1.3 Promjene u pristupu učenju i uloga nastavnika	14
1.4 Primjeri aktivnosti i razrade časa	14
II AKTIVNO UČENJE I UČENIK U CENTRU NASTAVNOG PROCESA	18
2.1 Načela aktivnog učenja	19
2.2 Strategije i metode	19
2.3 Primjeri aktivnosti	21
2.4 Evaluacija aktivnosti i refleksija učenika	21
III MULTIMEDIJA U NASTAVI HEMIJE	25
3.1 Multimedija - pojam i značenje	25
3.2 Multimedija u obrazovnom kontekstu	26
IV VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA U NASTAVI HEMIJE – NOVI NIVO DIGITALNE INTERAKCIJE	29
4.1 Teorijski okvir i značenje vještačke inteligencije u obrazovanju	29
4.2 Primjena vještačke inteligencije u nastavi hemije	30
4.3 Pedagoški, etički i društveni aspekti	31

V DIGITALNI ALATI I E-UČENJE U HEMIJI	33
5.1 Digitalni alati i e-učenje – pojam i značaj	34
5.2 Platforme za digitalno učenje	35
5.3 <i>Online</i> eksperimenti i simulacije	36
5.4 Alati za vizualizaciju hemijskih struktura	37
5.5 Prednosti, ograničenja i preporuke za upotrebu	38
VI PROCJENA I VREDNOVANJE U DIGITALNOJ NASTAVI	40
6.1 Digitalni alati za evaluaciju	41
6.2 Primjeri instrumenata za procjenu	42
VII PRILOZI I DIGITALNI RESURSI	44
7.1 Pregled digitalnih alata i besplatnih platformi	44
7.2 Obrasci za planiranje časova	53
7.3 Primjeri radnih listova	56
7.4 Literatura i korisni linkovi	59

Savremena nastava hemije zahtijeva više od klasičnog predavanja i teorijskog objašnjenja. Učenici danas uče kroz istraživanje, interakciju i korišćenje digitalnih resursa, što omogućava aktivno uključivanje u proces sticanja znanja. Multimedija – kombinacija teksta, slike, animacije, video materijala i interaktivnih simulacija – predstavlja ključni alat za vizualizaciju apstraktnih hemijskih pojava i jačanje razumijevanja kompleksnih koncepata.



Ovaj priručnik za nastavnike hemije razvijen je u okviru Erasmus+ projekta „Unapređenje kvaliteta nastave hemije u strukovnom obrazovanju u Bosni i Hercegovini” (ChemTeach). Njegova svrha je da podrži visokokvalitetno hemijsko obrazovanje i adresira izazove nastave u prirodnim naukama. Priručnik nudi teorijske osnove i praktične smjernice koje pomažu nastavnicima da planiraju i izvode nastavu, razvijaju kompetencije učenika i pripreme ih za primjenu hemije u stvarnim životnim kontekstima.

Poseban fokus stavljen je na:

- korišćenje interaktivnih simulacija i virtuelnih laboratorija;
- primjenu softvera za modelovanje molekula i hemijskih struktura;
- uključivanje kvizova, portfolija i samoprocjene u digitalnom obliku;

- upotrebu vještačke inteligencije za analizu podataka i podršku učenju.

Integracija multimedije i digitalnih alata omogućava individualizaciju učenja, motiviše učenike i pruža im mogućnost da aktivno istražuju hemijske pojave. Istovremeno, nastavnici dobijaju praktične resurse i predloške koji olakšavaju pripremu i izvođenje časova, čineći nastavu dinamičnom, interaktivnom i relevantnom za svakodnevni život i savremeno društvo.

Cilj ovog priručnika je stvaranje funkcionalnog okvir za multimedijalnu nastavu hemije, gdje tehnologija i didaktički pristupi djeluju zajedno kako bi učenici razvijali ne samo znanje, već i kompetencije potrebne za kritičko mišljenje, rješavanje problema i kreativno djelovanje u naučnom i svakodnevnom kontekstu.



SAVREMENA NASTAVA HEMIJE: KONTEKST I IZAZOVI

Hemija u savremenom društvu predstavlja osnovu razumijevanja svijeta koji nas okružuje. Od sastava materijala i hemijskih reakcija koje pokreću životne procese, do inovacija u energetici, medicini i zaštiti životne sredine – hemija povezuje prirodne nauke sa svakodnevnim životom i društvenim razvojem.

U vremenu obilježenom brzim tehnološkim promjenama, klimatskim izazovima i sve većom potrebom za održivim razvojem, postoji jasna potreba da se hemijsko obrazovanje uvodi što ranije, ali na novi i prilagođen način. Nastava hemije više ne podrazumijeva samo prosto usvajanje činjenica i formula, već razvoj suštinskih sposobnosti učenika za kritičko mišljenje, rješavanje problema, timski rad i odgovorno korištenje naučnih znanja. Upravo te kompetencije čine osnovu za razumijevanje složenih fenomena savremenog svijeta i za donošenje informisanih odluka.

Savremeni obrazovni pristupi stavljaju učenika u središte procesa učenja. Nastavnik više nije isključivi izvor znanja, već mentor, istraživač i kreator iskustava koja povezuju teoriju sa stvarnim životnim okruženjem učenika. Zato je osnovni izazov savremene nastave hemije koji se postavlja pred svakog nastavnika kako omogućiti sticanje hemijskih znanja i vještina, te istovremeno efikasno razvijati naučnu pismenost i kompetencije 21. vijeka koristeći i savladavajući osnovne hemijske koncepte.

Digitalne tehnologije, multimedija i inovativne metode poučavanja otvaraju nove mogućnosti za interaktivno i iskustveno učenje hemije,

prilagođeno potrebama i interesovanjima današnjih učenika. To zahtijeva promišljeno kombinovanje tradicionalnih i digitalnih pristupa, integraciju praktičnog rada, saradnju i refleksiju, te stalni profesionalni razvoj nastavnika u digitalnom dobu.

ULOGA PREDMETA HEMIJA U SAVREMENOM OBRAZOVANJU

Hemija je nauka koja povezuje mikrostrukturu materije s makrofenomenima koje posmatramo u svakodnevnom životu: od sastava hrane i lijekova do procesa u životnoj okolini i industriji. U obrazovanju, nastavni predmet hemija ne treba biti samo zbir činjenica i formula, već je neopodno da se kontinuirano potencira i razvija njena osnovna svrha i funkcija kao razvoj sposobnosti razumijevanja uzročno-posljedičnih veza, interpretacije podataka i donošenja informisanih odluka.

Ovakav pristup nastavnika mora voditi određenim praktičnim implikacijama po nastavni proces. U najkraćem to znači da nastavnik napušta tradicionalni pristup u kome na času samo demonstrira korake i formule, već pred učenika postavlja situacije u kojima oni sami uočavaju povezanost između hemijskih principa i konkretnih problema. Jednostavni primjeri su ispitivanje uticaja temperature na očuvanje hrane, proučavanje ponašanja deterdženata u vodi ili istraživanje sastava kozmetičkih proizvoda i sigurnosti njihove upotrebe, o kojima će biti više riječi kasnije u ovom poglavlju.

KOMPETENCIJE I HEMIJSKO OBRAZOVANJE

U prvom priručniku *Savremena nastava hemije* detaljno smo obradili kompetencije i ishode učenja u kontekstu hemijskog obrazovanja, uključujući definicije, klasifikaciju i praktične primjere primjene u nastavi. U ovom priručniku dajemo samo sažet uvod u kompetencije 21. vijeka, kako bismo ih povezali sa temom multimedije u nastavi hemije i prikazali njihovu ulogu u savremenim pedagoškim pristupima.

Kompetencije 21. vijeka predstavljaju kombinaciju znanja, vještina, stavova i sposobnosti koje učenicima omogućavaju da djeluju efikasno, odgovorno i samostalno u različitim kontekstima učenja, rada i svakodnevnog života. One uključuju ne samo ono što učenik zna, već i sposobnost da ta znanja i vještine primijeni u stvarnim situacijama.

U savremenom obrazovanju, kompetencije se razvijaju kroz jasno definisane **ishode učenja**, koji predstavljaju mjerljive korake ka postizanju šireg cilja – kompetencije. 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.

Prema okviru Evropske unije za ključne kompetencije za cjeloživotno učenje (2006, revidirano 2018), identifikovano je osam ključnih kompetencija: jezička pismenost, komunikacija na stranim jezicima, matematička i naučna kompetencija, digitalna kompetencija, učenje kako se uči, lični i socijalni razvoj, građanska kompetencija, preduzetnička kompetencija i kulturna osviještenost.

Osim ključnih, važne su i **generičke kompetencije** (ili prenosive kompetencije) koje se razvijaju kroz sve nastavne predmete, projekte i vannastavne aktivnosti:

- komunikacija i saradnja,
- kritičko mišljenje i rješavanje problema,
- upravljanje vremenom i samostalno učenje,
- digitalna pismenost,
- etičko i odgovorno ponašanje.

U kontekstu multimedije u nastavi hemije, ove kompetencije omogućavaju učenicima da efikasno koriste digitalne alate za istraživanje, simulacije, prezentacije i analizu podataka, te da razvijaju kritičko mišljenje, kreativnost i sposobnost timskog rada u digitalnom okruženju.



Tabela 1 daje pregled ključnih i generičkih kompetencija koje služe kao osnova za planiranje nastavnih aktivnosti u kontekstu multimedijalne nastave hemije. Konkretni primjeri njihove primjene u hemiji biće prikazani u kasnijim poglavljima, kroz razrade časova, laboratorijske aktivnosti i digitalne projekte.

Tabela 1. Ključne i generičke kompetencije

Tip kompetencije	Opis / Fokus
Ključne kompetencije	<i>Znanja, vještine i stavovi potrebni za život, rad i cjeloživotno učenje</i>
Jezička i komunikacijska pismenost	Sposobnost razumijevanja i izražavanja informacija
Komunikacija na stranim jezicima	Razumijevanje i izražavanje na stranom jeziku
Matematička, naučna i tehnološka kompetencija	Primjena matematike i naučnih principa
Digitalna kompetencija	Korištenje digitalnih alata i medija
Učenje kako se uči	Samostalno planiranje i praćenje učenja
Građanska kompetencija	Sposobnost da se deluje kao odgovoran građanin kroz razumevanje društvenih, ekonomskih i političkih struktura.
Preduzetništvo	Sposobnost da se ideje iskoriste i pretvore u vrednost, kao i da se bude snalažljiv i inicijativan.
Kulturna osviještenost	Razumijevanje kulturnog konteksta i izražavanje
Generičke kompetencije	<i>Prenosive vještine za različite kontekste</i>
Kritičko mišljenje	Analiza podataka i donošenje zaključaka
Rješavanje problema	Dizajniranje i provođenje rješenja
Timski rad i saradnja	Efikasna koordinacija unutar grupe
Upravljanje vremenom	Planiranje i organizacija aktivnosti
Samostalno učenje	Preuzimanje odgovornosti za učenje
Digitalna pismenost	Efikasno korištenje tehnologije
Etičko i odgovorno ponašanje	Primjena moralnih principa i sigurnosnih standarda

PROMJENE U PRISTUPU UČENJU I ULOGA NASTAVNIKA

Najvažnije promjene u pristupu učenju i podučavanju obuhvataju:

- **Aktivnosti zasnovane na istraživanju i eksperimentu** – učenici uče kroz praktično iskustvo, samostalno opažanje i izvođenje eksperimenata;
- **Učenje kroz rješavanje problema i projekte** – povezivanje nastavnih sadržaja sa stvarnim životom i lokalnim kontekstom povećava motivaciju i razumijevanje;
- **Korištenje digitalnih alata** – simulacije, modovanje, vizualizacije i virtuelne laboratorije omogućavaju dublje razumijevanje hemijskih pojava i omogućavaju iskustveno učenje čak i kada praktični rad nije moguć.

U praktičnom smislu, ovaj pristup podrazumijeva da učenici:

1. formulišu pitanja i postavljaju hipoteze;
2. dizajniraju jednostavne eksperimente ili istraživačke zadatke;
3. prikupljaju i analiziraju podatke;
4. izvode zaključke i povezuju ih sa stvarnim životom ili naučnim principima.

PRIMJERI AKTIVNOSTI I RAZRADE ČASA

U ovom odjeljku prikazani su primjeri nastavnih aktivnosti koje nastavnici mogu prilagoditi uzrastu učenika i ključnim hemijskim konceptima koji se obrađuju. Cilj ovih primjera je pružiti inspiraciju i praktične smjernice za aktivno, istraživačko i iskustveno učenje hemije.

Za učenike osnovne škole preporučuje se fokusiranje na makroskopske

fenomene iz svakodnevnog života, koje su učenici u stanju da neposredno opažaju i analiziraju. Aktivnosti treba osmišljavati tako da učenici postepeno uočavaju uzročno-posljedične veze i razvijaju osnovne vještine promatranja, postavljanja pitanja i izvođenja jednostavnih zaključaka. Primjeri mogu uključivati promjene stanja materije, reakcije hrane pod različitim uslovima ili uočavanje fizičkih svojstava supstanci.

Kod srednjoškolaca moguće je uvoditi složenije hemijske koncepte, uz povezivanje makroskopskog opažanja sa mikroskopskim i simboličkim nivoom hemijskog znanja. Nastavnik može koristiti eksperimentalne zadatke, simulacije, multimedijalne prikaze i digitalne alate kako bi učenici mogli istraživati reakcije, modelovati molekulske strukture ili pratiti kinetiku hemijskih procesa.

Važno je napomenuti da sama razrada časa ostaje u domenu izbora i kreativnosti nastavnika, koji prema vlastitoj procjeni i potrebama učenika bira način izvođenja aktivnosti, nivo složenosti i intenzitet vođenja eksperimenta. Primjeri u nastavku nisu zamišljeni kao striktne instrukcije, već kao inspiracija i polazna tačka za kreiranje nastavnih iskustava koja razvijaju naučnu pismenost, kritičko mišljenje i kompetencije 21. vijeka.

Uticaj temperature i vlažnosti na skladištenje hrane

Na početku časa nastavnik postavlja pitanje: „***Zašto dvopek postane mekan nakon dodira s vlažnom hranom?***“ Učenici razmišljaju i iznose svoja iskustva, dok nastavnik moderira diskusiju i zapisuje ključne pojmove: voda, apsorpcija vlage, hemijske promjene u skrobu. Zatim se učenici dijele u male grupe i dobijaju zadatak da osmotre različite vrste hrane iz domaćinstva i predlože kako bi temperatura ili skladištenje uticali na njihov kvalitet. U nastavku, koriste jednostavan eksperiment – stavljanje male količine dvopeka u vlažnu sredinu na sobnoj i niskoj

temperaturi – i bilježe promjene kroz vrijeme. Na kraju časa, grupe prezentuju svoja zapažanja i diskutuju o hemijskim procesima (apsorpcija vode, promjena teksture skroba) i praktičnim implikacijama za čuvanje hrane.

Proučavanje svojstava deterdženata i površinskog napona

Nastavnik započinje čas pitanjem: „***Zašto sapun olakšava uklanjanje masnoće sa tanjira?***” Učenici iznose svoje pretpostavke, dok nastavnik uvodi pojmove kao što su površinski napon i strukture deterdženata, kao i polarnost molekula. Grupa učenika dobija zadatak da posmatra uticaj sapuna na miješanje vode i ulja i bilježe zapažanja. Nakon toga, diskutuju o ulozi polarnih i nepolarnih dijelova molekula u čišćenju. Na kraju časa, učenici povezuju zapažanja sa svakodnevnim situacijama, npr. pranjem posuđa ili ruku, te izvedu zaključke o hemijskim principima površinskog napona i međumolekulskih interakcija.

Sastav kozmetičkih proizvoda i sigurnost upotrebe

Nastavnik započinje čas pitanjem: „***Šta znači da je neka krema hipoalergena?***” Učenici istražuju sastav različitih kozmetičkih proizvoda na osnovu njihove deklaracije. Učenici u grupama identifikuju i svrstavaju u kategorije aktivne supstance, konzervanse i aditive. Nastavnik uvodi u diskusiju pitanja o koncentracijama, pH vrijednosti i mogućim interakcijama sastojaka.

Hemijske reakcije

Nastavnik započinje čas pitanjem: „***Zašto miješanjem sode bikarbone i sirćeta nastaje gas?***” Učenici predlažu hipoteze i reakcije, a zatim izvede eksperiment u kojem miješaju male količine sode bikarbone i sirćeta i mjere zapreminu oslobođenog gasa. Učenici bilježe relativne

brzine reakcije i druga zapažanja, te diskutuju o uticaju temperature ili koncentracije na brzinu oslobađanja CO_2 . Na kraju časa, analiziraju rezultate, povezuju hemijske procese sa svakodnevnim iskustvima (npr. priprema peciva) i podnose kratki izvještaj.

AKTIVNO UČENJE I UČENIK U CENTRU NASTAVNOG PROCESA

U savremenoj nastavi hemije učenik je u središtu procesa učenja. Aktivno učenje omogućava da znanje bude izgrađeno kroz istraživanje, eksperiment i rješavanje problema. Nastavnik djeluje kao mentor i facilitator, osmišljavajući aktivnosti koje povezuju teoriju sa stvarnim iskustvima učenika i potiču njihovu znatiželju, samostalno zaključivanje i odgovornost za učenje.

Digitalni i multimedijalni alati dodatno omogućavaju interaktivno učenje, vizualizaciju i analizu podataka te prezentaciju rezultata. Sljedeće sekcije daju praktične smjernice, metode i primjere za primjenu aktivnog učenja u hemijskoj nastavi.



NAČELA AKTIVNOG UČENJA

Aktivno učenje se zasniva na nekoliko ključnih principa:

- **Učenje kroz iskustvo**, gdje učenici sami prikupljaju podatke, provode eksperimente i interpretiraju rezultate.
- **Autentičnost zadataka**, pri čemu problemske situacije iz stvarnog života povećavaju motivaciju učenika i primjenjivost znanja.
- **Metakognicija i refleksija** – samostalan učenik razmišlja i analizira načine i strategije učenja.
- **Diferencijacija**, nastavnik prilagođava aktivnosti različitim nivoima znanja i stilovima učenja.

STRATEGIJE I METODE

Eksperimenti

Cilj: Učenici neposredno testiraju teorijske tvrdnje.

Pristup: Od demonstracija u kojima učestvuje cijeli razred do timskih laboratorijskih zadataka. Učenici postavljaju hipoteze, provode mjerenja i bilježe opažanja

Bezbjednost: Pravila ponašanja u laboratoriji, minimalna zaštitna oprema i jasna uputstva su obavezni.

Istraživačka nastava

Cilj: Razvijati istraživačke vještine, kritičko razmišljanje i samostalnost učenika.

Pristup: Učenici formulišu pitanja, planiraju eksperimente, prikupljaju podatke, analiziraju rezultate i izvode zaključke.

Obezbijediti učenicima jasna uputstva za složenije zadatke i slobodu kreativnog pristupa u istraživanju.

Primjena: Pogodna za projekte ili višednevne aktivnosti. Moguće je uključiti digitalne alate za prikupljanje i vizualizaciju podataka.

Debate i argumentacija

Cilj: Razviti sposobnost argumentovanog izlaganja, kritičkog sagledavanja dokaza i timske diskusije.

Pristup: Organizovati strukturirane debate u kojima učenici pripremaju argumente i kontrargumente. Podsticati analizu naučnih i društvenih aspekata problema. Jasno na početku definisati kriterijume za evaluaciju argumenata i aktivno uključiti vršnjačko ocjenjivanje.

Primjeri: GMO, obnovljivi izvori energije, upotreba plastike, klimatske promjene.

Projekti

Cilj: Integracija znanja iz više predmeta i primjena hemije u stvarnim problemima.

Pristup: Interdisciplinarni rad povezuje hemiju, biologiju, ekologiju, tehnologiju i društvene nauke. Učenici rade u timovima, prikupljaju podatke, analiziraju ih i prezentuju rezultate. Podijeliti zadatke prema sposobnostima i interesovanjima učenika. Koristiti digitalne alate za prikupljanje podataka, izradu grafikona i prezentaciju rezultata.

Primjer: Analiza kvaliteta vode na lokalnim izvorima, izrada preporuka za lokalnu zajednicu i javna prezentacija.

PRIMJERI AKTIVNOSTI

Jednodnevna radionica: Hemija u mojoj kuhinji

Cilj: Razrada i razumijevane promjena koje se odvijaju pri kuvanju i pečenju hrane, kao što denaturacija proteina i Maillardova reakcija. Razvijanje vještine eksperimentalnog rada.

Tok aktivnosti: Postavljanje hipoteza → Izvođenje eksperimenta → Analiza podataka → Pisanje izvještaja

Školski projekat: Voda u mojoj životnoj okolini

Cilj: Razvijanje vještine analize podataka i razumijevanje uticaja zagađenja na lokalnu zajednicu. Razvijanje vještine eksperimentalnog rada.

Tok aktivnosti: Uzorkovanje → Izvođenje eksperimenta (mjerjenje pH i drugih parametara) → Interpretacija podataka → Izrada preporuka i javna prezentacija.

EVALUACIJA AKTIVNOSTI I REFLEKSIJA UČENIKA

Evaluacija u savremenoj nastavi hemije prati proces učenja, a ne samo krajnji rezultat. Učenici se vrednuju ne samo po tačnim odgovorima, već i po načinu razmišljanja, saradnji, kreativnosti i sposobnosti da prepoznaju i unaprijede vlastiti napredak.

Savremeni pristup kombinuje **formativno** i **sumativno** ocjenjivanje:

- **Formativno ocjenjivanje** prati učenika tokom procesa učenja kroz bilješke, diskusije, kratke kvizove, refleksije i povratnu informaciju koja usmjerava dalji rad. Cilj je da učenik razumije kako uči i šta može unaprijediti.
- **Sumativno ocjenjivanje** provodi se na kraju teme, projekta ili eksperimenta, kada učenici prezentuju rezultate, izrađuju izvještaj ili završni portfolio. Fokus je na integrisanom sagledavanju znanja, vještina i stavova razvijenih tokom učenja.

Ovaj pristup omogućava nastavnicima potpunu sliku napretka učenika, dok učenici stižu jasnu povratnu informaciju i razvijaju sposobnost samoprocjene.

Razvoj samosvjesnog učenja zasniva se na **refleksiji**, procesu u kojem učenik dublje razmatra svoj proces učenja — šta je naučio, kako je učio i kako može dalje napredovati. Sinonimi za refleksiju koji se mogu naći u literature su samopromišljanje, razmišljanje o učenju, metakognitivno razmišljanje.

Refleksija pomaže učeniku da:

- prepozna sopstvene strategije učenja i razumije njihove prednosti i ograničenja,
- uoči vezu između teorije i prakse,
- razvije odgovornost i samostalnost u učenju.

U nastavku su prikazane konkretne metode i alati koji podržavaju ove principe:

PORTFOLIO UČENIKA

- Sadrži plan aktivnosti, bilješke, rezultate eksperimenata, fotografije, video-zapise i kratke refleksije.

- Omogućava formativno i sumativno praćenje napretka.

RUBRIKE ZA OCJENJIVANJE

- Kriterijumi: sigurnost i organizacija rada, jasnoća hipoteze, tačnost metode, interpretacija podataka, timska saradnja i kvalitet prezentacije.
- Skala po kojoj se ocjenjuje, npr. od 1 do 5.

SAMOPROCJENA I VRŠNJAČKO OCJENJIVANJE

- Učenici procjenjuju vlastiti doprinos i rad tima prema unaprijed definisanim kriterijima.
- Podstiče razvoj metakognicije, odgovornosti i objektivne samoevaluacije.

REFLEKSIJA UČENIKA

- Nakon svake aktivnosti učenici popunjavaju kratku refleksivnu bilješku: Šta sam naučio/la? Šta mi je bilo teško? Šta bih sljedeći put uradio/la drugačije?

Dodatni alati za prilagođavanje

U savremenoj nastavi hemije važno je prilagoditi aktivnosti različitim sposobnostima učenika, koristiti digitalne alate i uvijek voditi računa o sigurnosti.

DIFERENCIJACIJA

- Naprednijim učenicima treba ponuditi proširene zadatke, npr. kvantitativnu analizu ili statističku obradu podataka.

- Učenicima kojima je potrebna podrška obezbijediti uputstva, šablone i primjere.

DIGITALNI ALATI

- Koristiti simulacije molekulskih modela, *online* baze podataka, digitalne obrasce za prikupljanje podataka i zajedničke platforme za prezentacije.

BEZBJEDNOST U LABORATORIJI

- Pravila rada u laboratoriji su jasno definisana.
- Upotreba hemikalija i pribora pažljivo se planiraju.
- Korištenje zaštitne opreme za sve aktivnosti je obavezno.

MULTIMEDIJA U NASTAVI HEMIJE

MULTIMEDIJA - POJAM I ZNAČENJE

Pojam *multimedija* potiče od latinskih riječi *multi* (više) i *medium* (sredstvo, posrednik), i u najširem smislu označava korištenje više različitih medija – teksta, slike, zvuka, animacije i videa – u cilju prenošenja informacija, ideja ili emocija. U savremenom društvu, multimedija je postala dominantan oblik komunikacije, jer spaja vizualne, verbalne i auditivne elemente u jedinstveno iskustvo.

Multimedija se danas pojavljuje u gotovo svim sferama života: od umjetnosti, reklame i medija, do nauke, industrije i obrazovanja. Njena ključna osobina je interaktivnost – mogućnost korisnika da aktivno upravlja tokom informacija, bira sadržaj i učestvuje u procesu komunikacije. Time multimedija prelazi granice jednostavne prezentacije i postaje dinamičan sistem međudjelovanja između čovjeka i digitalnog sadržaja.

Osnovne komponente multimedije obuhvataju:

- **tekst** – kao nosilac pojmovnog značenja,
- **sliku i grafiku** – koje olakšavaju vizualno prepoznavanje i pamćenje,
- **zvuk i govor** – koji pojačavaju emocionalni doživljaj i razumijevanje,
- **video i animaciju** – koji prikazuju pokret i promjenu,
- **interaktivne elemente** – koji korisniku daju ulogu aktivnog učesnika.

U tehničkom smislu, multimedija se zasniva na razvoju informacionih i komunikacionih tehnologija (IKT) koje omogućavaju digitalno povezivanje različitih formata u jedinstvenu cjelinu. U komunikacionom smislu, ona mijenja način na koji se informacije doživljavaju: poruka više nije linearna ni jednodimenzionalna, već višekanalna i nelinearna, jer angažuje više čula istovremeno.

U tom smislu, multimedija se može posmatrati kao kulturni fenomen savremenog doba, koji oblikuje našu percepciju svijeta i način učenja. Dok su tradicionalni mediji, kao što su na primjer štampani tekst ili slika u knjizi, zahtijevali linearnu pažnju i interpretaciju, multimedijalni sadržaji podstiču nelinearno i interaktivno mišljenje, prilagođeno ritmu digitalnog društva.

Zaključak

Multimedija ne predstavlja samo zbir tehničkih sredstava, već relativno novi oblik izražavanja i mišljenja, koji spaja znanje, sliku, zvuk i interakciju u jedinstveno iskustvo.

MULTIMEDIJA U OBRAZOVNOM KONTEKSTU

Ako multimediju posmatramo u obrazovnom kontekstu, jasno je vidljiv prelazak iz domena zabave i komunikacije u domen učenja i podučavanja. Kada se uvede u školu, multimedija postaje didaktički alat koji omogućava integraciju različitih oblika prezentovanja znanja i prilagođavanje učenju različitih potreba učenika.

Cilj multimedije u obrazovanju nije tehnička atraktivnost, već pedagoška funkcionalnost – kako različiti mediji mogu zajednički podržati razumijevanje, pamćenje i primjenu znanja.

Prema kognitivnoj teoriji multimedijalnog učenja (Mayer, 2001), učenici najbolje uče kada se informacije predstavljaju kroz kombinaciju riječi i slika, jer se time aktiviraju dva kanala obrade informacija – verbalni i vizualni. Teorijska osnova ove ideje potiče iz teorije dvostrukog kodiranja (Paivio, 1986), prema kojoj se informacije koje su istovremeno predstavljene verbalno i vizualno pamte bolje od onih predstavljenih samo jednim putem.

Mayer je definisao nekoliko principa koji objašnjavaju kako multimedija može unaprijediti proces učenja:

- učenici bolje uče **kada slike i tekst čine koherentnu cjelinu** (princip kontigviteta),
- **kada su nebitni elementi izostavljeni** (princip koherencije),
- **kada su informacije podijeljene na manje segmente** (princip segmentiranja),
- **kada se koristi naracija umjesto čitanja teksta** (princip modaliteta).

U primjeni, to znači da učenici ne treba da budu pasivni posmatrači, već aktivni učesnici koji povezuju vizualne i verbalne informacije u smisleno znanje. Dobro dizajnirana multimedija omogućava da učenici istražuju, analiziraju, predviđaju i objašnjavaju pojave – dakle, da uče *aktivno* i *refleksivno*.

Multimedija takođe podstiče razvoj digitalne, vizualne i medijske pismenosti, koje su prepoznate kao ključne kompetencije 21. vijeka. Učenici kroz multimedijalne materijale ne samo da uče hemiju, već i učestvuju u oblikovanju informacija: izrađuju prezentacije, animacije, video-snimke ili digitalne postere, čime stiču vještine komunikacije i samostalnog izražavanja. Multimedija ne zamjenjuje tradicionalne nastavne metode – ona ih nadopunjuje, stvarajući bogatije, interaktivno

i smisleno okruženje za učenje.

Zaključak

U obrazovnom kontekstu, multimedija nije samo sredstvo prikazivanja, već most između teorije i iskustva. Ona omogućava učeniku da „vidi“ pojave koje su inače nevidljive, da ih poveže sa sopstvenim razumijevanjem i da kroz aktivnu interakciju gradi trajno i funkcionalno znanje.

VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA U NASTAVI HEMIJE - NOVI NIVO DIGITALNE INTERAKCIJE

Ključni koncept

Vještačka inteligencija ne zamjenjuje ulogu čovjeka u nastavi, već širi njene mogućnosti – pomaže nastavniku da bolje razumije učenike, a učenicima da aktivno grade znanje kroz interakciju s inteligentnim sistemom.

TEORIJSKI OKVIR I ZNAČENJE VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE U OBRAZOVANJU

Vještačka inteligencija (VI) označava sposobnost mašina i računarskih sistema da oponašaju određene oblike ljudske inteligencije – da uče iz podataka, prepoznaju obrasce, donose odluke i komuniciraju sa korisnicima na prirodan način. U obrazovnom kontekstu, VI se ne odnosi samo na tehničku automatizaciju, već na inteligentnu podršku učenju: personalizaciju sadržaja, analizu napretka, adaptivno ocjenjivanje i interaktivnu komunikaciju.

Savremene definicije (Holmes et al., 2021; UNESCO, 2023) ističu da je cilj primjene VI u obrazovanju povećanje kvaliteta, inkluzivnosti i efikasnosti učenja, a ne zamjena nastavnika. VI se posmatra kao partner u procesu učenja, koji omogućava bolju dostupnost informacija, pravovremenu povratnu informaciju i individualizovan pristup svakom učeniku.

U didaktičkom smislu, VI proširuje okvire tradicionalne i multimedijalne nastave. Dok multimedija kombinuje više modaliteta predstavljanja (tekst, slika, zvuk), VI dodaje dimenziju inteligentne interakcije i prilagođavanja. To znači da nastavnik više ne koristi unaprijed pripremljen sadržaj na isti način za sve učenike, već može koristiti alate koji automatski predlažu dodatna objašnjenja, zadatke i simulacije u skladu s individualnim potrebama.

PRIMJENA VJEŠTAČKE INTELEGENCIJE U NASTAVI HEMIJE

Hemija je nauka u kojoj su mnogi procesi mikroskopski i apstraktni, pa njihovo razumijevanje zahtijeva vizualizaciju i povezivanje različitih nivoa znanja – makroskopskog, mikroskopskog i simboličkog. VI može u tom smislu osnažiti multimedijalne pristupe omogućavajući:

- **Generisanje vizualnih prikaza:** alati poput generativnih modela (npr. ChatGPT, Copilot, Gemini) mogu kreirati slike molekula, reakcija ili 3D strukture koje učenici istražuju.
- **Virtuelne laboratorije s inteligentnim vodičem:** sve više platformi zasnovanih na VI nude simulacije eksperimenata koje prilagođavaju složenost zadataka nivou znanja učenika.
- **Automatsko prepoznavanje hemijskih formula i jednačina:** sistemi za optičko prepoznavanje (OCR + AI) pomažu u digitalizaciji bilješki i provjeri tačnosti hemijskih izraza.
- **Inteligentne asistente:** alati poput ChatGPT-a omogućavaju učenicima da postavljaju pitanja, traže objašnjenja, provjeravaju razumijevanje i dobiju individualnu povratnu informaciju u realnom vremenu.

- **Analitiku učenja:** VI može pratiti obrasce u radu učenika (npr. koje tipove zadataka najčešće griješe) i nastavniku pružiti podatke za prilagođavanje nastave.

U ovakvom okruženju, nastavnik postaje dizajner učenja, a ne samo predavač – on bira i kombinuje alate, postavlja pitanja, osmišljava istraživačke zadatke i vodi učenike u refleksiji nad rezultatima koje VI generiše.

Primjer iz prakse

Tema „Uticaj temperature na brzinu hemijske reakcije“ može se obraditi koristeći virtuelnu laboratoriju zasnovan na VI. Ovakav sistem učenicima omogućava da mijenjaju parametre koji utiču na brzinu hemijske reakcije (temperatura, koncentracija, pritisak) i u realnom vremenu prikazuje promjene u graphicima i/ili molekulskim modelima. Učenici mogu koristiti ChatGPT kako bi analizirali rezultate, formulisali zaključke i napisali izvještaj o laboratorijskom istraživanju. Cijeli proces uključuje eksperiment, analizu i diskusiju rezultata što su tri osnovne faze formiranja naučnog zaključka.

PEDAGOŠKI, ETIČKI I DRUŠTVENI ASPEKTI

Uvođenje vještačke inteligencije u nastavu zahtijeva promišljanje pedagoških principa i etičkih granica. Ključno pitanje nije da li će VI zamijeniti nastavnika, već kako će promijeniti način na koji nastavnici podučavaju, a učenici uče.

Pedagoški izazov leži u očuvanju kritičkog i refleksivnog mišljenja učenika – da ne postanu pasivni korisnici „gotovih odgovora“, već

aktivni istraživači koji koriste VI kao alat, a ne autoritet. Nastavnik mora učenike podučiti digitalnoj etici, provjeri izvora i odgovornom korištenju tehnologije, uključujući prepoznavanje ograničenja i mogućih grešaka koje VI može proizvesti.

Etika primjene VI u obrazovanju obuhvata pitanja privatnosti podataka, transparentnosti algoritama i pravednog pristupa tehnologiji. U praksi to znači da škole i nastavnici treba da biraju alate koji su sigurni, otvoreni i prilagođeni obrazovnim ciljevima, a ne komercijalnim interesima.

Sa druge strane, VI otvara i društvenu dimenziju promjene uloge znanja – u svijetu gdje su informacije dostupne u sekundi, cilj obrazovanja postaje razvijanje sposobnosti kritičkog razmišljanja, kreativnosti i rješavanja problema, a ne samo reprodukcija činjenica.

Zaključak

Vještačka inteligencija u nastavi hemije ne predstavlja samo tehnološki trend, već pedagošku transformaciju. U kombinaciji sa multimedijalnim pristupima, ona stvara okruženje u kojem učenik uči kroz dijalog, istraživanje i refleksiju, a nastavnik postaje mentor koji vodi kroz kompleksan svijet znanja i digitalnih informacija. Spoj multimedije i vještačke inteligencije u savremenoj nastavi hemije omogućava da se nauka približi stvarnom životu – kroz interaktivnost, vizualizaciju i personalizaciju učenja.

DIGITALNI ALATI I E-UČENJE U HEMIJI

💡 Ključna ideja

Digitalni alati u nastavi hemije ne mijenjaju suštinu učenja – oni je produbljuju, otvarajući nove načine za razumijevanje, istraživanje i primjenu znanja.

Razvoj digitalnih tehnologija u posljednjim decenijama snažno je uticao na način na koji se znanje stvara, dijeli i primjenjuje. U obrazovanju, digitalna transformacija ne znači samo prelazak na elektronske platforme, već i promjenu paradigme učenja – od pasivnog usvajanja informacija ka aktivnom, samostalnom i kolaborativnom učenju.

U nastavi hemije, koja prirodno kombinuje teoriju, eksperiment i vizualizaciju, digitalni alati imaju posebno mjesto. Oni omogućavaju da se apstraktni pojmovi i nevidljivi procesi učine vidljivim, razumljivim i dostupnim učenicima različitih nivoa predznanja. Pomoću platformi za e-učenje, simulacija, interaktivnih vizualizacija i virtuelnih laboratorija, učenici mogu istraživati hemijske fenomene, postavljati hipoteze, pratiti rezultate i analizirati podatke u bezbjednom i motivišućem okruženju.

Digitalni alati tako proširuju granice učionice i čine proces učenja **kontinuiranim i prilagodljivim** – učenje se može odvijati bilo kada i bilo gdje. Nastavnik, sa druge strane, dobija nove mogućnosti za individualizaciju pristupa, formativno praćenje i razvoj digitalnih kompetencija kod učenika.

U kontekstu savremene nastave, e-učenje i digitalni alati ne

predstavljaju samo tehničku podršku, već su postali integralni dio nastavne strategije koja povezuje tehnologiju, nauku i pedagogiju u funkcionalnu cjelinu.

DIGITALNI ALATI I E-UČENJE – POJAM I ZNAČAJ

💡 Ključna ideja

Digitalni alati nisu zamjena za tradicionalno učenje, već sredstvo koje nastavu čini fleksibilnijom, interaktivnijom i bližom načinu na koji učenici danas prirodno komuniciraju i usvajaju znanje.

Digitalno učenje (e-učenje) predstavlja oblik obrazovanja koji se zasniva na upotrebi digitalnih tehnologija i interneta u procesu prenošenja znanja, komunikacije i procjene postignuća učenika. Za razliku od tradicionalnog učenja koje se odvija isključivo u učionici, e-učenje omogućava fleksibilnost u vremenu, prostoru i načinu pristupa sadržaju. U tom smislu, ono se ne ograničava samo na „online nastavu“, već obuhvata širi spektar digitalnih praksi koje podržavaju aktivno, samostalno i saradničko učenje.

U kontekstu savremene nastave hemije, digitalni alati postaju neizostavan dio nastavnog procesa jer omogućavaju vizualizaciju složenih pojmova i hemijskih procesa, izvođenje virtuelnih eksperimenata, komunikaciju i razmjenu ideja među učenicima i nastavnicima. Na taj način, hemija, kao eksperimentalna nauka koja zahtijeva razumijevanje mikroskopskih procesa i modela, posebno

profitira od primjene digitalnih medija.

Digitalni alati u obrazovanju ne znače samo korištenje računara, već i integraciju različitih softverskih platformi, simulacija, aplikacija i vizualnih alata koji omogućavaju učenicima da istražuju, analiziraju i primjenjuju hemijske koncepte u kontekstu stvarnog života.

Ključna vrijednost e-učenja nije u tehnologiji samoj po sebi, nego u pedagoškoj svrsi njene upotrebe: kako nastavnik koristi digitalne resurse da olakša učenje, omogući individualizovan pristup, poveća motivaciju i razvije digitalne kompetencije učenika.

PLATFORME ZA DIGITALNO UČENJE

Platforme kao što su **Moodle**, **Google Classroom** i **Microsoft Teams** omogućavaju organizaciju nastave, distribuciju materijala, komunikaciju i praćenje aktivnosti učenika. One se mogu koristiti i u tradicionalnom i u hibridnom modelu nastave.

- **Moodle** je otvorena i fleksibilna platforma koja omogućava nastavnicima da kreiraju digitalne kurseve, kvizove, forume i baze podataka. U nastavi hemije može se koristiti za organizaciju tematskih modula (npr. „Organska jedinjenja“, „Hemijske reakcije“), u koje nastavnik unosi prezentacije, zadatke, video-snimke eksperimenata i dodatne materijale.
- **Google Classroom** nudi jednostavan i intuitivan način organizacije sadržaja, zadataka i komunikacije. Posebno je pogodan za kombinovanu nastavu, jer omogućava dijeljenje dokumenata u realnom vremenu i saradnju na zajedničkim projektima.
- **Microsoft Teams** kombinuje videokonferencije, zajednički rad i čuvanje materijala. Nastavnik može organizovati virtualne

laboratorijske sesije, konsultacije i grupne diskusije, što je korisno posebno kada učenici nemaju pristup laboratoriji.

Preporuka

Kada nastavnik bira platformu, važno je da se rukovodi didaktičkim ciljem – da li želi da podstakne diskusiju, provjeri razumijevanje, omogući samostalno učenje ili organizuje saradničke aktivnosti. Tehnologija treba da služi pedagoškoj svrsi, a ne obrnuto.

ONLINE EKSPERIMENTI I SIMULACIJE

Eksperimentalna komponenta predstavlja srž učenja hemije. Ipak, u mnogim školama izvođenje stvarnih eksperimenata ograničeno je nedostatkom opreme, hemikalija ili prostora. U takvim situacijama digitalne simulacije i virtuelni eksperimenti predstavljaju dragocjenu alternativu.

Najpoznatiji i najčešće korišteni digitalni resursi su:

- **PhET Interactive Simulations** – platforma Univerziteta u Koloradu koja nudi interaktivne simulacije hemijskih, fizičkih i bioloških pojava. Učenici mogu vizualno istraživati reakcije, kinetiku, ravnotežu, strukturu atoma i molekula, mijenjati parametre i posmatrati posljedice.
- **ChemCollective** – online laboratorija u kojoj učenici mogu izvoditi virtuelne eksperimente, mjeriti koncentracije, pripremati rastvore i analizirati rezultate, što razvija istraživačke i analitičke vještine.

- **MolView** – alat koji omogućava trodimenzionalni prikaz molekula i kristalnih struktura, čime učenici bolje razumiju prostornu građu i veze između strukture i svojstava supstanci.

Virtuelni eksperimenti ne mogu u potpunosti zamijeniti iskustvo rada u stvarnoj laboratoriji, ali mogu značajno doprinijeti razumijevanju apstraktnih koncepata i povećati motivaciju učenika. Oni omogućavaju učenicima da istražuju bez straha od greške, jer je proces siguran i ponovljiv.

💡 Zaključak

Simulacije daju učenicima mogućnost da samostalno manipulišu varijablama i odmah vide posljedice svojih odluka, što podstiče istraživačko i eksperimentalno mišljenje.

ALATI ZA VIZUALIZACIJU HEMIJSKIH STRUKTURA

Vizualizacija je jedan od najvažnijih aspekata učenja hemije. Nastavnik često mora premostiti jaz između makroskopskog svijeta (onog što se vidi) i mikroskopskog svijeta (atoma i molekula). Digitalni alati olakšavaju taj proces jer omogućavaju trodimenzionalni prikaz struktura, rotaciju molekula, uočavanje geometrije, hibridizacije i međumolekulskih sila.

Primjeri korisnih alata uključuju:

- **Avogadro** – besplatan softver za crtanje i vizualizaciju molekula, koristan za demonstraciju građe organskih spojeva i reakcija.

- **Jmol** – interaktivni alat koji omogućava prikaz molekula u 3D formatu, sa mogućnošću ugradnje u prezentacije ili web-stranice.
- **ChemSketch** – alat koji omogućava crtanje hemijskih struktura i reakcija, koristan u pripremi nastavnih materijala i zadataka.

Takvi alati pomažu učenicima da razviju **prostornu hemijsku pismenost**, tj. sposobnost da mentalno povežu strukturu, svojstva i ponašanje materije.

PREDNOSTI, OGRANIČENJA I PREPORUKE ZA UPOTREBU

Primjena digitalnih alata u nastavi hemije donosi brojne prednosti:

- povećava motivaciju i angažman učenika,
- omogućava individualizovano učenje i samostalno istraživanje,
- podstiče vizualno i interaktivno razumijevanje apstraktnih pojmova,
- olakšava komunikaciju i praćenje napretka učenika.

Ipak, postoje i određena ograničenja:

- tehnička neujednačenost škola (nedostatak uređaja, internet konekcije),
- opasnost od preopterećenja informacijama i distrakcije,
- potreba za stalnom digitalnom obukom nastavnika,
- rizik da tehnologija postane cilj sama po sebi, umjesto sredstvo učenja.

Preporuke

- 1. Tehnologiju uvoditi postepeno i svrhovito, u skladu sa nastavnim ciljem.**
- 2. Kombinovati digitalne i tradicionalne metode – najbolje rezultate daje hibridni pristup.**
- 3. Uključiti učenike u proces stvaranja digitalnih materijala (npr. izrada video-objašnjenja ili digitalnih postera).**
- 4. Evaluirati efikasnost digitalnih resursa i prilagođavati ih različitim tipovima učenika.**

Zaključak

Digitalni alati u nastavi hemije nisu samo tehničko rješenje, već dio savremene pedagoške prakse koja učenicima omogućava da uče kroz interakciju, istraživanje i kreativno izražavanje. Njihova snaga leži u kombinaciji nauke, tehnologije i didaktike – u umijeću nastavnika da digitalne resurse pretvori u iskustvo učenja.

PROCJENA I VREDNOVANJE U DIGITALNOJ NASTAVI

Generalno o evaluaciji i vrednovanju učeničkih postignuća već je bilo riječi u odjeljku 2.4. U ovom poglavlju dajemo kratak osvrt, sa fokusom na digitalnu nastavu. Učenici su ključni element nastavnog procesa, a savremena nastava hemije kombinuje aktivno učenje, multimediju, digitalne alate i vještačku inteligenciju.

Tradicionalni pristupi ocjenjivanju više nisu dovoljni – procjena treba da podržava učenje, motiviše učenike i pruža povratnu informaciju koja unapređuje njihove kompetencije. Digitalni alati i inteligentni sistemi omogućavaju da vrednovanje bude dinamično, interaktivno i prilagođeno individualnim potrebama učenika.



Formativno i sumativno vrednovanje se međusobno nadopunjuju: formativno prati napredak i pruža povratnu informaciju koja podržava

učenje, dok sumativno ocjenjuje postignute rezultate i pruža uvid u uspješnost procesa. Aktivna nastava uključuje i samoprocjenu, koja pomaže učeniku da reflektuje svoje znanje, te vršnjačko ocjenjivanje, koje razvija saradnju, kritičko mišljenje i sposobnost konstruktivne evaluacije radova drugih.

DIGITALNI ALATI ZA EVALUACIJU

Digitalni alati danas igraju ključnu ulogu u savremenoj nastavi hemije, omogućavajući efikasno, interaktivno i prilagodljivo vrednovanje učeničkih postignuća. Oni ne samo da pomažu nastavnicima da prate napredak učenika i pruže pravovremenu povratnu informaciju, već i učenicima omogućavaju aktivno uključivanje u proces ocjenjivanja. Korištenjem digitalnih alata, procjena postaje dinamičan i motivišući element nastave, prilagođen individualnim potrebama svakog učenika.

Primjeri digitalnih alata uključuju:

- **Kvizovi i interaktivni testovi** (Kahoot, Quizizz, Socrative) – osim brze povratne informacije i automatskog bodovanja, ovi alati potiču element igre i konkurencije, što dodatno motiviše učenike.
- **Digitalni portfolioji** (Google Sites, Seesaw) – omogućavaju dokumentovanje i praćenje individualnog i grupnog rada, refleksiju učenika i prikaz postignutih kompetencija tokom vremena, uključujući eksperimentalne rezultate i multimedijalne materijale.
- **Ankete i samoprocjene** – pomažu učenicima da prepoznaju svoje snage i slabosti, ocijene razumijevanje koncepata i postavljaju ciljeve za dalje učenje.
- **Analitika učenja** – platforme poput Moodle-a i Teams-a omogućavaju nastavnicima detaljno praćenje aktivnosti, angažmana

i uspješnosti učenika, te identifikaciju oblasti gdje je potrebna dodatna podrška ili dodatni izazovi za napredne učenike.

Zaključak

Digitalni alati čine procjenu transparentnom, interaktivnom i dostupnom u realnom vremenu, povećavaju angažman učenika, podržavaju samostalno učenje i omogućavaju nastavnicima da bolje prilagode nastavu individualnim i grupnim potrebama.

PRIMJERI INSTRUMENATA ZA PROCJENU

U savremenoj nastavi hemije, procjena se više ne zasniva samo na tradicionalnim testovima, već uključuje raznovrsne instrumente koji omogućavaju sveobuhvatno vrednovanje znanja, vještina i kompetencija učenika. Primjeri instrumenata uključuju:

1. **Formativni kviz nakon eksperimenta** – pitanja su dizajnirana da provjere razumijevanje hemijskih procesa, analizu rezultata i primjenu naučenog u praktičnom kontekstu. Ovaj tip zadatka pruža trenutnu povratnu informaciju i pomaže nastavniku da prilagodi naredne aktivnosti prema potrebama učenika.
2. **Portfolio hemijskog istraživanja** – učenik dokumentuje cijeli istraživački proces: postavljanje hipoteze, izvođenje eksperimenta, prikupljanje rezultata i refleksiju. Digitalni portfolio omogućavaju

dodavanje slika, video zapisa i grafičkih prikaza, čime se jača vizualna i kritička prezentacija rada.

3. **Vršnjačka evaluacija prezentacije projekta** – učenici razmjenjuju mišljenja i daju konstruktivne komentare, koristeći jasno definisane kriterije kao što su tačnost, kreativnost, metodološka preciznost i saradnja u timu. Ovaj instrument razvija kritičko mišljenje i socijalne kompetencije.
4. **Samostalni digitalni zadaci u virtuelnoj laboratoriji** – omogućavaju učenicima da simuliraju eksperimente, analiziraju rezultate i izrade izvještaje, dok nastavnik može pratiti proces rada i individualni napredak.
5. **Interaktivni zadaci na multimedijalnoj platformi** – kombinacija teksta, slike, animacije i interaktivnih elemenata testira razumijevanje ključnih hemijskih koncepata, povezuje teoriju sa praksom i povećava angažman učenika.

Zaključak

Upotreba raznovrsnih instrumenata procjene u digitalnom okruženju omogućava sveobuhvatno praćenje napretka, podržava aktivno učenje i pomaže učenicima da razvijaju kompetencije 21. vijeka – kritičko mišljenje, refleksivnost, samostalnost i digitalnu pismenost.

Instrumenti procjene više nisu samo sredstvo mjerenja rezultata, već aktivni alati učenja, omogućavajući učenicima da prate, reflektuju i kontinuirano unapređuju svoje znanje i vještine.

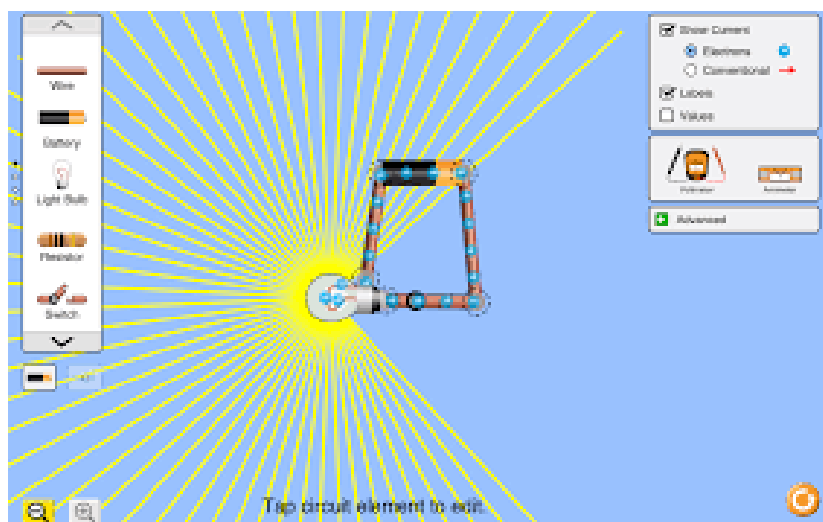
PRILOZI I DIGITALNI RESURSI

Savremena nastava hemije oslanja se na raznovrsne materijale i digitalne resurse koji podržavaju pripremu, izvođenje i evaluaciju nastavnog procesa. Prilozi i resursi pomažu nastavnicima da planiraju aktivnosti, kreiraju nastavne materijale i integrišu digitalne alate u učionicu, istovremeno omogućavajući učenicima aktivno i interaktivno učenje.

PREGLED DIGITALNIH ALATA I BESPLATNIH PLATFORMI

Digitalni alati omogućavaju vizualizaciju, simulaciju i interaktivno učenje hemijskih koncepata. Najčešće korištene besplatne platforme uključuju:

PhET Interactive Simulations – interaktivne simulacije



Slika 1. PhET interaktivne simulacije (izvor: [Wikipedia](https://www.wikipedia.org/))

PhET je besplatni projekt Univerziteta Colorado Boulder koji nudi interaktivne, istraživanjem vođene simulacije iz fizike, hemije, biologije, geografije i matematike. Simulacije omogućavaju učenicima da kroz igru i eksperimentiranje uče u virtuelnom okruženju, što ih čini posebno pogodnim za virtuelne laboratorije i za pomoć pri obradi određenih nastavnih jedinica. Ovaj projekat je je pokrenuo Nobelovac **Carl Wieman**, što dodatno naglašava kvalitet i istraživačku prirodu dostupnog materijala.

Glavne karakteristike

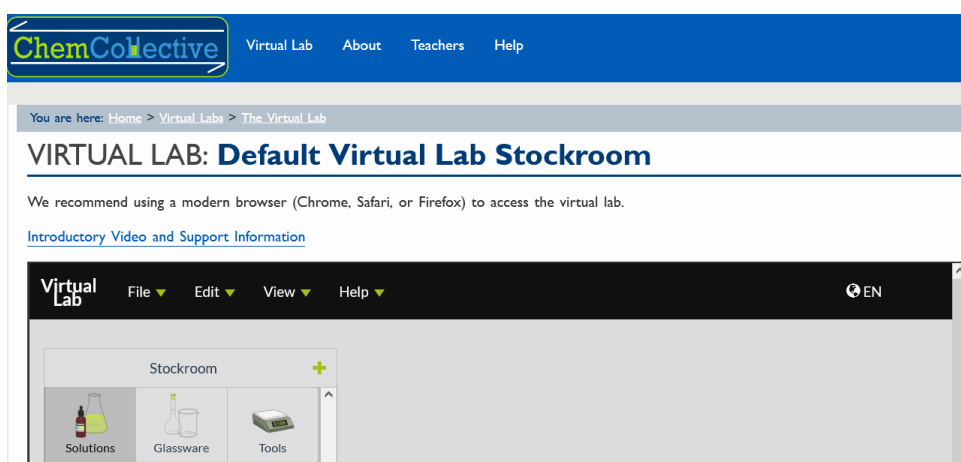
- Sve simulacije su **besplatne**, sa mogućnošću korištenja online ili preuzimanja za offline rad.
- Simulacije su razvijene na bazi pedagoških istraživanja da podstiču učenike na samostalno istraživanje i otkrivanje koncepata.
- Alati poput klizača, dugmića i virtuelnih instrumenata omogućavaju neposrednu povratnu informaciju i vizualizaciju odnosa uzrok-posljedica.
- Simulacije pokrivaju fiziku, hemiju, biologiju, geografiju i matematiku, prilagođene različitim obrazovnim nivoima, od osnovne škole do fakulteta.
- Neke simulacije nude zvučne opise, alternativne načine unosa i mogućnost prevoda na više od 100 jezika što ih čini pristupačnim.
- Nastavnici mogu pretraživati i filtrirati simulacije, integrisati ih u vlastite nastavne planove i dijeliti materijale s kolegama.

Preporuka

PhET simulacije najbolje se koriste kada učenici aktivno eksperimentišu, postavljaju hipoteze i promatraju rezultate u realnom vremenu. One omogućavaju vizualizaciju apstraktnih koncepata i potiču kritičko razmišljanje te samostalno učenje. Simulacije se mogu koristiti samostalno, u grupama ili kao dio integriranih nastavnih aktivnosti.

ChemCollective

ChemCollective je besplatna virtuelna laboratorija koja omogućava izvođenje simulacija hemijskih eksperimenata i analizu podataka u sigurnom digitalnom okruženju. Ovaj alat je posebno koristan za planiranje i izvođenje eksperimenata kada fizička laboratorija nije dostupna ili kada se želi naglasiti konceptualno razumijevanje procesa.



Slika 2. Naslovna stranica ChemCollective virtuelne laboratorije
(izvor <http://iry.chem.cmu.edu/vlab/vlab.php>)

Glavne karakteristike

- ChemCollective je virtuelna laboratorija što nudi izvođenje eksperimenata sa različitim hemikalijama i instrumentima, bez rizika od stvarnih oštećenja ili opasnosti.
- ChemCollective uključuje pripremljene zadatke, izazove i simulacije istraživačkog tipa, pogodne za individualno i grupno učenje.
- Učenici mogu da prikupljaju i analiziraju rezultate, crtaju grafikone i donose zaključke, što potiče kritičko razmišljanje.
- Nastavnici mogu kreirati vlastite eksperimente, pratiti napredak učenika i koristiti platformu za evaluaciju.
- ChemCollective je dostupan online, besplatan je i kompatibilan sa različitim uređajima.

Preporuka

ChemCollective najbolje se koristi kada učenici prethodno poznaju osnovne koncepte hemije i kada je cilj primjena teorijskog znanja u simuliranim eksperimentima. Aktivno uključivanje učenika u planiranje i analizu eksperimenta povećava angažman i razumijevanje.

MolView

MolView je besplatni online alat za 3D vizualizaciju molekula i kristalnih struktura. Omogućava učenicima i nastavnicima da posmatraju

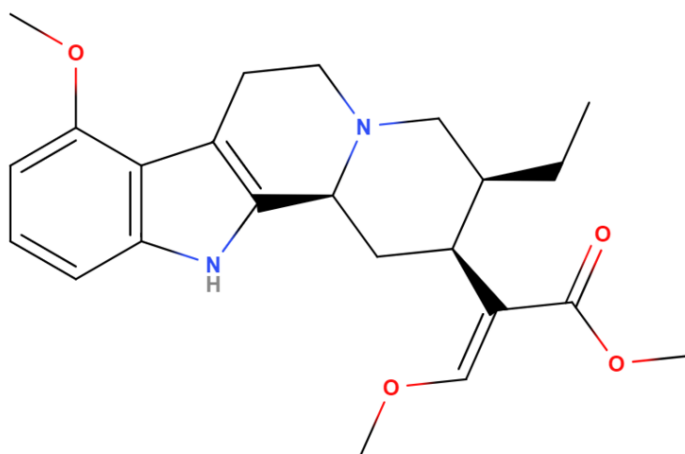
mikroskopske strukture i reakcije koje su inače teško vidljive.

Glavne karakteristike

- **3D prikaz molekula:** Omogućava rotiranje i zumiranje molekula, praćenje hemijskih veza i prostorne orijentacije atoma.
- Prikazuje kristalne strukture, funkcionalne grupe i molekulske interakcije u realnom vremenu.
- Učenici mogu kreirati vlastite molekule i analizirati njihove karakteristike, što olakšava razumijevanje apstraktnih hemijskih koncepata.
- Radi bez instalacije softvera, kompatibilan sa različitim uređajima i web preglednicima.
- Omogućava jednostavno dijeljenje vizualizacija, integraciju u prezentacije i online nastavne materijale.

Preporuka

MolView je odličan alat za objašnjavanje strukture molekula, hemijskih veza i stereohemije. Vizualni prikazi olakšavaju razumijevanje kompleksnih tema i omogućavaju učenicima da povežu teoriju sa različitim modelima prikazivanja struktura. Preporučuje se kombinacija sa praktičnim zadacima ili virtuelnim laboratorijima kako bi se postigla što veća interaktivnost tokom rada.



Slika 3. Struktura alkaloida mitragina izrađena u programu MolView
(izvor: [Wikimedia](#))

Kahoot, Quizizz, Socrative

Ovi alati omogućavaju nastavnicima da kreiraju interaktivne kvizove, ankete i igre znanja koje čine proces učenja dinamičnijim i zanimljivijim. Pored motivacijskog efekta, digitalni kvizovi pružaju trenutnu povratnu informaciju, olakšavaju praćenje napretka učenika i razvijaju takmičarski, ali i timski duh u učionici.

Glavne karakteristike

- Brzo i automatsko vrednovanje odgovora.
- Vizualno privlačne, gamifikovane aktivnosti (poeni, vremenska ograničenja, tabele rezultata).
- Mogućnost individualnog rada ili grupnog takmičenja.

- Dostupni i na mobilnim uređajima, što omogućava laku integraciju u nastavu.
- Analitika rezultata koja pomaže nastavnicima da uoče poteškoće učenika.

Preporuka

Koristiti ove alate kao formativni oblik evaluacije, naročito na početku ili kraju časa – za provjeru prethodnog znanja, sumiranje lekcije ili kratku samoprocjenu. Kvizovi pomažu u aktiviranju svih učenika, posebno onih koji su manje skloni tradicionalnom odgovaranju ili pisanju testova.

Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams

Ove edukativne platforme predstavljaju osnovu za planiranje, izvođenje i praćenje digitalne nastave. Omogućavaju nastavnicima da objavljuju materijale, zadatke i kvizove, vode evidenciju aktivnosti učenika i ostvaruju dvosmjernu komunikaciju. Pored toga, moguća je integracija multimedije i digitalnih alata doprinosi raznovrsnijem i inkluzivnijem učenju.

Glavne karakteristike

- Upravljanje nastavnim sadržajem i resursima na jednom mjestu.
- Digitalna komunikacija i razmjena povratnih informacija.
- Zadaci, testovi i kvizovi integrisani u sistem.

- Analitika učenja: praćenje angažmana, rokova i uspješnosti učenika.
- Mogućnost timskog rada i kolaboracije među učenicima.

Preporuka

Ove platforme treba koristiti za organizaciju i kontinuiranu podršku učenju, a ne samo za administraciju zadataka. Preporučuje se strukturisanje sadržaja u logične module ili kako bi i na taj način učenici stekli uvid o povezanosti sadržaja, kao i uključivanje raznovrsnih formata – tekst, video, kviz, forum. Na taj način platforma može služiti kao digitalno okruženje za učenje, a ne samo arhiva materijala.

Avogadro, Jmol i ChemSketch

Ovi specijalizovani alati koriste se za crtanje, modelovanje i vizualizaciju hemijskih struktura i reakcija. Omogućavaju učenicima i nastavnicima da istražuju prostorne odnose među atomima, analiziraju tipove hemijskih veza i izrađuju digitalne prikaze molekula. Alati doprinose boljem razumijevanju apstraktnih i mikroskopskih procesa koji se ne mogu lako prikazati eksperimentalno.

Glavne karakteristike

- 2D i 3D prikazi molekula i kristalnih struktura.

- Mogućnost mjerenja dužina veza, uglova i prostorne orijentacije.
- Simulacija rotacija molekula i promjena u konfiguraciji.
- Alati za izradu reakcijskih mehanizama i formula.
- Besplatni, dostupni za preuzimanje i korištenje bez internetske veze.

Avogadro

Download

Manual

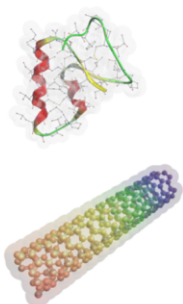
Discuss

Thanks

Contribute

Teach

Avogadro is an advanced molecule editor and visualizer designed for cross-platform use in computational chemistry, molecular modeling, bioinformatics, materials science, and related areas. It offers flexible high quality rendering and a powerful plugin architecture.



Slika 4. Naslovna stranica Avogadro alata (izvor: <https://avogadro.cc/>)

Preporuka

Koristiti ih u okviru nastave organske i neorganske hemije, za prikaz i analizu molekula koje učenici sami crtaju ili istražuju. Mogu služiti i za pripremu nastavnih prezentacija, vizualnih prikaza u udžbenicima ili digitalnim materijalima. Preporučuje se integracija ovih alata sa virtuelnim laboratorijama (npr. ChemCollective) radi sveobuhvatnijeg pristupa učenju.

OBRASCI ZA PLANIRANJE ČASOVA

Kvalitetno planiranje časa predstavlja osnovu uspješne i savremene nastave hemije. Obrasci za pripremu časova pomažu nastavnicima da sistematično planiraju, povežu ciljeve učenja sa aktivnostima i vrednovanjem, te da lako integrišu digitalne alate i multimedijalne sadržaje.

Ovi obrasci služe kao praktičan vodič koji nastavnicima omogućava da svaki čas organizuju u skladu sa kompetencijama koje žele razviti kod učenika — od eksperimentalnih i istraživačkih do digitalnih i refleksivnih.

Zašto je važno unaprijed planirati nastavne pripreme

- Štedi vrijeme i olakšava planiranje.
- Omogućava standardizovan pristup unutar škole ili tima.
- Olakšava evaluaciju nastavnog procesa i razmjenu dobrih praksi.
- Podržava integraciju digitalnih alata, evaluacijskih instrumenata i refleksije učenika.

Primjer strukture obrasca za pripremu časa

- **Naziv nastavne jedinice** – Jasno i nedvosmisleno definisati temu časa u skladu sa nastavnim planom i programom.
- **Ishodi učenja** – Precizno navesti 3–4 konkretna ishoda koja obuhvataju znanje, vještine i stavove (npr. učenik objašnjava građu molekula, koristi digitalni alat za modelovanje, povezuje teoriju i praksu).
- **Vremenski okvir** – Odrediti trajanje aktivnosti i vremensku strukturu časa (npr. 45 ili 90 minuta, sa naznakom trajanja pojedinih segmenata).
- **Materijali i digitalni resursi** – Navesti potrebne hemikalije, pribor, nastavne listove i digitalne alate (npr. PhET simulacija, Kahoot kviz, Avogadro program).
- **Uvodne aktivnosti** – Osmisliti motivacioni početak časa koji aktivira predznanje i zainteresuje učenike za temu (npr. demonstracija, pitanje, kratki video).
- **Glavne aktivnosti** – Opisati korake i zadatke koje učenici realizuju samostalno ili u grupi (eksperiment, diskusija, digitalna simulacija, analiza rezultata).
- **Vrednovanje i refleksija** – Odrediti načine procjene postignuća (rubrike, kviz, portfolio) i uključiti pitanja za refleksiju, na primjer *Šta sam danas naučio/la?* ili *Šta bih sljedeći put uradio/la drugačije?*

Primjer obrasca nastavne pripreme

Element	Opis / primjer
Tema časa	Reakcije oksidacije i redukcije
Ishodi učenja	• Učenik razlikuje oksidaciona i redukciona sredstva; • Učenik modeluje oksidoredukcionu reakciju u PhET simulaciji; • Učenik diskutuje o ulozi oksidacije u svakodnevnom životu.
Digitalni resurs	PhET <i>Balancing Redox Reactions</i>
Aktivnosti	1. Kratka diskusija (5 min) 2. Eksperiment / simulacija (25 min) 3. Diskusija i evaluacija (10 min)
Vrednovanje	Kviz u Quizizz-u + refleksija u digitalnom portfoliju

PRIMJERI RADNIH LISTOVA

Radni listovi predstavljaju praktičan alat za vođenje aktivnosti, samoprocjenu i vršnjačko ocjenjivanje. Oni podstiču aktivno učenje, refleksiju i razvoj eksperimentalnih i analitičkih kompetencija. U nastavi hemije mogu se koristiti različite vrste radnih listova, u zavisnosti od ciljeva časa i tipa aktivnosti:

1. **Eksperimentalni listovi** – koriste se za vođenje laboratorijskih zadataka, planiranje eksperimenata i bilježenje rezultata.
2. **Interaktivni radni listovi** – digitalni dokumenti koji uključuju hiperlinkove, kvizove, slike i multimedijalne sadržaje, pogodni za online nastavu ili rad u kombinovanom okruženju.
3. **Analitički zadaci** – listovi koji nude problematične situacije iz stvarnog života, tražeći od učenika da primijene naučne koncepte, analiziraju podatke i donesu zaključke.
4. **Refleksivni listovi** – sadrže pitanja za samoprocjenu i analizu procesa učenja nakon završene aktivnosti ili eksperimenta.

Bez obzira na formu, radni listovi imaju važnu ulogu u razvoju samostalnosti učenika, podsticanju istraživačkog duha i formativnom vrednovanju. Oni omogućavaju učenicima da sistematično prate svoj rad, bilježe opažanja i povezuju teorijske pojmove s praktičnim iskustvom.

Preporučuje se da radni list sadrži sljedeće elemente:

1. **Naslov radnog lista** – Jasno označiti temu ili eksperiment koji se realizuje (npr. *Ispitivanje rastvorljivosti tvari u vodi*).
2. **Uvodne napomene** – Ukratko objasniti svrhu i cilj aktivnosti i postaviti istraživačko pitanje koje usmjerava učenike, npr. *Kako temperatura utiče na brzinu rastvaranja*.

3. **Materijali i pribor** – Navesti potrebne hemikalije, opremu i digitalne alate (npr. PhET simulacija *Rastvori*, termometar, čaše).
4. **Postupak rada** – Opisati korake eksperimenta ili aktivnosti koje učenici samostalno izvode, uz prostor za bilješke ili opažanja.
5. **Rezultati i zapažanja** – Ostaviti prostor za unošenje izmjerenih vrijednosti, opažanja ili crteža.
6. **Analiza i zaključci** – Usmjeriti učenike da analiziraju rezultate, povežu ih sa teorijom i formuliraju zaključke vlastitim riječima.
7. **Refleksija učenika** – Uključiti kratka pitanja koja podstiču samoprocjenu i razmišljanje.

Preporuka

Radne listove je poželjno kombinovati sa digitalnim alatima (Google Forms, Microsoft Forms, Moodle kviz) ili koristiti interaktivne PDF obrasce kako bi učenici mogli unositi odgovore online. Na taj način se olakšava praćenje napretka i formativno vrednovanje.

Primjer radnog lista

Naziv radnog lista	Ispitivanje rastvorljivosti supstanci u vodi													
Uvod	U ovom eksperimentu učenici istražuju kako se različite supstance (šećer, so, soda bikarbona) rastvaraju u vodi na sobnoj temperaturi. Cilj je razumjeti koncept rastvorljivosti, faktore koji utiču i razviti vještine vođenja laboratorijskog zapisa.													
Materijali i pribor	• Voda (50 mL po uzorku) • Šećer, kuhinjska so, soda bikarbona • Čaše ili epruvete • Mjerne kašike ili vaga • Termometar • Kašike za miješanje • Digitalni alat: PhET simulacija <i>Sugar and Salt Solutions</i> (opciono)													
Postupak	1. U svaku čašu sipati 50 mL vode. 2. Dodati malu količinu supstance po izboru i miješati dok se ne rastvori ili dok rastvor ne postane zasićena. 3. Zabilježiti količinu supstance koja se rastvorila. 4. Ponoviti za sve tri supstance. 5. Pomoću PhET simulacije prikazati međumolekulske interakcije u rastvorima.													
Rezultati i zapažanja	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Supstanca</th><th>Masa rastvorene supstance (g)</th><th>Zapažanja</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Šećer</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>So</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Soda</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Supstanca	Masa rastvorene supstance (g)	Zapažanja	Šećer			So			Soda		
Supstanca	Masa rastvorene supstance (g)	Zapažanja												
Šećer														
So														
Soda														

LITERATURA I KORISNI LINKOVI

Resursi i prilozi predstavljaju ključnu podršku nastavniku i učeniku u savremenoj nastavi hemije. Njihova primjena omogućava kvalitetno planiranje časova, raznovrsne nastavne aktivnosti, individualizaciju učenja i aktivno uključivanje učenika u proces sticanja znanja. Dobro odabrani i strukturisani materijali olakšavaju integraciju digitalnih alata, multimedijalnih sadržaja i vještačke inteligencije u svakodnevnu nastavu, čime se podržava razvoj kompetencija 21. vijeka, poput kritičkog mišljenja, digitalne pismenosti i samostalnog učenja. U nastavku je navedena osnovna literatura i nekoliko *online izvora na osnovu kojih* nastavnici mogu početi samostalno istraživanje za stručno usavršavanje i unapređenje nastavnog procesa.

Literatura

1. Mayer RE. (2009). *Multimedia Learning*. 2nd ed. Cambridge University Press.
2. Holmes, W. (2020). Artificial intelligence in education. In *Encyclopedia of education and information technologies* (pp. 88-103). Cham: Springer International Publishing.
3. *Summaries, C. E. (2019). What Students Know and Can Do. PISA 2009 at a Glance, I, 31. OECD*

Korisni linkovi

[PhET Simulations](#)

[ChemCollective](#)

[OECD Education](#)

[UNESCO Open Educational Resources](#)