



Vijačni tekoči kristali kot temperaturni senzorji

Avtorica: Kornelia Žarić

KRITERIJ	OPREDELITEV
OPIS DEJAVNOSTI	<p>E – gradivo je razdeljeno na 2 dela:</p> <p>Tekoči kristali 1. DEL – Vijačni tekoči kristali (struktura in barva)</p> <p>Tekoči kristali 2. DEL – Vijačni tekoči kristali kot temperaturni senzorji</p> <p>in pomeni 2 samostojni e-učni enoti, vsako v dolžini 45 min. Zajema ponavljalni del, predstavitev novih vsebin, interaktivne naloge za sprotno preverjanje razumevanja, predstavitev eksperimentov ter zaključno preverjanje in poglobljanje znanja. Dijakom v pomoč so tudi 3D modeli spojin, video spletne povezave, namigi in fotografije.</p>
STRATEGIJA DELA UČITELJA IN DIJAKOV	<p>Dijaki z ustreznim predznanjem o tekočih kristalih lahko sodelujejo pri obeh e-učnih enotah na temo "Vijačni tekoči kristali". Ob pridobivanju novih informacij z e-učenjem rešujejo predvidene interaktivne naloge ter spremljajo svoje razumevanje dotične vsebine. Odgovori, ki jih pri nalogah izbirnega tipa izbirajo dijaki, so opremljeni z odzivi, ki pričajo o dijakovem (ne)uspehu.</p> <p>Učitelj se pri izvedbi obeh e-učnih enot pojavlja v vlogi koordinatorja pouka, svetovalca pri reševanju nalog, prav tako pa lahko dijakom nudi pomoč pri</p>



	<p>navigaciji e-učne enote, nerazumevanju navodil, neznanih izrazih, ipd., ter spremlja splošni potek njihove aktivnosti. Po zaključku obeh e-enot, učenci in učitelji izpolnijo vprašalnik ter s tem avtorju gradiv podajo povratno informacijo.</p>
RAZLOGI ZA VKLJUČITEV DEJAVNOSTI V KURIKULUM	<p><i>Čeprav nas tekoči kristali v prenosnih telefonih, digitalnih urah in kalkulatorjih spremljajo skoraj na vsakem koraku, se le malokdo zaveda, da pri tem ne gre zgolj za nenavadne kemijske spojine, ampak tudi za zelo neobičajno in zanimivo agregatno stanje snovi.</i></p> <p><i>To je stanje, v katerem snov teče podobno kot navadna kapljevina in hkrati kaže nekatere lastnosti, kot je denimo optična dvolomnost, ki smo jih navajeni srečati le v kristalih. Močna optična dvolomnost in dielektrična anizotropija tekočih kristalov, na primer, predstavljata osnovo za delovanje večine naprav, ki vsebujejo tekoče kristale.</i></p> <p>Posebno poglavje v učnem načrtu za kemijo in fiziko v kategoriji "Izbirne vsebine" bi vsekakor pomenilo koristno dopolnilo, saj se srednješolski programi kemije in fizike tekočim kristalom kljub njihovem širokemu tehnološkemu pomenu še vedno izogibajo. Ta izbirna vsebina bi lahko služila kot zanimiva popestritev pouka, za delo v različnih interesnih krožkih in za raziskovalne naloge mladih naravoslovnih navdušencev.</p> <p>Marija Vilfan in Igor Muševič v knjigi <i>Tekoči kristali</i> poudarjata, da se v javnosti le</p>



	<p>malokdo zaveda dejstva, da so tekoči kristali že vrsto let eno od najaktualnejših področij fizikalnih raziskav v Sloveniji. To pomeni, da so k zakladnici pomembnih novih dognanj na področju tekočih kristalov veliko doprinesli tudi slovenski znanstveniki. V zadnjih 25 letih je bilo na tematiko tekočih kristalov objavljenih več sto člankov slovenskih raziskovalcev v uglednih mednarodnih znanstvenih revijah. Na široko mednarodno priznanost in odmevnost slovenskih raziskav na področju tekočih kristalov nedvomno kaže tudi odločitev, da je 20. mednarodna konferenca o tekočih kristalih, ki je največje periodično znanstveno srečanje na tem področju nasploh, potekala julija 2004 v Ljubljani – v organizaciji Fakultete za matematiko in fiziko, Univerze v Ljubljani in Instituta Jožef Stefan iz Ljubljane. Tekoči kristali so eden izmed vidikov naše prihodnosti, zato je vsebina kot taka zagotovo zasluži prostor v učnem načrtu. Ker poznavanje karakteristik tekočih kristalov zahteva tudi mnogo fizikalnega vedenja, se na tem področju kaže odlična priložnost za medpredmetno povezavo in sodelovanje učiteljev kemije in fizike v smislu skupne izvedbe učnih enot na to tematiko.</p>
MOŽNOST VKLJUČEVANJA V POUK, ZASNOVAN NA OBSTOJEČIH UČNIH NAČRTIH	<p>V obstoječem učnem načrtu izbrana vsebina ni predvidena. Kljub temu bi jo bilo smiselno vključiti med <i>Izbirne vsebine</i> v kategorijo <i>Tehnologije.oz.</i> v samostojno poglavje "Tekoči kristali".</p>
CILJNA SKUPINA, KI JI JE DEJAVNOST NAMENJENA	<p>Dejavnost je priporočljivo izvesti pri dijakih v programih kemije v klasičnih oz. strokovnih gimnazijah.</p>



CILJI DEJAVNOSTI

ponoviti temeljne karakteristike tekočih kristalov;
razumeti odnose in povezavo med tekočimi kristali in ostalimi agregatnimi stanji snovi (tekoče, trdno, plinasto);
spoznati strukturo vijačnega nematičnega tekočega kristala;
opazovati, kako tekoči kristali odbijajo svetlobo različnih barv pri različnih valovnih dolžinah;
razumeti, zakaj so tekoči kristali obarvani;
pojasniti, kako sprememba temperature vpliva na barvo, prostornino ter stopnjo urejenosti in dolžino hoda vijačnice termično občutljivih vijačnih tekočih kristalov;
spoznati sestavo termografske folije in razumeti njen pomen pri spremembi temperature;
razumeti pomen termografske folije pri izdelavi preprostih termometrov;
spoznati funkcijo t.i. "razpoloženskih obličev" pri opazovanju eksperimenta;
raziskati, kako lahko tekočekristalni temperaturni senzorji zaznajo spremembe, katerih s prostim očesom ne moremo videti;
sklepati na bolezenska stanja v organizmu (slaba cirkulacija, tumorji,...) na osnovi spremembe temperature holesteričnih tekočih kristalov;
razmisliti o potencialnih izumih, ki bi delovali na osnovi tekočekristalnih senzorjev;
spodobnost kritičnega ovrednotenja področij uporabe in učinkovitosti tekočekristalnih senzorjev.



**OPIS IN RAZLAGA DEJAVNOSTI Z VIDIKA RAZVOJA
DIJAKOVIH KOMPETENC**

Kompetence

Z operacionalizacijo generičnih kompetenc po klasifikaciji Tuning e-učna enota pri dijakih razvija nekatere bistvene predmetno specifične kompetence:

a) INSTRUMENTALNE

razumevanje, uporaba znanja: sposobnost prepoznavanja strukturnih fragmentov holesteril benzoata na osnovi 3D modela molekule, uporaba spoznanj o selektivni odbojnosti na primeru lesketanja milnega mehurčka;

sposobnost učenja: osvežitev poznavanja lastnosti optično aktivnih snovi, razumevanje principa delovanja "razpoloženjskih" obličev na osnovi eksperimenta in sklepanje na spreminjanje temperature na različnih delih telesa z uporabo grafične analize;

tehnične spretnosti – IKT: sposobnost pridobivanja novega znanja o vijačnih tekočih kristalih kot temperaturnih senzorjih z uporabo računalnika (spletni viri), opazovanje 3D modela molekule holesteril benzoata (rotiranje v različne smeri, prikaz elektronske gostote), ogled videoposnetkov (milni mehurček, nastanek "razpoloženjskega" obličja).

b) MEDOSEBNOSTNE

interdisciplinarno delo: sposobnost povezovanja in aplikacije informacij o tekočih kristalih na področju kemije, biologije, medicine, tehnike, prometa...;

(samo)kritičnost: sposobnost priznavanja lastnih napak pri reševanju nalog.



c) SISTEMSKÉ

iniciativnost: sposobnost načrtovanja potencialnih izumov, ki za delovanje uporabljajo tekočokristalne senzorje;

avtonomno delo: sposobnost samostojnega, odgovornega interaktivnega dela;

skrb za kvaliteto: osebna odgovornost za kvaliteto opravljenega dela.



Navodila za učitelja

1. Uporaba e-gradiva

E-enota na temo **Tekoči kristali** je razdeljena na 2 dela:

- Tekoči kristali 1. DEL – **Vijačni tekoči kristali (struktura in barva)**
- Tekoči kristali 2. DEL – **Vijačni tekoči kristali kot temperaturni senzorji**

in pomeni 2 samostojni učni enoti, vsako v dolžini 45 minut. Za izvedbo obeh predlaganih e-učnih enot v sklopu programov srednješolskega izobraževanja si morajo dijaki najprej pridobiti osnovno znanje o tekočih kristalih, ki je na naslednji strani opredeljeno kot "predznanje". V ta namen se lahko povežeta učitelj kemije in učitelj fizike ter organizirata uvodni pouk na temo Tekoči kristali v obliki medpredmetnega sodelovanja.

Četudi predlagana vsebina ni predvidena v obstoječem učnem načrtu, je za njeno morebitno kasnejšo vključitev priporočljiva izvedba izdelanih e-enot.

Naloga učitelja je, da zagotovi odvijanje pouka v računalniški učilnici, kjer bo imel vsak dijak dostop do svojega računalnika.

Za uporabo e-gradiva je na računalnik potrebno namestiti program Exe-1.04.0 ([prenos programa](#)) in spletni brskalnik **Firefox3** ([prenos programa](#)), ki je na voljo v slovenskem jeziku. Za prikaz animacij pa je potreben program **Adobe Flash Player** ([prenos programa](#)) in **Java** ([prenos programa](#)).

Obe e-enoti sta shranjeni v **elp. formatu**, prav tako pa sta izvoženi v **samostojni spletni strani**. V mapi "Prakticni del" → E-gradiva se nahajata 2 mapi z naslovom:

- Vijacni_tekoci_kristali_1.del
- Vijacni_tekoci_kristali_2.del

Zagon e-enote v obliki spletne strani je omogočen s klikom na ikono **"index"** v sleherni izmed zgornjih map. Najbolje, da učitelj pred pričetkom poskrbi, da se obe mapi s pripadajočo vsebino nahajata na vsakem računalniku.

2. Navigacija skozi e-gradivo

Za lažje premikanje skozi gradivo je na voljo meni na levi strani, ki prikazuje posamezne segmente e-enote. S klikom na zapis v meniju se odpre izbrani sklop. Na spodnji desni strani posameznega sklopa je omogočeno premikanje po gradivu s klikom na **"Naprej"** in **"Predhodni"**. Na začetno stran se vrnemo s klikom na **"Domov"**.



Pri reševanju nalog dopolnjevalnega tipa je omogočeno vpisovanje besed z malimi ali velikimi tiskanimi črkami. Pri nalogah izbirnega tipa je ponekod dodan namig, ki posreduje dodatne informacije za lažje reševanje naloge.

Animirane prikaze modelov vrtime tako, da z levo miškino tipko naredimo poteg v zeleno smer (levo, desno, gor, dol). Model lahko povečamo ali pomanjšamo z vrtenjem miškega kolesčka. S klikom na desno miškino tipko se odpre meni, v katerem lahko izbiramo med dodatnimi nastavitvami za prikaz interaktivnega modela.

Pred pričetkom e-enote mora učitelj dijake seznaniti s potekom dela ter jih vpeljati v okolje programa Exe. Program je v slovenskem jeziku, kar uporabniku olajša delo. Vsa ostala navodila za delo in reševanje nalog pa dijaki prejmejo na straneh e-enote.

Za **izhod iz programa Exe** je treba uporabiti ukaz **Datoteka → Izhod**. S klikom na 'x' v desnem zgornjem kotu programa namreč ni mogoče zapreti.

Predznanje dijakov

- poznati lastnosti kiralnih molekul;
- razumeti optično aktivnost snovi;
- poznati različna agregatna stanja snovi;
- razumeti fazne prehode snovi;
- poznati lastnosti tekočerkristalne faze;
- poznati obliko molekul tekočih kristalov;
- razumeti pojma pozicijska in orientacijska urejenost;
- znati razdeliti tekoče kristale na: nematične, smektične, holesterične ter na paličaste in diskotične; razumeti njihove lastnosti;
- poznati in razumeti lastnosti tekočih kristalov (dvojni lom, polarizacija, Freederickszov prehod, elektrooptični pojav).

Cilji e-enote

- ponoviti temeljne karakteristike tekočih kristalov;
- razumeti odnose in povezavo med tekočimi kristali in drugimi agregatnimi stanji snovi (tekoče, trdno, plinasto);
- spoznati strukturo vijačnega nematičnega tekočega kristala;
- opazovati, kako tekoči kristali odbijajo svetlobo različnih barv pri različnih valovnih dolžinah;
- razumeti, zakaj so tekoči kristali obarvani;
- pojasniti, kako sprememba temperature vpliva na barvo, prostornino ter stopnjo urejenosti in dolžino hoda vijačnice termično občutljivih vijačnih tekočih kristalov;



- spoznati sestavo termografske folije in razumeti njen pomen pri spremembi temperature;
- razumeti pomen termografske folije pri izdelavi preprostih termometrov;
- spoznati funkcijo t.i. "razpoloženjskih obližev" pri opazovanju eksperimenta;
- raziskati, kako lahko tekočerkristalni temperaturni senzorji zaznajo spremembe, katerih s prostim očesom ne moremo videti;
- sklepati na bolezenska stanja v organizmu (slaba cirkulacija, tumorji,...) na osnovi spremembe temperature holesteričnih tekočih kristalov;
- razmisliti o potencialnih izumih, ki bi delovali na osnovi tekočerkristalnih senzorjev;
- sposobnost kritičnega ovrednotenja področij uporabe in učinkovitosti tekočerkristalnih senzorjev.

Kompetence

Z operacionalizacijo generičnih kompetenc po klasifikaciji Tuning e-učna enota pri dijakih razvija nekatere bistvene predmetno specifične kompetence:

a) INSTRUMENTALNE

- razumevanje, uporaba znanja: sposobnost prepoznavanja strukturnih fragmentov holesteril benzoata na osnovi 3D modela molekule, uporaba spoznanj o selektivni odbojnosti na primeru lesketanja milnega mehurčka;
- sposobnost učenja: osvežitev poznavanja lastnosti optično aktivnih snovi, razumevanje principa delovanja "razpoloženjskih" obližev na osnovi eksperimenta in sklepanje na spreminjanje temperature na različnih delih telesa s pomočjo grafične analize;
- tehnične spretnosti – IKT: sposobnost pridobivanja novega znanja o vijačnih tekočih kristalih kot temperaturnih senzorjih z uporabo računalnika (spletni viri), opazovanje 3D modela molekule holesteril benzoata (rotiranje v različne smeri, prikaz elektronske gostote) ogled videoposnetkov (milni mehurček, nastanek "razpoloženjskega" obliža).



b) MEDOSEBNOSTNE

- interdisciplinarno delo: sposobnost povezovanja in aplikacije informacij o tekočih kristalih na področju kemije, biologije, medicine, tehnike, prometa...;
- (samo)kritičnost: sposobnost priznavanja lastnih napak pri reševanju nalog.

c) SISTEMSKE

- iniciativnost: sposobnost načrtovanja potencialnih izumov, ki za delovanje uporabljajo tekočerkristalne senzorje;
- avtonomno delo: sposobnost samostojnega, odgovornega interaktivnega dela;
- skrb za kvaliteto: osebna odgovornost za kvaliteto opravljenega dela.

Medpredmetna povezava s:

- fiziko (polarizacijski mikroskop, selektivna odbojnost, interferenca)
- biologijo (funkcija "prstanov razpoloženja", "razpoloženjski" obliži – sprememba temperature na različnih delih telesa)
- angleškimi jezikom (ogled videa na Youtubeu, delo s tujimi spletnimi viri).
- tehniko (uporaba termometrov in ostalih izumov na principu tekočih kristalov)



1.0 Naslovnica

Tekoči kristali - 1. DEL

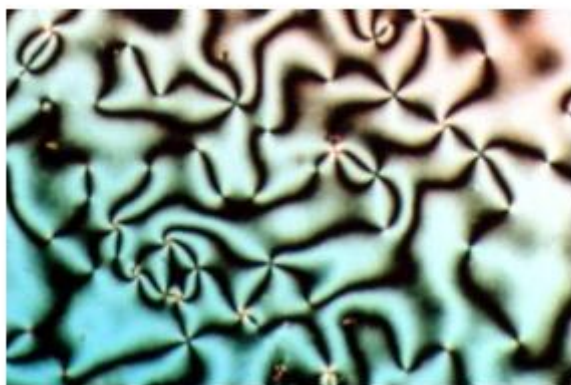
Projekt: "Naravoslovne kompetence za obdobje 2008 – 2011"

Univerza v Mariboru

Fakulteta za naravoslovje in matematiko

Katedra za Kemijsko izobraževanje

Vijačni tekoči kristali



(Nematična faza tekočega kristala, Vir: Wikipedia)

Avtorica:

Kornelia Žarić

Avgust, 2009

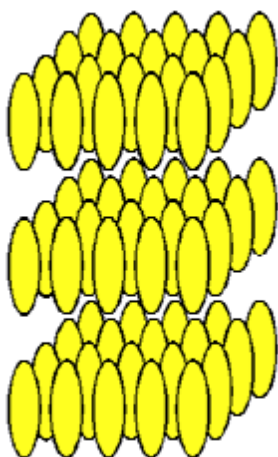


2.0 Kaj že veste o tekočih kristalih ?

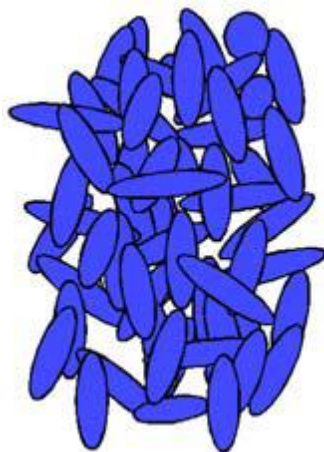
V prejšnjih urah ste spoznali poglobitve lastnosti tekočih kristalov. Preden se lotite spoznavanja novih dejstev, osvežite svoje znanje tako, da rešite spodnje naloge.

Veliko uspeha!

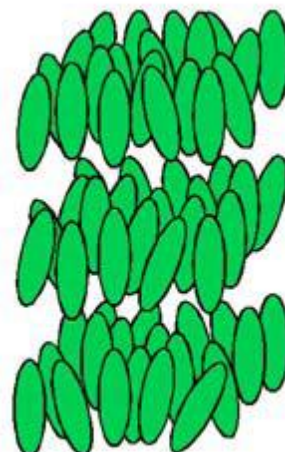
2.1 Prepoznajte **urejenost molekul** v snoveh. Katere izmed spodnjih trditev so pravilne?



1



2



3

Slika 1 prikazuje urejenost molekul v trdni snovi. *

Slika 2 prikazuje urejenost molekul v tekoči snovi. *

Slika 1 prikazuje urejenost molekul v tekočem kristalu.

Slika 3 prikazuje urejenost molekul v tekočem kristalu. *

Slika 3 prikazuje urejenost molekul v plinasti snovi.

Slika 2 prikazuje urejenosti molekul v trdni snovi.



2.2 Friedrich Richard Reinitzer (25. 02. 1857, Praga - 16. 02. 1927, Graz), botanik in kemik, je v Pragi raziskoval holesterol in njegove derivate. L. 1888 je v pismu Ottu Lehmannu, profesorju fizike v Aachnu, zapisal, da je zaznal **nenavadno vedenje holesteril benzoata** in ga prosil za pomoč pri razumevanju odkritega fenomena. Kaj je imel v mislih F. Reinitzer?

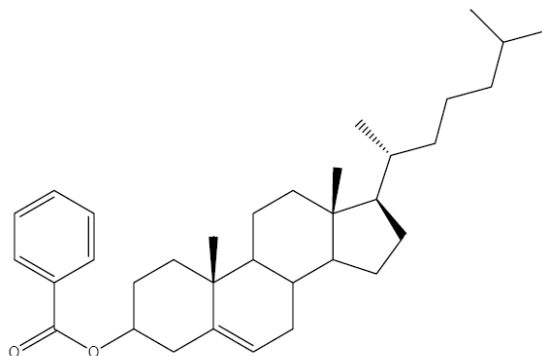
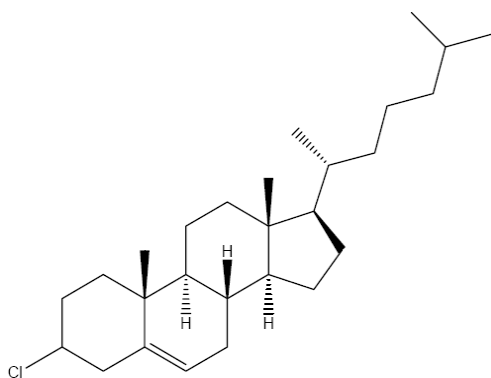
- a) dve vrelišči holesteril benzoata
- b) dve ledišči holesteril benzoata
- c) dve tališči holesteril benzoata *

2.3. Otto Lehmann je nenavadno snov opazoval s polarizacijskim mikroskopom, ki ga je priredil tako, da je vzorcu počasi spreminjal temperaturo. Kaj je ugotovil? Ustrezno dopolnite.

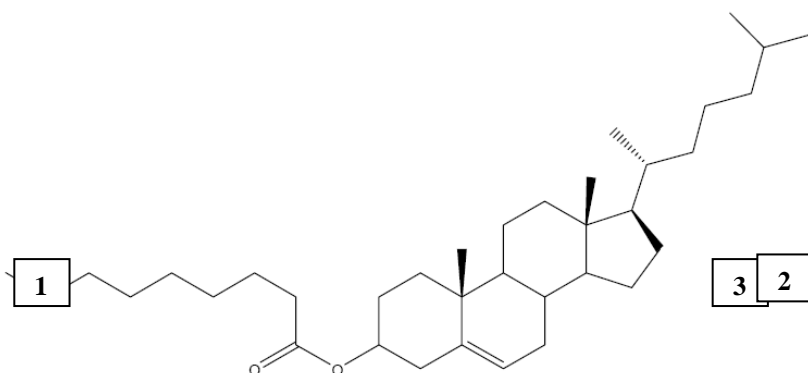
Opazil je, da PREKRIŽANA polarizatorja PREPUŠČATA obarvano svetlobo, če je med njima HOLESTERIL BENZOAT pri temperaturi med obema TALIŠČEMA, ki ju opisuje Reinitzer.

2.4. Tekoči kristali so zgrajeni iz derivatov **holesterola** ($C_{27}H_{46}O$). Na osnovi zapisanih imen in molekulskih formul sklepajte na pripadajoče **strukturne formule** molekul izhodnih snovi. V prazen okvirček vpišite ustrezno številko.

- 1.) holesterol klorid $C_{27}H_{45}Cl$
- 2.) holesteril pelargonat $C_{36}H_{62}O_2$



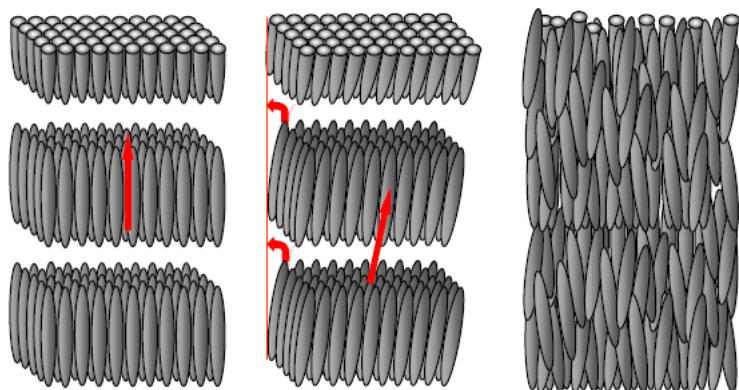
3.) holesteril benzoat $C_{34}H_{50}O_2$





2.5 Katere fotografije tekočih kristalov, posnete s polarizacijskim mikroskopom, ustrezajo spodaj označenim tekočokristalnim fazam?

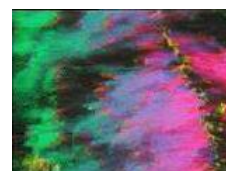
V prazen okvirček vpišite ustrezno črko.



a



b



c

1.) smektična faza A 2.) smektična faza C 3.) nematična faza

b

c

a

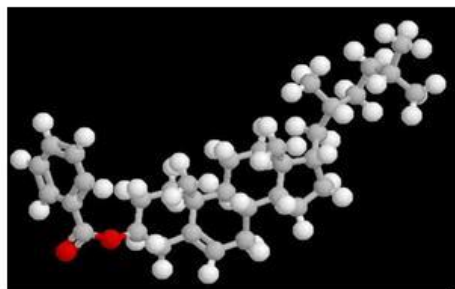
2.6 Oglejte si **3D model molekule holesteril benzoata** in dopolnite spodnje stavke, ki se nanašajo na njegovo strukturo. (Model lahko z miško poljubno vrtite v različne smeri).

Legenda barvnih oznak atomov

siva barva: model atomov ogljika

bela barva: model atoma vodika

rdeča barva: model atoma kisika



Molekulo holesteril benzoata sestavljajo ŠTIRJE šestčlenski in en PETČLENSKI obroč. Stransko alkilno verigo sestavlja pet OGLJIKOVIH atomov. Molekula ima značilno ESTRSKO vez.

(3D Model molekule holesteril benzoata)



2.7 Katere **strukturne fragmente** vsebuje molekula holesteril benzoata? Izberite pravilne trditve.

$C_6H_5-CH_2-$ *

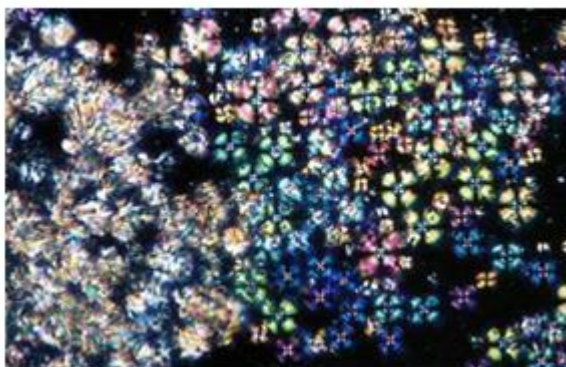
$-CONH-$

$-OR$

$-COOR$ *

3.0 Vijačni tekoči kristali

Sedaj, ko ste uspešno osvežili svoje znanje o tekočih kristalih, je čas, da greste še korak naprej. V nadaljevanju te učne enote boste spoznali vijačne tekoče kristale, njihovo nenavadno **strukturo**, pojav **selektivne odbojnosti** ter njihove lepe **mavrične barve**. Ob tem boste dognali, kako na spremembo barve, prostornine, stopnje urejenost in dolžine hoda vijačnice vijačnih tekočih kristalov vpliva **temperatura**.

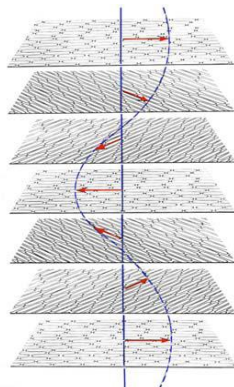


(fazni prehod tekočega kristala iz nematične (levo) v smektično A fazo (desno) pri opazovanju med prekržanima polarizatorjema. Vir: Wikipedia)

3.1. Struktura vijačnih tekočih kristalov

Vijačni tekoči kristali imajo nenavadno strukturo. Medtem ko v navadni nematični fazi kaže ureditveni vektor povsod v isto smer, se pri vijačnih tekočih kristalih njegova smer v prostoru zvezno spreminja, tako da opisuje vijačnico. Molekule so sicer urejene vzporedno, a ko se pomaknemo malce naprej v

smeri pravokotno na ureditveni vektor, se smer urejenosti molekul spremeni.
(Tekoči Kristali, 2002)



Slika 1: Struktura vijačnega nematičnega tekočega kristala. Navpična črta predstavlja os vijačnice.

Vijačna struktura je značilna za tekoče kristale, ki jih sestavljajo **kiralne molekule**. Te snovi so **optično aktivne**, kar pomeni, da se linearno polarizirani svetlobi spreminja smer polarizacije, ko potuje skozi optično aktivno snov.
(Liquid Crystals, 2009)

Ob pravkar spoznanem dejstvu, da so optično aktivni tudi vijačni tekoči kristali, iz ponujenih odgovorov izberite tiste snovi, ki so **optično aktivne** in jih poznate iz **vsakdanjega življenja** oz. se jih spomnite iz prej obdelanih poglavij. (svoje znanje o optični aktivnosti lahko osvežite v srednješolskem učbeniku za **organsko kemijo** oz. ga razširite na [tej spletni strani](#), str. 6 - 26)

- Glukoza *
- Kalci
- Mlečna kislina *
- Saharoza *
- Vinska kislina *
- Glicin

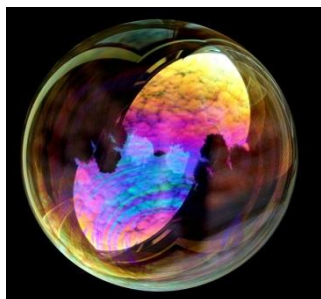
3.2. Barva vijačnih tekočih kristalov

Posebna lastnost vijačnih tekočih kristalov so njihove lepe mavrične barve. Če plast vijačnega tekočega kristala osvetlimo z belo svetlobo in jo gledamo z večje razdalje, se kaže v eni izmed barv mavrice. Ob spremembi temperature oz. smeri opazovanja, se spremeni tudi barva. (Tekoči Kristali, 2002)

Oglejte si **videoposnetek**, v katerem se **lesketa milni mehurček**. Posebej bodite pozorni na barve. (<http://www.youtube.com/watch?v=Yx0lZlcOJmA>)

Zakaj pride do pojava mavričnih barv v milnem mehurčku? Obkrožite pravilno trditev.

- a) Vijačni tekoči kristali selektivno odbijajo več barv.
- b) Za barvne učinke vijačnih tekočih kristalov so potrebni polarizatorji.
- c) Vijačni tekoči kristali selektivno odbijajo eno barvo, druge komponente bele svetlobe pa neovirano prepuščajo.*



Slika 2: Mavrične barve v milnem mehurčku (Wikipedia, 2009)

Barve pri vijačnih tekočih kristalih so naravna lastnost. Pojav **selektivne odbojnosti** pa je posledica njihove **periodične strukture** v smeri vijačnice.



Slika 3: *Phyllobius calcaratus* iz vrste žužkov (Wikipedia, 2009)



Vijačni tekoči kristali so prisotni tudi v naravi. V knjigi I. Kuščerja in soavtorjev *Fizika za srednjo šolo II. del* (str. 231) je zapis: *"Krila nekaterih hroščev so videti lepo zelena, če gledamo nanje pravokotno. Ko pa pogledamo od strani, se barva svetlobe spremeni v modro, kar nakazuje, da imamo opravka z interferenco."*

Zelena in modra barva hroščev imata isti vzrok kot barva tanke plasti vijačnega tekočega kristala. V neki fazi razvoja teh hroščev je kutikula (izloček celic) tekočekristalna snov s kiralnimi molekulami. Čeprav kasneje otrdi, ohrani strukturo vijačne tekočekristalne faze.



Tekoči kristali - 2. DEL

Projekt: "Naravoslovne kompetence za obdobje 2008 – 2011"

Univerza v Mariboru

Fakulteta za naravoslovje in matematiko

Katedra za Kemijsko izobraževanje

Vijačni tekoči kristali kot temperaturni senzorji



(Prstani razporejeni na osnovi tekočih kristalov, Vir: Wikipedia)

Avtorica:

Kornelia Žarić

Avgust, 2009



3.3. Vijačni tekoči kristali kot temperaturni senzorji

Potem, ko ste spoznali nenavadno strukturo vijačnih tekočih kristalov ter njihove lepe barve, se boste v nadaljevanju seznanili še z njihovo **uporabnostjo**.

Vijačni tekoči kristali se lahko uporabljajo **za merjenje temperature**. S temperaturo se spreminjajo **prostornina**, **stopnja urejenosti** in **dolžina hoda vijačnice**, zaradi česar je plast tekočega kristala pri različnih temperaturah različno obarvana (Liquid Crystals, 2009). Temperaturno območje, v katerem neki vijačni tekoči kristal odbija vidno svetlobo, je odvisno od **kemijske sestave**.

Preverite razumevanje!

Potem, ko ste pozorno prebrali zgornje besedilo, si dobro oglejte spodnjo fotografijo in odgovorite na vprašanje.

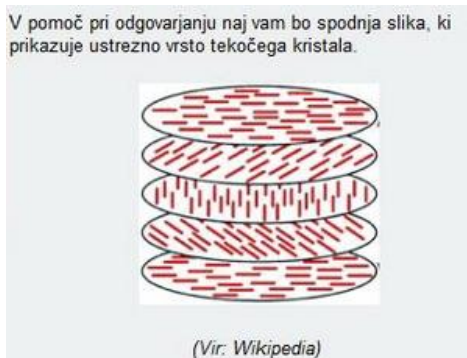


Slika 4: Termometer, ki deluje na osnovi spreminjanja barve holesteričnega tekočega kristala
(<http://www.made-in-china.com>, 2009)

Kaj vpliva na **spremembo barve** na termometru, ki ga prikazuje fotografija?
Izberite pravilen odgovor.

- Tlak
- Temperatura *
- Prostornina
- Masa

Spodnji stavek dopolnite z manjkajočimi besedami.



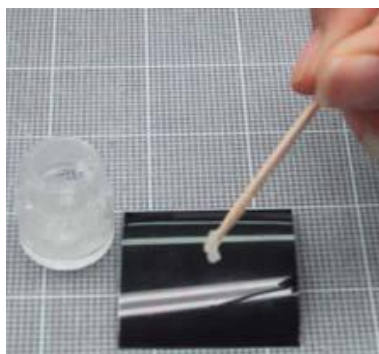
Pri VIJAČNIH tekočih kristalih izkoriščamo lastnost, da spremenijo BARVO, če se spremeni TEMPERATURA.

Katere vrste tekočih kristalov uporabljamo v **termometriji**? Izberite pravilen odgovor.

- a) smektične
- b) nematične
- c) diskotične
- d) holesterične *

3.3.1 "Razpoloženjski" obliž – eksperiment (Mood Patch Experiment)

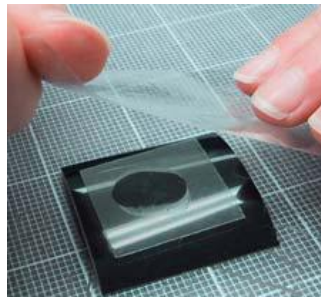
V nadaljevanju boste spoznali izdelavo t.i. "razpoloženjskega obliža" in njegovo uporabnost. Za izdelavo potrebujemo mešanico holesteričnih tekočih kristalov, ki sestoji iz 50% holesteril oleil karbonata (COC) in 50% holesteril pelargonata (CP). (Tekoči Kristali, 2002)



slika 5 (Vir: Opticsexcellence.org)

Tanko plast mešanice naneseemo na **termografsko folijo**.

(Termografska folija je plastična folija, na katero je nanescena plast holesteričnih tekočih kristalov, ki je za komercialne namene zaščiten s plastično maso. Ena izmed družb, ki prodaja tovrstne folije, je Edmund Scientific. (Tekoči Kristali, 2002))



slika 6 (Vir: Opticsexcellence.org)

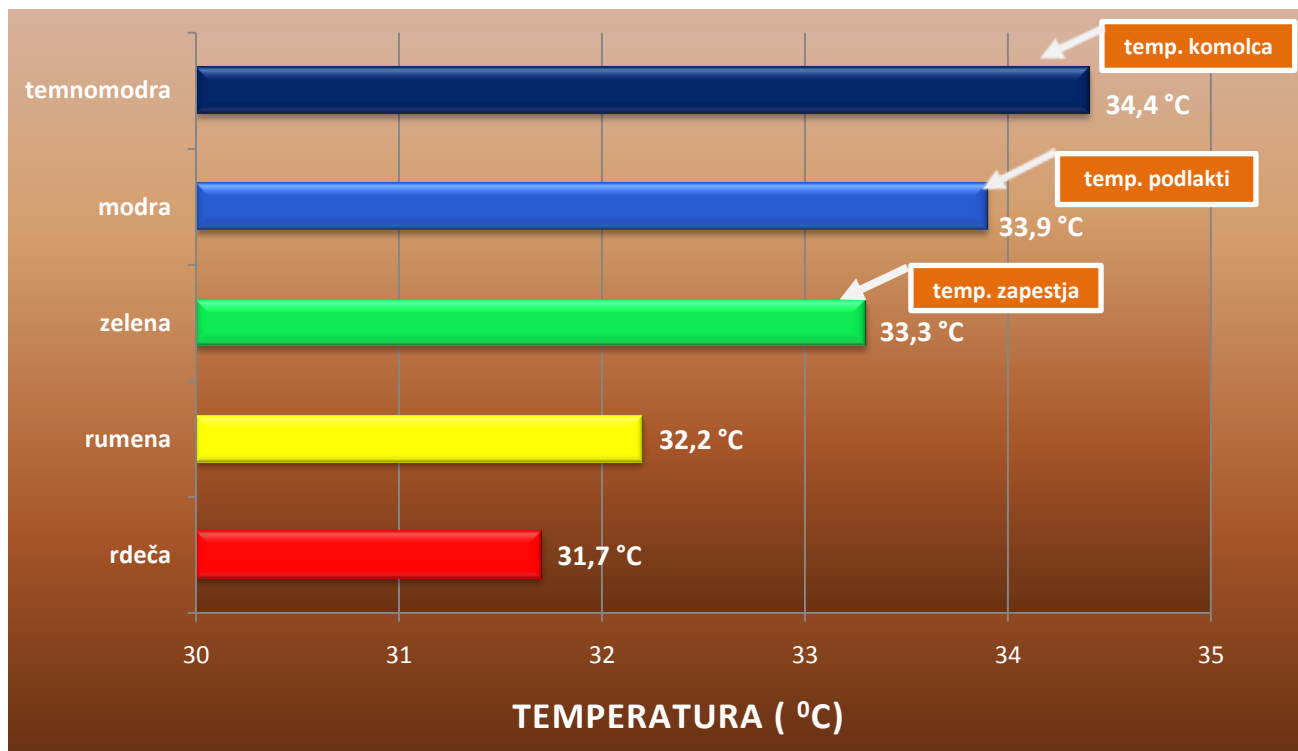
Termografsko folijo premažemo s **črno barvo**.



Slika 7 (Vir: Opticsexcellence.org)

Prilepimo jo na zapestje in opazujemo, kako se **spreminja temperatura** na tem območju.

3.3.2 "Razpoloženski" obliž – analiza



Graf 1: grafičen prikaz barv vidnih na tekočerkristalnem obližu kot funkcija temperature na površini telesa.

Zgornji graf prikazuje učinkovitost mešanice COC in CP za prikaz razpona temperature telesa od rdeče do temno modre barve v temperaturnem intervalu od 31,7 °C do 34,4 °C.

Temperaturne spremembe holesteričnih tekočih kristalov so direktno povezane z njihovo zgradbo. V poznih 60ih letih so znanstveniki uporabljali holesterične tekoče kristale, s katerimi so beležili temperaturne variacije v telesu ter z njimi povezana bolezenska stanja (slabša cirkulacija krvi, tumorji in druge anomalije).

To področje se imenuje termografija. Danes v ta namen uporabljajo infrardeče kamere, ki zaznajo toploto, ki jo generira telo. (Tekoči Kristali, 2002).

Razmislite, zakaj nastanejo barvne razlike. Ustrezno obkrožite.

- a) Dolžina vijačnice holesteričnega tekočega kristala je krajša, če ima kristal nižjo temperaturo.
- b) Dolžina vijačnice holesteričnega tekočega kristala je krajša, če ima kristal višjo temperaturo. *
- c) Dolžina vijačnice holesteričnega tekočega kristala je daljša, če je kristal hladnejši. *

Namig: Morda vam bo v pomoč naslednji videoposnetek. Ogled pričnite pri 3. minuti. (<http://www.youtube.com/watch?v=-hgEgto1xpY>) .



Sliki 8 in 9 (Vir: *Opticsexcellence.org*) prikazujeta moško roko, ki je prekrita s črno barvo, katera vsebuje termično občutljiv holesterični tekoči kristal.

Ena izmed slik prikazuje dobro cirkulacijo krvi po roki, druga pa moteno, zaradi tega, ker je moški pred nanosom barve pokadil cigareto (Liquid Crystal Sensors, 2009).

Na osnovi prej spoznanih dejstev sklepajte, katera slika se povezuje s spodnjima trditvama. Ustrezno dopolnite.

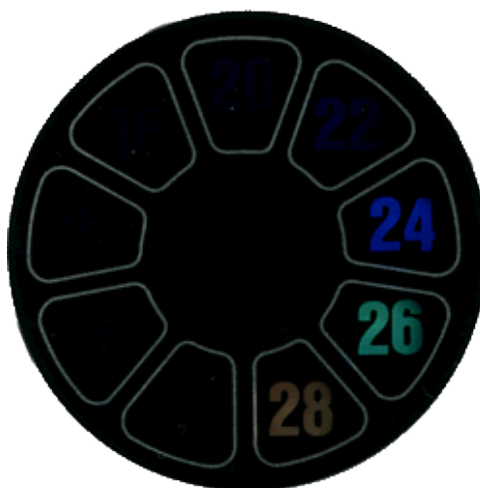
- a) Prsti na sliki __9__ so bili že ob začetku topli, kar je posledica dobre cirkulacije krvi.
- b) Cirkulacija krvi na sliki __8__ je motena zaradi prisotnosti nikotina. Prsti so se ohladili.

4.0 Preverite svoje znanje

Naučili ste se, da lahko vijačne tekoče kristale uporabljamo za merjenje temperature. Imajo namreč lastnost, da ob spremembi temperature, spremenijo barvo. S tovrstnimi termometri lahko merimo telesno temperaturo, sobno temperaturo ali temperature zamrznjenih živil. (Tekoči Kristali, 2002)

Ob uporabi svetovnega spleta raziščite nekaj **prednosti** in **pomanjkljivosti termometrov na tekoče kristale**. Delo naj poteka v parih. Odprite nov Wordov dokument in vanj vpisujte svoje ugotovitve, katere nato primerjajte v skupinski diskusiji z učiteljem in sošolci.

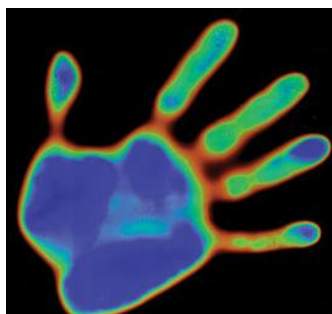
Pomagate si lahko tudi z viroma. [VIR 1](#), [VIR 2](#)



Slika 10: Primerek termometra za merjenje sobne temperature na osnovi spreminjanja barve holesteričnega kristala (Teachers Serving Teachers, 2009)

(**prednosti**: lahki, majhni, poceni, se ne zlomijo; **pomanjkljivosti**: manj natančni kot alkoholni termometri, krajša doba delovanja)

Na spodnji fotografiji si oglejte termografski posnetek površine dlani in ustrezno dopolnite spodnje besedilo.



Slika 11: Termografski posnetek površine dlani (Teachers Serving Teachers, 2009)

Posnetek nastane, ko roko položimo na TERMOGRAFSKO folijo. To je poliestrska folija, na katero naneseemo tanko plast HOLESTERIČNEGA TEKOČEGA kristala in jo prekrijemo s ČRNO barvo.

S kakšno barvo so obarvana topla mesta na roki?

- a) rdečo
- b) zeleno
- c) modro *
- d) črno

Predstavljajte si, da imate na mizi **nekaj kovinskih predmetov**: kovanec, sponko za papir, kovinski kemijski svinčnik **prekritih s termografsko folijo**. Kaj se zgodi, ko folijo **segrevate s sušilnikom za lase**? Izmed ponujenih odgovorov izberite ustrezno možnost.

Namig: V kolikor imate na voljo termografsko folijo, lahko poskus izvedete tudi v razredu.

- a) Predmeti postanejo vidni, ker je folija tam, kjer se dotika kovinskih predmetov, hladnejša. *
- b) Predmeti postanejo vidni, ker je folija tam, kjer se dotika kovinskih predmetov, toplejša.
- c) Predmeti ostanejo nevidni, ker je folija tam, kjer se dotika kovinskih predmetov, drugačne barve.
- d) Folija se skrči, saj se ob dotiku s kovinskimi predmeti ohladi.

V prodaji lahko zasledimo t.i. **"Prstane razpoloženja"** (ang. mood rings). Reklamirajo jih z naslednjimi zapisi *"Prstan vam pomaga, da se vidite na nov,*



barvit način. Vaša lastna energija bo spodbudila tekoči kristal v samemu prstanu, da bo spremenil barvo glede na vaše notranje počutje. Sprostite se in dajte prstanu dovolj časa, da se ogreje do nivoja vaših notranjih emocij." (<http://www.cangura.com/drugo/razpolozenjski-prstani/>)

Predvidite povezavo med barvo in stanjem razpoloženja. K številkam pripišite ustrezne črke.

- | | | |
|-------------------|-------|--|
| 1.) rumena -rjava | __b__ | a) hudo napeti, nervozni, utrujeni |
| 2.) modra | __c__ | b) v stresu, čustveno nervozni |
| 3.) zelena | __e__ | c) sproščeni, mirni, srečni |
| 4.) črna | __a__ | d) sočutni, prijazni, poduhovljeni |
| 5.) vijolična | __d__ | e) mešanih emocij, zelo občutljivi, napeti |



Slika 12: "Prstan razpoloženja" (Wikipedia, 2009)

Namig: Pri reševanju naloge si lahko pomagате s spodnjimi viri
http://en.wikipedia.org/wiki/Mood_ring
<http://chemistry.about.com/od/chemistryfaqs/f/moodring.htm>
<http://sheofmermaids.blogspot.com/>

5.0 Poglobite svoje znanje

Tako kot lahko nekateri tekočerkristalni senzorji merijo temperaturo, lahko drugi zaznajo gibanje in pritisk, kemikalije, viruse, bakterije in tudi elektriko.

Tvorite **skupine s 4 člani** in nanizajte nekaj zamisli o **potencialnih izumih, ki bi uporabljali tekočerkristalne senzorje**. Predloge zapišite v za to predviden prostor v Wordovem dokumentu, ki se pod imenom "Izumi na osnovi



tekočekristalnih senzorjev" nahaja na vašem računalniku. Na voljo imate 5 minut časa. Svoje predloge zaupajte učitelju in drugim skupinam.

PREDLOG REŠITVE

Zelo koristno bi bilo, če bi bili ob cestah postavljeni znaki, na katerih bi se ob padcu temperature pod ledišče v danem trenutku izpisalo: **"Pazite, led na cesti !"**

Dobrodošel izum bi bili krožniki, na katerih bi se ob prisotnosti bakterij in umazanije izpisalo: **"Očisti me !"**

Literatura

- 1) Kuščer I., Moljk A., Krajnc T., Peternej J. *Fizika za srednjo šolo*. I.del, DZS, 1999 in II.del, 2000.
- 2) Vilfan, Marija. *Tekoči kristali – kako jih uporabimo za termometer*. Presek 11, 2002. str. 178 - 183
- 3) Vilfan Marija in Marušević Igor. *Tekoči kristali*. DMFA založništvo, Ljubljana, 2002. str. 79 – 110
- 4) About.Com:Chemistry. *How Do Mood Rings Work*. (pridobljeno 03.05.2009). Dostopno na svetovnem spletu:
<http://chemistry.about.com/od/chemistryfaqs/f/moodring.htm>
- 5) Case Western Reserve University (online).Polymers and Liquid Crystals. *Virtual Laboratory*. (pridobljeno 28.04.2009) Dostopno na svetovnem spletu: <http://plc.cwru.edu/tutorial/enhanced/lab/lab.htm>
- 6) University of Wisconsin-Madison (online).Education and Outreach: Nanotechnology Activity Guides: *Liquid Crystal Sensors*.(pridobljeno 01.05.2009). Dostopno na svetovnem spletu:
<http://mrsec.wisc.edu/Edetc/IPSE/educators/activities/lcSensors.html>



- 7) Wikipedia (online). *Liquid Crystals*. Obnovljeno 02.05.2009 (pridobljeno 22.04.2009). Dostopno na svetovnem spletu:
http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_crystals
- 8) Wikipedia (online). *Liquid Crystal Thermometer*. Obnovljeno 16.03.2009 (pridobljeno 01.05.2009). Dostopno na svetovnem spletu:
http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_crystal_thermometer
- 9) Wikipedia (online). *Mood Rings*. Obnovljeno 04.05.2009 (pridobljeno 02.05.2009). Dostopno na svetovnem spletu:
http://en.wikipedia.org/wiki/Mood_ring



Učiteljeva Evalvacija E-gradiva

"Vijačni tekoči kristali kot temperaturni senzorji"

Navodilo:

Po izvedbi obeh E-učnih enot pri pouku kemije vas zaprošamo, da E-gradivo evalvirate v skladu z ocenjevalnimi kriteriji, predstavljenimi v spodnjih preglednicah. Vsako podano oceno, prosim, na kratko utemeljite, hkrati pa zapišite vaše predloge za izboljšave, spremembe, dopolnitve e-gradiva. Vaša povratna informacija je zelo dragocena in nam bo koristila pri izboljšavi obstoječih in načrtovanju novih učnih gradiv. Hvala !

Avtorica: Kornelia Žarič

Datum:

Ocenjeval(-ec,-k)

Šola:

Tehnična ocena		
Vsebovane zvrsti e-gradiva (obkrožite)		Utemeljitev, komentar k oceni
1 Tekst 2 Slika 3 Animacija, Video 4 Zvok 5 Programsko podprti prikaz vsebine		
Tekst		
Ozadje	primerno/neprimerno	
Črke	primerno/neprimerno	
Berljivost	primerno/neprimerno	
Slika		
Ločljivost	primerno/neprimerno	
Velikost	primerno/neprimerno	
Zvok		
Animacija, video		
Programsko podprti prikaz vsebine		



Namestitev/priprava za uporabo; Ali jo lahko pravilno izvede laik, ali je dovolj hitra...?	primerno/neprimerno	
Zagon programa / okolja / uporabe gradiva; ali je hiter in natančen ?	primerno/neprimerno	
Odstranitev/zaključek uporabe; ali je hitra in popolna ter pri njej ni potrebna strokovna pomoč?	primerno/neprimerno	
Ocena uporabniškega vmesnika pri uporabi gradiva		
Orientacija; Ali se da med uporabo (učenjem) hitro in kvalitetno orientirati (kje v gradivu oziroma učni poti pravzaprav smo)? Ali ima gradivo kazalo?	primerno/neprimerno	
Možnost sledenja; Ocenjuje se možnost sledenja napredka uporabnika gradiv (učečega). Mentor mora imeti možnost bolj ali manj oceniti ali je/ in v kolikšni meri učeči predelal gradivo.	primerno/neprimerno	
Navigacija; Ali struktura gradiva omogoča učečemu, da kvalitetno navigira (naprej, nazaj, ven, ponovno nazaj na isto mesto...)?	primerno/neprimerno	
Podpora pri delu (namig, povezava na spletno stran.)	primerno/neprimerno	
Skupaj: Tehnično sprejemljiv gradnik	Izbira med Da Ne Pogojno	Če pogojno → seznam pomanjkljivosti oziroma priporočil.

Ocena kakovosti izdelave - kakovosti teksta, grafike, vizualne predstavitve, uporabe multimedije		Utemeljitev, komentar k oceni
Čitljivost in jasnost teksta in grafike, uporaba barv in kontrastov	Primerno/neprimerno	
Slovnična pravilnost besedila ter njegova nedvoumnost	Primerno/neprimerno	
Konsistentna uporaba stilov (velikost besedila, robov)	Primerno/neprimerno	
Nazornost in organiziranost predstavitve na ekranu (vertikalno, horizontalno pomikanje)	Primerno/neprimerno	



Koristna uporaba okvirjev, hiperpovezav, legend oznak	Primerno/neprimerno	
Opis strojne in programske opreme	Primerno/neprimerno	
Skupaj: Tehnično sprejemljivo učno gradivo:	Izbira med Da Ne Pogojno	
Če pogojno → seznam pomanjkljivosti oziroma priporočil.		

Vsebinska ocena		
Ocena učne vsebine in ocena didaktičnega dela oziroma povezave učnih ciljev, vsebine, učnih metod, kompetenc in učečega.		
Vsebina	Možnost izbire DA / NE	Komentar k izbiri
Skladnost učnih ciljev in vsebine učnega gradiva:		
Ali je učna snov in njena predstavitev skladna z učnimi cilji?	DA / NE	
Ali so cilji definirani tako, da so podobni po obsegu in času, ki je potreben za obdelavo učne snovi?	DA / NE	
Definicija učnih ciljev		
Ali so cilji formulirani tako, da omogočajo učečemu razumeti, zakaj bi želel uporabiti učno gradivo?	DA / NE	
Preverjanje znanja		
Možnost ocenjevanja in kakovostne samoevalvacije pridobljenega znanja:		
Ali so aktivnosti za ocenjevanje skladne z učno vsebino in metodologijo učnih gradiv?	DA / NE	
Ali ocenjevanje meri stopnjo realizacije definiranih učnih ciljev?	DA / NE	
Možnost preverjanja in uporabe znanja:		
Ali lahko učeči na učinkovit način uporabi novo pridobljeno znanje in dobi informacijo o (ne)pravilni uporabi le-tega?	DA / NE	
Ali je preverjanje znanja narejeno tako, da lahko učeči (naredi in) popravi napake in se iz njih uči?	DA / NE	
Ali so naloge za preverjanje znanja skladne z učno snovjo in cilji?	DA / NE	
Ali so naloge raznolike in jasno predstavljene ?	DA / NE	
Ali E-učno gradivo povezuje teoretično znanje s praktičnim ?	DA / NE	
Didaktična vrednost		



Ali se je pouk razlikoval od običajnega pouka pri tem predmetu?	DA / NE	
Učenci so bili samostojnejši pri delu	DA / NE	
Učenci so bili bolj motivirani za delo	DA / NE	
E-gradivo spodbuja logično mišljenje in funkcionalno pismenost	DA / NE	
Omogoča lažjo ponovitev doma in samostojno delo doma	DA / NE	
Ali e-gradivo spodbuja razvoj ključnih kompetenc?	DA / NE	
Ali e-gradivo spodbuja interese učencev s slikovnimi in multimedijskimi elementi?	DA / NE	
Ali je v e-učnem gradivu navedenih in zaokroženih dovolj pojmov, podatkov, definicij, osnovnih teorij, ki omogočajo dojetje osnovne zakonitosti in smeri razvoja določenega področja?	DA / NE	
Ali učno gradivo jezikovno ustrezno podaja snov (nazorno, pregledno, razumljivo, dinamično in zanimivo)?	DA / NE	
Ali so posamezna poglavja učnega gradiva grajena pregledno in enotno?	DA / NE	
Ali učno gradivo upošteva osnovne zakonitosti učnega procesa (uvajanje v novo snov, obdelava novih učnih vsebin, aktivnosti za ponavljanje, razmišljanje in povezovanje vsebin, preverjanje)?	DA / NE	
Ali obseg učnega gradiva ustreza času, ki je na voljo v okviru pouka?	DA / NE	
Učni načrt		
Stopnja		
Predmet		
Poglavje, podpoglavje		
Skupaj: Vsebinsko sprejemljivo učno gradivo	Izbira med Da Ne Pogojno	
Če pogojno → seznam pomanjkljivosti oziroma priporočil.		

Skupna ocena E-gradiva:



OCENJEVALNI KRITERIJI	OCENA	UTEMELJITEV	PREDLOGI
(1) vsebinska korektnost			
(2) interaktivnost (naloge za preverjanje razumevanja)			
(3) primernost in kvaliteta multimedijskih elementov (slike, grafi, interaktivni modeli, animacije, filmi)			
(4) citiranost virov			
(5) ustreznost in raznolikost nalog za preverjanje znanja			
(6) oblikovna izvedba in celovitost izdelka			
Celokupna ocena (od 1 – 5)			



Dijakova evalvacija e-gradiva

"Vijačni tekoči kristali kot temperaturni senzorji"

Dragi dijaki !

Po izvedbi obeh e-učnih enot pri pouku kemije vas zaprošamo, da e-gradivo ovrednotite v skladu z ocenjevalnimi kriteriji, predstavljenimi v spodnjih preglednicah. Na ocenjevalni lestvici od 1 – 5 (1 – najslabše, se najmanj strinjam; 5 – najboljše, se najbolj strinjam) izberite oceno, ki se vam ob posameznem kriteriju zdi najbolj primerna. Na zadnja štiri vprašanja odgovorite opisno. Vaša povratna informacija je zelo dragocena, saj nam bo koristila pri izboljšanju obstoječih in načrtovanju novih učnih gradiv. Hvala!

Avtorica: Kornelia Žarič

Datum

Ime in priime

Šola:

Tehnična ocena					
Vsebovane zvrsti E-gradiva (obkrožite)					
1 Tekst					
2 Slika					
3 Animacija, Video					
4 Zvok					
5 Programsko podprti prikaz vsebine					
Tekst					
Ozadje	1	2	3	4	5
Črke	1	2	3	4	5
Berljivost	1	2	3	4	5
Slika	1	2	3	4	5
Ločljivost	1	2	3	4	5
Velikost	1	2	3	4	5
Zvok	1	2	3	4	5
Animacija, video	1	2	3	4	5
Programsko podprt prikaz vsebine	1	2	3	4	5



Namestitev/priprava za uporabo; Ali jo lahko pravilno izvede laik, ali je dovolj hitra...?	1	2	3	4	5
Zagon programa / okolja / uporabe gradiva; ali je hiter in natančen?	1	2	3	4	5
Odstranitev/zaključek uporabe; ali je hitra in popolna ter pri njej ni potrebna strokovna pomoč?	1	2	3	4	5
Ocena uporabniškega vmesnika pri uporabi gradiva					
Orientacija; Ali se da med uporabo (učenjem) hitro in kvalitetno orientirati (kje v gradivu oziroma učni poti pravzaprav smo)? Ali ima gradivo kazalo?	1	2	3	4	5
Navigacija; Ali struktura gradiva omogoča učečemu, da kvalitetno navigira (naprej, nazaj, ven, nazaj na isto mesto)?	1	2	3	4	5
Podpora pri delu (namig, povezava na spletno stran.)	1	2	3	4	5
Ocena kakovosti izdelave - kakovosti teksta, grafike, vizualne predstavitve, uporabe multimedije					
Čitljivost in jasnost teksta in grafike, uporaba barv in kontrastov	1	2	3	4	5
Slovnična pravilnost besedila ter njegova nedvoumnost	1	2	3	4	5
Konsistentna uporaba stilov (velikost besedila, robov)	1	2	3	4	5
Nazornost in organiziranost predstavitve na ekranu (vertikalno, horizontalno pomikanje)	1	2	3	4	5
Koristna uporaba okvirjev, hiperpovezav, legend oznak	1	2	3	4	5
Opis strojne in programske opreme	1	2	3	4	5

Vsebinska ocena					
Ocena učne vsebine in ocena didaktičnega dela oziroma povezave učnih ciljev, vsebine, učnih metod, kompetenc in učečega.					
Vsebina					
Možnost preverjanja in uporabe znanja;					
Ali e-gradivo na učinkovit način omogoča uporabo novega pridobljenega znanja in pridobitev informacije o (ne)pravilni uporabi le-tega?	1	2	3	4	5
Ali so naloge raznolike in jasno predstavljene?	1	2	3	4	5



Ali je preverjanje znanja narejeno tako, da lahko naredite in popravite napake in se iz njih učite?	1	2	3	4	5
Ali e-gradivo povezuje teoretično znanje s praktičnim?	1	2	3	4	5
Didaktična vrednost					
Ali se je pouk razlikoval od običajnega pouka pri tem predmetu?	1	2	3	4	5
Ali ste bili pri delu samostojnejši?	1	2	3	4	5
Ali ste bili bolj motivirani za delo?	1	2	3	4	5
Ali e-gradivo spodbuja logično mišljenje?	1	2	3	4	5
Ali e-gradivo spodbuja vaše interese s slikovnimi in multimedijskimi elementi?	1	2	3	4	5
Ali je v e-učnem gradivu navedenih in zaokroženih dovolj pojmov, podatkov, definicij, osnovnih teorij, ki omogočajo dojeti osnovne zakonitosti in smeri razvoja določenega področja?	1	2	3	4	5
Ali učno gradivo podaja snov nazorno, pregledno, razumljivo dinamično, zanimivo?	1	2	3	4	5
Ali so posamezna poglavja učnega gradiva grajena pregledno in enotno?	1	2	3	4	5
Ali učno gradivo upošteva osnovne zakonitosti učnega procesa (uvajanje v novo snov, obdelava novih učnih vsebin, aktivnosti za ponavljanje, razmišljanje in povezovanje vsebin, preverjanje)?	1	2	3	4	5
Ali obseg učnega gradiva ustreza času, ki je na voljo v okviru pouka?	1	2	3	4	5

1.) Kako se je ob uporabi e-gradiva pouk razlikoval od običajnega? V čem je bil drugačen?

2.) Kaj vam je bilo pri uporabi E-gradiva najbolj všeč?



3.) Ali bi si želeli še več takšnega pouka in zakaj?

4.) Podajte predloge, nasvete, pripombe glede uporabljenega e-gradiva.
