

Projekt *Zajedno kroz prirodoslovlje*

# Fizikalna kemija

Priručnik za učenike

Izdavač



Gimnazija Petra Preradovića,  
Virovitica

**Naslov** Priručnik za učenike fakultativnog predmeta *Fizikalna kemija*

**Radni naziv kurikuluma** *Termodinamika i kvantna mehanika u fizici i kemiji u računima i eksperimentima*

**Izdavač** Gimnazija Petra Preradovića, Virovitica

**Za izdavača** Jasminka Viljevac

**Urednica** Jasminka Viljevac

**Autori** Ivana Salajić, Ana Krpačić, Ruža Piškur, Gordana Šumrada

**Supervizori** Ružica Vuk, Vlado Halusek, Danijel Jukopila, Tanja Mamić

**Supervizorica za jezik i gramatiku** Izabela Babić

**Oblikovale naslovnicu i grafički uredile** Mateja Uzelac, Nikolina Hečimović

**Dizajn logotipa projekta** Grafoprojekt, Virovitica

**Podatak o izdanju** 1. izdanje

**Mjesto i godina izdavanja** Virovitica, 2016.

**Naziv tiskare i sjedište** Grafoprojekt, Virovitica

**CIP zapis je dostupan u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 140602052.**

**ISBN 978-953-8147-10-4**

Ova publikacija rezultat je projekta *Zajedno kroz prirodoslovlje* koji su provele nositelj projekta Gimnazija Petra Preradovića iz Virovitice, s partnerima Srednjom školom Marka Marulića Slatina i Srednjom školom „Stjepan Ivšić“ Orahovica od 23. listopada 2015. do 23. listopada 2016. godine. Projekt je u cijelosti financirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda, a financijska sredstva u iznosu od 2 260 369,46 kn osigurana su temeljem natječaja *Promocija kvalitete i unaprjeđenja sustava odgoja i obrazovanja na srednjoškolskoj razini*.

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Gimnazije Petra Preradovića, Virovitica.

Kurikulumi i svi radni materijali jesu razvojni, mogu se dopunjavati, popravljati i mijenjati.

Ova publikacija dostupna je na hrvatskom jeziku u elektroničkom obliku na mrežnoj stranici

<http://www.gimnazija-ppreradovica-vt.skole.hr/>.

Riječi i pojmovni sklopovi koji imaju rodno značenje, bez obzira na to jesu li u tekstu korišteni u muškom ili ženskom rodu, odnose se na jednak način na muški i ženski rod.

©Sva prava pridržana. Nijedan dio ove publikacije ne smije biti objavljen ili pretiskan bez prethodne suglasnosti nakladnika i vlasnika autorskih prava.



Europska unija  
Projekt je sufinancirala Europska unija  
iz Europskog socijalnog fonda  
Ulaganje u budućnost



Gimnazija  
Petra Preradovića



Srednja škola



Srednja škola

Projekt *Zajedno kroz prirodoslovlje*

# Fizikalna kemija

PRIRUČNIK ZA UČENIKE

Ivana Salajić, prof. fizike i kemije

Ana Krpačić, prof. kemije, prof. mentor

Ruža Piškur, dipl. kemičar

Gordana Šumrada, prof. kemije i biologije

Gimnazija Petra Preradovića, Virovitica

Virovitica, 2016.

## SADRŽAJ

PREDGOVOR.....	5
UVOD.....	7
1. RICHMANNOVO PRAVILO.....	11
2. TOPLINSKI KAPACITET .....	16
3. ENTALPIJA ISPARAVANJA VODE .....	22
4. HESOV ZAKON .....	26
5. ENTALPIJA NEUTRALIZACIJE .....	30
6. ENTALPIJA OTAPANJA SOLI .....	36
7. ZAKONI TERMODINAMIKE U ZADACIMA .....	42
8. MASENA I MNOŽINSKA KONCENTRACIJA .....	51
8.1. Razrjeđivanje otopina .....	51
8.2. Razrjeđivanje kiselina.....	51
8.3. Miješanje kiselina različite koncentracije.....	54
9. VOLUMETRIJA.....	58
10. HIDROLIZA SOLI .....	63
11. REDOKS REAKCIJE.....	67
12. ELEKTRODNI POTENCIJAL I GALVANSKI ČLANCI.....	73
13. FARADAYEVI ZAKONI.....	80
14. FOTOELEKTRIČNI UČINAK.....	89
RJEŠENJA ZADATAKA.....	107
LITERATURA.....	116

## PREDGOVOR

U vašim je rukama priručnik za učenike fakultativnog predmeta nastao kao rezultat projekta *Zajedno kroz prirodoslovlje*, a financirala ga je Europska unija iz Europskog socijalnog fonda u okviru natječaja *Promocija kvalitete i unaprjeđenje sustava odgoja i obrazovanja na srednjoškolskoj razini*. Vrijednost projekta bila je 2 260 369,46 kuna, a trajao je od 23. 10. 2015. do 23. 10. 2016. godine.

Projekt *Zajedno kroz prirodoslovlje* prijavila je Gimnazija Petra Preradovića iz Virovitice, a partneri su joj bili Srednja škola Marka Marulića iz Slatine i Srednja škola „Stjepan Ivšić“ iz Orahovice.

Cilj projekta bio je uspostava programskih, kadrovskih i materijalnih uvjeta u gimnazijama Virovitičko-podravske županije koji će učenicima omogućiti stjecanje dodatnih kompetencija u području prirodoslovlja, matematike i informacijsko-komunikacijskih tehnologija.

Kurikulumi su zasnovani na ishodima učenja i izrađeni prema principima Hrvatskog kvalifikacijskog okvira (Zakon o HKO-u, MZOS 2013.) čime izravno doprinose njegovom daljnjem razvoju i provedbi.

Suradnički su ih izrađivali nastavnici Matematike, Informatike i prirodoslovnih predmeta triju gimnazija, stručnjaci na polju pedagogije i metodologije te profesori sveučilišnih kolegija na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Ciljne skupine ovog projekta jesu: nastavnici, učenici, stručni suradnici, vanjski stručnjaci i ravnatelji.

Sudjelovanjem ravnatelja triju gimnazija u provedbi projekta naglašena je važnost modernizacije kurikuluma za obrazovne ustanove. Ojačani kapaciteti gimnazija za izradu i provedbu inovativnih fakultativnih nastava (ljudski i materijalni potencijali) čine ustanovu atraktivnom i poželjnom za nastavak obrazovanja svim učenicima zainteresiranim za prirodoslovlje.

Kako bi podržali razvoj novih fakultativnih programa u školama, ali i doprinijeli razvoju programa svojim stručnim znanjima iz područja pedagogije/psihologije, stručni suradnici iz gimnazija sudjelovali su u edukacijama za razvoj kurikuluma temeljenog na ishodima učenja i unaprjeđenje nastavnih kompetencija. Stečenim znanjem i vještinama pružili su podršku ostalim nastavnicima za razvoj i implementaciju drugih fakultativnih programa, ali i prilagođavanju postojećih nastavnih programa zahtjevima HKO-a.

Postojeći su gimnazijski programi zastarjeli i nedovoljno su prilagođeni promjenama u suvremenom društvu. Naročito zabrinjava zastarjelost u prirodoslovnom i ICT području. Rezultati PISA istraživanja upućuju da su rezultati hrvatskih 15-godišnjaka ispod prosjeka u matematičkoj i prirodoslovnoj pismenosti. Često učenici nisu sposobni povezati znanja iz različitih nastavnih predmeta ili to čine površno i nesustavno. Znanja stečena u gimnazijskom nastavnom procesu uglavnom su teorijska i udaljena od neposredne životne zbilje. Stoga se nameće potreba za povezivanjem škole i života, znanja i vrijednosti, znanstvenih spoznaja i prakse.

Posljednjih godina učinjene su značajne promjene u smjeru poboljšanja hrvatskog obrazovnog sustava u predškolskom i osnovnoškolskom sektoru (HNOS, NOK), srednjem školstvu (reforma strukovnog obrazovanja, državna matura, NOK) i visokom školstvu (Bologna proces), a dovršen je i *Hrvatski kvalifikacijski okvir* (HKO) sukladno *Europskom kvalifikacijskom okviru* (EQF). Međutim gimnazijski kurikulum nije značajno strukturno promijenjen već pedesetak godina. Aktualni nastavni programi za gimnazije potječu iz 1994. i 1995. godine, a nastavni planovi iz 1995. godine i nisu zasnovani na ishodima učenja prema instrumentariju Hrvatskoga kvalifikacijskog okvira. Predmetna područja slabo su povezana, iako HKO i NOK omogućuju i potiču smisljeno povezivanje

svih sastavnica sustava u skladnu cjelinu. Nedostatno su zastupljeni novi oblici učenja i poučavanja, a osobito primjerena upotreba suvremenih tehnologija u poučavanju i učenju.

Naš doprinos promjenama koje svi očekuju jest osam novih kurikuluma fakultativne nastave s priručnicima za nastavnike, priručnicima za učenike te digitalnim radnim materijalima u Moodle-u.

Radni nazivi kurikuluma govore o sadržaju kurikuluma i o smjeru kojim idemo: Zemlja u geografiji, fizici i matematici, Linearna funkcija i vektori u matematičkom programu Geogebra i njihova primjena u obradi eksperimenata u fizici, Funkcije u matematičkom programu Geogebra i njihova primjena u prirodoslovlju, Biološki sustavi u ekologiji i matematici, Biologija s kemijom u životnim procesima, Termodinamika i kvantna mehanika u fizici i kemiji u računima i eksperimentima, Fizikalni eksperimenti i modeli kao osnova rada tehničkih uređaja i Informatika. Nazivi fakultativnih predmeta koji su iz njih proizašli jesu:

1. *Geografija rizika i klimatske promjene*
2. *Linearna funkcija i vektori u eksperimentima*
3. *Funkcije u prirodoslovlju*
4. *Biološki sustavi i matematika*
5. *Biologija s kemijom u životnim procesima*
6. *Fizikalna kemija*
7. *Fizikalni eksperimenti*
8. *Informatika u multimediji i dizajnu.*

## UVOD

Priručnik za fakultativni predmet *Fizikalna kemija* namijenjen je učenicima trećih i četvrtih razreda gimnazija i strukovnih škola koji u redovitim programima uče kemiju i fiziku i žele proširiti i provjeriti svoje kompetencije u tom području.

U priručniku su ponuđeni klasični i virtualni eksperimenti kao i problemski te računski zadaci iz područja termokemije i termodinamike, sastava otopina, elektrokemije i fotoelektričnog učinka.

Odabirom ovog priručnika učenici će pomoću obrađenih eksperimenata doći do novih spoznaja, istražiti će neke zakone gdje su fizika i kemija usko povezani.

Pomoću eksperimenata učenici će lakše povezati uočene fizikalne i kemijske promjene s primjerima iz svakodnevnog života.

Rješavanjem problemskih i računskih zadataka razvijati će svoje sposobnosti, samopouzdanje, sustavnost u obradi podataka, uvažavanje ostalih mišljenja i iznošenje zaključaka potkrijepljenog argumentima.

Priručnik sadrži i seminarske zadatke u obliku malih istraživačkih projekata, pomoću kojih će učenici nadopuniti svoja znanja.

U priručniku ima puno zadataka kako bi učenici ponovili postupak rješavanja i povezanost traženih te zadanih veličina.

Sve to koristiti će učenicima da kroz ovaj predmet steknu dodatne kompetencije u području kemije, fizike i informacijsko - komunikacijskih tehnologija.

Želimo učenicima da proširene i produbljene ishode iz fakultativnog predmeta *Fizikalna kemija* uspješno iskoriste na natjecanjima i na ispitima državne mature te kod nastavka proučavanja fizike ili kemije na višim razinama.

Priručnik za učenike i svi radni materijali su razvojni. Mogu se dopunjavati, popravljati i mijenjati.

Želimo vam uspjeh u radu.







**TERMODINAMIKA**



## 1. RICHMANNOVO PRAVILO

$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$	$Q_1 = Q_2$	$m \cdot c \cdot (t_t - \tau) = m \cdot c \cdot (\tau - t_h)$
--------------------------------	-------------	---

### Zadatak:

- Odrediti temperaturu destilirane vode koja nastaje miješanjem određene količine vode na različitim temperaturama.
- Izračunati toplinu koja se izmijeni tijekom miješanja vode različitih temperatura.

### POKUS:

**Pribor:** kalorimetar sačinjen od plastičnih čaša, 3 termometra, staklena čaša, menzura od 100 mL, analitička vaga, kuhalo za vodu.

**Kemikalije:** destilirana voda na sobnoj temperaturi, destilirana voda zagrijana od 40 °C do 50 °C, destilirana voda zagrijana na oko 70 °C do 80 °C.

Ulijte u kuhala za vodu 60 mL destilirane vode i uključite na gradsku mrežu da se počne grijati voda. U kuhalo stavite termometar.

Unutarnju praznu čašu kalorimetra od 150 mL izvažite na analitičkoj vagi.

$$m_{\check{c}1} =$$

Ulijte 30 mL destilirane vode sobne temperature i izvažite na analitičkoj vagi.

$$m_{\check{c}1+v} =$$

Razlika dviju masa čaše dat će masu vode koju smo ulili u unutrašnju čašu kalorimetra.

$$m_1 = m_{\check{c}1+v} - m_{\check{c}1} =$$

Čašu od 150 mL s vodom umetnite u drugu plastičnu čašu od 200 mL na čije ste dno stavili dva plutena čepa. Izmjerite temperaturu vode na sobnoj temperaturi.

$$t_1 =$$

Izvažite praznu menzuru.

$$m_m =$$

Kada se voda u kuhalu zagrije između 40 °C do 50 °C, izvadite termometar i u menzuru ulijte 20 mL destilirane vode. Izvažite menzuru s vodom.

$$m_{m+v} =$$

$$m_2 = m_{m+v} - m_m =$$

Izmjerite temperaturu vode u menzuri.

$$t_2 =$$

Izvažite staklenu čašu.

$$m_{\zeta 3} =$$

Kada se voda u kuhalu zagrije između 70 °C do 80 °C, izvadite termometar i u staklenu čašu ulijte 40 mL destilirane vode (ostatak vode iz kuhala). Izvažite staklenu čašu s vodom.

$$m_{\zeta 3+v} =$$

$$m_3 = m_{\zeta 3+v} - m_{\zeta 3} =$$

Izmjerite temperaturu vode u staklenoj čaši.

$$t_3 =$$

Izmjerite temperaturu vode u kalorimetru, u menzuri i u staklenoj čaši istovremeno i zapišite. Ulijte zagrijanu vodu iz menzure i iz staklene čaše u plastičnu čašu kalorimetra u kojoj se nalazi voda na sobnoj temperaturi i poklopite kalorimetar. Promiješajte kružnim pokretima i kroz prorez umetnite termometar.

Stakleni štapić umetnite kroz drugi otvor na poklopcu i promiješajte svako malo sadržaj kalorimetra. Pratite promjenu temperature svake minute i bilježite je u tablicu dok se temperatura otopine ne prestane mijenjati. Pri miješanju pazite da ne stružete dno čaše termometrom jer bi moglo doći do povišenja temperature.

Tablica 1.1. Izmjerene temperature

t/min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t/°C											
T/K											
t/min	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
t/°C											
T/K											

Kada se temperatura više ne mijenja, očitajte konačnu temperaturu vode.

$$\tau =$$

Je li se temperatura sustava smanjila ili povišila?

---

Nacrtajte  $T - t$  grafički prikaz

Nacrtajte  $T - Q$  grafički prikaz

Slika 1.1. Grafički prikaz ovisnost temperature u određenom vremenskom intervalu tijekom miješanja vode	Slika 1.2. Grafički prikaz ovisnost temperature i topline tijekom miješanja vode

Izračunajte toplinu koja se izmijeni tijekom miješanja destilirane vode različitih temperatura.

$$Q_1 = m_1 \cdot c_1(\tau - t_1) =$$

$$Q_2 = m_2 \cdot c_2(\tau - t_2) =$$

$$Q_3 = m_3 \cdot c_3(t_3 - \tau) =$$

Usporedite izračunate topline.

---

Koje su fizičke veličine jednake u ovom slučaju?

---

---

---

Napišite Richmannov zakon za svoj slučaj miješanja izmjerenih masa i temperatura vode.

Primijenite Richmannov zakon za svoj slučaj. Kolika bi bila teorijska promjena temperature sustava nakon miješanja izmjerenih masa i temperatura vode?

Razlikuje li se eksperimentalna izmjerena vrijednost temperature od izračunate?

Što mislite, zašto?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Razmislite i odgovorite:**

1. Zašto se jezero obično hladi s površine prema dubini i zašto smrzavanje vode ne ide jako duboko?
2. Što je to pirometar i za što se koristi?
3. Objasnite što će se dogoditi ako bakrenu cijev koju grijemo s jedne strane na električnoj peći, a drugi kraj bakrene cijevi uronimo u posudu s vodom i ledom?
4. O čemu ovisi brzina provođenja topline?
5. Objasnite kako odjeća zadržava toplinu uz tijelo?
6. Objasnite proces konvekcije na ovim primjerima:
  - a) Slojevi atmosfere i koncentracija kisika.
  - b) Princip centralnog grijanja s prirodnom cirkulacijom vode.
  - c) Princip dimnjaka.
  - d) Toplina mora i kopna.
7. Objasnite na koji način Zemlja prima toplinu od Sunca?
8. Kako nas grije peć zimi?

**ZADATCI:**

1. Koliko litara vode temperature  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  treba uliti u posudu koja sadrži 50 litara vode temperature  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  da bi smjesa imala temperaturu  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

2. Pomiješane su dvije jednake količine vode, jedna temperature  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a druga temperature  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ako postoje gubici topline, temperatura je smjese:

- a) manja od  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b) veća od 20, manja od  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- c) veća od 25, manja od  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- d) veća od  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

3. Ako su dva tijela zagrijana na različite temperature u međusobnom dodiru, njihove će se temperature mijenjati dok se ne postigne toplinska ravnoteža. Koja je tvrdnja točna?

- a) U svakom slučaju.
- b) Samo za čvrste tvari.
- c) Samo za čvrste i tekuće tvari.
- d) Samo ako nijedna tvar ne mijenja agregatno stanje.

4. Dva su tijela u temperaturnoj ravnoteži ako imaju:

- a) jednake specifične toplinske kapacitete
- b) jednake mase
- c) jednake toplinske kapacitete
- d) jednake temperature.

## 2. TOPLINSKI KAPACITET

$\Delta T = T_2 - T_1$	$c = \frac{C}{m}$	$c_M = \frac{C}{n}$
$Q = C \cdot \Delta T$	$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$	$Q = n \cdot c_M \cdot \Delta T$

Tablica 2.1. Specifični toplinski kapacitet nekih krutina i kapljevine

Element	$c_p / \text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	Element	$c_p / \text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Aceton	2,160	n - heptan	2,046
Alkohol	2,5	Olovo	0,13
Aluminij	0,92	Petrolej	2,1
Aluminijev(III) oksid	0,754	Platina	0,13
Amonijak	4,731	Srebro	0,25
Bakar	0,383	Staklo	0,84
Eter	2,3	Sumpor	0,712
Fosfor	0,754	Šećer	1,256
Glicerin	2,4	Toluen	1,521
Glina	0,92	Ugljikov(IV) oksid	3,643
Grafit	0,708	Ugljen	1,507
Kisik	1,465	Ulje	2,18
Koks	0,837	Voda	4,183
Led	2,1	Željezo	0,46
Mjed	0,38	Živa	0,135

### ZADATAK:

- Odrediti toplinske kapacitete triju različitih metala.
- Izmjeriti toplinu koju su metali primili ili otpustili.

### POKUS 1. (za jedan metal)

**Pribor:** plastična čaša od 150 mL, plastična čaša od 200 mL, dvije staklene čaše od 200 mL, dva komada pluta, poklopac od kartona s prorezima, termometar.

**Kemikalije:** 500 mL kipuće vode, metalni uteg, 500 mL vode na temperaturi 25 °C.

Izvažite metalni uteg na analitičkoj vagi.

$$m_{u1} =$$

$$m_{u2} =$$

$$m_{u3} =$$

U staklenu čašu ulijte 500 mL kipuće vode. Izmjerite temperaturu pomoću termometra.

$$t_1 =$$

$$t_2 =$$

$$t_3 =$$

Uteg potopite u kipućoj vodi i ostavite ga tako 10 minuta.



U unutarnju manju plastičnu čašu ulijte 500 mL vode na sobnoj temperaturi. Manju plastičnu čašu stavite u veću plastičnu čašu. Termometrom izmjerite temperaturu vode u plastičnoj čaši.

$$t'_1 =$$

$$t'_2 =$$

$$t'_3 =$$

Uronite zagrijani uteg u plastičnu čašu s vodom i pokrijte poklopcem. Kroz prorez uronite termometar i očitavajte temperaturu vode svakih 30 s. Upišite izmjerene podatke u tablicu.

Ponovite postupak za ostala dva metala.

Tablica 2.2. Izmjerene temperature

	t/s	0	30	60	90	120	150	180
1. metal	t/°C							
2. metal	t/°C							
3. metal	t/°C							
	t/s	210	240	270	300	330	360	390
1. metal	t/°C							
2. metal	t/°C							
3. metal	t/°C							
	t/s	420	450	480	510	540	570	600
1. metal	t/°C							
2. metal	t/°C							
3. metal	t/°C							

Kada se temperatura više ne mijenja, očitajte konačnu temperaturu vode.

$$\tau_1 =$$

$$\tau_2 =$$

$$\tau_3 =$$

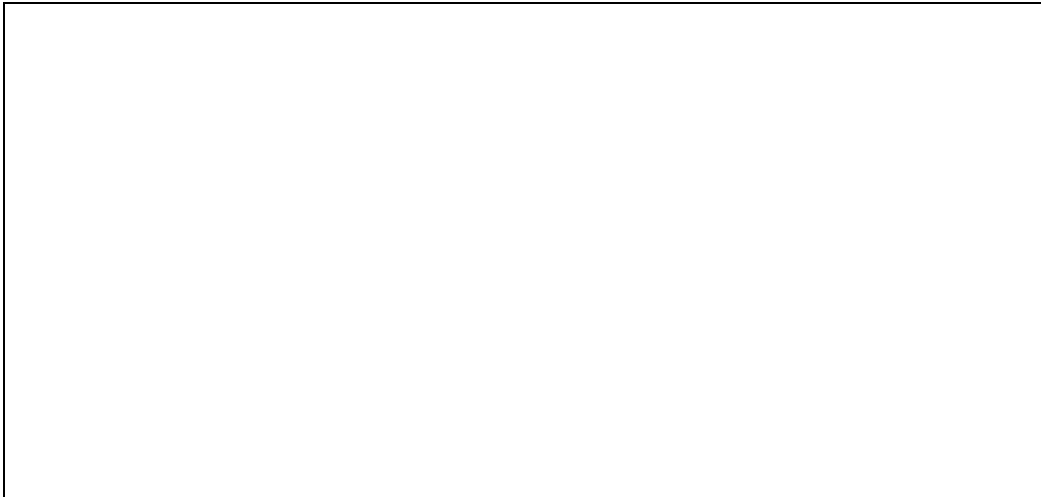
Je li se temperatura sustava smanjila ili povišala?

---

Je li se tijekom reakcije odvijala endotermna ili egzotermna promjena?

---

Nacrtajte  $t - Q$  grafički prikaz



Slika 2.1. Grafički prikaz ovisnosti topline o promjeni temperaturi

Odredite specifične toplinske kapacitete metala iz grafičkog prikaza.

$$c_1 =$$

$$c_2 =$$

$$c_3 =$$

Iz grafičkog prikaza očitajte koliko bi bilo potrebno topline da se temperatura metala povisi za  $50\text{ }^\circ\text{C}$ ?

$$Q_1 =$$

$$Q_2 =$$

$$Q_3 =$$

Izračunajte toplinu koja se izmijeni tijekom hlađenja metala 1.

Izračunajte toplinu koja se izmijeni tijekom hlađenja metala 2.

Izračunajte toplinu koja se izmijeni tijekom hlađenja metala 3.

Iz izraza za toplinu izvedite mjernu jedinicu za specifični toplinski kapacitet u cgs i SI sustavu.

Usporedite dobivene vrijednosti sa stvarnim podacima i diskutirajte eventualne izvore pogreški.

Zaključak:

**Razmislite i odgovorite.**

1. Koji se parametri stanja čvrstog tijela (tekućina) mijenjaju zagrijavanjem?
2. Kako temperatura metala koji uranjamo u kalorimetar ovisi o atmosferskom tlaku u prostoriji?
3. Zašto se u medicinskim termometrima koristi živa, a ne npr. alkohol?
4. Objasnite zašto stupac žive u termometru prvo opada, a potom raste kada ga uronimo u kipuću vodu.
5. Zašto amalgami (zubne plombe) moraju imati isti koeficijent termičkog rastezanja kao i zubi? Što bi se dogodilo u suprotnom?
6. Što će se dogoditi s napuhanim balonom ispunjenim zrakom ako ga uronimo u tekući dušik?
7. Zašto se hrana prije skuha u ekspres loncu?
8. Zašto peć za kuhanje ima različite veličine plamenika? Objasnite što bi bilo da su plamenici svi iste veličine.
9. Kako funkcionira termosica?
10. Kako to da dah iz usta može ugrijati ruke po zimi, a može ohladiti vrući čaj koji pijemo?
11. Objasnite zašto se u pustinji javlja tako velika razlika između dnevne i noćne temperature?

**Proučite i napišite samostalni rad:**

1. Proučite koje vrste klima uređaja postoje? Kako funkcionira klima uređaj, koja se tvar koristi kao sredstvo koje hladi zrak? Kako se na nju možemo hladiti ljeti, a grijati zimi?
2. Objasnite zašto se u Lulei, Švedskoj, planira sagraditi vrijedna farma servera? Koje su prednosti tog područja i na koji je način ekonomski isplativije od ostalih područja u Europi?

**ZADATCI:**

1. Koliko je topline potrebno za zagrijavanje 400 g vode od 20 °C do 100 °C u aluminijskoj posudi mase 500 g? Specifični je toplinski kapacitet vode 4,18 J g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>, a aluminijska 0,90 J g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>.

2. Bakar mase 0,450 kg zagrijava se u kalupu mase 1,82 kg i utroši se 948,3 kJ topline na njegovo zagrijavanje s 19 °C na 245 °C. Odredi specifični toplinski kapacitet kalupa ako je specifični toplinski kapacitet bakra 0,385 J g<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

3. Dvije šipke A i B od istog materijala. Početna duljina šipke A je polovina početne duljine šipke B. Ako se obje šipke zagriju na temperaturu 50 °C, što će se dogoditi?

- Obje će se šipke produljiti za isti iznos jer je promjena temperature jednaka.
- Produljenje će biti jednako jer su šipke od istog materijala.
- Šipka A produljit će se dvostruko više od šipke B.
- Šipka B se produlji dvostruko više od šipke A.

4. Četiri šipke jednake duljine od aluminijske, željezne, bakra i cinka na temperaturi 0 °C zagrijavamo. Koja će se šipka najviše produljiti?

- aluminij
- željezo
- čink
- bakar

Tvari	aluminij	bakar	čink	željezo
$\alpha / \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	24	12	30	17

5. Koliki je koeficijent plošnog širenja željeza ako je koeficijent linearnog rastezanja željeza?

- $12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- $12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- $12 \cdot 10^{-18} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- $24 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- $144 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

6. Bakreni i srebrni štapi jednake su duljine na 0 °C.

a) Koji će od njih i zašto više promijeniti duljinu na (-20°C)?

b) Koji će od njih biti kraći?

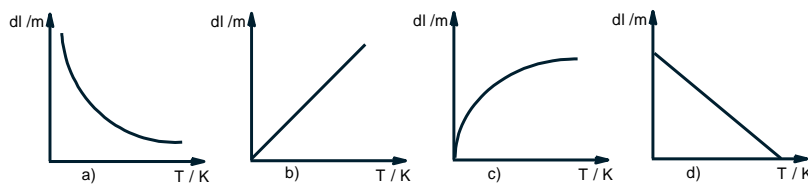
*Koeficijent linearnog rastezanja*

tvar	$\alpha / (10^{-5} \text{ K}^{-1})$
aluminij	2,4
bakar	1,7
staklo	0,9
srebro	1,9
željezo	1,2
volfram	0,5

7. Duljina čelične šipke na (-10) °C iznosi 1000 mm.

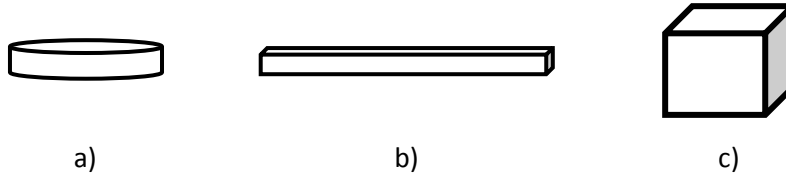
- Što se događa s molekulama tvari pri zagrijavanju?
- Na kojoj će se temperaturi šipka produžiti za 3 mm?
- Kolika je duljina šipke na 30 °C?

8. Koja slika prikazuje produljenje metalne žice u funkciji temperature?



- a) graf a,
- b) graf b,
- c) graf c,
- d) graf d.

9. U kojem slučaju govorimo o volumnom širenju u najvećem postotku?

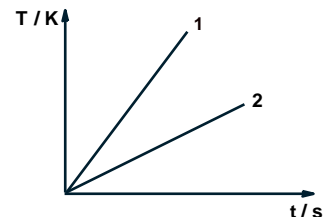


10. Olovnu kocku hladimo. Pri tome se:

- a) smanjuje volumen i masa kocke
- b) smanjuje volumen i gustoća kocke
- c) smanjuje volumen kocke, a gustoća povećava
- d) povećava masa i gustoća kocke.

11. Dva malena tijela 1 i 2 jednakih masa stavimo u veliku količinu kipuće vode. Na crtežu je prikazan porast temperatura  $T$  tih tijela tijekom vremena  $t$ . Iz grafičkog prikaza možemo zaključiti da:

- a) se tijelo 2 zagrijava brž, od tijela 1
- b) je specifični toplinski kapaciteta za oba tijela jednak
- c) tijelo 1 ima veći specifični toplinski kapacitet od tijela 2
- d) tijelo 2 ima veći specifični toplinski kapacitet od tijela 1.



12. Projektil brzine  $200 \text{ m s}^{-1}$  udari u metalnu metu i zabije se u nju. Pri zaustavljanju 55 % početne kinetičke energije projektila utroši se na zagrijavanje tijela projektila. Koliko je povećanje temperature projektila ako je specifični toplinski kapacitet metalne mete  $600 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ?

13. Radnik zabija željezni čavao mase  $40 \text{ g}$  u dasku udarajući ga čekićem mase  $1,5 \text{ kg}$ . Brzina čekića prije udarca iznosi  $8 \text{ m s}^{-1}$ . Za koliko se kelvina ugrije čavao nakon 10 udaraca ako pretpostavimo da se 60 % mehaničke energije pretvori u unutarnju energiju čavla. Specifični je toplinski kapacitet željeza  $450 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

14. 1 mol dušika ( $\text{N}_2$ ) izobarno grijemo pri normiranom tlaku od  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  do  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Specifični toplinski kapacitet pri stalnom je tlaku  $c_p = 1040 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ .

- a) Kolika je ukupna dovedena energija?
- b) Koliki je rad izvršen?
- c) Kolika je promjena unutarnje energije?

15. Komadu čelika mase  $6,5 \text{ kg}$  temperature  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  hlađenjem se snizi unutarnja energija za  $1,6 \cdot 10^5 \text{ J}$ . Na koju se temperaturu ohladio komad čelika? Specifični je toplinski kapacitet čelika  $450 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

### 3. ENTALPIJA ISPARAVANJA VODE

$H = U + p \cdot V$	$\Delta_l^g H_m = \frac{\text{utrošena energija}}{\text{množina vode}}$	$L_t = m \cdot \lambda$
$P = \frac{E}{t}$	$\Delta_l^g H_m = \frac{E_i}{n(H_2O)_i} = \frac{E_i \cdot M(H_2O)}{m_{i.v.}}$	$L_i = m \cdot r$

Tablica 3.1. Specifične latentne topline taljenja i isparavanja za neke tvari

Kemijska tvar	Specifična latentna toplina taljenja $L_t / \text{kJ kg}^{-1}$	Talište / °C	Specifična latentna toplina isparavanja $L_i / \text{kJ kg}^{-1}$	Vrelište / °C
Etanol	108	-114	855	78,3
Amonijak	332,17	-77,74	1369	-33,34
Ugljikov dioksid	184	-78	574	-57
Helij	-	-	21	-268,93
Vodik	58	-259	455	-253
Olovo	23,0	327,5	871	1750
Dušik	25,7	-210	200	-196
Kisik	13,9	-219	213	-183
Freon R134a	-	-101	215,9	-26,6
Freon R152a	-	-116	326,5	-25
Toluen	72,1	-93	351	110,6
Terpentin	-	-	293	-
Voda	334	0	2260	100
Srebro	105	980	2336	2050
Živa	11,4	-39	290	357

#### ZADATAK:

- Ispitati kako se mijenja energija tijekom procesa isparavanja destilirane vode.
- Odrediti vrijednost entalpije isparavanja.

#### POKUS:

**Pribor:** električno kuhalo za vodu, analitička vaga, menzura, zaporni sat, termometar.

**Kemikalije:** voda.

Uzmite električno kuhalo za vodu, izvažite ga. Očitajte njegovu snagu.

$$m_k =$$

$$P_k =$$

Ulijte 600 mL destilirane vode u menzuru. Prelijte je u kuhalo i izvažite je.

$$m_{k+v} =$$

$$m_v = m_{k+v} - m_k =$$

Uključite kuhalo s vodom u struju gradske mreže i grijte je dok voda ne proključa. Kada iz kuhala počne izlaziti para, uključite zaporni sat. Nakon četiri minute ključanja i isparavanja vode isključite kuhalo. Ponovno izvažite kuhalo s preostalom vodom.

$$m'_{(k+v)} =$$

Kako ćete izračunati masu isparene vode?

$$m_{i.v.} = m_{k+v} - m'_{(k+v)} =$$

Kolika je energija utrošena za isparavanje vode?

$$E_i = P_k \cdot t_z =$$

Izračunajte molarnu entalpiju isparavanja vode:

$$\Delta_l^g H_m = \frac{\text{utrošena energija}}{\text{množina vode}}$$

$$\Delta_l^g H_m = \frac{E_i}{n(H_2O)_i} = \frac{E_i \cdot M(H_2O)}{m_{i.v.}}$$

$$\Delta_l^g H_m =$$

Molarna entalpija isparavanja vode u tablicama iznosi:

$$\Delta_l^g H_m = 40.7 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Koliki je gubitak energije?

Kolika je korisnost električnog kuhala?

Definirajte pojam specifične topline isparavanja uz odgovarajuću relaciju.

Zaključak:

### RAZMISLITE:

1. Objasnite kako nastaju oblaci.
2. Objasnite kako i zašto nastaju vjetrovi.
3. Mijenja li se temperatura pri isparavanju vode?
4. Objasnite snižavanje temperature pri isparavanju tekućine.
5. O čemu ovisi sposobnost isparavanja tekućina?
6. Ljeti, za vrijeme velikih vrućina temperatura mora doseže vrijednosti i iznad 27 °C. Zapuše li bura, temperatura mora naglo se smanji, na nekim mjestima i na 20 °C. Kako bura tako brzo ohladi more?

### Zadaci za samostalno istraživanje:

1. Proučite kakav je to proces OTEC i za što se koristi.
2. Proučite i objasnite postupak dobivanja čiste vode (desalinizacija mora) iz mora na prokeanskim brodovima. Je li ekonomski isplativa?
3. Koliki je prosječni salinitet oceana i o čemu ovisi?
4. Razmislite i napišite kako biste sve mogli iskoristiti ocean kao obnovljivi izvor energije.

### ZADATCI:

1. Koliko je energije potrebno da se 10 g vode s 25 °C zagrije i prijeđe u vodenu paru pri standardnim uvjetima?
2. Iz saune koja je na temperaturi 45 °C prešli ste u kadu s vodom koja je na temperaturi 300 K.
  - a) Kolika je temperatura vode iskazana u °C?
  - b) Kolika je razlika temperatura kojoj je izloženo tijelo u stupnjevima Celzijusa i u kelvinima?
3. U bazenu ima 125 t vode. Nakon 5 dana sunce je temperaturu vode povisilo sa 17 °C na 20 °C. Koliku je toplinu voda primila od sunca?
4. Sušilo kose (fen) ima snagu grijača 350 W i zagrijava zrak s 20 °C na 45 °C. Odredite maseni i volumni protok zraka. Zanemarujemo promjenu gustoće (specifični toplinski kapacitet zraka
5. Koliko je topline potrebno dovesti hladnom zraku koji udahnemo (0,5 litara, gustoća zraka iznosi 1,3 kg m<sup>-3</sup>) početne temperature -7 °C da bi mu temperatura porasla na 36 °C?
6. Koliko topline treba dovesti kilogramu vode temperature 100 °C da bi se sva voda pretvorila u vodenu paru temperature 100 °C? Specifična toplota isparavanja vode  $r = 22,6 \cdot 10^5 \text{ J kg}^{-1}$ .
7. Koliko topline treba utrošiti da bi od 5 kg leda temperature -20 °C dobili paru temperature 130 °C ?
8. Koja fizikalna veličina ostaje stalna pri promjeni agregacijskog stanja?
  - a) temperatura tvari
  - b) volumen tvari
  - c) gustoća tvari
  - d) toplota sustava
  - e) nijedna veličina.



9. Za taljenje 3 kg platine potrebno je \_\_\_\_\_ topline na temperaturi \_\_\_\_\_.

10. Specifična toplina isparavanja jest:

- a) toplina potrebna da se dobije 1 m<sup>3</sup> pare
- b) toplina potrebna da se jedinična masa tekućine pretvori u paru jednake temperature
- c) toplina potrebna se tekućina pretvori u paru jednake temperature
- d) temperatura ispod koje nema isparavanja
- e) toplina koja se isparavanjem prenosi u oikolinu.

11. Na temelju razmatranja međumolekulskih interakcija pretpostavite koja će od navedenih tvari imati veću entalpiju taljenja. Objasnite zašto.

- a) CH<sub>2</sub>COOH ili CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>
- b) CH<sub>3</sub>OH ili C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH
- c) MgO ili NaCl
- d) H<sub>2</sub>S ili H<sub>2</sub>O.

12. Na temelju razmatranja međumolekulskih interakcija pretpostavite koja će od navedenih tvari imati veću entalpiju isparavanja. Objasnite zašto.

- a) H<sub>2</sub> ili Br<sub>2</sub>
- b) CH<sub>3</sub>OH ili H<sub>2</sub>O
- c) CH<sub>4</sub> ili CH<sub>3</sub>Cl.

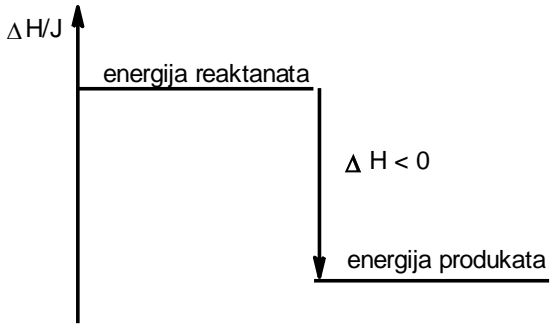
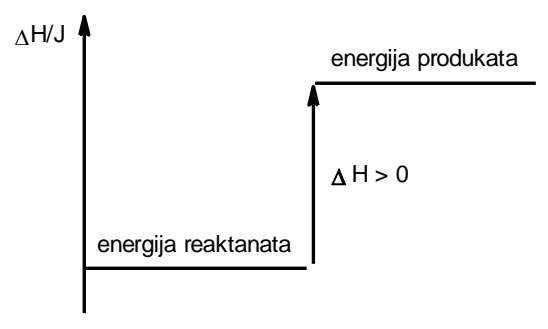
13. Josipa popije svakog dana najmanje 1,5 L vode gustoće 1 g cm<sup>-3</sup> iz hladnjaka za vrućih ljetnih dana. Koliko topline treba proizvesti njezin organizam da bi popijenu vodu kojoj je temperatura 4 °C zagrijao na normalnu temperaturu (37 °C)? Specifični je toplinski kapacitet vode 4,18 kJ kg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>.

## 4. HESOV ZAKON

$\Delta H = \Delta U + p \cdot \Delta V$	$\Delta H = Q$	$\Delta H_f^0 = \sum_{\text{produkti}} \nu \cdot \Delta_f H^0 - \sum_{\text{reaktanti}} \nu \cdot \Delta_f H^0$
$\Delta_r H = n \cdot \Delta_f H$		$\Delta H^0(A \rightarrow B) = -\Delta H^0(B \rightarrow A)$

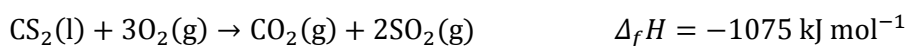
Tablica 4.1. Standardna entalpija stvaranja za neke spojeve pri 25 °C

Tvar	$\Delta_r H^0$ /kJ mol <sup>-1</sup>	Tvar	$\Delta_r H^0$ /kJ mol <sup>-1</sup>	Tvar	$\Delta_r H^0$ /kJ mol <sup>-1</sup>
AgCl(s)	-127,0	Cu <sub>2</sub> O(s)	-166,7	NaOH(s)	-426,7
Ag <sub>2</sub> O(s)	-30,6	CuS(s)	-48,5	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (s)	-1384,5
AlCl <sub>3</sub> (s)	-695,4	Cu <sub>2</sub> S(s)	-79,5	NH <sub>3</sub> (g)	-46,19
AlF(s)	-1300	FeO(s)	-266,0	NH <sub>4</sub> Cl(s)	-315,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-1669,8	Fe(OH) <sub>2</sub>	-568,2	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (s)	-365,1
BF <sub>3</sub> (g)	-1100	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-822,2	NO(g)	90,37
BaCl <sub>2</sub> (s)	-860,06	HBr(g)	-36,23	NO <sub>2</sub> (g)	33,8
Ba(OH) <sub>2</sub> (s)	-946,4	HCl(g)	-92,30	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	51,0
Br <sub>2</sub> (s)	30,7	HF(g)	-268,61	N <sub>2</sub> O(g)	81,55
C(s, dijamant)	1,9	HI(g)	25,94	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	10,8
CaC <sub>2</sub> (s)	-60,0	HNO <sub>3</sub> (l)	-173,2	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (l)	19,7
CaCl <sub>2</sub> (s)	-795,8	H <sub>2</sub> O(g)	-241,79	O <sub>3</sub> (g)	142
CaCO <sub>3</sub> (s)	-1206,9	H <sub>2</sub> O(l)	-285,84	PbO(s)	-217,9
CaO(s)	-635,5	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (l)	-187,6	PbO <sub>2</sub> (s)	-276,6
Ca(OH) <sub>2</sub> (s)	-986,59	H <sub>2</sub> S(g)	-17,51	PbS(s)	-100,4
CCl <sub>4</sub> (l)	-679,9	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (l)	-811,3	PCl <sub>3</sub> (g)	-306,4
CH <sub>4</sub> (g)	-74,85	I <sub>2</sub> (g)	62,26	PCl <sub>5</sub> (g)	-398,9
CH <sub>3</sub> OH(l)	-238,6	KBr(s)	-392,2	PH <sub>3</sub> (g)	9,25
CO(g)	-110,5	KCl(s)	-435,9	P <sub>4</sub> O <sub>6</sub> (s)	-1640,1
CO <sub>2</sub> (g)	-393,5	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (s)	-1146,1	P <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (s)	-2940,1
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)	226,7	KOH(s)	-425,85	SO <sub>2</sub> (g)	-269,6
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	52,28	LiOH(s)	-487,23	SO <sub>3</sub> (g)	-395,2
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	-84,67	MgBr <sub>2</sub> (s)	-517,6	SiH <sub>4</sub> (g)	-61,9
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH(l)	-227,7	MgCO <sub>3</sub> (s)	-1113	SiO <sub>2</sub> (s)	-859,4
CH <sub>3</sub> COOH(l)	-487,0	MgO(s)	-601,83	SiCl <sub>4</sub> (g)	-609,6
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (g)	-103,8	NaCl(s)	-411,0	SnCl <sub>2</sub> (s)	-350
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (g)	-124,7	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (s)	-1131	ZnCl <sub>2</sub> (s)	-415,9
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (l)	49,03	NaF(s)	-569,0	ZnO(s)	-348,0
CuO(s)	-155	NaI(s)	-288	ZnS(s)	-202,9

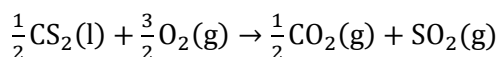
	
Slika 4.1. Entalpijski dijagram egzotermne reakcije	Slika 4.2. Entalpijski dijagram endotermne reakcije

### ZADATCI:

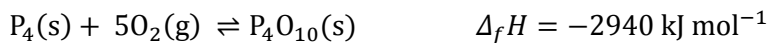
1. Ako je poznata reakcijska entalpija za reakciju:



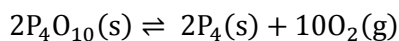
Izračunajte reakcijsku entalpiju za reakciju:



2. Izgaranjem bijelog fosfora na zraku nastaje fosforov(V) oksid:



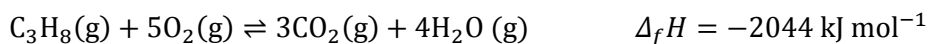
Koliko iznosi reakcijska entalpija za reakciju:



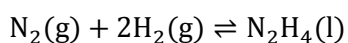
3. Koliko se topline oslobodi izgaranjem 5 g vodika u kisiku?



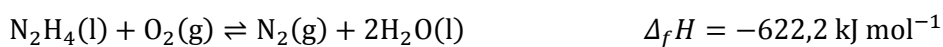
4. Koliko je propana potrebno spaliti da bi se dobilo 369 kJ topline?



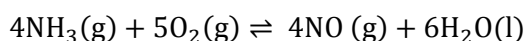
5. Izračunajte reakcijsku entalpiju za reakciju:



Na temelju poznatih reakcijskih entalpija za reakcije;



6. Izračunajte reakcijsku entalpiju za reakciju:

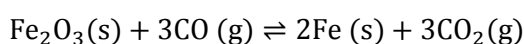


Na temelju poznatih reakcijskih entalpija za reakcije;



b) Konstruirajte entalpijski dijagram nastajanja dušikova(II) oksida i napišite o kojoj se vrsti reakcije radi.

7. Izračunajte standardnu reakcijsku entalpiju za reakciju:

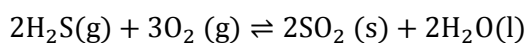


$$\Delta_f H^0(\text{Fe}_2\text{O}_3) = -825,5 \text{ kJ mol}^{-1},$$

$$\Delta_f H^0(\text{CO}) = -110,5 \text{ kJ mol}^{-1},$$

$$\Delta_f H^0(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

8. Izračunajte standardnu reakcijsku entalpiju za reakciju:



$$\Delta_f H^0(\text{H}_2\text{S}) = -20,2 \text{ kJ mol}^{-1},$$

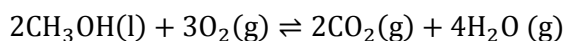
$$\Delta_f H^0(\text{SO}_2) = -296,8 \text{ kJ mol}^{-1},$$

$$\Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}) = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

9. Izračunajte promjenu entalpije izgaranja metanola čiji su produkti ugljik(IV) oksid i vodena para. Promjene entalpija reaktanata i produkata jesu:

$$\Delta_f H^0(\text{CH}_3\text{OH}) = -238,6 \text{ kJ mol}^{-1}, \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}) = -241,8 \text{ kJ mol}^{-1},$$

$$\Delta_f H^0(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}.$$



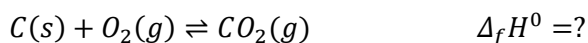
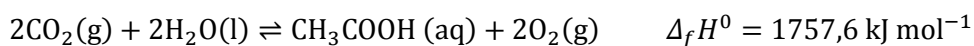
10. Izračunajte utrošenu toplinu pri proizvodnji 5 kg glukoze procesom fotosinteze.

$$\Delta_f H^0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = -2816 \text{ kJ mol}^{-1}, \Delta_f H^0(\text{CO}_2) = -2816 \text{ kJ mol}^{-1},$$

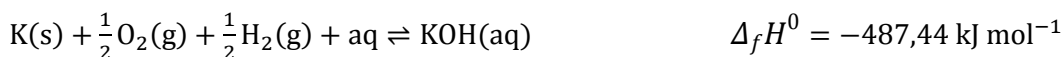
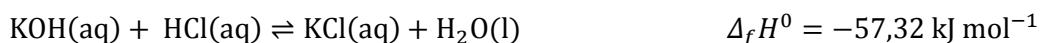
$$\Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}) = -241,79 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

b) Konstruirajte entalpijski dijagram dobivanja glukoze i napišite o kojoj se vrsti reakcije radi.

11. Izračunajte entalpiju nastajanja jednog mola ugljikova(IV) oksida iz ugljika i kisik koristeći sljedeće termokemijske jednačbe:



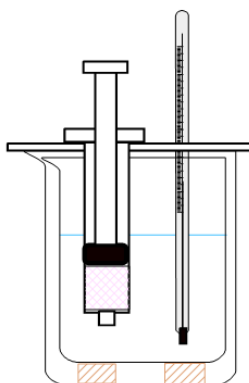
12. Izračunajte standardnu molarnu entalpiju nastajanja čvrstog KCl pomoću podataka navedenih u tablici:



## 5. ENTALPIJA NEUTRALIZACIJE

### ZADATAK:

- Sastaviti kalorimetar od zadanog pribora.
- Ispitati kako se mijenja energija tijekom procesa neutralizacije kiseline s bazom, odnosno baze s kiselinom.
- Odrediti entalpiju neutralizacije.



Slika 5.1. Mjerenje entalpije neutralizacije u kalorimetru

### POKUS 1:

**Pribor:** plastična čaša od 150 mL, plastična čaša od 200 mL, dva komada pluta, poklopac od kartona s prorezima, termometar, dvije injekcijske štrcaljke ili suhe pipete od 20 mL, zaporni sat.

**Kemikalije:** otopina KOH množinske koncentracije  $1 \text{ mol dm}^{-3}$ , otopina HCl množinske koncentracije  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  ili otopina  $\text{H}_2\text{SO}_4$  množinske koncentracije  $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ .

### Zadatak:

- Na temelju promjene temperature otopine u kalorimetru izračunajte molarnu entalpiju reakcije neutralizacije.

Pomoću termometra odredite i zapišite temperaturu baze i kiseline.

$$T_b =$$

$$T_k =$$

Injekcijskom štrcaljkom odmjerite 20 mL otopine kalijeva hidroksida i dodajte u kalorimetar. Dodajte dvije kapi fenolftaleina. Poklopite kalorimetar poklopcem, kroz prorez ugurajte termometar. Odredite ponovno temperaturu otopine.

$$T_b =$$

Drugom injekcijskom štrcaljkom odmjerite 20 mL otopine klorovodične kiseline i dodajte u kalorimetar u kojem se nalazi otopina kalijeva hidroksida.

Kružnim pokretima ruke promiješajte sadržaj kalorimetra.

**OPREZ! Ne stružite termometrom po stijenkama kalorimetra, povisit će se temperatura.**

Tablica 5.1. Izmjerene temperature otopine tijekom procesa neutralizacije baze s kiselinom

$t/s$	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600
$T/^\circ\text{C}$										
$t/s$	660	720	780	840	900	960	1120	1180	1240	1300
$T/^\circ\text{C}$										

Opišite opažanja.

---

---

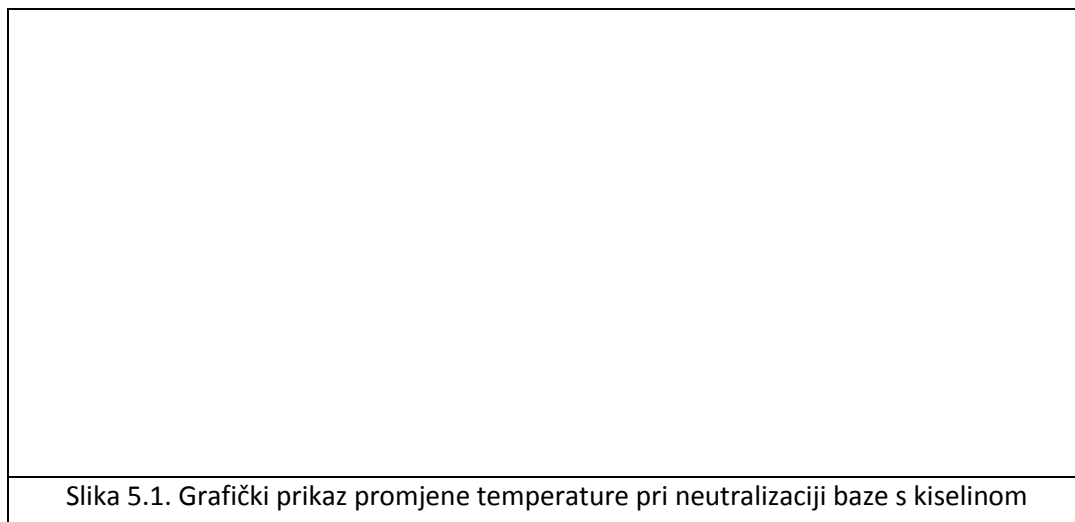
---

---

---

---

Nacrtajte na milimetarskom papiru grafički prikaz promjene temperature sadržaja kalorimetra u ovisnosti o vremenu.



Prema podacima mjerenja temperature prije reakcije i nakon reakcije odredite kakav je predznak reakcijske entalpije kod ove reakcije?

Napišite termokemijsku jednadžbu kemijske reakcije iz pokusa.

Na milimetarskom papiru nacrtajte entalpijski dijagram navedene reakcije.



Izračunajte promjenu entalpije ove reakcije! Napomena: promjena entalpije razrjeđenja može se zanemariti!

Iz podataka u pokusu izračunajte maseni udio nastale soli u otopini!

### **POKUS 2:**

**Pribor:** plastična čaša od 150 mL, plastična čaša od 200 mL, dva komada pluta, poklopac od kartona s prorezima, termometar, dvije injekcijske štrcaljke ili suhe pipete od 20 mL, zaporni sat.

**Kemikalije:** otopina KOH množinske koncentracije  $1 \text{ mol dm}^{-3}$ , otopina HCl množinske koncentracije  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  ili otopina  $\text{H}_2\text{SO}_4$  množinske koncentracije  $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ .

### **Zadatak:**

- Na temelju promjene temperature otopine u kalorimetru izračunajte molarnu entalpiju reakcije neutralizacije.

Pomoću termometra odredite i zapišite temperaturu baze i kiseline.

$$T_b =$$

$$T_k =$$

Injekcijskom štrcaljkom odmjerite 20 mL otopine klorovodične kiseline i dodajte u kalorimetar. Dodajte dvije kapi metiloranga. Poklopite kalorimetar poklopcem, kroz prorez ugurajte termometar.



Odredite ponovno temperaturu otopine.

$$T_k =$$

Drugom injekcijskom štrcaljkom odmjerite 20 mL otopine kalijevog hidroksida i dodajte u kalorimetar u kojem se nalazi otopina klorovodične kiseline.

Kružnim pokretima ruke promiješajte sadržaj kalorimetra.

**OPREZ! Ne stružite termometrom po stijenkama kalorimetra, povisit će se temperatura.**

Tablica 5.2. Izmjerena temperature otopine tijekom procesa neutralizacije kiseline s bazom

$t/s$	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600
$T/^\circ\text{C}$										
$t/s$	660	720	780	840	900	960	1120	1180	1240	1300
$T/^\circ\text{C}$										

Opišite opažanja.

---

---

---

---

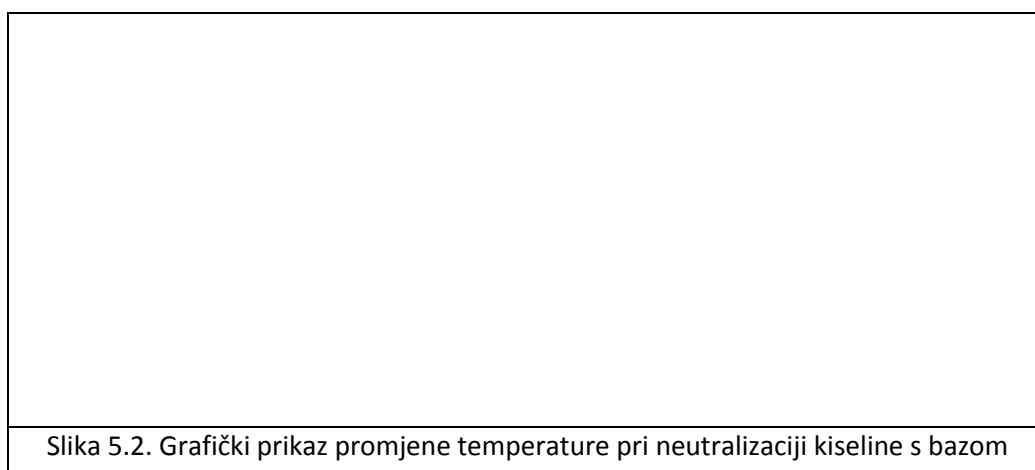
---

---

---

---

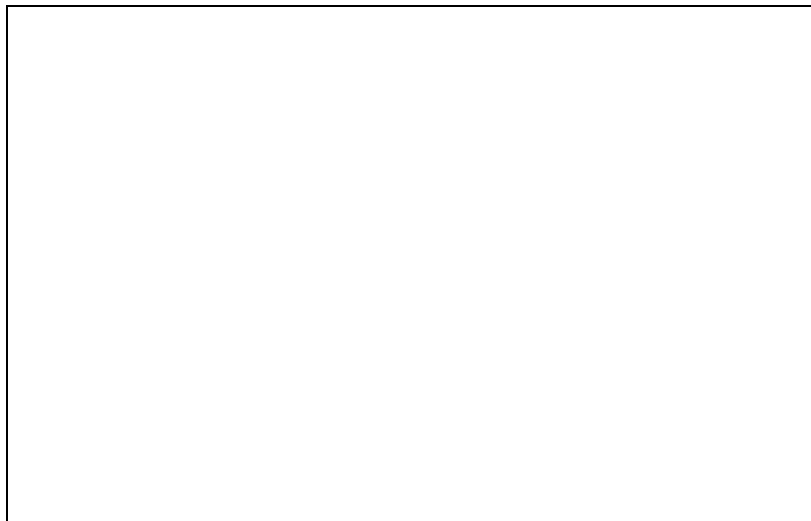
Nacrtajte na milimetarskom papiru grafički prikaz promjene temperature sadržaja kalorimetra u ovisnosti o vremenu.



Prema podacima mjerenja temperature prije reakcije i nakon reakcije odredite kakav je predznak reakcijske entalpije kod ove reakcije.

Napišite termokemijsku jednadžbu kemijske reakcije iz pokusa.

Na milimetarskom papiru nacrtajte entalpijski dijagram navedene reakcije.



Izračunajte promjenu entalpije ove reakcije! Napomena: promjena entalpije razrjeđenja može se zanemariti!

Iz podataka u pokusu izračunajte maseni udio nastale soli u otopini!

**ZADATCI:**

1. Tijekom reakcije neutralizacije 200 cm<sup>3</sup> klorovodične kiseline koncentracije 0,01 mol dm<sup>-3</sup> i 20 cm<sup>3</sup> kalijeve lužine koncentracije 0,01 mol dm<sup>-3</sup> povisi se temperatura u kalorimetru i oslobodi se toplina od 11,1 J. Koliko iznosi reakcijska entalpija opisane reakcije?

2. Za neutralizaciju 16,4 mL otopine HCl utrošeno je 12,7 mL otopine KOH  $c(\text{KOH})=0,620 \text{ mol dm}^{-3}$ . Kolika je koncentracija otopine HCl?

- a) 0,168 mol dm<sup>-3</sup>
- b) 0,480 mol dm<sup>-3</sup>
- c) 0,620 mol dm<sup>-3</sup>
- d) 0,801 mol dm<sup>-3</sup>

3. Napišite uravnotežene kemijske jednadžbe za reakcije navedene riječima:

a) sumporna kiselina + aluminijski hidroksid  $\rightleftharpoons$  aluminijski hidrogensulfat + voda

b) sumporna kiselina + kalijev hidroksid  $\rightleftharpoons$  kalijev sulfat + voda

c) ugljična kiselina + natrijev hidroksid  $\rightleftharpoons$  natrijev karbonat + voda

d) kalcijev hidroksid + fosforna kiselina  $\rightleftharpoons$  kalcijev hidrogenfosfat + voda

4. Na temelju standardnih entalpija stvaranja pri 298 K.

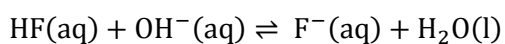
$$\Delta_f H^0(\text{HF}) = -320,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^0(\text{OH}^-) = -229,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^0(\text{F}^-) = -329,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}) = -298,84 \text{ kJ mol}^{-1}$$

a) izračunajte promjenu entalpije neutralizacije HF.



## 6. ENTALPIJA OTAPANJA SOLI

$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$	$\Delta S = -\frac{\Delta H}{T}$	$\Delta rG = \Delta rH - T \cdot \Delta rS$
$\Delta H$		
	+	-
+	spontana samo pri visokoj temperaturi	spontana pri svakoj temperaturi
-	nespontana pri svakoj temperaturi	nespontana samo pri niskoj temperaturi

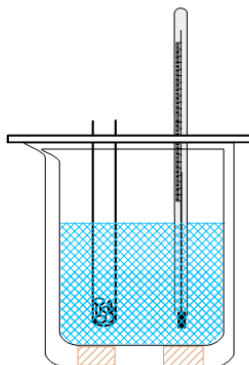
### ZADATAK:

- Ispitati kako se mijenja energija tijekom procesa otapanja soli NaOH i CaO.
- Odrediti entalpiju otapanja.
- Odrediti je li proces endoterman ili egzoterman.

### POKUS 1:

**Pribor:** plastična čaša od 150 mL, plastična čaša od 200 mL, dva komada pluta, poklopac od kartona s prorezima, termometar, epruveta, tarionik.

**Kemikalije:** 500 mL vode na sobnoj temperaturi, 1,4 g – 2 g sol natrijeva hidroksida.



Slika 6.1. Otapanje soli u kalorimetru

Unutarnju praznu čašu od 150 mL izvažite na analitičkoj vagi.

$$m_{\check{c}} =$$

Ulijte 30 mL destilirane vode sobne temperature i izvažite na analitičkoj vagi.

$$m_{\check{c}+v} =$$

Razlika dviju masa čaše dat će masu vode koju smo ulili u unutrašnju čašu kalorimetra.

$$m_v = m_{\check{c}+v} - m_{\check{c}} =$$

Čašu od 150 mL s vodom umetnite u drugu plastičnu čašu od 200 mL na čije ste dno stavili dva plutena čepa.

Dobivenu sol dobro usitnite u tarioniku. Izvažite praznu epruvetu. Napunite epruvetu sa soli. Izvažite punu epruvetu. Neka masa soli bude u rasponu od 1,5 g do 2,0 g.

$$m_e =$$

$$m_{e+soli} =$$

$$m_{soli} =$$

Izmjerite temperaturu vode u kalorimetru koji umetnite kroz otvor na poklopcu kalorimetra. Kroz drugi otvor stavite napunjenu epruvetu sa soli. Tijekom 3 minuta izmjerite i zabilježite 5 temperatura i vrijeme kada ste očitali temperaturu.

Tablica 6.1. Izmjerena temperatura kalorimetra tijekom tri minute

Redni broj mjerenja	1.	2.	3.	4.	5.
$t/^{\circ}\text{C}$					
$t/s$					

**Pazite da ne stružete dno čaše termometrom jer bi moglo doći do povišenja temperature.**

Nakon 3 minute sadržaj epruvete istresite u vodu unutrašnjeg kalorimetra. Vratite epruvetu na prijašnje mjesto kroz poklopac. Promiješajte sadržaj kalorimetra kružnim pokretima.

Sljedećih 10 minuta očitavajte temperaturu otopine svakih 30 sekundi i zabilježite temperaturu u tablicu.

Tablica 6.2. Izmjerena temperatura tijekom otapanja natrijeva hidroksida u vodi

$t/s$	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
$t/^{\circ}\text{C}$											
$t/s$	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630
$t/^{\circ}\text{C}$											

Kada se temperatura više ne mijenja, očitajte konačnu temperaturu vode.

$$\tau =$$

Je li se temperatura sustava smanjila ili povišala?

---

Je li se tijekom reakcije odvijala endotermna ili egzotermna promjena?

---

Izračunajte toplinu koja se izmijeni tijekom otapanja soli.

Nacrtajte $T - t$ grafički prikaz.	Korigirani skok temperature određuje se kao razlika temperature na početku i na kraju kemijske reakcije dobiven ekstrapolacijom iz ravnih dijelova krivulja.  Točku $T_0$ i $T_1$ postavite tako da zasjenjene površine budu jednake.

Usporedite dobivene vrijednosti sa stvarnim podacima i diskutirajte eventualne izvore pogreški.

### Zaključak:

### POKUS 2:

**Pribor:** plastična čaša od 150 mL, plastična čaša od 200 mL, dva komada pluta, poklopac od kartona s prorezima, termometar, epruveta, tarionik.

**Kemikalije:** 500 mL vode na sobnoj temperaturi, 1,4 g – 2 g soli kalcijeva oksida.

Unutarnju praznu čašu od 150 mL izvažite na analitičkoj vagi.

$$m_{\check{c}} =$$

Ulijte 30 mL destilirane vode sobne temperature i izvažite na analitičkoj vagi.

$$m_{\check{c}+v} =$$

Razlika dviju masa čaše dat će masu vode koju smo ulili u unutrašnju čašu kalorimetra.

$$m_v = m_{\check{c}+v} - m_{\check{c}} =$$

Čašu od 150 mL s vodom umetnite u drugu plastičnu čašu od 200 mL na čije ste dno stavili dva plutena čepa.

Dobivenu sol dobro usitnite u tarioniku. Izvažite praznu epruvetu. Napunite epruvetu sa soli. Izvažite punu epruvetu. Neka masa soli bude u rasponu od 1,5 g do 2,0 g.

$$m_e =$$

$$m_{e+soli} =$$

$$m_{soli} =$$

Izmjerite temperaturu vode u kalorimetru koji umetnite kroz otvor na poklopcu kalorimetra. Kroz drugi otvor stavite napunjenu epruvetu sa soli. Tijekom 3 minute izmjerite i zabilježite 5 temperatura i vrijeme kada ste očitali temperaturu.

Tablica 6.3. Izmjerena temperatura kalorimetra tijekom tri minute

Redni broj mjerenja	1.	2.	3.	4.	5.
$t/^\circ\text{C}$					
$t/s$					

**Pazite da ne stružete dno čaše termometrom jer bi moglo doći do povišenja temperature.**

Nakon 3 minute sadržaj epruvete istresite u vodu unutrašnjeg kalorimetra. Vratite epruvetu na prijašnje mjesto kroz poklopac. Promiješajte sadržaj kalorimetra kružnim pokretima.

Sljedećih 10 minuta očitavajte temperaturu otopine svakih 30 sekundi i zabilježite temperaturu u tablicu.

Tablica 6.4. Izmjerena temperatura tijekom otapanja kalcijeva oksida u vodi

$t/s$	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
$t/^\circ\text{C}$											
$t/s$	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630
$t/^\circ\text{C}$											

Kada se temperatura više ne mijenja, očitajte konačnu temperaturu vode.

$$\tau =$$

Je li se temperatura sustava smanjila ili povišila?

---

Je li se tijekom reakcije odvijala endotermna ili egzotermna promjena?

---

Izračunajte količinu topline koja se izmijeni tijekom otapanja soli.

Nacrtajte $T - t$ grafički prikaz.	
	<p>Korigirani skok temperature određuje se kao razlika temperature na početku i kraju kemijske reakcije dobiven ekstrapolacijom iz ravnih dijelova krivulja.</p> <p>Točku <math>T_0</math> i <math>T_1</math> postavite tako da zasjenjene površine budu jednake.</p>

Usporedite dobivene vrijednosti sa stvarnim podacima i diskutirajte eventualne izvore pogreški.

### Zaključak:

### SAMOSTALNI RAD:

#### Virtualni eksperiment

U bilo koju tražilicu na internetu upišite:

<http://www.pbslearningmedia.org/resource/lsp07.sci.phys.matter.dissolvesalt/dissolving-salts-in-water/>

Raspravite unutar razreda kako ćete provjeriti i odgovoriti na pitanja:

- Kako će se promijeniti entalpija otapanja soli u vodi ovisno o vrsti tvari?
- Utječe li na entalpiju otapanja soli u vodi masa otopljene tvari i otapala? Kako utječe?
- Postoji li poveznica između nabojnog broja aniona i kationa s vrstom reakcije na temelju topline (egzotermna, endotermna kemijska reakcija)?
  - Pri provjeri svojih ideja ne zaboravite odrediti zavisne i nezavisne varijable.
  - Odlučite sami koliko ćete vode uliti u kalorimetar i koliko ćete grama soli staviti u kalorimetar.
  - Nacrtajte grafički prikaz promjene temperature ovisno o vremenu tijekom otapanja za sve ponuđene soli.
  - Izaberite jednu sol i prikažite kako količina otopljene tvari ovisno o otapalu utječe na promjenu temperature tijekom otapanja soli. Nacrtajte ovisnost temperature o masi otopljene tvari.



### ZADATCI:

1. Pri normiranim uvjetima amonijev klorid otapa se u vodi uz apsorbiranje topline iz okoline. Kako se mijenja entalpija, entropija i Gibbsova slobodna energija u navedenoj reakciji?

- a)  $\Delta H < 0, \Delta S < 0, \Delta G < 0$
- b)  $\Delta H > 0, \Delta S > 0, \Delta G < 0$
- c)  $\Delta H < 0, \Delta S > 0, \Delta G < 0$
- d)  $\Delta H > 0, \Delta S > 0, \Delta G > 0$
- e)  $\Delta H < 0, \Delta S < 0, \Delta G > 0$ ?

2. Pri otapanju kalijeva nitrata u vodi otopina se hladi. Hoće li se porastom temperature topljivost navedene soli povećavati ili smanjivati? Objasnite i nacrtajte odgovarajući entalpijski dijagram.

3. Zaokružite točan odgovor. Molarna entalpija otapanja neke soli u vodi iznosi  $25,4 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Topljivost te soli u vodi:

- a) porast će povećanjem volumena vode
- b) porast će zagrijavanjem vode (otopine)
- c) porast će hlađenjem vode (otopine)
- d) ostat će ista bez obzira na temperaturu promjene
- e) nijedan odgovor nije točan.



6. Dvije jednake posude napunjene su istim plinom do tlaka 101 325 Pa pri različitim temperaturama. Što se može reći za masu plina u posudama?

- a) Masa plina veća je u posudi s nižom temperaturom.
- b) Masa plina veća je u posudi s višom temperaturom.
- c) Obje posude sadrže jednaku količinu tvari.
- d) Ne može se odgovoriti jer nisu poznati volumeni posuda.

7. Nacrtajte  $p - V$ ,  $p - T$  i  $V - T$  grafičke prikaze za izobarnu promjenu plina.

--	--	--

8. Nacrtajte  $p - V$ ,  $p - T$  i  $V - T$  grafičke prikaze za izohornu promjenu plina.

--	--	--

9. Nacrtajte  $p - V$ ,  $p - T$  i  $V - T$  grafičke prikaze za izotermnu promjenu plina.

--	--	--

10. Plin komprimiramo izotermno na tri puta manji volumen, pri čemu iz cilindra "pobjegne" jedna trećina mase plina. Konačni je tlak plina:

- a) tri puta veći od početnoga.
- b) tri puta manji od početnoga.
- c) dva puta manji od početnoga.
- d) dva puta veći od početnoga.
- e) ne mijenja se tlak promjenom volumena.

11. Možemo li idealni plin prevesti u tekućinu?

- a) Da, ako ga ohladimo i komprimiramo.
- b) Ne, jer ne postoje privlačne sile među molekulama.
- c) Da, ako ga ohladimo na vrlo nisku temperaturu.
- d) Ne, jer ne možemo eksperimentalno postići temperaturu apsolutne nule.

12. Plin komprimiramo izotermno i tada se plinu:

- a) volumen smanji, tlak poveća, a unutarnja se energija ne mijenja.
- b) volumen smanji, tlak poveća, a unutarnja se energija poveća.
- c) volumen smanji, tlak poveća, a unutarnja se energija smanji.
- d) volumen smanji, tlak ne mijenja, a unutarnja se energija ne mijenja.
- e) volumen poveća, tlak smanji, a unutarnja se energija poveća.

13. Za idealne jednoatomne plinove pri određenoj temperaturi vrijedi tvrdnja da:

- a) srednja kinetička energija ovisi o vrsti plina.
- b) srednja kinetička energija ne ovisi o vrsti plina.
- c) srednja je kinetička energija veća kada je masa molekule plina manja.
- d) srednja je kinetička energija veća kada je masa molekule plina veća.

14. Idealnom plinu predali smo toplinu od  $5 \cdot 10^6$  J pri stalnom tlaku, a plin je pritom **obavio** rad od  $3 \cdot 10^6$  J. Unutarnja energija plina:

- a) smanjila se za  $2 \cdot 10^6$  J.
- b) povećala se za  $2 \cdot 10^6$  J.
- c) smanjila se za  $8 \cdot 10^6$  J.
- d) povećala se za  $8 \cdot 10^6$  J.
- e) nije se mijenjala.

15. Plin se komprimira adijabatski. Plinu se tada:

- a) volumen i tlak poveća pa se i unutarnja energija poveća.
- b) volumen smanji i zato poveća tlak pa se i unutarnja energija poveća.
- c) volumen smanji i zato poveća tlak, ali se unutarnja energija ne mijenja.
- d) volumen smanji i zato se tlak i unutarnja energija ne mijenjaju.

16. Za povećanje korisnosti toplinskog stroja koji radi između dva spremnika treba mijenjati temperature. Koja je tvrdnja točna?

- a) Treba povisiti temperaturu toplijem spremniku.
- b) Treba povisiti temperaturu hladnijem spremniku.
- c) Treba sniziti temperaturu toplijem spremniku.
- d) Treba povisiti temperaturu toplijem spremniku i sniziti hladnijem.

17. Korisnost toplinskog stroja definirana je kao odnos:

- a) primljene topline i obavljenog rada.
- b) obavljenog rada i predane topline.
- c) obavljenog rada i primljene topline.
- d) primljene topline i predane topline.

18 Koja je tvrdnja točna?

- a) Korisnost je uvijek manja od 1.
- b) Korisnost bi mogla biti veća od 1 samo ako stroj radi s idealnim plinom.
- c) Korisnost je uvijek veća od 1.
- d) Korisnost je uvijek 100 %.

19. Korisnost stroja koji radi po Carnotovom kružnom procesu između  $7^\circ\text{C}$  i  $107^\circ\text{C}$  jest:

- a) 6,54 %
- b) 34,48 %
- c) 26,32 %
- d) 73,68 %

20. Pri izobarnom procesu kod tlaka  $10^5$  Pa plinu dovedemo toplinu od 150 J, dok se volumen plina poveća s 2 litre na 3 litre. Kolika je promjena unutarnje energije plina?

21. Gumu na biciklu volumena 5 L u napuhanom stanju pumpamo ručnom pumpom koja u jednom hodu ručice pumpe daje  $200 \text{ cm}^3$  zraka. Guma je u početku potpuno ispražnjena, a želimo postići tlak od 350 kPa. Koliko puta treba pritisnuti pumpu? Normirani je tlak zraka  $101\,325 \text{ Pa}$ .

22. Projektil brzine  $200 \text{ m s}^{-1}$  udari u metalnu metu i zabije se u nju. Specifični Stoplinski kapacitet metalne mete iznosi  $600 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Pri zaustavljanju 55 % početne kinetičke energije projektila utroši se na zagrijavanje tijela projektila. Koliko je povećanje temperature projektila?

23. 1 mol dušika ( $\text{N}_2$ ) izobarno grijemo pri normiranom tlaku od  $20^\circ\text{C}$  do  $50^\circ\text{C}$ . Specifični je toplinski kapacitet pri stalnom tlaku  $c_p=1040 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ .

a) Kolika je ukupna dovedena energija ?

b) Koliki je izvršeni rad?

c) Kolika je promjena unutarnje energije?

24. Radnik zabija željezni čavao mase 40 g u dasku udarajući ga čekićem mase 1,5 kg. Brzina čekića prije udarca iznosi  $8 \text{ m s}^{-1}$ . Za koliko se kelvina ugrije čavao nakon 10 udaraca ako pretpostavimo da se 60 % mehaničke energije pretvori u unutarnju energiju čavla? Specifični je toplinski kapacitet željeza  $450 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

25. Zagrijavajući plin izobarno s temperature  $10^\circ\text{C}$  na  $80^\circ\text{C}$  poprimio je obujam  $200 \text{ cm}^3$ . Koliki je bio početni obujam plina prije zagrijavanja?

26. Pri  $35^\circ\text{C}$  četiri mola vodika nalaze se pod tlakom 850 kPa. Nakon širenja pri stalnom tlaku obujam plina iznosi 25 litara.

a) Koliki je rad obavio plin pri širenju?

b) Kolika je promjena unutarnje energije plina ako je on primio 20 000 J topline?

27. Izračunajte efektivnu brzinu gibanja molekula kisika pri  $542^\circ\text{C}$  ako znate njegovu molarnu masu  $0,032 \text{ kg mol}^{-1}$ .

28. Za koliko će se promijeniti unutarnja energija sustava koji pri adijabatskoj ekspanziji obavi rad od 500 kJ?

29. Razlikuju li se temperature kapljica vode na vrhu slapa visokog 100 m i na njegovu dnu ako pretpostavimo da sva mehanička energija vode prelazi u njezinu unutarnju energiju?

30. Zakon pomoću kojega se računa rad u nekom termodinamičkom procesu  $W = p \cdot \Delta V$  može se primijeniti:

a) samo kada je tlak stalan

b) samo kada je volumen stalan

c) samo kada je temperatura stalna

d) samo u kružnim promjenama.

31. Želimo li stroj velike korisnosti, on treba raditi:

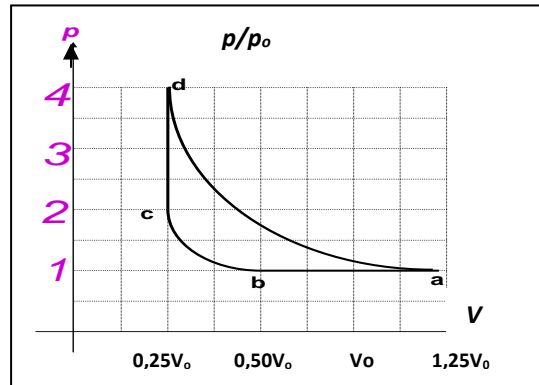
- a) samo s jednim spremnikom niske temperature
- b) samo s jednim spremnikom visoke temperature
- c) s dva spremnika približno iste temperature
- d) s dva spremnika vrlo različite temperature.

32. Na slici je kružni proces u kojem jedan mol idealnog plina uz početne uvjete  $p_0, V_0$  i  $T_0$  prolazi kroz 4 stanja počevši od točke A:

- $a - b$  izobarna kompresija do volumena  $V_0/2$
- $b - c$  izotermna kompresija do volumena  $V_0/4$
- $c - d$  izohorno zagrijavanje
- $d - a$  izotermno širenje.

Temperatura na dijelu  $b - c$  dvaput je niža od temperature na dijelu  $d - a$ .

U tablicu upišite veličine koje nedostaju:



	$p$	$V$	$T$	$U$
a				
b				
c				
d				

Definirajte točku A (početno stanje) da ovaj kružni ciklus prikazuje:

- 1. toplinski stroj.
- 2. toplinsku pumpu.

33. Parni stroj ima korisnosti 25 %. U svakom procesu obavi rad od 100 J. Koliko topline primi, a koliko preda ako je?

- a)  $Q_1 = 100 \text{ J}, Q_2 = 0 \text{ J}$
- b)  $Q_1 = 400 \text{ J}, Q_2 = 300 \text{ J}$
- c)  $Q_1 = 300 \text{ J}, Q_2 = 400 \text{ J}$
- d)  $Q_1 = 100 \text{ J}, Q_2 = 25 \text{ J}.$

34. Plin obavlja Carnotov kružni proces. Temperatura je hladnijeg spremnika 280 K, a toplijeg 380 K. Koliko će se puta povećati korisnost procesa ako se temperatura toplijeg spremnika poveća za 200 K?

35. Idealni toplinski stroj ima korisnost 25 % i kao hladan spremnik koristi okolinu temperature 20 °C. Odredite:

- a) temperaturu toplog spremnika.
- b) temperaturu toplog spremnika kada se korisnost povisi na 30 %.

36. U Carnotovu procesu plinu je pri temperaturi 400 K dovedeno 8,37 kJ topline. Dobiveni rad u kružnom procesu iznosi 2093 J.

- a) Kolika je korisnost?
- b) Kolika je toplina predana hladnijem spremniku?
- c) Kolika je temperatura hladnijeg spremnika?

37. Dvije posude jednakog volumena, svaka po 30 L, napunjene su plinom pri jednakoj temperaturi. Jedna posuda sadrži 28 g dušika, a druga 32 g kisika. Ako se posude međusobno povežu, plin difundira iz jedne u drugu posudu. Izračunajte promjenu entropije kod difuzije plinova. Pretpostavite da se kisik i dušik ponašaju kao idealni plinovi.

Napomena: Difuzija je ireverzibilan proces, no da bismo mogli izračunati promjenu entropije, zamislimo da proces vodimo reverzibilno, za svaki plin posebno.

38. Izračunajte promjenu unutarnje energije  $U$ , entalpije  $H$ , entropije  $S$  te rad  $W$  i toplinu  $Q$  za proces u kojem se 10 g vodika najprije izobarno hladi s 30 °C na 20 °C, a zatim izotermno komprimira od 1 na 2 atm. Molarni toplinski kapacitet vodika  $c_p(\text{H}_2) = 28,83 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ostaje konstantan u zadanom temperaturnom intervalu.







**OTOPINE**



## 8. MASENA I MNOŽINSKA KONCENTRACIJA

### 8.1. Razrjeđivanje otopina

$w(A) = \frac{m(A)}{m(\text{otopina})}$	$\varphi(A) = \frac{V(A)}{\sum V}$	$x(A) = \frac{n(A)}{\sum n}$	$\gamma(A) = \frac{m(A)}{V(\text{otopine})}$
$c(A) = \frac{n(A)}{V(\text{otopina})}$	$b(A) = \frac{n(A)}{m(\text{otapalo})}$	$\gamma(A) = w(A) \cdot \rho(\text{otopine})$	

### 8.2. Razrjeđivanje kiselina

#### Zadatak:

- Prikazati postupak izračunavanja potrebne količine koncentrirane kiseline za pripremanje razrijeđene kiseline zadane koncentracije.
- Pripremiti otopinu zadane koncentracije iz koncentrirane sumporne kiseline.



Slika 8.1.1. Pribor i postupak pri razrjeđenju otopina

Izračunajte masenu koncentraciju koncentrirane sumporne kiseline prije razrjeđenja:

Izračunajte množinsku koncentraciju koncentrirane sumporne kiseline prije razrjeđenja:

### POKUS 1:

**Pribor:** odmjerna tikvica od 250 mL, graduirane pipete od 20 mL i 10 mL, propipeta, stakleni lijevak, boca od 1 000 mL sa staklenim čepom.

**Kemikalije:** koncentrirana sumporna kiselina, destilirana voda.

**Potrebno je pridržavati se uputa o radu s koncentriranom sumpornom kiselinom!**

Na naljepnici boce sumporne kiseline stoje podaci:  $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,84 \text{ g cm}^{-3}$ ,  $w = 96 \%$ .

Izračunajte potrebne podatke i upišite u tablicu 8.2.1.

Izračunajte koliko mL sumporne kiseline morate uzeti za pripremu 250 mL otopine množinske koncentracije  $2 \text{ mol dm}^{-3}$ .

Tablica 8.2.1. Rezultati mjerenja pri razrjeđivanju sumporne kiseline

gustoća koncentrirane $\text{H}_2\text{SO}_4$	$\rho =$
masena koncentracija koncentrirane $\text{H}_2\text{SO}_4$	$\gamma_1 =$
volumen koncentrirane $\text{H}_2\text{SO}_4$	$V_1 =$
traženi volumen razrijeđene $\text{H}_2\text{SO}_4$	$V_2 =$
množinska koncentracija razrijeđene $\text{H}_2\text{SO}_4$	$c_2 =$

U odmjernu tikvicu pomoću lijevka ulijte 100 mL destilirane vode.

Propipetu namjestite na vrh pipete. Odmjerite ukupan volumen kiseline u pipetu, premjestite vrh u odmjernu tikvicu s malo vode i dodajte odmjereni volumen kiseline.

Potom dolijte još vode tako da ukupni volumen otopine bude 250 mL. Promiješajte dobivenu razrijeđenu kiselinu i spremite u bocu s čepom. Ne zaboravite staviti na bocu naljepnicu s podacima.

Objasnite kraticu – **VUK!** Zašto ne smijemo uliti kiselinu odmah u praznu odmjernu tikvicu, a onda dodati destiliranu vodu do oznake?

---

---

---

---

Objasnite zašto je sigurnije uliti malo vode, zatim kiselinu, a onda nadoliti vodu do oznake?

---

---

---

---

Opiši opažanja tijekom ulijevanja kiseline u vodu.

---

---

Tijekom uljevanja vode do oznake, je li se nešto promijenilo?

---

Prilikom razrjeđivanja koncentracija otopine se \_\_\_\_\_, dok se množina otopljene tvari \_\_\_\_\_.

Napišite to pomoću izraza za množinsku i masenu koncentraciju:

### ZADATCI:

1. Na raspolaganju je koncentrirana klorovodična kiselina čiji je maseni udio 36 %, a gustoća  $1,179 \text{ g cm}^{-3}$ . Opišite kako bi se od koncentrirane kiseline moglo prirediti 2 L razrijeđene kiseline koncentracije  $120 \text{ mmol L}^{-1}$ ?
2.  $75 \text{ cm}^3$  lužnate otopine razrijeđeno je na  $225 \text{ cm}^3$ . Množinska je koncentracija dobivene otopine  $0,2 \text{ mol/dm}^3$ . Kolika je množinska koncentracija početne otopine?
3. Izračunajte:
  - a) volumen sumporne kiseline masenog udjela 96 % i gustoće  $1,84 \text{ g cm}^{-3}$  potrebne za pripremu 250 mL otopine sumporne kiseline masene koncentracije  $24,5 \text{ g/L}$ .
  - b) množinsku koncentraciju dobivene kiseline.
4. Zadana je 20 % otopina klorovodične kiseline gustoće  $1,10 \text{ g cm}^{-3}$ . Kolika je njena množinska koncentracija?
5. Koliko treba uzeti koncentrirane kiseline za pripremu 400 mL otopine u kojoj je  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ?

### 8.3. Miješanje kiselina različite koncentracije

#### Zadatak:

- Pripremiti tri otopine sumporne kiseline različitih koncentracija.
- Odrediti pH razrijeđenih otopina sumporne kiseline.

#### POKUS 1:

**Pribor:** odmjerne tikvice od 50 mL, 100 mL i 250 mL, 2 pipete od 5 ili 10 mL, stakleni lijevak, 3 kapalice, 3 Petrijeve zdjelice.

**Kemikalije:** koncentrirana sumporna kiselina, destilirana voda.

Pripremljene su dvije otopine sumporne kiseline množinske koncentracije  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  i  $0,001 \text{ mol dm}^{-3}$ . Na temelju izračuna volumena odredite sami koju početnu otopinu ćete izabrati za razrjeđivanje i pripremanje zadane koncentracije otopine.

Prije pripreme razrijeđenih otopina sumporne kiseline treba izračunati volumen potreban za pripremu 50 mL otopine množinske koncentracije  $c_1 = 3,60 \text{ mmol dm}^{-3}$ , 250 mL otopine množinske koncentracije  $c_2 = 0,64 \text{ mmol dm}^{-3}$  i 100 mL otopine množinske koncentracije  $c_3 = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ .

Prva otopina:

Druga otopina:

Treća otopina:

Upišite izračunate volumene u tablicu 8.3.1.

Odmjerite izračunati volumen pripremljenih otopina sumporne kiseline pomoću pipete.

U odmjernu tikvicu ulijte do pola destilirane vode, dodajte odmjereni volumen kiseline i potom dolijte još vode tako da ukupni volumen otopine bude zadani volumen. Promiješajte sadržaj.

Uzmite kapalicom nekoliko kapi i kapnite u Petrijevu zdjelicu. Pomoću univerzalnog lakmus papira odredite pH otopine.

Tablica 8.3.1. Izračunati volumen koncentrirane kiseline za pripremu otopina i pH otopina

	$V_1/\text{mL}$	Boja indikatora	pH	$\text{pH}_{\text{izračunati}}$
1. otopina				
2. otopina				
3. otopina				

Izračunajte pH otopine sumporne kiseline prema zadanim množinskim koncentracijama i upišite u tablicu.

Usporedite izračunati pH s procijenjenim vrijednostima pH otopine pomoću univerzalnog indikatora.

Zaključak:

**Zadatak:**

- Odrediti pH-vrijednost otopine nastale miješanjem triju otopina kiseline različitih koncentracija.
- Odrediti množinu otopine nastale miješanjem sumporne kiseline različitih koncentracija.
- Odrediti množinsku koncentraciju otopine nastale miješanjem sumporne kiseline različitih koncentracija.

**POKUS 2:**

**Pribor:** 3 tikvice od 150 mL, tri pipete, propipeta, Petrijeva zdjelica, 3 kapalice.

**Kemikalije:** 3 otopine sumporne kiseline različitih koncentracija

Pomoću pipete odmjerite otopinu sumporne kiseline koncentracije  $3,60 \text{ mmol dm}^{-3}$  i ulijte 30 mL u jednu, 1 mL u drugu i 1 mL u treću tikvicu.

Pomoću druge pipete odmjerite otopine sumporne kiseline koncentracije  $0,64 \text{ mmol dm}^{-3}$  te ulijte 10 mL u prvu tikvicu, 50 mL u drugu tikvicu i 5 mL u treću tikvicu.

Pomoću treće pipete odmjerite otopine sumporne kiseline koncentracije  $1,40 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$  te ulijte 5 mL u prvu tikvicu, 20 mL u drugu tikvicu i 60 mL u treću tikvicu.

Kružnim pokretima promiješajte sadržaj tikvica.

Procijenite vrijednosti pH polaznih otopina univerzalnim indikatorskim papirom.

$$\text{pH}_1 =$$

$$\text{pH}_2 =$$

$$\text{pH}_3 =$$

Izračunajte množinu sumporne kiseline u prvoj tikvici nastale miješanjem triju kiselina različitih koncentracija?

Izračunajte množinu sumporne kiseline u drugoj tikvici nastale miješanjem triju kiselina različitih koncentracija?

Izračunajte množinu sumporne kiseline u trećoj tikvici nastale miješanjem triju kiselina različitih koncentracija?

Kolika je množinska koncentracija otopine u prvoj tikvici?

Kolika je množinska koncentracija otopine u drugoj tikvici?

Kolika je množinska koncentracija otopine u trećoj tikvici?

Izračunaj pH vrijednost otopina:

$$\text{pH}_1 =$$

$$\text{pH}_2 =$$

$$\text{pH}_3 =$$

Jesu li pH-vrijednost otopina određenih pomoću indikatora i izračunatih međusobno jednake?

Objasni zašto.



Nacrtajte grafički prikaz ovisnosti pH o množinskoj koncentraciji otopine prije i nakon miješanja u sve tri tikvice.

1. otopina	2. otopina	3. otopina

Slika 8.3.1. Grafički prikaz ovisnosti pH o množinskoj koncentraciji otopine prije i nakon miješanja u sve tri tikvice

**ZADATCI:**

1. Od otopina klorovodične kiseline množinske koncentracije  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  i otopine množinske koncentracije  $3,3 \text{ mol L}^{-1}$  treba prirediti  $10 \text{ L}$  otopine množinske koncentracije  $1,8 \text{ mol L}^{-1}$ . Kolike volumene ishodnih otopina treba odmjeriti i promiješati?

2. Miješanjem  $10 \text{ mL}$  otopine natrijevog hidroksida koncentracije  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  i  $0,001 \text{ mol dm}^{-3}$  u kojem će rasponu biti množinska koncentracija otopine?

3. Razrijeđena vodena otopina vodikova peroksida volumnog udjela  $5 \%$  rabi se za izbjeljivanje kose, a priprema se iz koncentrirane otopine u kojoj je volumni udio  $\text{H}_2\text{O}_2$   $30 \%$ . Koliki je volumen koncentrirane otopine potreban za pripremu  $250 \text{ mL}$  razrijeđene otopine.

4. Prikažite računom kako se priprema  $0,5 \text{ L}$  octene kiseline masenog udjela  $15 \%$  iz kiseline masenog udjela  $60 \%$ . Koliki je volumen koncentrirane kiseline potrebno uzeti?

5. Otapanjem  $4 \text{ mola}$  neke tvari pripravljena je otopine množinske koncentracije  $c_1$ . Koliko će se promijeniti množinska koncentracija otopine  $c_2$  ako povećamo volumen otopine  $2$  puta?

- a)  $c_1 = 4 c_2$ ,
- b)  $c_2 = 4 c_1$ ,
- c)  $c_2 = 2 c_1$ ,
- d)  $c_1 = 2 c_2$ .

6. Otopina šećera masenog udjela  $10 \%$  priređuje se otapanjem:

- a)  $1 \text{ g}$  šećera u  $20 \text{ mL}$  vode,      c)  $2 \text{ g}$  šećera u  $20 \text{ mL}$  vode,
- b)  $2 \text{ g}$  šećera u  $18 \text{ mL}$  vode,      d)  $1 \text{ g}$  šećera u  $19 \text{ g}$  vode.

7. Razrjeđivanjem otopine dodatkom vode koja kemijska vrijednost ostaje nepromijenjena?

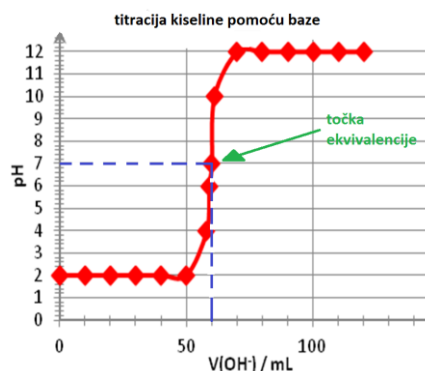
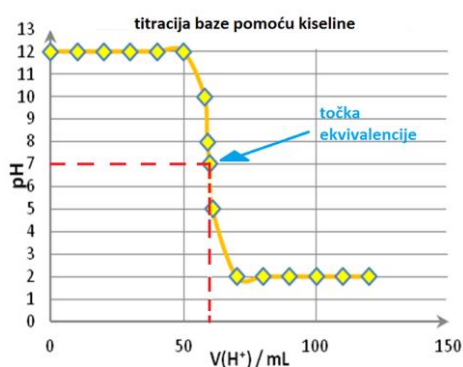
- a) množinska koncentracije otopine,      c) množina otopljene tvari,
- b) volumen otopine,      d) gustoća otopine.

## 9. VOLUMETRIJA

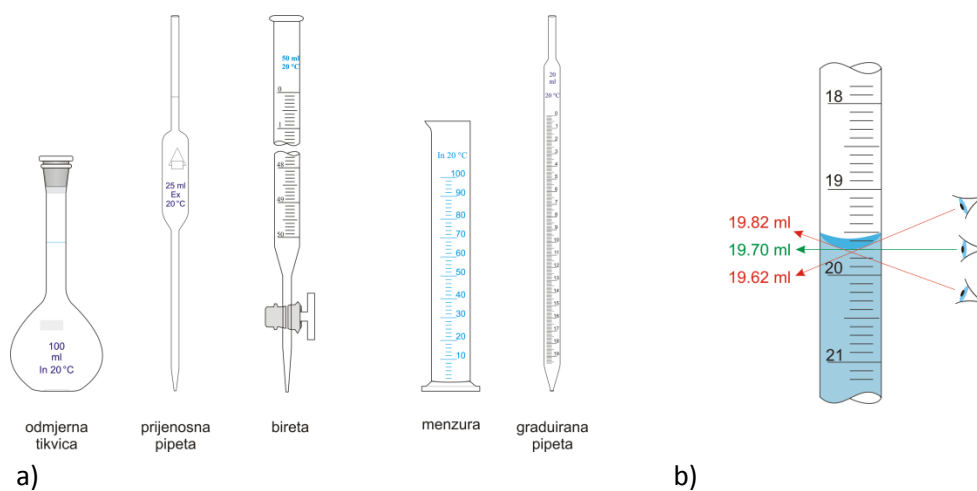
$c(\text{otopine}) = \frac{n(\text{otopljene tvari})}{V(\text{otopine})} = \frac{m(\text{otopljene tvari})}{M(\text{otopljene tvari}) \cdot V(\text{otopine})}$		
$\text{pH} = \frac{-\log[\text{H}_3\text{O}^+]}{\text{mol dm}^{-3}}$	$\text{pH} + \text{pOH} = 14$	$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \cdot \text{mol dm}^{-3}$

Tablica 9.1. Poznatiji indikatori i raspon promjene boje ovisno o pH otopine

Indikator	Raspon prijelaza (pH)	Promjena boje	
		kiselina	baza
metilviolet	0-2	žuta	ljubičasta
malahitnozeleno	0-2	žuta	zeleno
timolplavo	1,2 - 2,8	crveno	žuto
metilžuto	2,4 - 4,0	crveno	žuto
metiloranžno	3,2 - 4,4	crveno	narančasto
bromfenolplavo	3,0 - 4,6	žuto	plavo
bromkrezolzeleno	3,8 - 5,4	žuto	plavo
metilcrveno	4,2 - 6,2	crveno	žuto
metilpurpužno	4,8 - 5,4	purpužno	zeleno
bromtimolplavo	6,0 - 7,6	žuto	plavo
neutralocrveno	6,8 - 8,0	crveno	žutonarančasto
metiloranžno	7,0 - 14	narančasto	žuto
krezolcrveno	7,2 - 8,8	žuto	purpužnocrveno
timolplavo	8,0 - 9,6	žuto	plavo
fenolftalein	8,3 - 9,8	bezbojan	purpužan
timolftalein	9,0 - 10,5	bezbojan	plavo
alizarinžuto	10,1 - 12,0	bezbojan	ljubičasto
indigokarmin	11,4 - 13	plavo	žuto
malahitnozeleno	11,6 - 14	zeleno	bezbojno



Slika 9.1. Titracijske krivulje: a) baze s kiselinom i b) kiseline s bazom



Slika 9.2. a) Volumetrijsko posuđe i  
b) pravilan način očitavanja razine tekućine u odmjernom posuđu

### Zadatak:

- Odrediti koncentraciju nepoznate baze poznatog volumena na temelju utrošenog volumena kiseline poznate koncentracije.
- Predvidjeti koji će se kiselinско-bazni indikator koristiti tijekom eksperimenta.
- Napisati kemijsku reakciju neutralizacije.
- Izračunati pH otopine prije i nakon titracije.
- Nacrtati grafički prikaz promjene pH otopine tijekom reakcije kiseline i baze.
- Provjeriti zakon o količini oksonijevih iona i hidroksidnih iona u točki ekvivalencije.

### POKUS 1.

**Pribor:** propipeta, pipeta, 2 tikvice, menzura.

**Kemikalije:** otopina natrijevog hidroksida nepoznate koncentracije.

**Zadatak:** Pripremiti otopinu natrijevog hidroksida za titriranje.

Ispušite propipetu, namjestite je na pipetu.

Usižite 20 mL otopine natrijevog hidroksida i ispustite u jednu, a onda istu količinu i u drugu tikvicu.

Ulijte u menzuru 15 mL destilirane vode i usipajte u tikvicu. Istu količinu destilirane vode ulijte u drugu tikvicu.

Dobro promiješajte kružnim pokretima sadržaje u tikvicama.

Izračunajte ukupni volumen otopine natrijevog hidroksida:

$$V_U = V_{NaOH} + V_v =$$

## POKUS 2.

**Pribor:** stalak, klema, bireta, čaša, kapalica, tikvice s pripremljenom otopinom natrijevog hidroksida.

**Kemikalije:** otopina sumporne kiseline  $c = 0,021 \text{ mol dm}^{-3}$ , otopina natrijevog hidroksida nepoznate koncentracije, fenolftalein, metiloranž.

**Zadatak:** Odrediti nepoznatu koncentraciju otopine natrijevog hidroksida pomoću sumporne kiseline.

Ulijte u biretu od 25 mL sumpornu kiselinu do oznake 0 mL tako da konus dodiruje crticu koja označava 0 mL (tako će ukupni volumen biti 25 mL otopine).

Višak isпустite u čašu.

Kapnite u tikvicu dvije kapi odgovarajućeg indikatora.

Stavite tikvicu s otopinom natrijevog hidroksida i indikatora ispod birete.

Otvorite ventil birete i namjestite da kapa kap po kap uz konstantno miješanje tikvice – kružnim pokretima.

Kad otopina promijeni boju, zatvorite ventil birete i očitajte volumen kiseline.

$V_{k1} =$

Ponovite postupak s drugom tikvicom:

$V_{k2} =$

**Odgovorite i izračunajte:**

1. Koji ste indikator upotrijebili?

\_\_\_\_\_

2. Što opažate? (Opišite sve što te vidjeli tijekom izvođenja pokusa.)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Objasnite opažanja. (Zašto se to dogodilo?)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Izračunajte srednju vrijednost volumena kiseline:

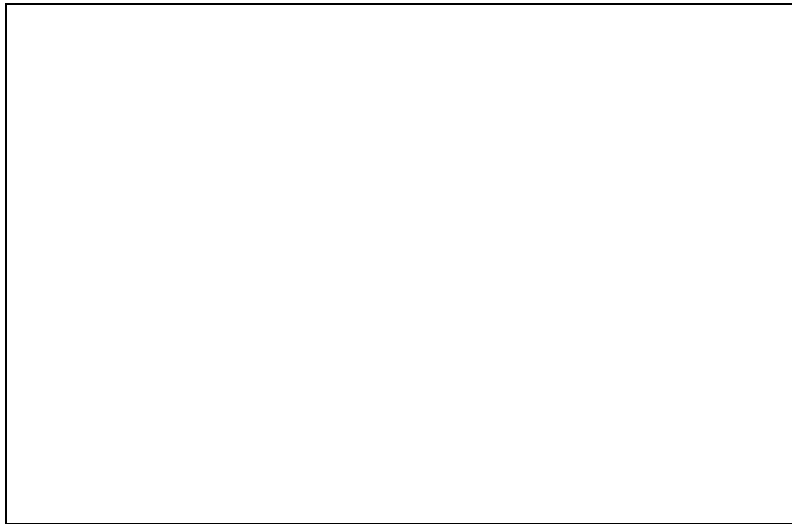
4. Napišite kemijsku reakciju:

5. Kako nazivamo tu reakciju?

---

6. Izračunajte množinsku koncentraciju nepoznate otopine natrijevog hidroksida.

7. Nacrtajte titracijsku krivulju. Označite točku ekvivalencije s oznakom **A**.



8. Odredite pH kiseline.

9. Odredite pH pripremljene baze.

**Razmislite i odgovorite:**

1. Kako biste odredili jakost kiseline u alkoholnom octu koji koristimo u prehrani?
2. Objasnite zašto uz kiseline u laboratoriju stoji soda bikarbona, a uz baze octena kiselina.
3. Zašto se ubod ose tretira sokom od rajčice, a ubod pčele ili mrava gazom natopljenom otopinom sode bikarbone?

### ZADATCI:

1. Množinska je koncentracija hidroksidnih iona u otopini  $3,236 \cdot 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ . Izračunajte koncentraciju oksonijevih iona u otopini i pOH vrijednost otopine.
2. Za titraciju 60,0 mL otopine sumporovodične kiseline nepoznate koncentracije utroši se 45,0 mL aluminijske lužine množinske koncentracije  $2,150 \text{ mol dm}^{-3}$ . Izračunajte množinsku koncentraciju sumporovodične kiseline.
3. Izračunajte pH otopine koja se dobije miješanjem 50 mL natrijeva hidroksida koncentracije  $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$  i 40 mL kloridne kiseline koncentracije  $c(\text{HCl}) = 0,12 \text{ mol L}^{-1}$ .
4. Uzorak piroluzita ( $\text{MnO}_2$ ) mase 0,2352 g zagrijava se s viškom HCl i destilat se hvata u otopinu KI. Oslobođeni jod za titraciju troši 47,82 mL otopine  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  koncentracije  $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,1123 \text{ mol L}^{-1}$ . Izračunajte maseni udio  $\text{MnO}_2$  u uzorku. Napišite jednadžbe reakcija.
5. Nađite koncentraciju otopine  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ako 27,80 mL treba za neutralizaciju 25 mL otopine NaOH koncentracije  $c(\text{NaOH}) = 0,4280 \text{ mol L}^{-1}$ .
6. Koliko mL barijeva klorida ( $\text{BaCl}_2$ ) množinske koncentracije  $c(\text{BaCl}_2 \times 2 \text{ H}_2\text{O}) = 0,3680 \text{ mol L}^{-1}$  treba za taloženje sulfata u otopini koja sadrži 10,00 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$ ?
7. Uzorak minerala željeza mase 0,5000 g otopljen je i željezo pripremljeno za titraciju s  $\text{KMnO}_4$ . Ako se kod titracije utroši 18,00 mL otopine  $\text{KMnO}_4$  množinske koncentracije  $0,0198 \text{ mol L}^{-1}$ , izračunajte maseni udio željeza u uzorku.
8. Koji je volumen koncentrirane dušične kiseline masenog udjela 69,2 % i gustoće  $1,51 \text{ g cm}^{-3}$  potreban za pripravu 800 mL otopine  $\text{HNO}_3$  koncentracije  $0,400 \text{ mol L}^{-1}$ ?
9. Koji je volumen dušične kiseline masenog udjela 68 % i gustoće  $\rho = 1,405 \text{ g mL}^{-1}$  potreban za neutralizaciju 500 mL otopine  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  koncentracije  $c(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,4 \text{ mol L}^{-1}$ ?

## 10. HIDROLIZA SOLI

$K_h = \frac{K_w}{K_a}$	$K_h = \frac{K_w}{K_b}$	$K_w = K_a \cdot K_b$
$t = 25\text{ }^{\circ}\text{C,}$	$K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$	

### Uvodno razmišljanje o hidrolizi soli

1. Objasnite zašto kad solimo juhu ne mijenjamo njen pH?
2. Što vam je od kemijskog pribora potrebno za eksperimentalno ispitivanje svojstva vodenih otopina soli?
3. Sol  $\text{NaHCO}_3$ , natrijev hidrogenkarbonat (soda bikarbona) je djelotvorno sredstvo za neutraliziranje želučane kiseline i s tim povezanih smetnji. Objasnite!

### POKUS 1: Ispitivanje pH-vrijednosti vodenih otopina soli

**Pribor:** 6 čaša od 100 mL, univerzalni indikator papir, fenolftalein, metiloranž, kapalice i zaštitne rukavice.

**Kemikalije:** otopine sljedećih soli:  $\text{KCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  i  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ , čaša od 100 mL, destilirana voda. Sve otopine su množinske koncentracije  $1 \text{ mol dm}^{-3}$ .

#### Zadatak :

- Procijenite i objasnite kakav će biti pH otopina sljedećih soli:  $\text{KCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  i  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ .

Odgovore upišite u Tablicu 10.1.

Tablica 10.1. pH otopina sljedećih soli

Otopina	Naziv soli	pH	Svojstva otopina soli - neutralna, kisela, lužnata
KCl			
$\text{Na}_2\text{SO}_4$			
$\text{AgNO}_3$			
$\text{AlCl}_3$			
$\text{NaHCO}_3$			
$\text{NH}_4\text{NO}_2$			

**POKUS:** Mjerenje pH – vrijednosti zadanih soli

U čaše valja redom staviti oko 20 mL otopina soli.

Dobivene otopine ispitajte univerzalnim indikatorskim papirom.

pH – vrijednosti ispitivanih otopina soli upišite u priloženu Tablicu 10.2.

Otopine navedenih soli ispitaju se i s fenolftaleinom i metiloranžom.

Opažanja se upisuju u Tablicu 10.2.

Tablica 10.2. Opažanja tijekom izvođenja eksperimenta

Otopina	Boja univerzalnog indikator papira	pH	Boja metiloranža	Boja fenolftaleina	Jednadžba disocijacije soli
KCl					
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					
AgNO <sub>3</sub>					
AlCl <sub>3</sub>					
NaHCO <sub>3</sub>					
NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub>					

1. Objasnite promjene boja indikatora u pojedinim otopinama soli jednadžbama hidrolize.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. U kojim otopinama ne dolazi do hidrolize? Objasnite svoj odgovor.

---

---

3. Analizirajte eksperimentalno dobivene pH–vrijednosti vodenih otopina soli. Koja ima najmanju, a koja najveću pH–vrijednost?

---

---



Tablica 10.3. Svojstva vodenih otopina soli nastalih neutralizacijom kiselina i baza različite jakosti

Vrste soli	Primjeri	Ion podložan hidrolizi	pH otopine
kation jake baze, anion jake kiseline	NaCl, KI, KNO <sub>3</sub> , BaCl <sub>2</sub>	nijedan	=7
kation jake baze, anion slabe kiseline	KNO <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> COONa	anion	> 7
kation slabe baze, anion jake kiseline	NH <sub>4</sub> Cl, NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	kation	< 7
kation slabe baze, anion slabe kiseline.	NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> CN, CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>	anion i kation	$K_a > K_b \rightarrow \text{pH} < 7$ $K_a < K_b \rightarrow \text{pH} > 7$ $K_a = K_b \rightarrow \text{pH} = 7$

$K_a$  - konstanta disocijacije kiseline

$K_b$  - konstanta disocijacije baze

#### ZADATCI:

1. Predvidite hoće li u vodenoj otopini navedene soli reagirati kiselo, bazično ili neutralno:

Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, LiHCO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, NaHSO<sub>4</sub>.

Odgovore potvrdite kemijskim jednadžbama.

Kisele će otopine biti otopine: \_\_\_\_\_

Bazične će otopine biti: \_\_\_\_\_

Neutralna otopina: \_\_\_\_\_

Jednadžbe reakcija su:

Hidroliza sulfitnog, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> iona zbiva se u dva koraka. Napišite te reakcije kemijskim jednadžbama.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Izračunajte konstantu hidrolize za reakciju:  $\text{NO}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$   
 Konstanta ionizacij dušikaste kiseline,  $K_a$  je  $4,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ .

3. Sve kiseline i baze u tablici slabo su ionizirane u vodi. U bilježnicu nacrtajte tablicu i popunite ju podacima koji nedostaju: (Za odgovore u ovom zadatku poslužite se Tablicom 10.3.)

Tablica 10.4. Predviđena pH – vrijednost vodenih otopina soli i molekulska formula soli

kiselina, $K_a / \text{mol L}^{-1}$	baza $K_b / \text{mol L}^{-1}$	Formula soli	pH ( < 7, > 7, = 7 )
$\text{CH}_3\text{COOH}$ $1,8 \cdot 10^{-5}$	$\text{NH}_3$ $1,8 \cdot 10^{-5}$		
$\text{HCN}$ $4,0 \cdot 10^{-10}$	$\text{NH}_3$ $1,8 \cdot 10^{-5}$		
$\text{HCOOH}$ $1,8 \cdot 10^{-4}$	$\text{NH}_3$ $1,8 \cdot 10^{-5}$		

4. Izračunajte pH otopine bakrova(II) nitrata množinske koncentracije  $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$ , ako je konstanta hidrolize  $K_h = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$ .

5. Koliki je pH otopine natrijevog acetata koncentracije  $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$ ? Konstanta ionizacije octene kiseline je  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ .

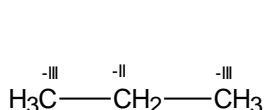
## 11. REDOKS REAKCIJE

Tablica 11.1. Poznata oksidacijske i reduksijska sredstva

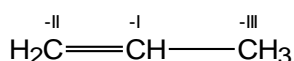
Poznata oksidacijska sredstva:		Poznata reduksijska sredstva:	
$\text{MnO}_4^-$	permanganatni ion	$\text{Fe}^{2+}$	željezov(II) ion
$\text{CrO}_4^-$	kromatni ion	$\text{Sn}^{2+}$	kositrov(II) ion
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	dikromatni ion	$\text{SO}_2$	sumporov(IV) oksid
$\text{H}_2\text{O}_2$	vodikov peroksid	$\text{SO}_3^{2-}$	sulfitni ion
$\text{ClO}^-$	hipokloritni ion	$\text{H}_2\text{S}$	sumporovodik
$\text{PbO}_2$	olovov(IV) oksid	Na, K	Natrij, kalij

### Ponovimo pravila za određivanje oksidacijskog broja:

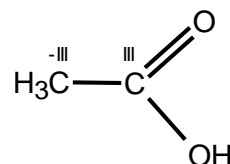
1. Elementi, oksidacijski broj iznosi 0.
2. Jednoatomni ioni, oksidacijski broj jednak je naboju iona.
3. Oksidacijski broj fluorovog atoma u spojevima uvijek iznosi  $-I$ .
4. Oksidacijski broj kisikova atoma iznosi  $-II$ , osim kod peroksida gdje je  $-I$ .
5. Oksidacijski broj vodikova atoma iznosi  $I$ , osim u hidridima metala, gdje je  $-I$ .
6. Zbroj oksidacijskih brojeva u molekuli ili formulskoj jedinki jednak je nuli.
7. Višeatomni ioni, suma oksidacijskih brojeva svih atoma jednaka je naboju iona.
8. Oksidacijski broj atoma ugljika u organskim spojevima određuje se za svaki ugljikov atom posebno.



propan



propen



etanska kiselina

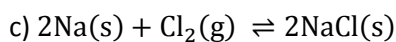
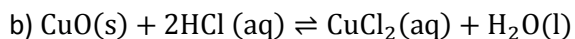
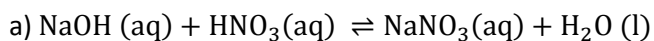


Slika 11.1. Primjer redoks-reakcije

## RADNI LISTIĆ:

- Vježbanje i sastavljanje jednadžbi redoks-reakcija primjenom parcijalnih jednadžbi oksidacije i redukcije ili ion–elektron metodom i određivanje oksidansa i reducensa.

1. Sljedeće jednadžbe opisuju reakcije dobivanja soli. Koja je reakcija redoks reakcija?



2. Što su redoks-reakcije? Što označava riječ redoks?

---

---

---

3. Objasnite reakciju oksidacije i redukcije.

---

---

4. Povežite reakcije oksidacije i redukcije s pravilima za određivanje oksidacijskih brojeva tvari.

---

---

5. Kako se označava oksidacijski broj? Što je oksidacijski broj?

---

---

6. Odredite oksidacijske brojeve elemenata u sljedećim tvarima:

$\text{F}_2$  ,  $\text{HCl}$  ,  $\text{CuSO}_4$  ,  $\text{C}$  ,  $\text{HF}$  ,  $\text{CO}$  ,  $\text{MgO}$  ,  $\text{CH}_3\text{CH}_3$  ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ,  $\text{NH}_3$  ,  $\text{CH}_4$  .

7. Svaku kemijsku reakciju u kojoj dolazi do promjene oksidacijskih brojeva tvari svrstavamo u redoks – reakcije. Je li je točna ta tvrdnja?

---

8. Riješite jednadžbe redoks–reakcija ion–elektron metodom:

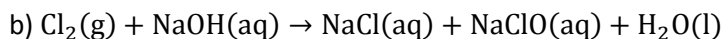


Utvrđite što je u toj reakciji oksidans, a što reducens.

---

Odredite u kojoj reakciji sudjeluje oksidans, a u kojoj reducens.

---



Reakcija se zbiva u lužnatoj otopini i to je reakcija disproporcioniranja

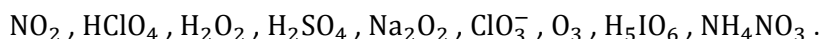
Objasnite reakcije disproporcioniranja.

---

---

#### ZADATCI :

1. Odredite oksidacijske brojeve elemenata u navedenim spojevima i ionima:



2. Reakcijom magnezija i dušika pri povišenoj temperaturi nastaje magnezjev nitrid. Riješite jednadžbu te redoks–reakcije.

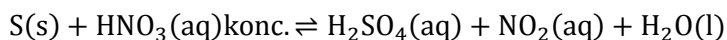
3. Izgaranjem 5 mola otrovnog plina fosforovodika (fosfina) u kisiku nastaje fosforna kiselina.

a) Napišite tu redoks – reakciju kemijskom jednadžbom.

Izračunajte:

- I. množinu i masu utrošenoga kisika.
- II. množinu i masu nastale  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

4. Riješite jednadžbu sljedeće redoks–reakcije:

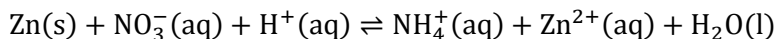


5. Kalcijevi ioni,  $\text{Ca}^{2+}$  prisutni u krvi odgovorni su za zgrušavanje krvi, a važni su i za druge biološke procese. Odstupanja u koncentraciji  $\text{Ca}^{2+}$  iona u krvi pokazatelj su nekih bolesti. Količina  $\text{Ca}^{2+}$  u krvi danas se određuje na različite načine, a jedan od njih temelji se na redoks – titraciji. U tu svrhu uzorku krvi volumena 1 mL doda se otopina natrijevog oksalata,  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ . Nastali talog kalcijevog oksalata,  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ , otopi se u razrijeđenoj sumpornoj kiselini i dobivena otopina titrira se otopinom kalijeva permanganata,  $\text{KMnO}_4$ . Ako je u opisanom postupku za titraciju utrošeno 2,80 mL otopine  $\text{KMnO}_4$  množinske koncentracije  $3,52 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ . U toj reakciji nastaju kalijev, kalcijev i manganov(II) - sulfat, voda i ugljikov(IV) - oksid. Izračunajte:

a) množinu kalcija u uzorku krvi

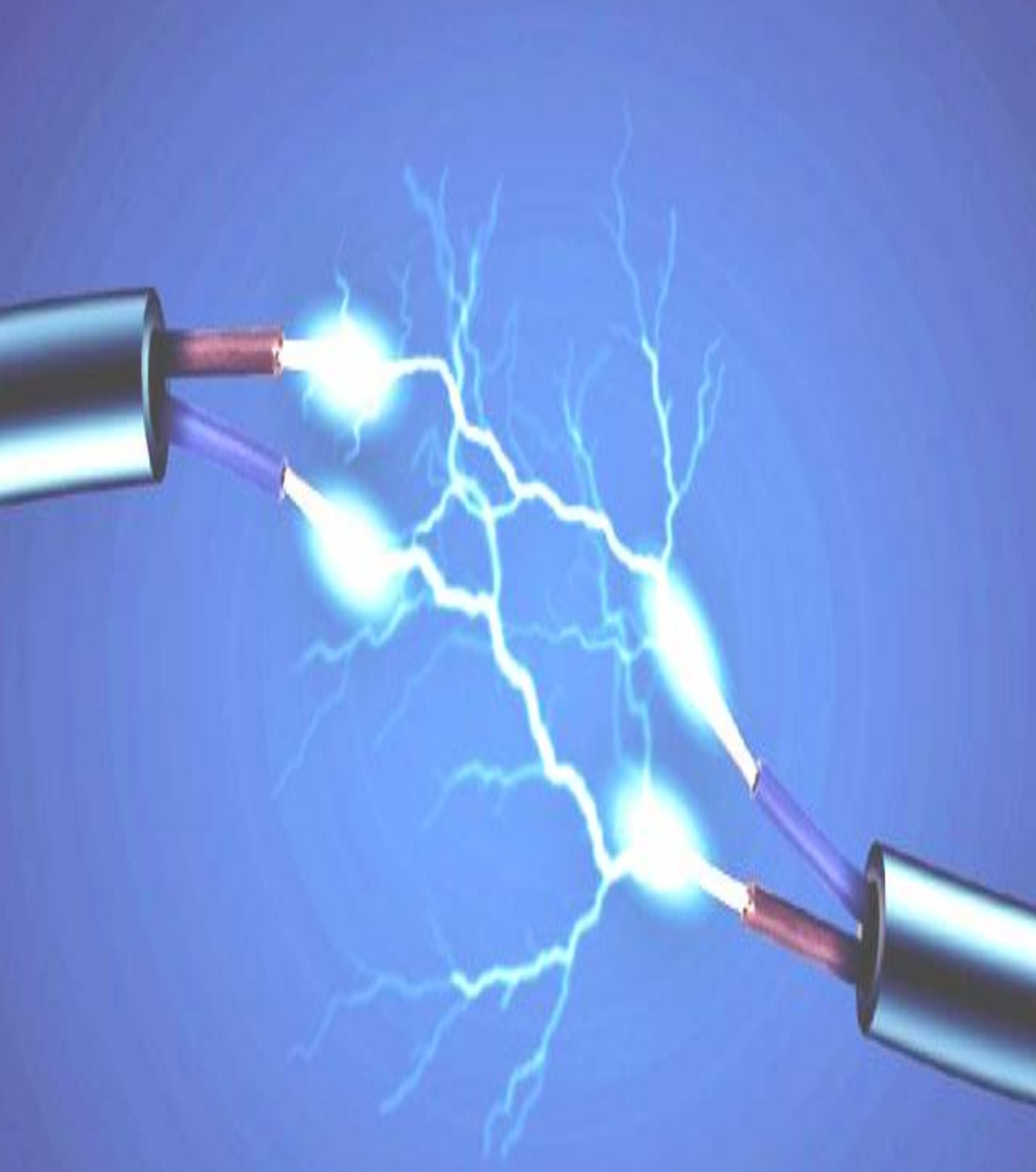
b) masu kalcija u 100 mL.

6. Riješite jednadžbu koja prikazuje redoks – reakciju u ionskom obliku u kiseloj otopini.



Napomena: Pažljivo odredite promjenu oksidacijskog broja dušika pri prijelazu iz nitratnog u amonijev ion.





**ELEKTROKEMIJA**





## 12. ELEKTRODNI POTENCIJAL I GALVANSKI ČLANCI

$E_{\text{čl}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$	$\Delta G = z \cdot F \cdot E_{\text{čl}}$	$E_{\text{čl}} > 0 \Delta G < 0$	Spontane reakcije
--	--	----------------------------------	-------------------

Tablica 12.1. Standardni redukcijski elektrodni potencijali

Elektroda	Elektrodna reakcija	$E^0 / V$	Elektroda	Elektrodna reakcija	$E^0 / V$
$\text{Au}^{2+}, \text{Au}^+   \text{Pt}$	$\text{Au}^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{Au}^+$	1,8	$\text{D}^+   \text{D}_2   \text{Pt}$	$2\text{D}^+ + 2 e^- \rightleftharpoons \text{D}_2(\text{g})$	-0,013
$\text{Au}^+   \text{Au}$	$\text{Au}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Au}$	1,692	$\text{Fe}^{3+}   \text{Fe}$	$\text{Fe}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,037
$\text{Mn}^{3+}, \text{Mn}^{2+}   \text{Pt}$	$\text{Mn}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	1,542	$\text{Pb}^{2+}   \text{Pb}$	$\text{Pb}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,126
$\text{MnO}_4^-, \text{H}^+, \text{Mn}^{2+}   \text{Pt}$	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5 e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,507	$\text{Sn}^{2+}   \text{Sn}$	$\text{Sn}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,138
$\text{Au}^{3+}   \text{Au}$	$\text{Au}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{Au}$	1,498	$\text{I}^-   \text{AgI}   \text{Ag}$	$\text{AgI} + e^- \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{I}^-$	-0,152
$\text{Au}^{3+}, \text{Au}^{2+}   \text{Pt}$	$\text{Au}^{3+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Au}^+$	1,401	$\text{Ni}^{2+}   \text{Ni}$	$\text{Ni}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,257
$\text{Cl}^-   \text{Cl}_2(\text{g})   \text{Pt}$	$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	1,358	$\text{Co}^{2+}   \text{Co}$	$\text{Co}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Co}$	-0,28
$\text{Pt}^{2+}   \text{Pt}$	$\text{Pt}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Pt}$	1,18	$\text{Cd}^{2+}   \text{Cd}$	$\text{Cd}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,352
$\text{Br}^-, \text{Br}_2(\text{aq})   \text{Pt}$	$\text{Br}_2(\text{aq}) + 2 e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	1,087	$\text{Cr}^{3+}, \text{Cr}^{2+}   \text{Pt}$	$\text{Cr}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$	-0,407
$\text{Hg}^{2+}   \text{Hg}$	$\text{Hg}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Hg}$	0,851	$\text{Fe}^{2+}   \text{Fe}$	$\text{Fe}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,447
$\text{Ag}^+   \text{Ag}$	$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	0,799	$\text{Cr}^{3+}   \text{Cr}$	$\text{Cr}^{3+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,744
$\text{Hg}_2^{2+}   \text{Pt}$	$\text{Hg}_2^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg}$	0,797	$\text{Zn}^{2+}   \text{Zn}$	$\text{Zn}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,762
$\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}   \text{Pt}$	$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	0,771	$\text{Ti}^{3+}, \text{Ti}^{2+}   \text{Pt}$	$\text{Ti}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Ti}^{2+}$	-0,9
$\text{ClO}_3^-, \text{OH}^-, \text{Cl}^-   \text{Pt}$	$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6 e^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$	0,62	$\text{Cr}^{2+}   \text{Cr}$	$\text{Cr}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,913
$\text{MnO}_4^-   \text{MnO}_2   \text{Pt}$	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 5\text{OH}^-$	0,595	$\text{Mn}^{2+}   \text{Mn}$	$\text{Mn}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,185
$\text{I}^-   \text{I}_2   \text{Pt}$	$\text{I}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{I}^-$	0,536	$\text{Ti}^{2+}   \text{Ti}$	$\text{Ti}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1,630
$\text{Cu}^+   \text{Cu}$	$\text{Cu}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	0,521	$\text{Al}^{3+}   \text{Al}$	$\text{Al}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,662
$\text{OH}^-   \text{O}_2(\text{g})   \text{Pt}$	$\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} + 4 e^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	0,401	$\text{Mg}^{2+}   \text{Mg}$	$\text{Mg}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,372
$\text{Cu}^{2+}   \text{Cu}$	$\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	0,342	$\text{La}^{3+}   \text{La}$	$\text{La}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons \text{La}$	-2,379
$\text{Cl}^-   \text{AgCl}   \text{Ag}$	$\text{AgCl} + e^- \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$	0,222	$\text{Na}^+   \text{Na}$	$\text{Na}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,71
$\text{Cu}^{2+}, \text{Cu}^+   \text{Pt}$	$\text{Cu}^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+$	0,153	$\text{Ca}^{2+}   \text{Ca}$	$\text{Ca}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,868
$\text{Sn}^{4+}, \text{Sn}^{2+}   \text{Pt}$	$\text{Sn}^{4+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	0,151	$\text{Ba}^{2+}   \text{Ba}$	$\text{Ba}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Ba}$	-2,912
$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	$2\text{H}^+ + 2 e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0	$\text{K}^+   \text{K}$	$\text{K}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2,931
			$\text{Cs}^+   \text{Cs}$	$\text{Cs}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Cs}$	-3,026

Susrećemo li u svakodnevnom životu galvanske članke?

Što upotrebljavamo kada nestane električne energije? Pomoću kojih električnih uređaja se pokreću automobili?

Što se događa s željezom u vlažnoj atmosferi?

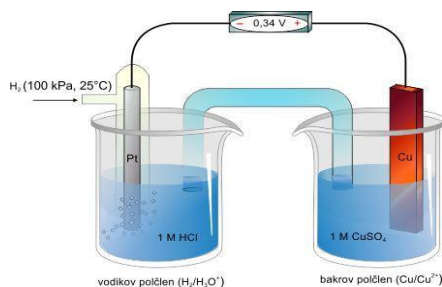
---

Koja se vrsta kemijskih reakcija događa u elektrokemijskim procesima?

---

Zašto se istosmjerne struje zovu galvanske struje?

---



Slika 12.1. Određivanje standardnog redukcijskog elektrodnog potencijala bakrove elektrode pomoću standardne vodikove elektrode

## GALVANSKI ČLANCI

### ZADATAK :

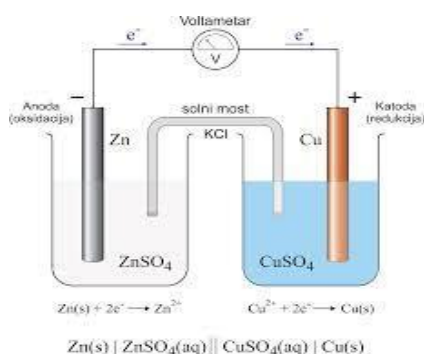
- Izmjeriti napone galvanskih članaka cink - olovo, cink – bakar i olovo - bakar digitalnim voltmetrom.
- Odrediti koja elektroda je pozitivni, a koja negativni pol galvanskog članka te na kojoj se elektrodi događa oksidacija, a na kojoj redukcija.
- Usporediti eksperimentalne i računске vrijednosti napona navedenih galvanskih članaka.

### POKUS: Određivanje napona galvanskih članaka

**Pribor:** 6 čaša od 250 mL, 1 čaša od 100 mL, U-cijev za elektrolitski most, stakleni štapić, pločice ili žice od cinka, olova i bakra, digitalni voltmetar, dvije spojne žice i zaštitne rukavice.

**Kemikalije:** otopine ZnSO<sub>4</sub>, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> i CuSO<sub>4</sub> koncentracije 1 mol/L, želatina, KCl(s), destilirana voda.

Pripremite galvanske članke prema slici:



Slika 12.3. Galvanski članak Zn - Cu ili Daniellov članak

U jednu čašu od 250 mL ulijte 150 mL otopine ZnSO<sub>4</sub> i uronite odgovarajuću očišćenu cinkovu pločicu. Drugi polučlanak Cu(s)[Cu<sup>2+</sup>(aq)] pripremite na isti način.

Tako dobivene polučlanke spojite žicama i voltmetrom u galvanski članak. Zatim polučlanke povežite elektrolitskim mostom.

Elektrolitski most (solni most) načinite tako da u čaši od 100 mL pripremite (oko 80 mL) sol želatine u koji dodate nešto zasićene otopine kalijeva klorida. Dobivenim solom napunite U – cijev do vrha i ostavite da gel očvrstne.

Kad sve dijelove članka povežete izmjerite digitalnim voltmetrom razliku potencijala između elektroda ili napon članka.

Zabilježite rezultat mjerenja, odredite anodu i katodu i napišite anodnu i katodnu reakciju u ispitivanom članku.

**Između dva mjerenja valja most dobro isprati destiliranom vodom.**

Istim postupkom koji ste primijenili kod pripreme galvanskog članka Zn - Cu pripremite i galvanske članke Pb – Cu i Zn - Pb te izmjerite njihov napon i ustanovite koja elektroda je negativan a koja pozitivan pol članka.

Tablica 12.2. Rezultati mjerenja:

Galvanski članci			
	Zn - Cu	Pb - Cu	Zn - Pb
izmjereni napon galvanskog članka u V			
anodna reakcija			
katodna reakcija			
E <sub>čl</sub> (izračunati)			

1. Opišite i objasnite opažanja u eksperimentima. Što zaključujete nakon mjerenja?

---

---

---

Koje se reakcije zbivaju na pozitivnoj elektrodi ili katodi i na negativnoj elektrodi ili anodi u navedenim galvanskim člancima?

---

---

Prikažite shematski galvanski članak Pb – Cu.

---

Objasnite redoks reakcije na elektrodama u galvanskom članku Pb – Cu i napišite izjednačenu ukupnu reakciju koja se zbiva u tom članku.

---

---

---

Izračunajte pomoću standardnih redukcijskih elektrodnih potencijala razliku potencijala navedenih članaka,  $E_{cl}^{\circ}$ .

Standardne redukcijske elektrodne potencijale upotrebljavanih elektroda u ovoj vježbi pogledajte u tablicu 12.1.

Usporedite eksperimentalne i računске vrijednosti napona navedenih galvanskih članaka.

---

---

Objasnite razliku teorijski izračunatih i eksperimentalno određenih napona članka?

---

Objasnite zašto u pokusu kao elektrolitnu otopinu nismo mogli upotrijebiti otopinu  $PbSO_4$ , već  $Pb(NO_3)_2(aq)$ .

---

Nacrtajte galvanski članak Pb - Cu:



**ZAKLJUČAK:**

**ZADATCI :**

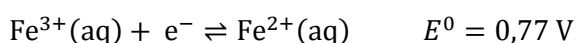
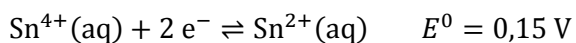
1. Naznačite elektrode, elektrolite, elektrolitski most te smjer i orijentaciju putovanja elektrona u galvanskom članku Zn - Pb ( na slici ).

	$E_{\text{čl}} =$  Da li je redoks proces u ovom članku spontan?
Grafički prikaz galvanskog članka Zn - Pb	

2. Korištenjem brojčanih podataka u Voltinom nizu treba odgovoriti na pitanja :

- Može li platina reducirati srebreve ione u vodenoj otopini?  
 $E^0(\text{Pt}^{2+}/\text{Pt}) = 1,18 \text{ V}$
- Hoće li klor reducirati brom u vodenoj otopini?
- Može li u vodenoj otopini krom reducirati srebreve ione u elementarno srebro?
- Tvrđnju pod c) potkrijepite jednažbama koje se zbivaju na elektrodama u galvanskom članku sastavljenom od navedenih polučlanaka.
- Izračunajte razliku potencijala članka. Što se možete zaključiti iz rezultata?

3. Pomoću standardnih redukcijskih potencijala:



Utvrđite da li je redoks reakcija:  $\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  spontana.

4. U tablici su navedene vrijednosti standardnih redukcijskih potencijala nekih polučlanaka:

Tablica 12.2. Standardnih redukcijskih potencijala nekih polučlanaka

Reakcija u polučlanku	Standardni redukcijski potencijal, $E^0/V$
$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}(\text{s})$	- 0,34
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	- 1,66
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{s})$	- 0,13
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-(\text{aq})$	1,07
$\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-(\text{aq})$	2,85

Odaberite točnu tvrdnju:

- Elementarni litij je najjači oksidans.
- Elementarno olovo može reducirati aluminijske ione iz otopine.
- Brom je jači oksidans od fluora.
- Fluor je jači oksidans od broma.

5. Shematski je prikazan galvanski članak koji se sastoji od kobaltove i aluminijske elektrode:



- Što označava jedna okomita crta, a što dvije okomite crte?
- Odredite koja od elektroda je anoda, a koja katoda.
- Koncentracija kojih iona se u otopini povećava?
- Masa koje elektrode se tijekom redoks – reakcije povećava?

6. Za jedan pokus potreban je bakrov(II) - klorid visoke čistoće. Hoćemo li tu sol vaditi iz bočice srebrnom ili niklenom žlicom?

7. Što se može dogoditi kada se pločica željeza uroni:

- u otopinu bakrova(II) - klorida,
- u otopinu magnezijeva nitrata?

Napišite odgovarajuće jednadžbe reakcija i objasnite svoje odgovore.

8. Shematski prikaz olovnog akumulatora je :  $\text{Pb}|\text{Pb}^{2+}|\text{H}_2\text{SO}_4|\text{Pb}^{2+}|\text{PbO}_2$ .

Rabeći standardne redukcijske elektrodne potencijale iz elektrokemijskog niza elemenata izračunajte standardni potencijal jedne ćelije olovnog akumulatora.



9. Korozija željeznih cijevi koje su pod zemljom sprečava se uvođenjem šipki, najčešće od magnezija. To je tzv. katodna zaštita od korozije. Pri tome se zbivaju sljedeće reakcije:



Objasnite kako na ovaj način možemo zaštititi željezo od hrđanja. Što je ovdje katoda, a što anoda? Objasnite izraz katodna zaštita.

Utvrđite svoje znanje iz galvanskih članaka pomoću sadržaja na web adresi:

<http://www.kentchemistry.com/moviesfiles/Units/Redox/voltaiccell20.htm>, (kolovoz 2016.)

#### Zadaci za samostalni rad

1. Saznajte više o zbrinjavanju potrošenih elektrokemijskih izvora električne energije.

Saznajte više o teškim metalima koji se rabe u baterijama i akumulatorima i napravite plakat koji će ostale učenike poticati na njihovo pravilno i odgovorno prikupljanje s ciljem zaštite okoliša i uštede prirodnih sirovina.

2. Istražite građu i način rada litij–ionskih baterija

Većina novih elektronskih uređaja, mobiteli i prijenosna računala koriste punjive litij - ionske baterije, litij–ionske akumulatore i novije litij-ionske polimerne akumulatore. Potražite u medijima o prednosti tih uređaja.

3. Istražite građu i način rada automobila s gorivnom ćelijom

Svi proizvođači automobila u svijetu dizajniraju, ispituju i proizvode automobile s pogonom na vodik kao alternativno gorivo. Takvi su automobili opremljeni gorivnom ćelijom. Ona je zapravo galvanski članak u kojem vodik „sagorijeva“ u vodu. Čine je vodik i kisik koji se zasebno pod tlakom dovode na elektrode uronjene u otopinu kalijeva hidroksida. Na anodi se oksidira vodik iz spremnika, a na katodi se reducira kisik iz zraka. Napon je članka 1,23 V. Gorivni su članci ekološki izvori električne struje.

4. Potražite na internetskim stranicama podatke o hibridnim električnim automobilima

Zbog promjenljive cijene nafte i nesigurne opskrbe naftom proizvode se hibridni električni automobili. Istražite i napišite kratki pisani rad o prednostima hibridnih električnih automobila u odnosu na konvencionalne automobile s unutarnjim izgaranjem?

5. Saznajte više o uređajima za kontrolu količine alkohola u dahu

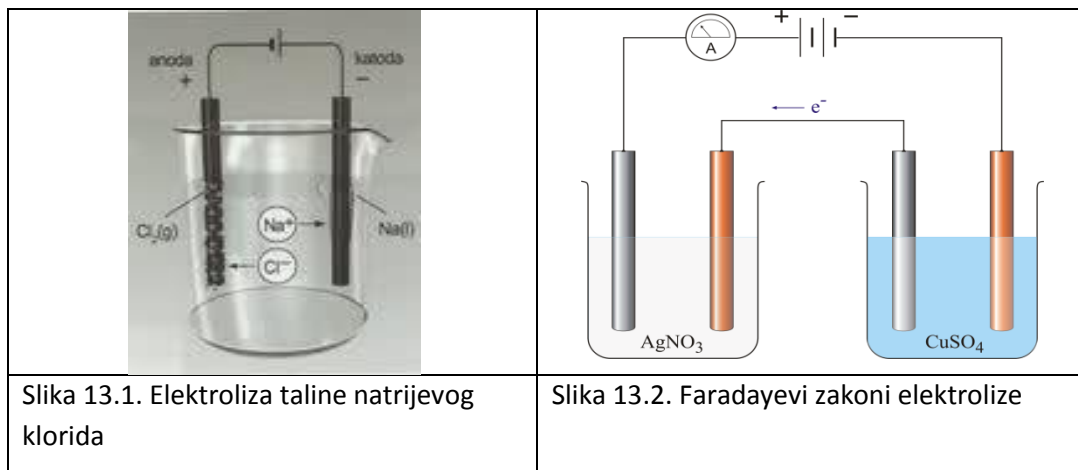
Za analizu alkohola u dahu danas se uspješno primjenjuje redoks–reakcija na bazi gorivoga članka. Istražite rad tih uređaja i pripremite kratko izlaganje.

6. Proširite i ponovite gradivo o olovnim akumulatorima

- Ponovite sastavne dijelove olovnog akumulatora te redoks–reakcije prilikom pražnjenja i punjenja olovnog akumulatora.
- Istražite ako se iz nekih razloga automobil ne vozi dulje vrijeme, što valja činiti da akumulator sasvim ne propadne.
- Istražite što se može očekivati da će se dogoditi s akumulatorom ako se automobil cijele zime ostavi na parkiralištu.

## 13. FARADAYEVI ZAKONI

$Q = I \cdot t$	$n = \frac{Q}{z \cdot F}$	$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$
$F = 96\,500 \text{ C mol}^{-1} = 96\,500 \text{ A s mol}^{-1} = 26,8 \text{ A h mol}^{-1}$		

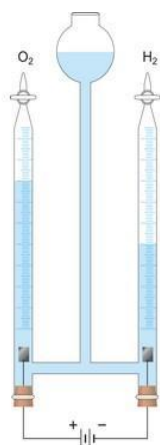


### Uvodno razmišljanje o elektroliznim člancima

1. Što je potrebno da se sastavi laboratorijski uređaj za elektrolizu?
2. Opišite što će nastati elektrolizom taline NaCl?
3. Objasnite zašto su drugačiji polariteti katode i anode pri elektrolizi u odnosu na galvanski članak.

Najniži napon koji valja primijeniti da bi elektroliza bila moguća je napon razlaganja.

U svakidašnjem životu primjer za primjenu elektrolize je punjenje olovnog akumulatora.



Slika 13.3. Hoffmanov aparat za elektrolizu



**Zadatak:**

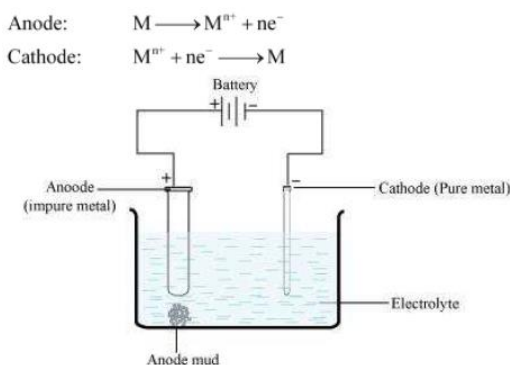
- Eksperimentalno utvrditi kako se tijekom elektrolize mijenja masa elektroda.
- Obraditi i objasniti izmjerene podatke i odgovoriti na postavljena pitanja.

**POKUS 1: Elektroliza otopine bakrova(II) - sulfata s topljivom anodom**

**Pribor:** čaša od 250 mL, 2 bakrene pločice 2 x 6 cm, 2 krokodil štipaljke, 2 spojne žice, izvor istosmjerne struje od 12 V (ispravljač), stalak s dvije kleme za elektrode

**Kemikalije:** otopina bakrova(II) sulfata,  $c(\text{CuSO}_4) = 1 \text{ mol/L}$  zakiseljena sa sumpornom kiselinom, digitalna vaga.

Koristite zaštitne naočale i zaštitne rukavice



Slika 13.4. Aparatura za elektrolizu otopine bakrova(II) sulfata s topljivom anodom

U čašu od 250 mL s otopinom bakrova(II) sulfata uronite izvagane bakrene elektrode.

Elektrode spojite s izvorom struje i ostavite da elektroliza teče oko 10 minuta. Nakon toga elektrode dobro operite vodovodnom i destiliranom vodom te alkoholom i ostavite se osušiti.

Ponovo izvažite i utvrdite promjenu masa.

Rezultate eksperimenta unesite u tablicu.

Tablica 13.2. Izmjerene mase elektroda prije i nakon elektrolize

	Masa prije elektrolize $m_1/g$	Masa nakon elektrolize $m_2/g$	Razlika masa $(m_2 - m_1)/g$	Trajanje elektrolize, t/s
katoda				
anoda				

**Razmislite i odgovorite na pitanja:**

1. Opišite i objasnite opažanja. Što zaključujete nakon mjerenja?

---

---

---

Analizirajte rezultate eksperimenta i prikažite ih jednadžbama kemijskih reakcija.

---

---

---

katoda (-):

anoda (+):

---

Ukupna reakcija :

Na kojoj elektrodi se bakar izlučuje, a na kojoj se otapa.

---

Objasnite što će nastati ako se elektrolizira  $\text{CuSO}_4$  (aq) a elektrode su od grafita.

Prikažite promjene na elektrodama parcijalnim jednadžbama oksidacije i redukcije, te napišite jednadžbu ukupne kemijske reakcije:

---

---

katoda (-):

anoda (+):

---

Ukupna reakcija:

---

## POKUS 2: Elektroliza otopine bakrova(II) - sulfata s topljivom anodom - prošireni pokus

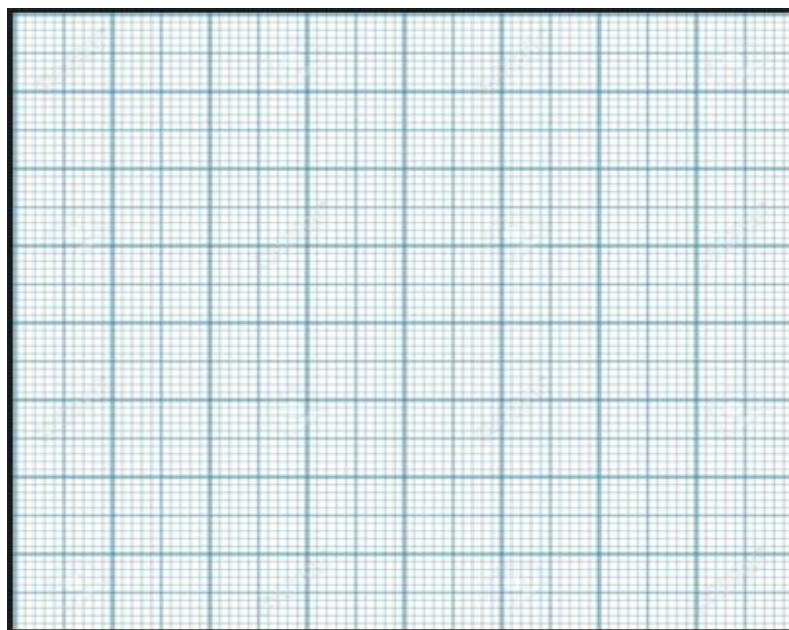
Radi daljnjeg ispitivanja elektroliza se može provoditi različito vrijeme. Eksperiment se radi po uputama opisanim za početni eksperiment. Rezultate rada unesite u tablicu 13.3.

Tablica 13.3. Rezultati mjerenja masa bakra i trajanje elektrolize.

Napon / V	12	12
Masa katode prije elektrolize $m_1/g$		
Masa katode nakon elektrolize $m_2/g$		
Razlika masa katode $(m_2-m_1)/g$		
Masa anode prije elektrolize $m_1/g$		
Masa anode nakon elektrolize $m_2/g$		
Razlika masa anode $(m_2-m_1)/g$		
Trajanje elektrolize , t/min	20	30

Na temelju praćenja pokusa utvrdite kako se odnose mase bakra izlučene na katodi i vrijeme elektrolize te prikažite rezultate mjerenja grafički. Na os apscise nanosite vrijeme elektrolize, a na os ordinate odgovarajuću masu bakra.

Hoće li masa bakra izlučena na katodi biti jednaka masi bakra koji se otopi na anodi, ako je anoda od čistog bakra?



Grafički prikaz rezultata mjerenja (uzeti sva tri mjerenja)

Crtež laboratorijske aparature za elektrolizu:



**Zaključak:**

---

---

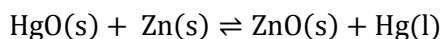
---

---

---

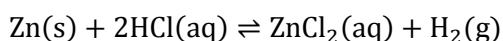
**ZADATCI:**

1. Baterija digitalnog sata proizvodi električnu struju kemijskom reakcijom koju prikazuje jednačina:



- Koja se jedinica reducirala u navedenoj reakciji prikazanoj jednačinom kemijske reakcije?
- Prikažite reakciju koja se odvija na (+) polu baterije digitalnog sata.
- U navedenoj bateriji nalazi se po 1 g obaju reaktanata. Dokažite računom koji će od reaktanata odrediti vrijeme rada trajanja baterije. ( $M_r(\text{HgO})=216,6$ )
- Izračunajte koliko će sati ova baterija proizvoditi električnu struju od 0,20 mA.

2. Debljina sloja cinka nanesenog elektrolitičkim putem na željeznu pločicu određena je mjerenjem razvijenog plinovitog vodika iz reakcije cinka s kiselinom:



Iz sljedećih podataka izračunajte debljinu sloja pocinčane željezne pločice. Pločica je veličine 1,50 x 2,00 cm. Volumen suhog vodika iznosi 30 mL pri temperaturi 25 °C i tlaku 747 mmHg. Gustoća cinka iznosi 7,11 g cm<sup>-3</sup>.

3. Na primjeru natrijevog jodida jednačinama pokažite da elektroliza taline i vodene otopine nekog elektrolita ne mora dovesti do istih reakcija na katodi i anodi.

- Elektroliza taline NaI,
- Elektroliza vodene otopine NaI.

4. Od sljedećih soli:  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaI}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{AgNO}_3$  izdvojite one iz kojih se u procesu elektrolize vodenih otopina mogu dobiti :

- a) vodik i kisik,
- b) metal i kisik,
- c) vodik i halogeni element,
- d) metal i halogeni element.

5. Koliko sati treba provoditi elektrolizu otopine cinkovog sulfata da se električnom strujom od 10 A dobije 2 kg cinka?

6. Električna struja od 5,00 A prolazi 30,00 minuta kroz otopinu cinkove soli. Masa je cinka izlučenog na katodi 3,048 g. Izračunajte relativnu atomsku masu cinka.

7. U prvom od dvaju serijskih spojenih elektroliznih članaka vodena je otopina cinkova klorida, a u drugom vodena otopina kromova(III) nitrata. Kolika je masa kroma koji se izluči na katodi drugoga elektrolizera, ako se u prvom elektrolizeru ( u istom vremenu ) na anodi razvije množina klora 1,2 mola?

8. Zadana su serijski spojena dva elektrolizna članka kojima protječe jednaka struja. U prvom se nalazi otopina  $\text{Ag}^+$ , a u drugom otopina iona  $\text{Cu}^{2+}$ .

a) Napišite jednadžbe redukcije koje se zbivaju na katodama pojedinih elektroliznih članaka.

b) U kakvom su međusobnom odnosu množina jednog mola elektrona u pojedinim elektroliznim člancima i množine izlučenih metala katodnom redukcijom?

c) U kakvom su međusobnom odnosu množine izlučenih metala reakcijama redukcije na katodama elektroliznih članaka, ako je elektroliznim člancima protekao električni naboj koji odgovara Faradayevoj konstanti? Primjerice:  $n(\text{Ag})/n(\text{Cu})=?$

9. Vodena otopina bakrova(II) sulfata podvrgnuta je elektrolizi. Koliko će grama bakra, odnosno kisika nastati tijekom elektrolize ako je kroz elektrolizni članak prolazila električna struja od 5 A u vremenu od 1,5 sati? Analizirajte zadatak i objasnite ga Faradayjevim zakonom elektrolize.





**KVANTNA  
FIZIKA I KEMIJA**



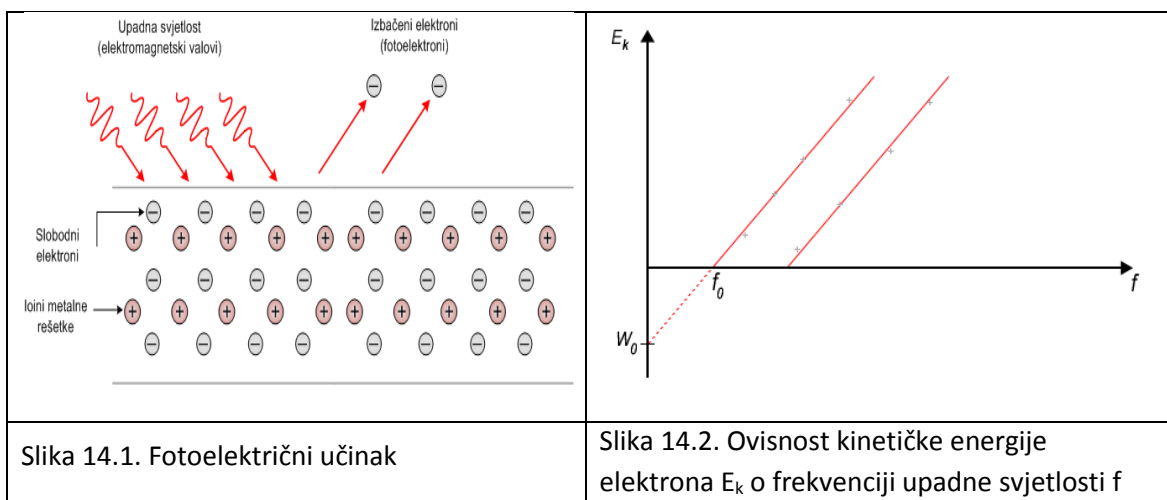


## 14. FOTOELEKTRIČNI UČINAK

$E = h \cdot f$	$W_i = h \cdot f_g$	$h \cdot f = W_i + \frac{m \cdot v_{max}^2}{2}$	$\frac{m \cdot v_{max}^2}{2} = e \cdot U_Z$
$E = m \cdot c^2 \quad m = \frac{E}{c^2} = \frac{h \cdot f}{c^2}$	$p_{fotona} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h}{\lambda}$	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	
$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$	$e = 1,605 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$	

Tablica 14.1. Izlazni rad elemenata.

Element	$W_i/\text{eV}$	Element	$W_i/\text{eV}$	Element	$W_i/\text{eV}$	Element	$W_i/\text{eV}$
Aluminij	4,08	Berilij	5,0	Kadmij	4,07	Kalcij	2,9
Ugljik	4,81	Cezij	2,1	Kobalt	5,0	Bakar	4,7
Zlato	5,1	Željezo	4,5	Olovo	4,14	Magnezij	3,68
Živa	4,5	Nikal	5,01	Niobij	4,3	Kositar	2,3
Platina	6,35	Selenij	5,11	Srebro	4,26	Srebro	4,73
Natrij	2,28	Uranij	3,6	Cink	4,3	monokristal	



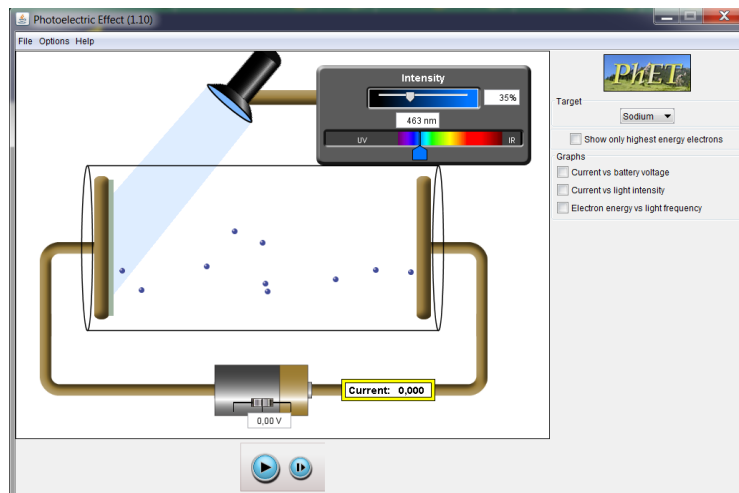
### Zadatak:

- Ispitati kako intenzitet svjetlosti, a time gustoća fotona utječe na izbijanje elektrona iz metala.
- Odrediti koja maksimalna valna duljina, odnosno minimalna frekvencija svjetlosti utječe na pojavu fotoefekta kod različitih metala.
- Ispitati kako kinetička energija fotoelektrona ovisi o intenzitetu svjetlosti.
- Ispitati kako kinetička energija fotoelektrona ovisi o frekvenciji svjetlosti.
- Odrediti eksperimentalno Planckovu konstantu.

## VIRTUALNI POKUS:

U bilo koju tražilicu na internetu upišite:

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric>



Slika 14.2. Phet simulacija

1. Otvorite Phet simulaciju. Mišem pomaknite klizač i izaberite područje na kojem se nalazi crvena svjetlost. Povećajte intenzitet svjetlosti s 0 % do 100 %. Ima li svjetlost dovoljno energije za izbijanje elektrona iz metala?

---

2. U gornjem izborniku „Options“ izaberite „Show fotons“. Pomaknite klizač slijeva nadesno da povećate intenzitet zračenja svjetlosti. Što postavka intenziteta fotona kontrolira?

---

3. Pomaknite intenzitet zračenja fotona na 0 % i provjerite mijenja li se nešto ako mijenjate boje svjetlosti. Krenite od IR-područja preko crvene, žute, zelene, plave, ljubičaste do UV-područja.

---

4. Odabran vam je metal Sodium (Natrij). Pomaknite intenzitet zračenja na 50 %. Pomoću klizača za promjenu valne duljine, odnosno frekvencije zračenja pronađite najveću valnu duljinu kod koje se pojavljuje izbijanja elektrona. Očitajte jakost struje u strujnom krugu.

**Ako ne mogu klizačem namjestiti vrijednost, neka ga upišu u kućici i pritisnu enter.**

---

a) Na toj valnoj duljini mijenjajte intenzitet zračenja svjetlosti od 0 % do 100 %. Što se mijenja? Što ostaje stalno kod izbijenih elektrona?

---

---

---

5. Postavite intenzitet svjetlosti na 30 %. Pomičite klizač prema manjim valnim duljinama. Promatrajte izbijene elektrone, ima li ih? Promatrajte njihovo gibanje. Mijenja li se električni napon i električna struja. Što se mijenja, a što ostaje isto?

---

---

---

---

a) Ponovite isti postupak samo povećajte intenzitet zračenja fotona na 60 %. Što se promijenilo u usporedbi s mjerenjem na 30 % intenziteta zračenja, a što je ostalo jednako?

---

---

---

---

6. Postavite uvjete da je intenzitet zračenja 50 %. Namjestite valnu duljinu svjetlosti pri kojoj je jedva došlo do izbijanja elektrona iz metala natrija.

a) Izračunajte frekvenciju fotona i izrazite je u SI.

**Tu frekvenciju nazivamo granična frekvencija fotoelektričnog učinka.**

b) Izračunajte energiju fotona u eV.

**Izračunata energija naziva se izlazni rad. To je minimalna energija kojom je potrebno obasjati metal da dođe do izbijanja elektrona iz metala.**

c) Kolika je električna struja u električnom strujnom krugu fotoćelije?

---

---

---

d) Imaju li elektroni nekakvu brzinu gibanja s jedne elektrode do druge?

e) Kolika je kinetička energije elektrona izbijenih iz metala?

---

---

---

f) Gdje se nalaze elektroni koji su izbijeni energijom fotona koja je jednaka izlaznom radu?

---

7. Postavite valnu duljinu svjetlosti na 430 nm. Intenzitet zračenja neka bude 50 %.

a) Izračunajte energiju fotona u eV.

b) Uočite brzinu kojom elektroni izlijeću iz metala. Usporedite energiju fotona ovog zadatka s energijom fotona prethodnog zadatka. Odakle dodatna energija gibanja elektrona koji su izbijeni pomoću fotona?

---

c) Kako kinetička energija ovisi o energiji zračenja i izlaznom radu metala?

---

---

d) Koliku kinetičku energiju imaju elektroni obasjani ljubičastom svjetlošću (430 nm)?

8. Postavite intenzitet zračenja na 50 %, valnu duljinu svjetlosti na 200 nm (UV-područje). Neka napon baterije ostane 0 V. Povećavajte polako napon baterije od 0 V do + 5 V.

a) Promatrajte izbijene elektrone, njihovo gibanje i brojnost te električnu struju. Što opažate?

---

---

b) Desna elektroda (anoda) \_\_\_\_\_ elektrone izbijene iz metala?

c) Kako je nabijena anoda u fotoćeliji?

---

d) Povećajte intenzitet zračenja s 50 % na 100 %, napon +5 V, valna je duljina svjetlosti 200 nm. Što opažate?

---

9. Valna duljina svjetlosti neka bude 200 nm, intenzitet zračenja 50 %, ali sada polako mijenjajte napon od 0 V prema -5 V.

a) Promatrajte izbijene elektrone, njihovo gibanje i brojnost te električnu struju. Što opažate?

---

---

---

b) Lijeva elektroda (katoda) \_\_\_\_\_ elektrone izbijene iz metala?

c) Kako je nabijena katoda u fotoćeliji?

---

---

---

---

---

d) Povećajte intenzitet zračenja s 50 % na 100 %, napon -5 V, valna je duljina svjetlosti 200 nm. Što opažate?

10. Ostavite valnu duljinu svjetlosti na 200 nm, intenzitet zračenja na 50 %. Pokušajte pronaći razliku električnih potencijala između ploča fotoćelije, odnosno električnog napona koji jedva zaustavlja elektrone da stignu na anodu fotoćelije.

a) Zapišite iznos električnog napona.

---

**Taj se napon naziva napon zaustavljanja ( $U_z$ ).**

b) Kako prepoznajete da je to točna vrijednost koju tražimo? Kakva električna struja mora biti u tom slučaju?

---

c) Postoji li neka poveznica s kinetičkom energijom izbijenih elektrona i naponom zaustavljanja? Ako postoji, koja?

---

---

d) Kako su povezane kinetička energija gibanja izbijenih elektrona i električna potencijalna energija?

---

---

---

---

---

**Mjereći napon zaustavljanja određujemo maksimalnu brzinu i kinetičku energiju fotoelektrona.**

e) Ako biste još više povećali frekvenciju zračenja, odnosno smanjili valnu duljinu svjetlosti, bi li prethodno izmjerena vrijednost za napon zaustavljanja imala istu vrijednost? Objasnite zašto? Provjerite.

---

---

---

11. Samostalno izračunajte sljedeće vrijednosti za natrij pri valnoj duljini 200 nm:

a) Frekvenciju zračenja svakog pojedinog fotona svjetlosti u eV.

b) Energiju svakog pojedinog fotona svjetlosti.

c) Graničnu frekvenciju za fotoelektrični učinak metala natrija.

d) Izlazni rad metala natrija u eV.

e) Maksimalnu kinetičku energiju izbijenih elektrona.

12. Razmislite o tome što ste dosada ispitali na metalu natrija. Kakve zaključke možete zapisati? Što ste naučili o fotoelektričnom učinku?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**ZADACI ZA SAMOSTALAN RAD U VIRTUALNOM EKSPERIMENTU:**

1. Za svaki metal (natrij, cink, bakar, platinu, kalciji i nepoznati metal) odredite maksimalnu valnu duljinu, odnosno graničnu frekvenciju potrebnu za pojavu fotoelektričnog učinka. Intenzitet zračenja postavite na 100 %. Uključite „*Show only highest energy electrons*“. Izračunajte energiju zračenja, odnosno izlazni rad metala. Zapišite podatke u tablicu.

Tablica 14.2. Maksimalna valna duljina, odnosno granična frekvencija zračenja koja izaziva fotoelektrični učinak

Metal	$\lambda_M$ /nm	$\lambda_M$ /m	$f_g$ /Hz	$W_i$ /J	$W_i$ /eV
Natrij					
Cink					
Bakar					
Platina					
Kalcij					
Nepoznati					

2. Za svaki metal izaberite valnu duljinu zračenja 130 nm. Tu valnu duljinu, odnosno frekvenciju ne mijenjajte za pojedinu vrstu metala. Uključite „*Show only highest energy electrons*“. Ispitajte ovisnost kinetičke energije izbijenih elektrona o intenzitetu zračenja. Mijenjajte intenzitet zračenja i odredite napon koji zaustavlja elektrone. Podatke upišite u tablice i grafički prikažite ovisnost intenziteta zračenja o zaustavnom naponu.

Tablica 14.3. Ovisnost intenziteta zračenja o zaustavnom naponu

$\lambda =$	nm		$f =$				Hz
metal	NATRIJ	CINK	BAKAR	PLATINA	KALCIJ	NEPOZNATO	
$I/\%$	$U_z/V$	$U_z/V$	$U_z/V$	$U_z/V$	$U_z/V$	$U_z/V$	
0							
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							
90							
100							

Slika 14.2. Grafički prikaz ovisnost intenziteta zračenja o zaustavnom naponu	Slika 14.3. Grafički prikaz ovisnost maksimalne kinetičke energije o intenzitetu zračenja

**ZAKLJUČAK:**

Ovisi li zaustavni napon kojim se zaustavljaju elektroni o intenzitetu zračenja?

Ovisi li kinetička energija o intenzitetu zračenja?





b) Cink

Tablica 14.5. Ovisnost kinetičke energije izbačenih elektrona cinka i valne duljine (frekvencije) zračenja svjetlosti

	$\lambda_M$ /nm	$\lambda_M$ /m	$f_g$ /Hz	$U_Z$ /V	$E_f$ /J	$h$ /J s	$E_K$ /J
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

Nacrtajte grafički prikaz ovisnosti maksimalne kinetičke energije o frekvenciji zračenja.

	<p>Iz grafa odredite izlazni rad za Zn u J i eV:</p>          <p>Izračunajte srednju vrijednost za Planckovu konstantu iz tablice:</p>
--	--

c) Bakar

Tablica 14.6. Ovisnost kinetičke energije izbačenih elektrona bakra i valne duljine (frekvencije) zračenja svjetlosti

	$\lambda_M$ /nm	$\lambda_M$ /m	$f_g$ /Hz	$U_Z$ /V	$E_f$ /J	$h$ /J s	$E_K$ /J
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

Nacrtajte grafički prikaz ovisnosti maksimalne kinetičke energije o frekvenciji zračenja.

	<p>Iz grafa odredite izlazni rad za Cu u J i eV:</p> <p>Izračunajte srednju vrijednost za Planckovu konstantu iz tablice:</p>
--	---

d) Platina

Tablica 14.7. Ovisnost kinetičke energije izbačenih elektrona platine  
i valne duljine (frekvencije) zračenja svjetlosti

	$\lambda_M$ /nm	$\lambda_M$ /m	$f_g$ /Hz	$U_Z$ /V	$E_f$ /J	$h$ /J s	$E_K$ /J
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

Nacrtajte grafički prikaz ovisnosti maksimalne kinetičke energije o frekvenciji zračenja.

	<p>Iz grafa odredite izlazni rad za Pt u J i eV:</p>  <p>Izračunajte srednju vrijednost za Planckovu konstantu iz tablice:</p>
--	--

e) Kalcij

Tablica 14.8. Ovisnost kinetičke energije izbačenih elektrona kalcija i valne duljine (frekvencije) zračenja svjetlosti

	$\lambda_M$ /nm	$\lambda_M$ /m	$f_g$ /Hz	$U_Z$ /V	$E_f$ /J	$h$ /J s	$E_K$ /J
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

Nacrtajte grafički prikaz ovisnosti maksimalne kinetičke energije o frekvenciji zračenja.

	<p>Iz grafa odredite izlazni rad za Ca u J i eV:</p> <p>Izračunajte srednju vrijednost za Planckovu konstantu iz tablice:</p>
--	---



Odredite pogrešku pri računanju.

Tablica 14.10. Eksperimentalna, izračunata i teorijska vrijednost izlaznih radova za ispitivane metale

Metal	$W_{i.exp}/J$	$W_{i.exp}/eV$	$W_{i.teo}/eV$	% pogreške
Natrij				
Cink				
Bakar				
Platina				
Kalcij				
Nepoznati				

Eksperimentalna Planckova konstanta jednaka je nagibu pravca. Usporedite svoje eksperimentalne vrijednosti s teorijskim vrijednostima.

Odredite pogrešku pri računanju.

Tablica 14.11. Eksperimentalna i teorijska vrijednost Planckove konstante

Metal	$h_{exp}/Js$	$h_{teo}/Js$	% pogreške
Natrij			
Cink			
Bakar			
Platina			
Kalcij			
Nepoznati			

Odredite koji je to nepoznati materijal.

---

Opišite kako biste ga pronašli?

---

---

**Proučite i napišite samostalni rad:**

1. Objasnite kako nastaje „atmosferska prašina“ ili blijeda izmaglica iznad površine Mjeseca.
2. Ima li neke negativne konotacije fotoefekta? Ako ima, koje?
3. Kako sve možemo iskoristiti fotoelektrični učinak?
4. Objasnite tko je otkrio i što je kserografija?
5. Fotoučinak i obnovljivi izvori energije, primjena u svakodnevnom životu.

## ZADATCI:

1. Povećanjem intenziteta zračenja svjetlosti koje pada na metalnu površinu

- a) raste kinetička energija elektrona
- b) raste maksimalna potencijalna energija elektrona
- c) raste broj emitiranih elektrona
- d) ništa se ne mijenja.

2. Fotoelektrični efekt jest pojava:

- a) izbijanja elektrona iz metala pomoću elektromagnetskog zračenja
- b) izbijanja fotona iz metala pomoću temperature
- c) koja nema nikakvu primjenu u svakodnevnom životu
- d) koja ne ovisi o vrsti metala.

3. Fotoelektroni se izbijaju s metalne površine samo kad upadna svjetlost ima dovoljno

- a) veliku snagu
- b) veliku frekvenciju
- c) veliku brzinu
- d) veliku amplitudu.

4. Kako se mijenja maksimalna brzina izbijanja elektrona iz pocinčane ploče kad raste intenzitet ultraljubičaste svjetlosti kojim je ploča obasjana?

- a) Smanji se.
- b) Poveća se.
- c) Ne mijenja se.
- d) I smanji se i poveća, ovisno o temperaturi cinka.

5. Označimo li energiju fotona koji izaziva fotoelektrični efekt s  $E$ , kinetičku energiju izbačenih elektrona s  $K$ , a izlazni rad s  $A$ , fotoelektrični efekt može se opisati jednadžbom

- a)  $E = K - A$
- b)  $E = K + A$
- c)  $K = E + A$
- d)  $K = A - E$

6. Mijenja li se energija fotona prolaskom kroz sredstvo indeksa loma  $n$  prema energiji koju foton ima u vakuumu? Zaokružite točan odgovor.

- a) Energija fotona u sredstvu i vakuumu jednaka je.
- b) Energija fotona u sredstvu je  $n$  puta veća nego u vakuumu.
- c) Energija fotona u sredstvu je  $n$  puta manja nego u vakuumu.
- d) Energija fotona u sredstvu je  $n^2$  puta manja nego u vakuumu.
- e) Energija fotona u sredstvu je  $\sqrt{n}$  puta manja nego u vakuumu.

7. Katoda obasjana ultraljubičastom svjetlošću emitira elektrone. Smanjimo li intenzitet svjetlosti:

- a) tada se broj emitiranih elektrona i maksimalna kinetička energija povećavaju.
- b) tada se broj emitiranih elektrona i maksimalna kinetička energija smanjuju.
- c) tada se broj emitiranih elektrona povećava, ali im maksimalna kinetička energija ostaje jednaka.
- d) tada se broj emitiranih elektrona smanjuje, ali im maksimalna kinetička energija ostaje jednaka.
- e) tada se ne mijenja broj elektrona ni njihova kinetička energija.



8. Elektroni će biti emitirani s neke metalne površine uvijek kada upadno elektromagnetno zračenje ima:

- a) manju frekvenciju od granične frekvencije
- b) veći intenzitet od nekog najmanjeg intenziteta
- c) manji intenzitet od nekog najmanjeg intenziteta
- d) veću valnu duljinu od granične valne duljine
- e) manju valnu duljinu od granične valne duljine.

9. Koliki broj fotona po sekundi emitira svjetlosna žarulja jakosti 100 W ako znamo da je njena efikasnost 4,80 %. Pretpostavite da je valna duljina svjetlosti 600 nm.

- a)  $6,34 \cdot 10^{18}$  fotona/s
- b)  $3,11 \cdot 10^{18}$  fotona/s
- c)  $25,3 \cdot 10^{18}$  fotona/s
- d)  $14,5 \cdot 10^{18}$  fotona/s.

10. Energija je fotona 7,80 eV. Koja valna duljina odgovara toj energiji fotona?

- a) 100 nm
- b) 151 nm
- c) 173 nm
- d) 159 nm

11. Koja je najveća valna duljina svjetlosti koja može izazvati fotoelektrični učinak ako je izlazni rad tog metala 2,20 eV.

- a) 417 nm
- b) 257 nm
- c) 564 nm
- d) 610 nm

12. Ako se frekvencija fotona prepolovi, što se dogodi s energijom fotona?

- a) Udvostruči se.
- b) Prepolovi se.
- c) Utrostruči se.
- d) Učetverostruči se.
- e) Ne mijenja se.

13. Kolika je granična frekvencija za metal čiji je izlazni rad 6,22 eV?

- a)  $1,50 \cdot 10^{15}$  Hz
- b)  $2,01 \cdot 10^{15}$  Hz
- c)  $3,01 \cdot 10^{15}$  Hz
- d)  $5,20 \cdot 10^{15}$  Hz

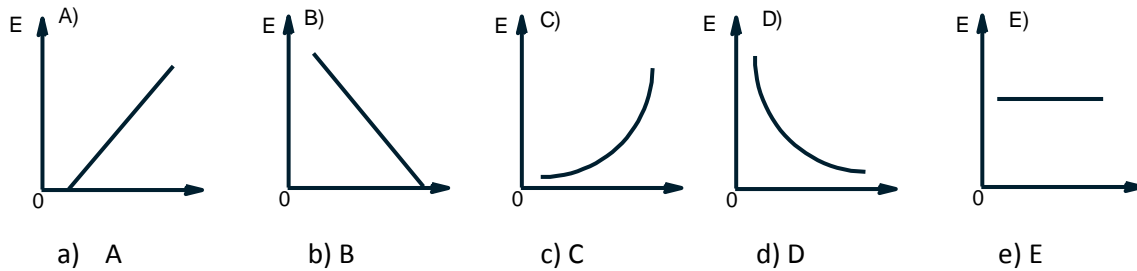
14. Svjetlom valne duljine 310 nm obasjava se metal čiji je izlazni rad 3,8 eV. Kolika je maksimalna kinetička energija izbačenih fotoelektrona?

- a)  $0,62 \cdot 10^{-19}$  J
- b)  $0,21 \cdot 10^{-19}$  J
- c)  $0,48 \cdot 10^{-19}$  J
- d)  $0,33 \cdot 10^{-19}$  J

15. Zraka bijele svjetlosti određene frekvencije obasjava metal izlaznog rada 2,20 eV i izaziva fotoelektrični učinak. Maksimalna kinetička energija fotoelektrona iznosi 0,25 eV. Kolika je frekvencija svjetlosti?

- a)  $2,05 \cdot 10^{14}$  Hz
- b)  $1,02 \cdot 10^{14}$  Hz
- c)  $2,50 \cdot 10^{14}$  Hz
- d)  $5,92 \cdot 10^{14}$  Hz

16. Koji graf prikazuje ovisnost maksimalne kinetičke energije  $E$  o frekvencije svjetlosti kojom obasjavamo metal?



17. Koji graf prikazuje ovisnost maksimalne kinetičke energije o intenzitetu zračenja svjetlosti kojom obasjavamo metal?

- a) A                      b) B                      c) C                      d) D                      e) E

18. U odnosu na fotoelektrični učinak što će izazvati povećanje maksimalne kinetičke energije izbačenih fotoelektrona?

- a) Povećanje broja fotona u sekundi koji udare u površinu metala.
- b) Korištenje fotona čija je frekvencija manja od granične frekvencije.
- c) Povećanje frekvencije svjetlosti kojom se obasjava površina metala.
- d) Upotrijebiti metal koji ima veći izlazni rad.
- e) Upotrijebiti metal koji ima veću otpornost.

19. Kolika je najmanja frekvencija elektromagnetnog zračenja potrebna da izbije elektrone iz metala čiji je izlazni rad  $8,202 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ? Koji je to metal?

20. Granična valna duljina za emisiju elektrona s obasjane metalne površine iznosi 350 nm. Kolika će biti maksimalna kinetička energija izbačenih elektrona ako metal obasjamo zračenjem valne duljine 210 nm?

21. Izračunajte frekvenciju svjetlosti koja izbacuje elektrone s površine metala za koje je zaustavni napon 5 V. Granična je frekvencija za taj metal  $3,2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ . Koliki je izlazni rad iskazan u elektronvoltima?

22. Pod djelovanjem ultraljubičaste svjetlosti frekvencije  $1,86 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$  izlijeću elektroni iz nekog metala brzinom  $950 \text{ km s}^{-1}$ . Izračunajte izlazni rad elektrona iz tog metala u elektronvoltima.

23. Pri osvjetljavanju kobaltove pločice ultraljubičastim zračenjem napon koji zaustavlja elektrone iznosi 5,2V. Ako istim zračenjem obasjamo pločicu nepoznata metala, zaustavni je napon 8,1V.

- a) Koliki je izlazni rad nepoznatog metala ako je izlazni rad za kobalt 5,0 eV?
- b) Koji je to metal?

24. Izlazni rad za volfram iznosi 4,5 eV. Elektromagnetno zračenje nepoznate valne duljine izbacuje iz volframa fotoelektrone koji ulijeću u prostor gdje postoji ukršteno električno i magnetno polje. Električno polje iznosi  $12 \text{ kV m}^{-1}$ , a magnetno 0,04 T. Vektori brzine fotoelektrona, magnetnog i električnog polja međusobno su okomiti. Fotoelektroni koji su izbačeni najvećom brzinom ne skreću u tim poljima, već se gibaju po pravcu. Kolika je valna duljina nepoznatog elektromagnetnog zračenja?

## RJEŠENJA ZADATAKA

### 1. RICHMANNOVO PRAVILO

1.  $V_1 = 30,77 \text{ L}$

2. b)

3. a)

4. d)

### 2. TOPLINSKI KAPACITET

1.  $Q = 169,8 \text{ kJ}$

2.  $c_k = 2210,31 \text{ J g}^{-1}\text{K}^{-1}$

3. d)

4. c)

5. c)

6. a)  $l_{\text{Cu}} = 1,00004 l_{\text{Ag}}$ ; b) Srebrni štap će biti kraći.

7. a) Molekule se zagrijavanjem brže gibaju. Povišenjem temperature povećava se kinetička energija molekula, tj. brzina gibanja molekula.; b)  $\Delta l = 249,97 \text{ K}$ ; c)  $l = 1,0036 \text{ m}$

8. b)

9. c)

10. c)

11. d)

12.  $\Delta T = 18,33 \text{ K}$

13.  $\Delta T = 16 \text{ K}$

14. a)  $Q = 874,22 \text{ J}$ ; b)  $W = -\Delta U = Q = 874,22 \text{ J}$ ; c)  $W = -\Delta U = Q = 874,22 \text{ J}$

15.  $t_1 = 95,3 \text{ }^\circ\text{C}$

### 3. ENTALPIJA ISPARAVANJA VODE

1.  $Q = 22,72 \text{ kJ}$

2. a)  $\Delta t = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ ; b)  $\Delta T = 18 \text{ K}$

3.  $Q = 1,57 \cdot 10^9 \text{ J}$

4.  $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{P}{c \cdot \Delta t} = 0,014 \text{ kg s}^{-1}$ ,  $\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{P}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} = 0,011 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

5.  $Q = 27,95 \text{ J}$

6.  $Q = 2,26 \text{ MJ}$

7.  $Q = 16,09 \text{ MJ}$

8. a)

9.  $Q = m \cdot \lambda = 3 \text{ kg} \cdot 1,1 \cdot 10^5 = 333000 \text{ J}$ ; *tališta*

10. b)

11. a)  $\text{CH}_2\text{COOH}$ ; b)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ; c)  $\text{MgO}$ ; d)  $\text{H}_2\text{O}$

12. a) Br<sub>2</sub>; b) H<sub>2</sub>O; c) CH<sub>3</sub>Cl

13.  $Q = 206,91 \text{ kJ}$

#### 4. HESOV ZAKON

1.  $\Delta_r H = -537,5 \text{ kJ}$

2.  $\Delta_r H = 5880 \text{ kJ}$

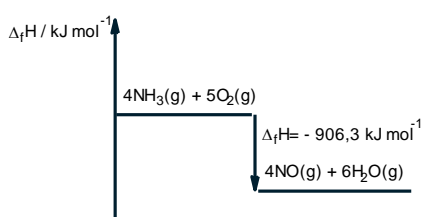
3.  $\Delta_r H = Q = -600 \text{ kJ}$

4.  $m(\text{C}_3\text{H}_8) = 7,96 \text{ g}$

5.  $\Delta_f H = 48,6 \text{ kJ mol}^{-1}$

6.  $\Delta_f H = -906,3 \text{ kJ mol}^{-1}$

b)



Egzotermni proces

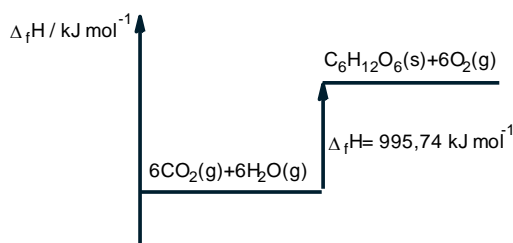
7.  $\Delta_f H^0 = -23,5 \text{ kJ mol}^{-1}$

8.  $\Delta_f H^0 = -1124,8 \text{ kJ mol}^{-1}$

9.  $\Delta_f H^0 = -1277 \text{ kJ mol}^{-1}$

10.  $\Delta_f H^0 = 995,74 \text{ kJ mol}^{-1}$

b)



Endotermni proces

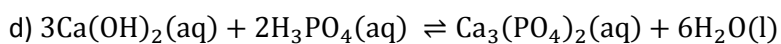
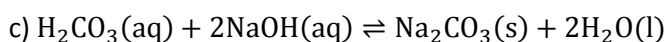
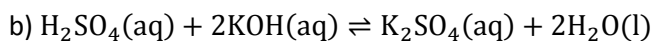
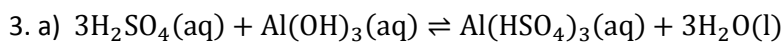
11.  $\Delta H_f = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$

12.  $\Delta H_f = -441,41 \text{ kJ mol}^{-1}$

#### 5. ENTALPIJA NEUTRALIZACIJE

1.  $\Delta_f H = 55,5 \text{ kJ mol}^{-1}$

2. b)



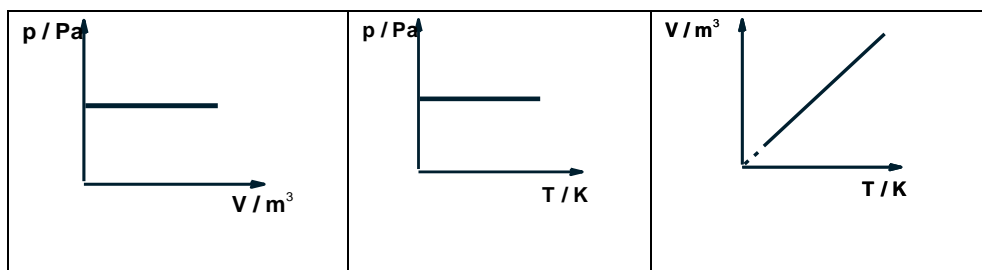
4.  $\Delta_f H^0 = -78,24 \text{ kJ mol}^{-1}$

## 6. ENTALPIJA OTAPANJA SOLI

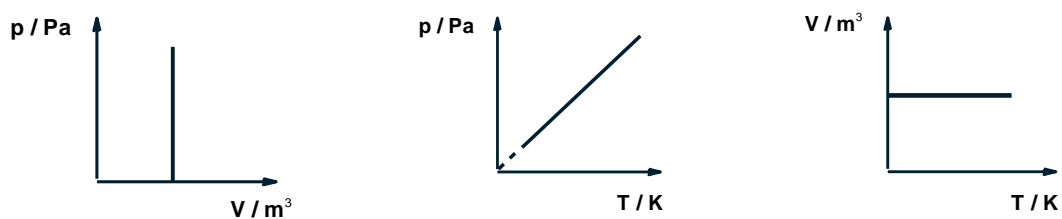
1. Temperatura otopine raste pa je proces egzoterman, konstantan tlak i temperatura - reakcija je spontana ako se smanjuje Gibbsova energija sustava  $\Delta H < 0$ ,  $\Delta S < 0$ ,  $\Delta G < 0$ .
2. Reakcija je egzotermna, pa će se povećanjem temperature otopine smanjiti njena topljivost.
3. b)

## 7. ZAKONI TERMODINAMIKE U ZADATCIMA

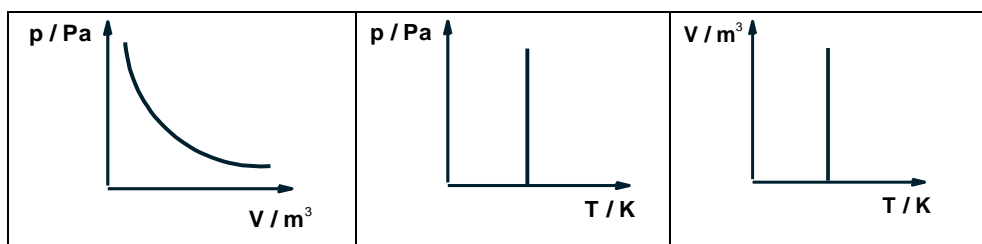
1. d)
2. d)
3. a)
4. b)
5. d)
6. a)
- 7.



8.



9.



10. d)
11. b)
12. a)
13. b)
14. b)
15. b)
16. d)

17. c)  
 18. a)  
 19. c)  
 20.  $\Delta U = 251,325 \text{ J}$   
 21.  $N = 88,08$   
 22.  $\Delta T = 18,33 \text{ K}$   
 23. a)  $Q = 874,22 \text{ J}$ ; b)  $W = 249,569 \text{ J}$ ; c)  $\Delta U = 624,651 \text{ J}$   
 24.  $\Delta T = 16 \text{ K}$   
 25.  $V_1 = 160,3 \text{ cm}^3$   
 26. a)  $W = 11,007 \text{ kJ}$ ; b)  $\Delta U = 8992,8 \text{ J}$   
 27.  $v = 797 \text{ m s}^{-1}$   
 28.  $W = -500 \text{ kJ}$   
 29.  $\Delta T = 0,239 \text{ K}$   
 30. a)  
 31. d)  
 32.

	$p$	$V$	$T$	$U$
a	$p_o$	$V_o$	$T_o$	$U_o$
b	$p_o$	$0,50 V_o$	$0,50 T_o$	$0,50 U_o$
c	$2 p_o$	$0,25 V_o$	$0,50 T_o$	$0,50 U_o$
d	$4 p_o$	$0,25 V_o$	$T_o$	$U_o$

33. c)  
 34. *Povećava se za 2 puta*  
 35. a)  $T_2 = 390,1 \text{ K}$ ; b)  $T_2 = 418,6 \text{ K}$   
 36. a)  $\eta = 0,25$ ; b)  $Q_1 = 6277,5 \text{ J}$ ; c)  $T_1 = 300 \text{ K}$   
 37.  $\Delta S = 11,339 \text{ J K}^{-1}$   
 38.  $\Delta H_{13} = -1430,06 \text{ J}$ ;  $\Delta S_{13} = 23,786 \text{ J K}^{-1}$ ;  $W_{13} = 8760,54 \text{ J}$ ;  $\Delta U_{13} = -1024,76 \text{ J}$

## 8. MASENA I MNOŽINSKA KONCENTRACIJA

### 8.2. Razrjeđivanje otopine

- $V_1 = 20,7 \text{ mL}$ ; Pipetom se otpipetira  $20,7 \text{ mL}$  koncentrirane kiseline, stavi u odmjernu tikvicu od  $2 \text{ L}$  i nadopuni vodom do oznake.
- $c_1 = 0,6 \text{ mol dm}^{-3}$
- a)  $V_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 3,47 \text{ mL}$ ; b)  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,250 \text{ mol L}^{-1}$
- $V_1(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{konc.}} = 11,1 \text{ mL}$ , Za pripremu  $400 \text{ mL}$  otopine sumporne kiseline koncentracije  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  treba uzeti  $11,1 \text{ mL}$   $96 \%$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  i razrijediti do volumena  $400 \text{ mL}$ .
- $c = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$

### 8.3. Miješanje kiselina različite koncentracije

1.  $V_1 = 4,84 \text{ dm}^3$ ;  $V_2 = 5,16 \text{ dm}^3$

2.  $c = 0,0505 \text{ mol dm}^{-3}$

3.  $V_2 = 41,67 \text{ mL}$

4.  $V_2 = 0,125 \text{ L}$

5. d)

6. b)

7. c)

### 9. VOLUMETRIJA

1.  $\text{pOH} = 3,49$ ;  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 3,090 \cdot 10^{-11} \text{ mol dm}^{-3}$

2.  $c_1(\text{H}_2\text{S}) = 2,419 \text{ mol dm}^{-3}$

3.  $\text{pH} = 11,35$

4.  $w = 99,25 \%$

5.  $c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1924 \text{ mol dm}^{-3}$

6.  $V_1(\text{BaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}) = 84,34 \text{ mL}$

7.  $w(\text{Fe, spoju}) = 19,90 \%$

8.  $V_1(69,2\% \text{ ot.}) = 19,30 \text{ cm}^3$

9.  $V_1(68,0 \% \text{ otopina}) = 26,38 \text{ cm}^3$

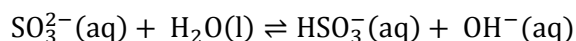
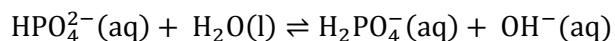
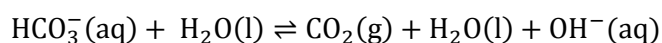
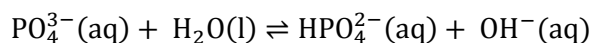
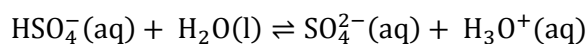
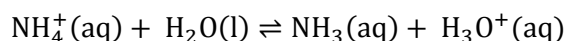
### 10. HIDROLIZA SOLI

1. Kisele će otopine biti otopine:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHSO}_4$ .

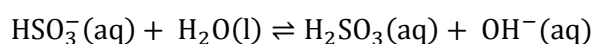
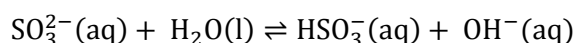
Bazične će otopine biti:  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{LiHCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_3$ .

Neutralna nije nijedna otopina.

Jednadžbe reakcija su:



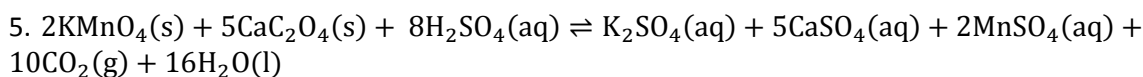
Hidroliza sulfitnog,  $\text{SO}_3^{2-}$  iona zbiva se u dva koraka:



2.  $K_h = 2,2 \cdot 10^{11} \text{ mol L}^{-1}$

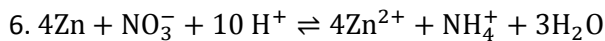






a)  $n(\text{Ca}^{2+}) = 2,46 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$

b)  $m(\text{Ca u 100 mL krvi}) = 9,88 \cdot 10^{-5} \text{ g}$



## 12. ELEKTRODNI POTENCIJAL I GALVANSKI ČLANAK

1.  $E_{\text{čl}} = 0,646 \text{ V}$ ; Redoks proces je spontan jer je napon članka pozitivna vrijednost.

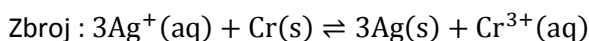
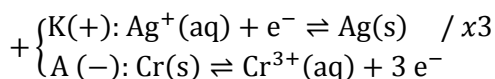
2. a)

$E^0(\text{Pt}^{2+}/\text{Pt}) = 1,18 \text{ V}$ ; Ne može, jer je standardni redukcijski potencijal platine pozitivniji od srebrova.

b) Neće, jer je klor jači oksidans od broma.

c)  $E^0(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}) = -0,74 \text{ V}$ ; Može, jer je krom jači reducens od srebra.

d)



e)  $E_{\text{čl}} = 1,54 \text{ V}$ ; Pozitivna vrijednost napona članka upućuje da su opisani procesi spontani i da takav članak proizvodi električnu struju.

3.  $E_{\text{čl}} = 0,62 \text{ V}$ ; Reakcija je spontana.

4. d)

5. a) Crta označava granicu elektroda –elektrolit, a dvostruka crta elektrolitski most

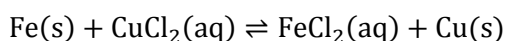
b) Al – anoda, a elektroda od kobalta je katoda.

c) Povećava se koncentracija  $\text{Al}^{3+}$  - iona.

d) Povećava se masa kobaltove elektrode.

6. Sol ćemo vaditi srebrnom žlicom jer će s niklenom doći do spontane redoks - reakcije.

7.a)



Iz otopine bakrova (II) klorida izlučivat će se bakar jer je standardni redukcijski potencijal bakra pozitivniji od standardnog redukcijskog potencijala željeza.

b)

$$E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,337 \text{ V}, E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,440 \text{ V}, E^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,36 \text{ V}.$$

Ništa se neće dogoditi jer je standardni redukcijski potencijal željeza pozitivniji od standardnog redukcijskog potencijala magnezija.

8.  $E^0 = 1,81 \text{ V}$

9. Katoda ja od Fe. Zbog elektronegativnijeg elektrodnog potencijala magnezija, postat će anoda galvanskog članka.

Katodna zaštita bazira se na činjenici da metal uključen u strujni krug kao katoda ne korodira. Željezo se štiti pomoću magnezija. Električnim spajanjem željeza s magnezijem stvara se galvanski članak u kome je zaštićeni predmet katoda, a neplemeniti metal anoda.

### 13. FARADAYEVI ZAKONI

1. a)  $\text{Hg}^{2+}$ ; b)  $\text{Hg}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Hg}$ ; c)  $n(\text{HgO}) = 0,00462 \text{ mol}$ ;  $n(\text{Zn}) = 0,0153 \text{ mol}$ ; Vrijeme rada baterije određuje HgO. : d)  $t = 1238 \text{ h}$

2.  $d = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$

Zadatci:

3. K:  $\text{Na}^+(\text{l}) + e^- \rightleftharpoons \text{Na}(\text{s})$       K:  $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$

A:  $\text{I}^-(\text{l}) \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{I}_2(\text{s}) + e^-$       A:  $2\text{I}^-(\text{l}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{s}) + 2 e^-$

4. a)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ; b)  $\text{AgNO}_3$ ; c)  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{CaI}_2$ ; d)  $\text{CuCl}_2$

5.  $t = 163,94 \text{ h}$

6.  $A_r(\text{Zn}) = 65,35$

7.  $m(\text{Cr}) = 41,6 \text{ g}$

8. a)  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$ ;  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$ ; b)  $n(e^-) = n(\text{Ag}) = 2 \cdot n(\text{Cu})$

c)  $\frac{n(\text{Ag})}{n(\text{Cu})} = 2$

9. Katoda:  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$ ; Anoda:  $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4 e^-$

$m(\text{Cu}) = 8,89 \text{ g}$ ;  $m(\text{O}_2) = 2,24 \text{ g}$

### 14. FOTOELEKTRIČNI UČINAK

1. c)

2. a)

3. b)

4. c)

5. b)

6. a)

7. d)

8. e)

9. d)

10. d)

11. b)

12. b)

13. a)

14. d)

15. d)

16. A)

17. E)

18. c)

19.  $f_0 = 1,238 \cdot 10^{15}$  Hz; *To je zlato.*

20.  $E_K = 3,79 \cdot 10^{-19}$  J

21.  $W_i = 2,12 \cdot 10^{-19}$  J = 1,32 eV

22.  $W_i = 8,21 \cdot 10^{-19}$  J = 5,11 eV

23. a)  $W_i = 2,1$  eV; b) *To je cezij.*

24.  $\lambda = 2,60 \cdot 10^{-7}$  m = 260 nm

## LITERATURA

- [1] Atkins, P., W., Clugstone, M., J., Načela fizikalne kemije, Školska knjiga, Zagreb, 1992.
- [2] Brković, N., Zbirka zadataka iz fizike, LUK.d.o.o., Zagreb, 2001.
- [3] Habuš, A., [et.al], Opća kemija 1 i 2 priručnik za nastavnike uz udžbenike Opća kemija 1 i Opća kemija 2 za prvi i drugi razred gimnazije, Profil International, Zagreb, 2014.
- [4] Herak, M., [et.al], Osnove fizikalne kemije, Školska knjiga, Zagreb 1990.
- [5] Košutić, K., Zbirka zadataka iz fizikalne kemije, Zavod za fizikalnu kemiju, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2016.
- [6] Nothig Hus, D., Herak, M., Novosel, F., Opća kemija 2, Školska knjiga, Zagreb, 2007.
- [7] Paar, V., Šips, V., Fizika 2, udžbenik za 2. razred gimnazije, Školska knjiga, Zagreb, 2007.
- [8] Paar, V., Šips, V., Zbirka riješenih zadataka Fizika 2, Školska knjiga, Zagreb, 2003.
- [9] Petrić, Lj., Cindrić, Z., Petreski, A., Opća kemija 2, zbirka riješenih primjera i zadataka iz opće kemije 2, Profil, Zagreb, 2009.
- [10] Petrić, N., Vojnoić, I., Martinac, V., Tehnička termodinamika, Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu, Split, 2007.
- [11] Potter, E., C., Elektrokemija, osnove i primjena, Školska knjiga, Zagreb, 1968.
- [12] Sikirica, M., Korpar Čolig, B., Praktikum iz opće kemije, Školska knjiga, Zagreb, 2005.
- [13] Sikirica, M., Metodika nastave kemije, Školska knjiga, Zagreb, 2003.
- [14] Sikirica, M., Stehiometrija, Školska knjiga, Zagreb, 1995.
- [15] Sikirica, M., Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu, Školska knjiga, Zagreb, 2011.
- [16] Bryan, J., The Photoelectric Effect, URL:  
<http://studylib.net/doc/7318728/photoelectric-effect-virtual-lab> (13. 4. 2016.)
- [17] Halapa, M. Zadaci iz matematike i fizike. URL: [www.halapa.com/fizpdf/8fs101.pdf](http://www.halapa.com/fizpdf/8fs101.pdf) (16. 5. 2016.)
- [18] Halapa, M. Zadaci iz matematike i fizike. URL: [www.halapa.com/fizpdf](http://www.halapa.com/fizpdf) (16. 5. 2016.)
- [19] Halapa, M. Zadaci iz matematike i fizike. URL: [www.halapa.com/fizpdf/15fs061.pdf](http://www.halapa.com/fizpdf/15fs061.pdf) (16. 5. 2016.)
- [20] Halapa, M. Zadaci iz matematike i fizike. URL: [www.halapa.com/fizpdf/15fs141.pdf](http://www.halapa.com/fizpdf/15fs141.pdf) (16. 5. 2016.)
- [21] Hasanović, M., Osnove termokemije. URL:  
<http://documents.tips/documents/osnove-termokemije.html> (15. 12. 2014.)
- [22] LeMaster, R., PhET Interactive Simulations, URL:  
<https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/neww> (11. 2. 2016.)
- [23] Mlinarević, V., Učitelj i odrednice uspješnog poučavanja. 2002. URL:  
[https://bib.irb.hr/datoteka/505871.505871.Ucitelji\\_i\\_odrednice\\_uspjesnog\\_poucavanja.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/505871.505871.Ucitelji_i_odrednice_uspjesnog_poucavanja.pdf) (11. 3. 2016.)

- [24] Myers Park High School, PROBLEM SET Light and the Photoelectric Effect, URL:  
<http://myersparkphysics.cmswiki.wikispaces.net/file/view/PROBLEM+SET+Light+and+the+Photoelectric+Effect.docx> (23.5.2016.)
- [25] Nacionalni kurikulum nastavnog predmeta Fizika, Prijedlog. URL:  
<http://public.mzos.hr/Default.aspx?art=14337> (17.2.2016.)
- [26] Nacionalni kurikulum nastavnog predmeta Kemija, Prijedlog. URL:  
<http://public.mzos.hr/Default.aspx?art=143377> (19.2.2016.)
- [27] Schaefer, B., Photo%Electric,Effect,Tutorial, URL:  
<https://allinonehighschool.files.wordpress.com/2013/06/day-168-photoelectric-lab.pdf>  
 (20. 4. 2016.)
- [28] Virtualni pokusi:  
<http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/simDownload/index4.html>  
 (19. 2. 2016.)

**Slike:**

- Slika šibice - <https://pixabay.com/en/match-match-head-sticks-matches-549106/>; (Srpanj 2016.)
- Slika otopina - <http://www.quadrafire.com/Shopping-Tools/Blog/Think-Safety-First-for-the-Holidays.aspx>; (Srpanj 2016.)
- Elektrokemija - <http://btc-times.com/hr/kako-rudarstvo-pro%C5%A1iruje-%C4%87e-ograni%C4%8Diti-potro%C5%A1nju-elektri%C4%8Dne-energije-bitcoin/>; (Srpanj 2016.)
- Fotoelektrični učinak - [http://www.energetskeobnove.com/category/obnovljivi\\_izvori\\_energije/](http://www.energetskeobnove.com/category/obnovljivi_izvori_energije/)
- Slika 8.2.1. Pribor i postupak pri razrijeđivanju otopina - Seminar: priprema i sastav otopina; FKIT; (Kolovoz 2016.)
- Slika 9.2. a) Volumetrijsko posuđe
- E. Generalić, [http://www.periodni.com/enig/volumetrijske\\_metode\\_analize.html](http://www.periodni.com/enig/volumetrijske_metode_analize.html) (Svibanj 2016.)
- Slika 9.2. b) pravilan način očitavanja razine tekućine u odmjernom posuđu.
- E. Generalić, <http://glossary.periodni.com/glossary.php?en=parallax> (Svibanj 2016.)
- Slika 12.1. E. Generalić,  
<http://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=Faradayevi+zakoni+elektrolize> (Lipanj 2016.)
- Slika 12.1. E. Generalić,  
<http://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=Faradayevi+zakoni+elektrolize> (Lipanj2016.)
- Slika 12.1. E. Generalić,  
<http://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=Faradayevi+zakoni+elektrolize> (Lipanj, 2016.)
- Slika 13.1.  
<https://www.google.hr/search?q=slike+o+kemijskom+priboru&espv=2&biw=1366&bih=638&tbnisch&imgil=OewGpMiz6eEFGM%253A%253Ba3uM3ZMeQKw1FM%253Bhttps%25253>  
 (Srpanj 2016.)

Slika 13.2.

<https://www.google.hr/search?q=slike+o+kemijskom+priboru&espv=2&biw=1366&bih=638&tbn=isch&imgil=OewGpMiz6eEfGM%253A%253Ba3uM3ZMeQKw1FM%253Bhttps%25253>

(Srpanj 2016.)

Slika 13.3.

<https://www.google.hr/search?q=slike+o+kemijskom+priboru&espv=2&biw=1366&bih=638&tbn=isch&imgil=OewGpMiz6eEfGM%253A%253Ba3uM3ZMeQKw1FM%253Bhttps%25253>

(Srpanj 2016.)

Slika 14.1. Fotoelektrični učinak

<http://nedeljko-begovic.com/teorija/kf.html> (Kolovoz 2016.)

Slika 14.2. Ovisnost kinetičke energije elektrona  $E_k$  o frekvenciji upadne svjetlosti  $f$

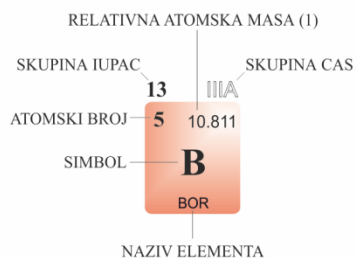
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Fotoelektrisk\\_effekt4.png](https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Fotoelektrisk_effekt4.png) (Svibanj 2016.)

Periodni sustav elemenata

E. Generalic, [http://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=periodni\\_sustav\\_elementa](http://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=periodni_sustav_elementa) (Kolovoz 2016.)

# PERIODNI SUSTAV ELEMENATA

PERIODA	SKUPINA																													
	1 IA											13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA													
1	1 1.0079 <b>H</b> VODIK											5 10.811 <b>B</b> BOR	6 12.011 <b>C</b> UGLJIK	7 14.007 <b>N</b> DUŠIK	8 15.999 <b>O</b> KISIK	9 18.998 <b>F</b> FLUOR	10 20.180 <b>Ne</b> NEON													
2	3 6.941 <b>Li</b> LITIJ	4 9.0122 <b>Be</b> BERILIJ											13 26.982 <b>Al</b> ALUMINIJ	14 28.086 <b>Si</b> SILICIJ	15 30.974 <b>P</b> FOSFOR	16 32.065 <b>S</b> SUMPOR	17 35.453 <b>Cl</b> KLOR	18 39.948 <b>Ar</b> ARGON												
3	11 22.990 <b>Na</b> NATRIJ	12 24.305 <b>Mg</b> MAGNEZIJ											19 39.098 <b>K</b> KALIJ	20 40.078 <b>Ca</b> KALCIJ	21 44.956 <b>Sc</b> SKANDIJ	22 47.867 <b>Ti</b> TITANIJ	23 50.942 <b>V</b> VANADIJ	24 51.996 <b>Cr</b> KROM	25 54.938 <b>Mn</b> MANGAN	26 55.845 <b>Fe</b> ŽELJEZO	27 58.933 <b>Co</b> KOBALT	28 58.693 <b>Ni</b> NIKAL	29 63.546 <b>Cu</b> BAKAR	30 65.38 <b>Zn</b> CINK	31 69.723 <b>Ga</b> GALIJ	32 72.64 <b>Ge</b> GERMANIJ	33 74.922 <b>As</b> ARSEN	34 78.96 <b>Se</b> SELENIJ	35 79.904 <b>Br</b> BROM	36 83.798 <b>Kr</b> KRIPTON
4	37 85.468 <b>Rb</b> RUBIDIJ	38 87.62 <b>Sr</b> STRONCIJ	39 88.906 <b>Y</b> ITRIJ	40 91.224 <b>Zr</b> CIRKONIJ	41 92.906 <b>Nb</b> NIOBIJ	42 95.96 <b>Mo</b> MOLIBDEN	43 (98) <b>Tc</b> TEHNECIJ	44 101.07 <b>Ru</b> RUTENIJ	45 102.91 <b>Rh</b> RODIJ	46 106.42 <b>Pd</b> PALADIJ	47 107.87 <b>Ag</b> SREBRO	48 112.41 <b>Cd</b> KADMIJ	49 114.82 <b>In</b> INDIJ	50 118.71 <b>Sn</b> KOSITAR	51 121.76 <b>Sb</b> ANTIMON	52 127.60 <b>Te</b> TELURIJ	53 126.90 <b>I</b> JOD	54 131.29 <b>Xe</b> KSENON												
5	55 132.91 <b>Cs</b> CEZIJ	56 137.33 <b>Ba</b> BARIJ	57-71 <b>La-Lu</b> Lantanoidi	72 178.49 <b>Hf</b> HAFNIJ	73 180.95 <b>Ta</b> TANTAL	74 183.84 <b>W</b> VOLFRAM	75 186.21 <b>Re</b> RENIJ	76 190.23 <b>Os</b> OSMIJ	77 192.22 <b>Ir</b> IRIDIJ	78 195.08 <b>Pt</b> PLATINA	79 196.97 <b>Au</b> ZLATO	80 200.59 <b>Hg</b> ŽIVA	81 204.38 <b>Tl</b> TALIJ	82 207.2 <b>Pb</b> OLOVO	83 208.98 <b>Bi</b> BIZMUT	84 (209) <b>Po</b> POLONIJ	85 (210) <b>At</b> ASTAT	86 (222) <b>Rn</b> RADON												
6	87 (223) <b>Fr</b> FRANCIJ	88 (226) <b>Ra</b> RADIJ	89-103 <b>Ac-Lr</b> Aktinoidi	104 (267) <b>Rf</b> RUTHERFORDIJ	105 (268) <b>Db</b> DUBNIJ	106 (271) <b>Sg</b> SEABORGIJ	107 (272) <b>Bh</b> BOHRIJ	108 (277) <b>Hs</b> HASSIJ	109 (276) <b>Mt</b> MEITNERIJ	110 (281) <b>Ds</b> DARMSTADTIJ	111 (280) <b>Rg</b> RENDGENIJ	112 (285) <b>Cn</b> KOPERNICIJ	113 (...) <b>Uut</b> UNUNTRIJ	114 (287) <b>Ff</b> FLEROVIJ	115 (...) <b>Uup</b> UNUNPENTIJ	116 (291) <b>Lv</b> LIVERMORIJ	117 (...) <b>Uus</b> UNUNSEPTIJ	118 (...) <b>Uuo</b> UNUNOKTIJ												

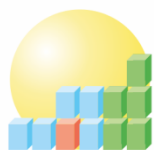


Metali: Alkalijski metali, Zemnoalkalijski metali, Prijelazni metali, Lantanoidi, Aktinoidi

Polumetali

Nemetali: Halkogeni elementi, Halogeni elementi, Plemeniti plinovi

AGREGATNO STANJE (25 °C; 101 kPa):  
Ne - plinovito, Fe - čvrsto, Hg - tekuće, Tc - sintetski



www.periodni.com

## LANTANOIDI

57 138.91 <b>La</b> LANTAN	58 140.12 <b>Ce</b> CERIJ	59 140.91 <b>Pr</b> PRASEODIMIJ	60 144.24 <b>Nd</b> NEODIMIJ	61 (145) <b>Pm</b> PROMETIJ	62 150.36 <b>Sm</b> SAMARIJ	63 151.96 <b>Eu</b> EUROPIJ	64 157.25 <b>Gd</b> GADOLINIJ	65 158.93 <b>Tb</b> TERBIJ	66 162.50 <b>Dy</b> DISPROZIJ	67 164.93 <b>Ho</b> HOLMIJ	68 167.26 <b>Er</b> ERBIJ	69 168.93 <b>Tm</b> TULIJ	70 173.05 <b>Yb</b> ITERBIJ	71 174.97 <b>Lu</b> LUTECIJ
----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

## AKTINOIDI

89 (227) <b>Ac</b> AKTINIJ	90 232.04 <b>Th</b> TORIJ	91 231.04 <b>Pa</b> PROTAKTINIJ	92 238.03 <b>U</b> URANIJ	93 (237) <b>Np</b> NEPTUNIJ	94 (244) <b>Pu</b> PLUTONIJ	95 (243) <b>Am</b> AMERICIJ	96 (247) <b>Cm</b> KURIJ	97 (247) <b>Bk</b> BERKELIJ	98 (251) <b>Cf</b> KALIFORNIJ	99 (252) <b>Es</b> EINSTEINIJ	100 (257) <b>Fm</b> FERMIJ	101 (258) <b>Md</b> MENDEVIJ	102 (259) <b>No</b> NOBELIJ	103 (262) <b>Lr</b> LAWRENCIJ
----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

(1) Atomic Weights of the Elements 2007, Pure Appl. Chem., 81, No. 11, 2131-2156 (2009)

Copyright © 2013 Eni Generalić