



OSNOVE FIZIKALNE KEMIJE

UVOD

Nositelji : izv. prof. dr. sc. Josip Požar
 (pozar@chem.pmf.hr, soba 230)

 prof. dr. sc. Vladislav Tomišić
 (vtomisic@chem.pmf.hr, soba 211)

Izvođač : dr. sc. Andrea Usenik
 (ausenik.chem@pmf.hr, soba 218)

Asistent : Franka Sunjka, univ. mag. chem.
 (fsunjka.chem@pmf.hr, soba 218)

Nastava i materijali

- Predavanja i seminari: **četvrtkom 8:15–10:00 h**
 - Predavaonica A1, Kemijski odsjek, Horvatovac 102a
 - Platforma **MS Teams** – materijali za kolegij
- Praktikum: utorak i srijeda 8–12 h
 - **prostorija 206/II**, Kemijski odsjek, Horvatovac 102a
 - Raspored studenata po turnusima bit će objavljen na oglasnoj ploči ZFK i na MS Teams

Polaganje ispita

- Kolokviji (2) ili pismeni ispit
- Usmeni ispit
- Dokument s uputama dostupan na MS Teams:

Upute za pristupanje kolokvijima (2) i pismenom ispitu:

- Na ispit trebate ponijeti **prazne papire, milimetarski papir, pribor za pisanje i kalkulator.**
- Ispite možete rješavati olovkom ili kemijskom olovkom, a konačni rezultati i odgovori moraju biti ispisani (ili zaokruženi) kemijskom olovkom.
- Od dozvoljenih materijala smijete ponijeti **jedan A4 papir s rukom ispisanim formulama koji potpisan predajete s ispitom.**
- Svi papiri koje predajete moraju biti potpisani. **Nečitko napisani i prekriženi rezultati i postupci neće biti bodovani.**
- Vrijeme pisanja **kolokvija je 90 minuta, a pismenog ispita 120 minuta.**

Polaganje ispita

Rezultati kolokvija i pismenog ispita

Kolokviji i pismeni ispiti sastoje se od tri zadatka (svaki zadatak nosi 10 bodova) i ocjenjuju se na sljedeći način:

REZULTAT	OCJENA
50–64 %	2
65–79 %	3
80–89 %	4
90–100 %	5

Studenti koji ostvare ≥ 60 % **na oba kolokvija** oslobođeni su od pismenog dijela ispita i mogu pristupiti usmenom ispitu. Pismeni ispit položen putem kolokvija vrijedi za sve izlaske na usmeni ispit do ponovnog upisa kolegija.

Studenti koji ostvare ≥ 50 % **na pismenom ispitu** mogu pristupiti usmenom ispitu. Položen pismeni ispit vrijedi za jedan izlazak na usmeni ispit.

OSNOVNI PRAKTIKUM FIZIKALNE KEMIJE

Općenite informacije

Ove je upute potrebno ponijeti na OPFK i koristiti prilikom izvođenja vježbi.

Osnovni praktikum fizikalne kemije

MATERIJALI I PRIPREMA

- **SKRIPTA**

- Dostupna na platformi MS Teams
- Skripta se mogu posuditi na revers – **zabranjeno pisanje i šaranje!**

- **BILJEŽNICA ZA PISANJE REFERATA**

- A4 format

- **PRIBOR ZA IZRADU REFERATA**

- PRIBOR ZA PISANJE, KALKULATOR, RAVNALO/TROKUT, ŠKARE, LJEPILO

- **KUTA, ZAŠTITNE NAOČALE**

- Kuta mora tijekom praktikuma biti zakopčana, a zaštitne naočale se koriste za cijelo vrijeme boravka u laboratoriju

NAPOMENA: u laboratoriju nije dozvoljeno nositi obuću otvorenog tipa (sandale, ...) odnosno odjeću koja otkriva noge zbog opasnosti od ozljeda i opekline.

Osnovni praktikum fizikalne kemije

POHAĐANJE VJEŽBI

- **Studenti na vježbe trebaju doći u točno zakazanom vremenu** (nema akademske četvrti)
- **Nadoknade** moguće isključivo u slučaju opravdanog izostanka
 - U vezi izostanaka kontaktirati dr. sc. Usenik **prije početka praktikuma** na ausenik.chem@pmf.hr
 - Za termin nadoknade studenti se trebaju **osobno obratiti tehničarkama ZFK u vrijeme održavanja praktikuma** (vidljivo na oglasnoj ploči ispred 206/207)
- Studentima koji na Praktikum kasne ili dolaze bez potrebnih materijala bit će uskraćena mogućnost provođenja planirane vježbe u tom terminu.

Osnovni praktikum fizikalne kemije

NAČIN RADA U PRAKTIKUMU

- Asistent specificira zadatak vježbe
- **Ulazni kolokvij (OCJENA)**
- Upoznavanje s korištenim uređajima, planiranje mjerenja i izračun potrebnih podataka
- Mjerenje i obrada podataka
- **Pisanje izvješća (OCJENA)**

Osnovni praktikum fizikalne kemije

PISANJE IZVJEŠĆA

TABLICE

- Opis tablice sažeto, ali iscrpno opisuje proučavani sustav
- Označavanje stupaca:

Oznaka fizikalne veličine / mjerna jedinica

- Primjer:

Tablica 1. Elektromotivnost kombinirane elektrode (staklena i Ag/AgCl/3 mol dm⁻³ KCl) u ovisnosti o pH komercijalnih pufera pri 25 °C.

pH	E / mV
2,0	227,0
4,0	114,2

NASLOV VJEŽBE

DATUM

ZADATAK

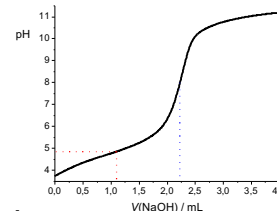
- Prema dogovoru s asistentom (skripta)

EKSPERIMENTALNI DIO

- Eksperimentalni podaci i račun

Tablica 1. _____

pH	E / mV
...	...
...	...



Slika 1. _____

REZULTATI

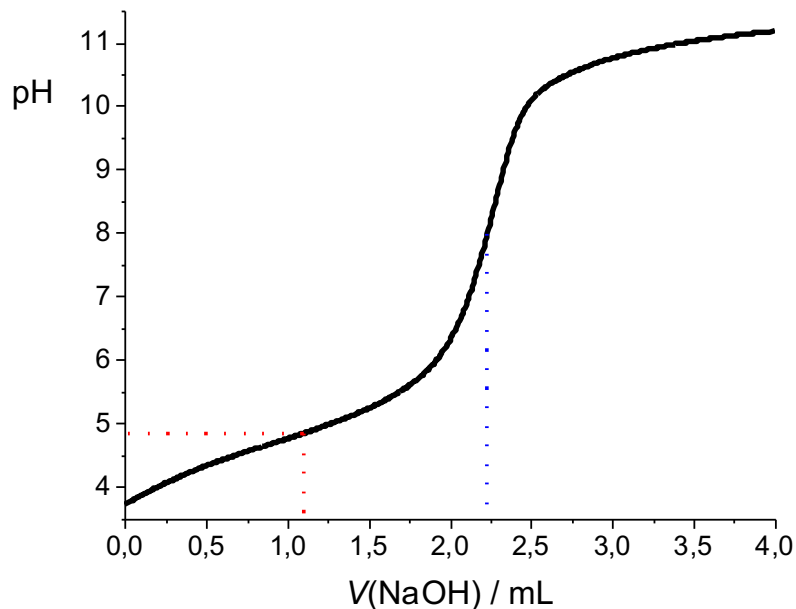
- Objedniti najvažnije rezultate i zaključke

Osnovni praktikum fizikalne kemije

PISANJE IZVJEŠĆA

SLIKE

- Opis slike sažeto, ali iscrpno opisuje proučavani sustav



Slika 1. Potenciometrijska titracija octene kiseline ($c \approx \dots$, $V = \dots$) natrijevom lužinom ($c = \dots$) pri 25 °C.

DATUM

NASLOV VJEŽBE

ZADATAK

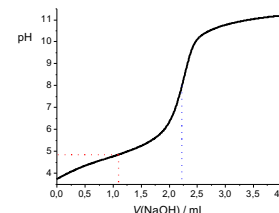
- Prema dogovoru s asistentom (skripta)

EKSPERIMENTALNI DIO

- Eksperimentalni podaci i račun

Tablica 1. _____

pH	E / mV
...	...
...	...



Slika 1. _____

REZULTATI

- Objedniti najvažnije rezultate i zaključke

Osnovni praktikum fizikalne kemije

ZNANSTVENI ZAPIS BROJA

BROJ

$$c = 0,000123 \text{ mol dm}^{-3}$$

TABLIČNI PRIKAZ:



$c / \text{mol dm}^{-3}$	$10^4 c / \text{mol dm}^{-3}$
0,000123	1,23
0,000789	7,89
0,00123	12,3
0,00789	78,9



ZNANSTVENI ZAPIS BROJA

$$c = 1,23 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

ZNAČAJNE ZNAMENKE

ponoviti određivanje broja ZZ i
zaokruživanje

POGREŠNO OČITANJE IZ TABLICE:

~~$$c = 1,23 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$(c = 12300 \text{ mol dm}^{-3})$$~~

Osnovni praktikum fizikalne kemije

ZNANSTVENI ZAPIS BROJA

BROJ

$$c = 0,000123 \text{ mol dm}^{-3}$$

ZNANSTVENI ZAPIS BROJA

$$c = 1,23 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

Z: Koliko iznosi ravnotežna konstanta ionizacije octene kiseline u vodi pri 25 °C?

Koncentracijska konstanta ravnoteže ionizacije nekih kiselina u vodi

(prema H. S. Harned and B. B. Owen, *The Physical Chemistry of Electrolytic Solutions*, Reinhold, New York, 1943.)

$\theta/^{\circ}\text{C}$		5	10	15	20	25	30	35
mravlja	$\frac{10^4 K}{\text{mol dm}^{-3}}$	1,691	1,728	1,749	1,765	1,772	1,768	1,747
octena	$\frac{10^5 K}{\text{mol dm}^{-3}}$	1,700	1,729	1,745	1,753	1,754	1,750	1,728
propionska	$\frac{10^5 K}{\text{mol dm}^{-3}}$	1,305	1,326	1,336	1,338	1,336	1,326	1,310

$$10^5 \frac{K_a}{\text{mol dm}^{-3}} = 1,754 \xrightarrow[\times \text{mol dm}^{-3}]{\times 10^{-5}} K_a = 1,754 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

Osnovni praktikum fizikalne kemije

DIMENZIJSKA ANALIZA

Umnožak mjernih jedinica s obje strana jednačbe mora biti isti!

Beer-Lambertov zakon $A = \varepsilon l c$

Poznato: $[A] = \left[\log \frac{\phi_0}{\phi} \right] = 1$ $[l] = \text{cm}$
 $[c] = \text{mol dm}^{-3}$

Nepoznato: $[\varepsilon] = ?$

$$[A] = [\varepsilon l c] = [\varepsilon][l][c] \quad [\varepsilon] = \frac{[A]}{[c][l]} = \frac{1}{\text{mol dm}^{-3} \text{cm}} = \text{mol}^{-1} \text{dm}^3 \text{cm}^{-1}$$

Osnovni praktikum fizikalne kemije

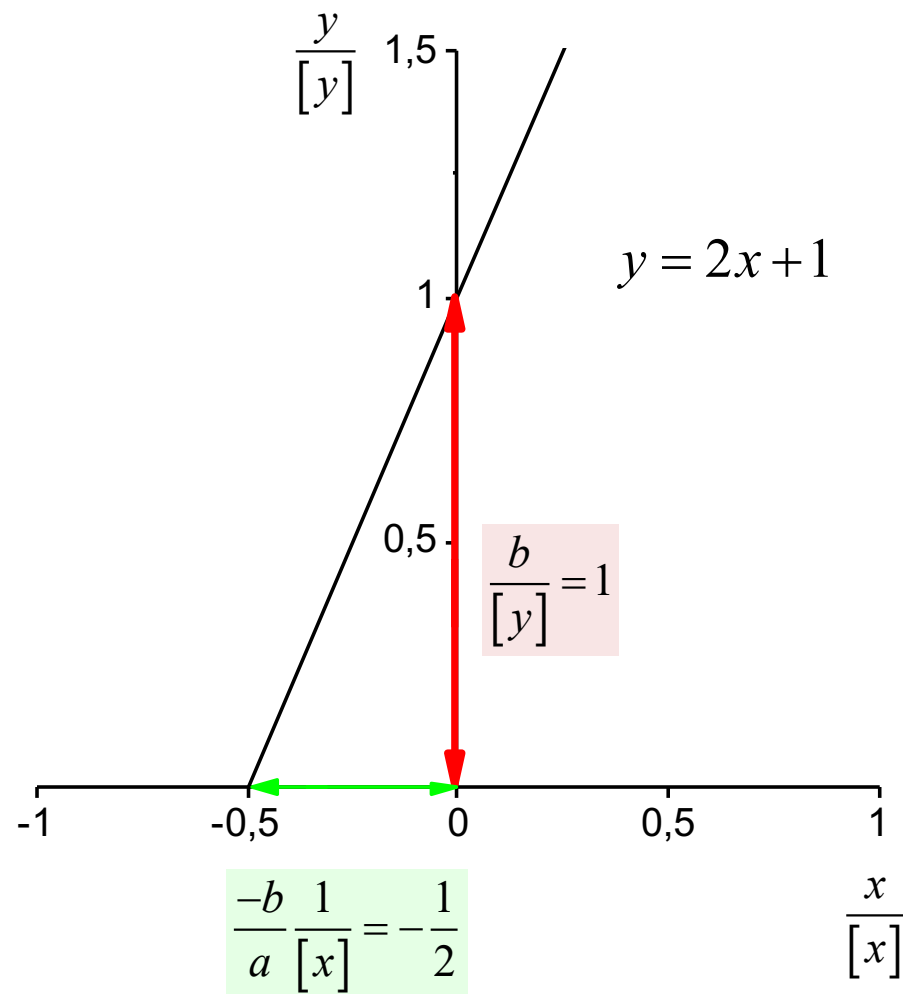
JEDNADŽBA PRAVCA

$$y = ax + b$$

a = nagib pravca

b = odsječak na osi y ($x = 0$)

$-\frac{b}{a}$ = odsječak na osi x ($y = 0$)



Osnovni praktikum fizikalne kemije

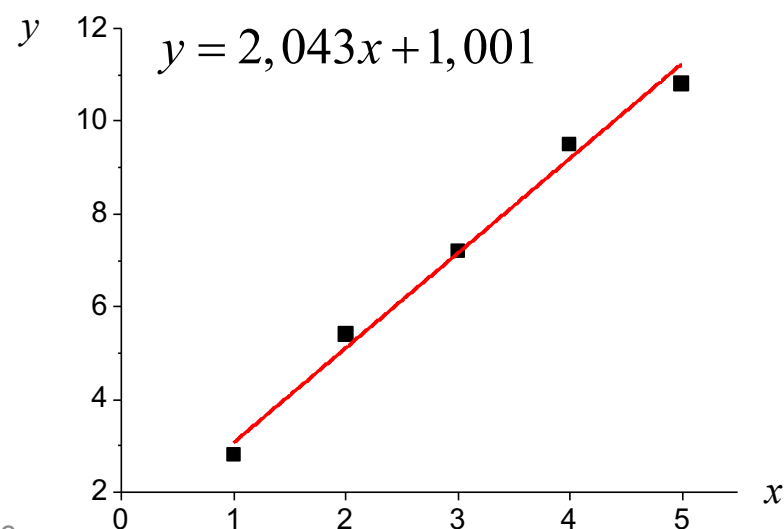
JEDNADŽBA PRAVCA KROZ DVIJE TOČKE

TOČKA 1: (x_1, y_1)

TOČKA 2: (x_2, y_2)

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1)$$

Odabir najboljih točaka: točke na pravcu koji najbolje opisuje dobivene podatke (prema nacrtanom grafičkom prikazu).



U ovom primjeru x i y su bezdimenzijske veličine:

$$[x] = [y] = 1$$

Osnovni praktikum fizikalne kemije

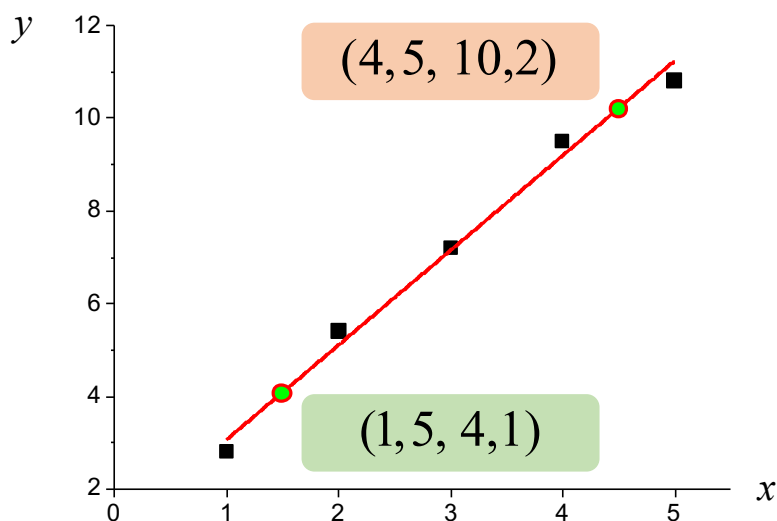
JEDNADŽBA PRAVCA KROZ DVIJE TOČKE

TOČKA 1: (x_1, y_1)

TOČKA 2: (x_2, y_2)

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1)$$

Odabir najboljih točaka: točke na pravcu koji najbolje opisuje dobivene podatke (prema nacrtanom grafičkom prikazu).



$$y - 4,1 = \frac{10,2 - 4,1}{4,5 - 1,5} (x - 1,5)$$

$$y = \frac{6,1}{3} (x - 1,5) + 4,1$$

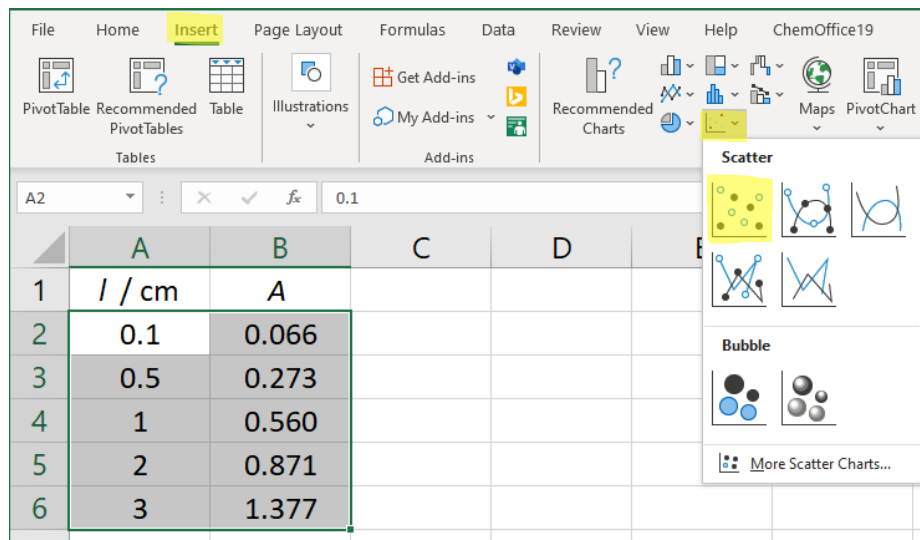
$$y = 2,03x - 3,05 + 4,1$$

$$y = 2,03x - 1,05$$

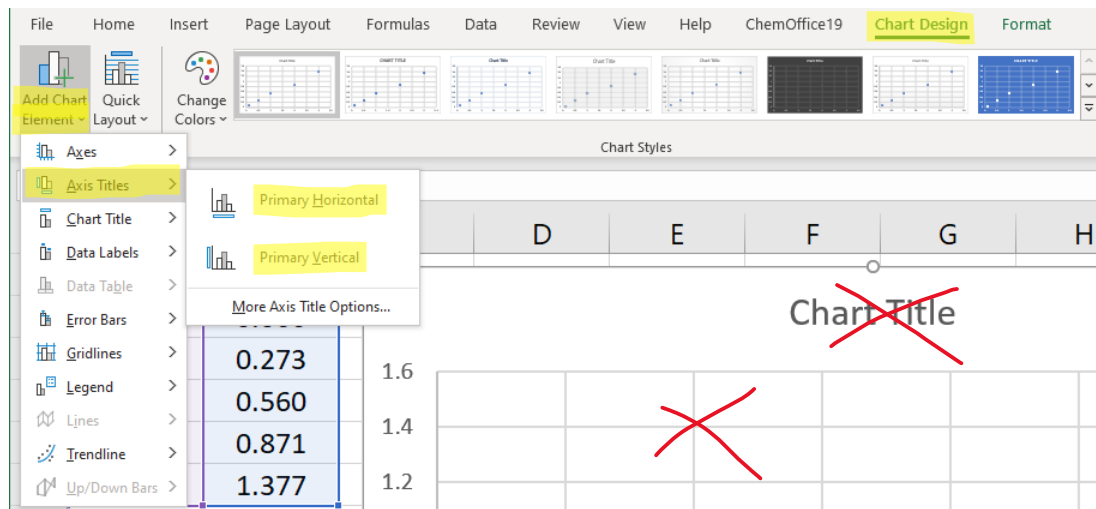
Osnovni praktikum fizikalne kemije

LINEARNA REGRESIJSKA ANALIZA (EXCEL)

1. DODAVANJE GRAFA



2. OZNAKE OSI

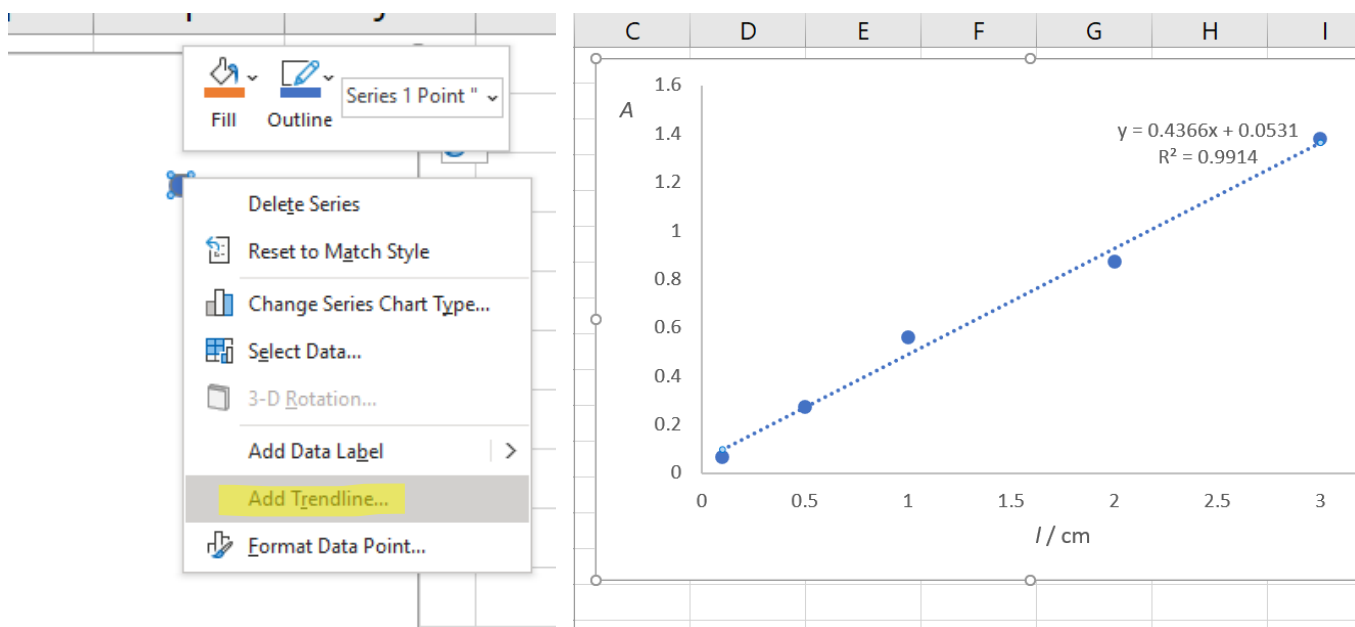


Osnovni praktikum fizikalne kemije

LINEARNA REGRESIJSKA ANALIZA (EXCEL)

3. LINEARNA REGRESIJA

Desni klik na točku – Add Trendline...



Format Trendline

Trendline Options

Trendline Options

- ☐ Exponential
- ☒ Linear
- ☐ Logarithmic
- ☐ Polynomial Order 2
- ☐ Power
- ☐ Moving Average Period 2

Trendline Name

☒ Automatic Linear (Series1)

☐ Custom

Forecast

Forward 0.0 period

Backward 0.0 period

☐ Set Intercept 0.0

☒ Display Equation on chart

☒ Display R-squared value on chart

OSNOVNI PRAKTIKUM FIZIKALNE KEMIJE

Pregled vježbi

Osnovni praktikum fizikalne kemije

KONDUKTOMETRIJA II

Relevantne fizikalne veličine:

OTPOR
VODIČA

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

R = električki otpor, Ω
 ρ = električka otpornost, $\Omega \text{ cm}$
 l = razmak elektroda, cm
 A = ploština elektroda. cm^2

VODLJIVOST

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \frac{S}{l} = \kappa \frac{S}{l}$$

G = električka vodljivost, $\text{S} = \Omega^{-1}$
 κ = električka provodnost, S cm^{-1}

KONSTANTA
KONDUKTOMETRIJSKE
ĆELIJE

$$K_{\text{cell}} = \frac{l}{S}$$

K_{cell} = konstanta konduktometrijske ćelije, cm^{-1}

MOLARNA
PROVODNOST

$$\Lambda = \frac{\kappa}{c}$$

Λ = molarna provodnost, $\text{S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$

Osnovni praktikum fizikalne kemije

KONDUKTOMETRIJA II

KOHLRAUSCHOV ZAKON (jaki elektroliti):

$$\underbrace{\Lambda}_y = \underbrace{\Lambda_0}_b - \underbrace{b}_a \underbrace{\sqrt{c}}_x \qquad \Lambda_0(M_m A_a) = m \lambda_0(M^{z_m}) + a \lambda_0(A^{z_a})$$

DIMENZIJSKA ANALIZA:

$$\begin{aligned} [\Lambda] &= [\Lambda_0] - b [\sqrt{c}] & [\Lambda] &= [\Lambda_0] = \text{S cm}^2 \text{ mol}^{-1} \\ & & [\sqrt{c}] &= \text{mol}^{\frac{1}{2}} \text{ dm}^{-\frac{3}{2}} \\ [b] &= \frac{[\Lambda]}{[\sqrt{c}]} = \text{S cm}^2 \text{ mol}^{-1} \text{ mol}^{-\frac{1}{2}} \text{ dm}^{\frac{3}{2}} \\ & & &= \text{S cm}^2 \text{ mol}^{-\frac{3}{2}} \text{ dm}^{\frac{3}{2}} \end{aligned}$$

Osnovni praktikum fizikalne kemije

KONDUKTOMETRIJA II

OSTWALDOV ZAKON (slabi elektroliti):

$$\underbrace{\frac{1}{\Lambda}}_y = \underbrace{\frac{1}{\Lambda_0}}_b + \underbrace{\frac{1}{\Lambda_0^2 K}}_a \underbrace{\kappa}_x$$

DIMENZIJSKA ANALIZA:

$$\frac{[\kappa]}{[\Lambda_0]^2 [K]} = \frac{\text{S cm}^{-1}}{(\text{S cm}^2 \text{ mol}^{-1})^2 (\text{mol cm}^{-3})}$$

Osnovni praktikum fizikalne kemije

KONDUKTOMETRIJA II

BOCA ŠTRCALJKA: ispravno korišćenje

**NE DODIRIVATI DRUGE POVRŠINE VRHOM
(KLJUNOM) BOCE**

Ispiranje ćelija/elektroda

NE URANJATI VRH (KLJUN) BOCE U TIKVICE

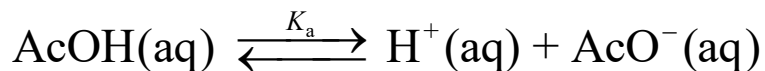
Nadopunjavanje odmjernih tikvica
(prisloniti na kažiprst ruke u kojoj je tikvica)



Osnovni praktikum fizikalne kemije

POTENCIOMETRIJA I + II

Ravnoteža disocijacije octene kiseline (AcOH) u vodi:



HENDERSON-HASSELBACH

$$K_a(\text{AcOH}) = \frac{[\text{H}^+][\text{AcO}^-]}{[\text{AcOH}]} \xrightarrow{-\log} \text{p}K_a = \text{pH} - \log \frac{[\text{AcO}^-]}{[\text{AcOH}]}$$

$\text{p}K_a \equiv -\log\left(\frac{K_a}{\text{mol dm}^{-3}}\right)$; $\text{pH} \approx -\log\left(\frac{[\text{H}^+]}{\text{mol dm}^{-3}}\right)$

RAVNOTEŽNE KONCENTRACIJE KOMPONENTI PUFERA?

$$[\text{AcO}^-] = [\text{NaOAc}] = \frac{n_{\text{eq}}(\text{NaOAc})}{V_{\text{uk}}} = \frac{c_0(\text{NaOAc}) \times V(\text{NaOAc})}{V_{\text{uk}}}$$

$$[\text{AcOH}] = \frac{n_{\text{eq}}(\text{AcOH})}{V_{\text{uk}}} = \frac{c_0(\text{AcOH}) \times V(\text{AcOH})}{V_{\text{uk}}}$$

$$\frac{[\text{NaOAc}]}{[\text{AcOH}]} = \frac{\frac{c_0(\text{NaOAc}) \times V(\text{NaOAc})}{\cancel{V_{\text{uk}}}}}{\frac{c_0(\text{AcOH}) \times V(\text{AcOH})}{\cancel{V_{\text{uk}}}}} = \frac{c_0(\text{NaOAc}) \times V(\text{NaOAc})}{c_0(\text{AcOH}) \times V(\text{AcOH})}$$

Ako su ishodne otopine jednakih koncentracija

$$\frac{[\text{NaOAc}]}{[\text{AcOH}]} = \frac{\cancel{c_0(\text{NaOAc})} \times V(\text{NaOAc})}{\cancel{c_0(\text{AcOH})} \times V(\text{AcOH})}$$

$$\text{p}K_a = \text{pH} - \log \frac{V(\text{AcO}^-)}{V(\text{AcOH})}$$

Osnovni praktikum fizikalne kemije

POTENCIOMETRIJA I + II

Izračun volumena komponenti pufera (AcOH, NaOAc) za pripravu pufera zadanog pH:

$$c_0(\text{AcOH}) = c_0(\text{NaOAc}) = 1 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$V_{\text{uk}} = V(\text{AcOH}) + V(\text{NaOAc}) = 45 \text{ mL} \quad (V_{\text{odmjerna tikvica}} = 50 \text{ mL})$$

$$\text{pH} = 4,5$$

$$\text{p}K_a(\text{AcOH}) = 4,76$$

$$V(\text{AcOH}), V(\text{NaOAc}) = ?$$

$$\text{p}K_a = \text{pH} - \log \frac{V(\text{NaOAc})}{V(\text{AcOH})}$$

$$\log \frac{V(\text{NaOAc})}{V(\text{AcOH})} = \text{pH} - \text{p}K_a$$

$$\frac{V(\text{NaOAc})}{V(\text{AcOH})} = 10^{\text{pH} - \text{p}K_a} = 10^{4,5 - 4,76} = 0,55 \Rightarrow V(\text{NaOAc}) = 0,55 V(\text{AcOH})$$

$$\begin{aligned} V_{\text{uk}} &= 45 \text{ mL} = V(\text{NaOAc}) + V(\text{AcOH}) \\ &= 0,55 V(\text{AcOH}) + V(\text{AcOH}) \\ &= 1,55 V(\text{AcOH}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V(\text{AcOH}) &= \frac{45 \text{ mL}}{1,55} = 29 \text{ mL} \\ V(\text{NaOAc}) &= V_{\text{uk}} - V(\text{AcOH}) = 16 \text{ mL} \end{aligned}$$

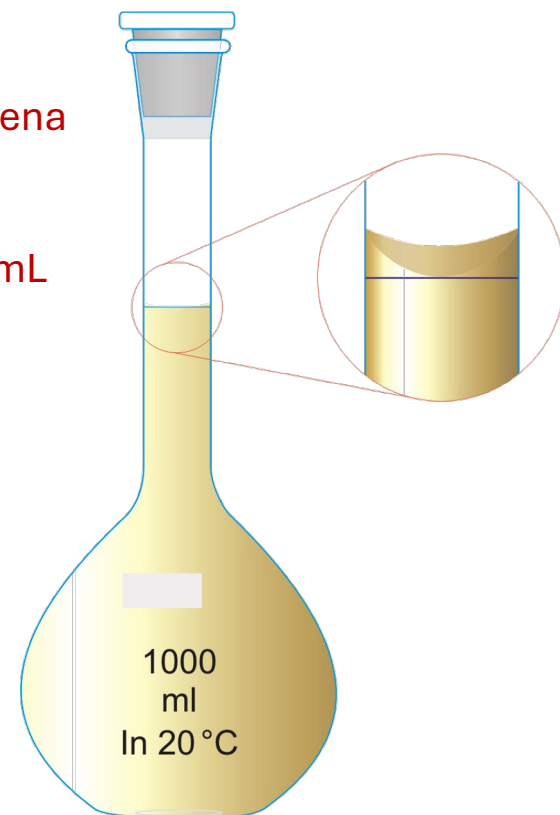
Osnovni praktikum fizikalne kemije

POTENCIOMETRIJA I + II

ISPRAVNA PRIPRAVA OTOPINA: odmjerne tikvice

PRIPREMA PUFERA:

1. Otpipetirati otopine NaOAc i AcOH u odmjernu tikvicu ($V = 50 \text{ mL}$)
 - Zbroj volumena NaOAc i AcOH mora biti manji od volumena tikvice kako bi se tikvica mogla pravilno nadopuniti do oznake
 - npr. za $V_{\text{tikvica}} = 50 \text{ mL} \rightarrow V_{\text{uk}} = V(\text{NaOAc}) + V(\text{AcOH}) = 45 \text{ mL}$
2. Nadopuniti do oznake destiliranom vodom (donji meniskus)



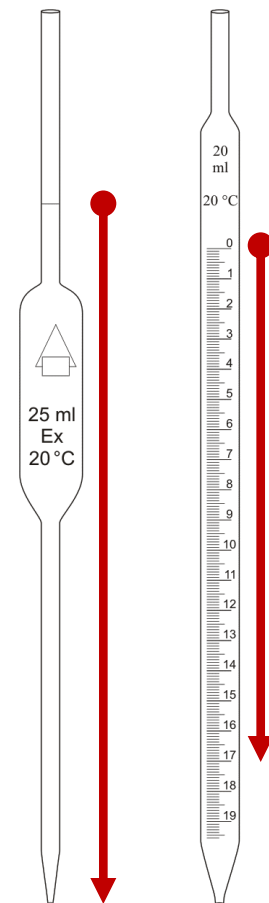
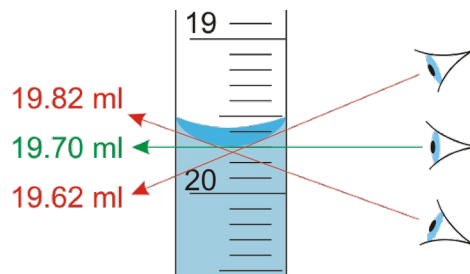
Osnovni praktikum fizikalne kemije

POTENCIOMETRIJA I + II

ISPRAVNO PIPETIRANJE: staklene pipete

TRBUŠASTA PIPETA:

1. Uvući tekućinu iznad oznake
2. Ispustiti tekućinu do oznake (donji meniskus)
3. Pipetu isprazniti do kraja (bez ispuhivanja zadnje kapi)



GRADUIRANA PIPETA:

1. Uvući tekućinu iznad oznake 0 mL
2. Ispustiti tekućinu do oznake 0 mL (donji meniskus)
3. Pipetu isprazniti do željenog volumena (npr. 17 mL) (bez ispuhivanja zadnje kapi)

GRADUIRANA PIPETA NE KORISTI SE ZA PIPETIRANJE VOLUMENA VEĆIH OD OZNAČENIH NA PIPETI
(maksimalno do zadnje oznake na pipeti – npr. za pipetu od 20 mL najčešće 18 ili 19 mL)

Osnovni praktikum fizikalne kemije

POTENCIOMETRIJA I + II

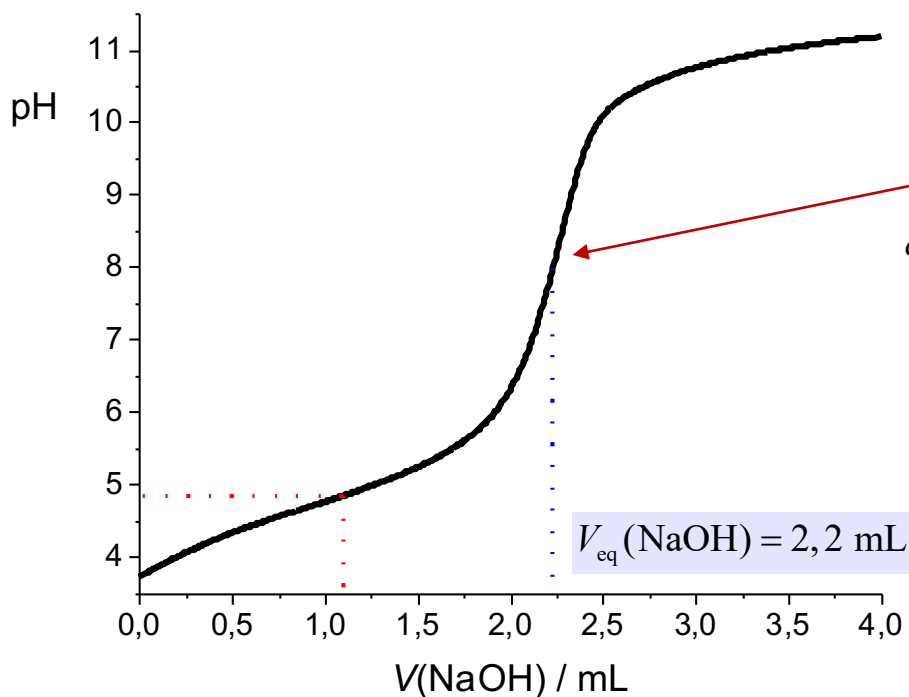
Titracija slabe kiseline jakim lužinom:

1. određivanje **koncentracije** slabe kiseline

$$V(\text{AcOH}) = 20 \text{ mL}$$

$$c_0(\text{AcOH}) \approx 1 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_0(\text{NaOH}) = 1 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$



U TOČKI EKVIVALENCIJE (T. E.):

$$c_0(\text{AcOH}) \times V_0(\text{AcOH}) = c_0(\text{NaOH}) \times V_{\text{eq}}(\text{NaOH})$$

$$c_0(\text{AcOH}) = \frac{c_0(\text{NaOH}) \times V_{\text{eq}}(\text{NaOH})}{V_0(\text{AcOH})}$$

$$V_{\text{eq}}(\text{NaOH}) = 2,2 \text{ mL}$$

Osnovni praktikum fizikalne kemije

POTENCIOMETRIJA I + II

Titracija slabe kiseline jakim lužinom:

2. određivanje pK_a vrijednosti slabe kiseline

$$V(\text{AcOH}) = 20 \text{ mL}$$

$$c_0(\text{AcOH}) \approx 1 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_0(\text{NaOH}) = 1 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$pK_a = \text{pH} - \log \frac{[\text{AcO}^-]}{[\text{AcOH}]}$$

KADA VRIJEDI $\text{pH} = pK_a$?

$$\log \frac{[\text{AcO}^-]}{[\text{AcOH}]} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{[\text{AcO}^-]}{[\text{AcOH}]} = 1$$

$$[\text{AcO}^-] = [\text{AcOH}]$$

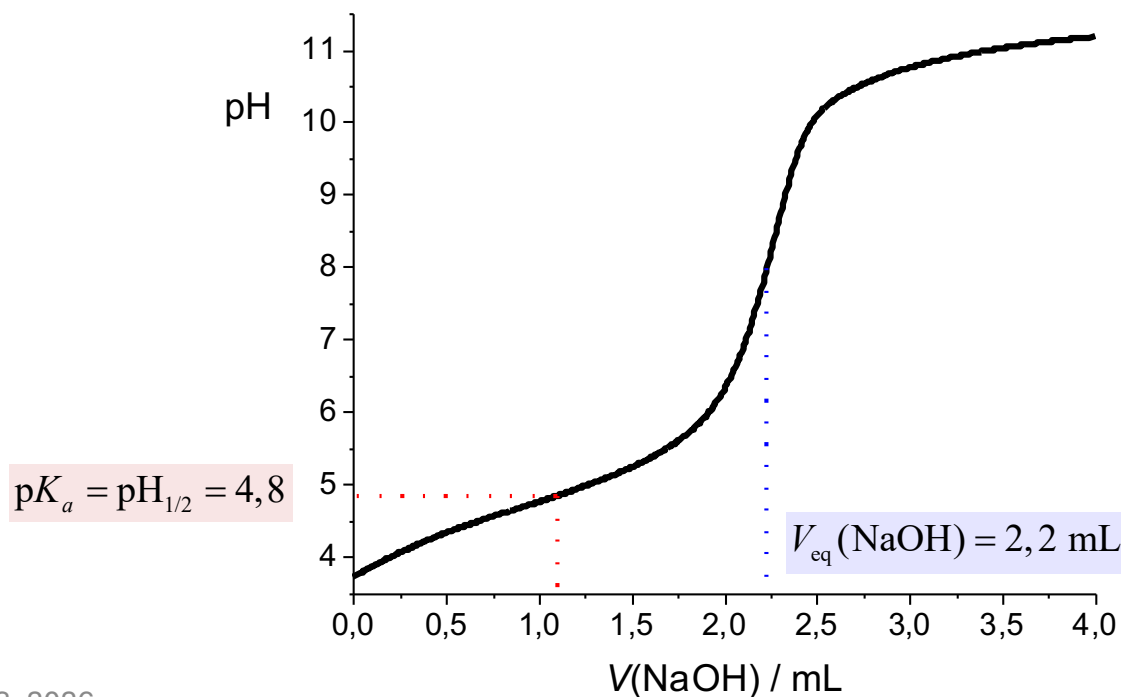
1. POČETAK TITRACIJE
SAMO AcOH

2. TOČKA EKVIVALENCIJE
SAMO NaOAc

IZMEĐU: 1/2 VOLUMENA EKVIVALENCIJE)
JEDNAKI UDJELI KOMPONENTI

$$pK_a = \text{pH}_{1/2}$$

$\text{pH}_{1/2}$ ODNOSI SE NA pH U $\frac{1}{2} V_{\text{eq}}$ 29



Osnovni praktikum fizikalne kemije

POTENCIOMETRIJA I + II

ISPRAVNO PIPETIRANJE: automatska pipeta

1. ISPUŠTANJE ZRAKA

PRITISNUTI DO 1. KOLJENA

2. UVLAČENJE TEKUĆINE

POLAKO OTPUSTITI DO KRAJA

3. ISPUŠTANJE TEKUĆINE

PRITISNUTI DO KRAJA (2. KOLJENA),
OTPUSTITI DO KRAJA



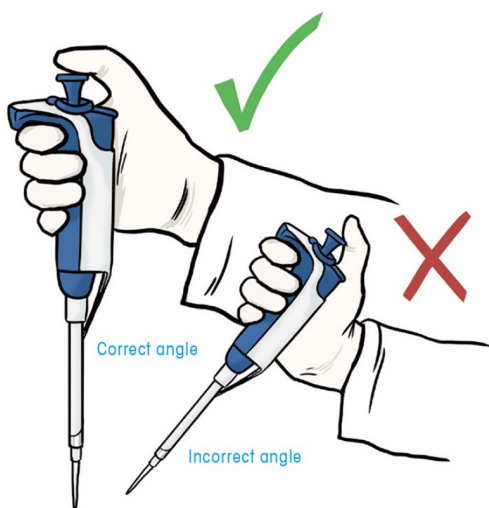
Osnovni praktikum fizikalne kemije

POTENCIOMETRIJA I + II

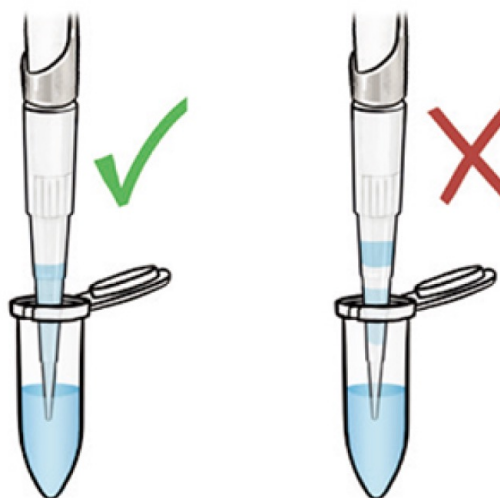
ISPRAVNO PIPETIRANJE: automatska pipeta

- Nastavak pipete je prije pipetiranja poželjno 2–3 puta isprati otopinom

PIPETIRATI VERTIKALNO
PIPETU NE OKRETATI NAOPAKO



PIPETIRATI POLAKO
BEZ UVLAČENJA MJEHURIĆA



NE PIPETIRATI BEZ NASTAVKA ZA PIPETU

Osnovni praktikum fizikalne kemije

SPEKTROFOTOMETRIJA

Beer-Lambertov zakon:

$$A = \varepsilon l c \qquad [\varepsilon] = \frac{[A]}{[c][l]} = \frac{1}{\text{mol dm}^{-3} \text{cm}} = \text{mol}^{-1} \text{dm}^3 \text{cm}^{-1}$$

Određivanje molarnog apsorpcijskog koeficijenta kalijevog permanganata u vodenoj otopini pri 25 °C:

Dvije varijable: duljina optičkog puta (l) i koncentracija (c)

$$\underbrace{A}_y = \underbrace{\varepsilon c}_a \underbrace{l}_x \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = \frac{a}{c} \qquad \underbrace{A}_y = \underbrace{\varepsilon l}_a \underbrace{c}_x \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = \frac{a}{l}$$

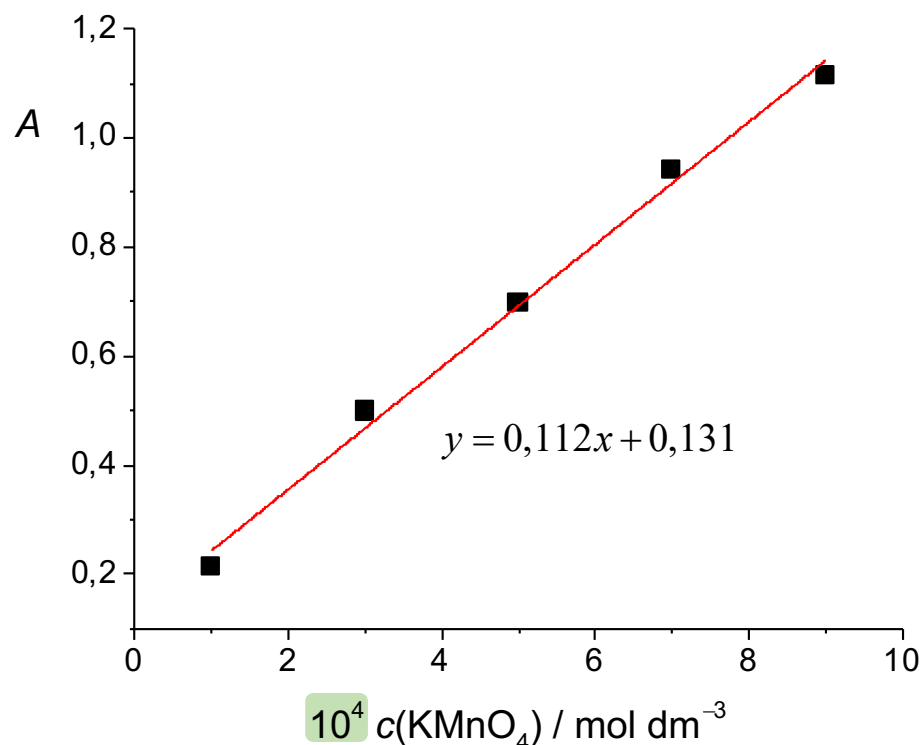
Osnovni praktikum fizikalne kemije

SPEKTROFOTOMETRIJA

Obrada podataka:

Ovisnost A o c

- Grafički prikaz: $A(c)$



$$l = 1 \text{ cm}$$

$$\text{nagib} = \frac{0,112 \times 10^4}{\text{mol dm}^{-3}} = \varepsilon l$$

$$\varepsilon = \frac{0,112 \times 10^4}{\text{mol dm}^{-3}} \frac{1}{1 \text{ cm}} = 1120 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

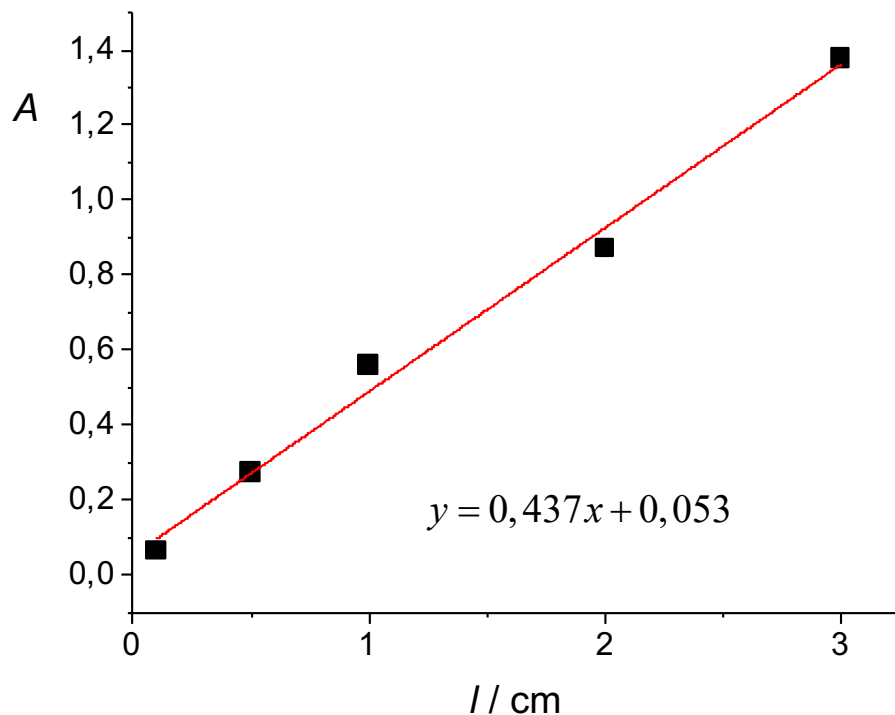
Osnovni praktikum fizikalne kemije

SPEKTROFOTOMETRIJA

Obrada podataka:

Ovisnost A o l

- Grafički prikaz: $A(l)$



$$c(\text{KMnO}_4) = 3 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{nagib} = \frac{0,437}{\text{cm}} = \varepsilon c$$

$$\varepsilon = \frac{0,437}{\text{cm}} \frac{1}{3 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}} = 1457 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

Obavezno navesti pri kojoj je valnoj duljini određen ε

Osnovni praktikum fizikalne kemije

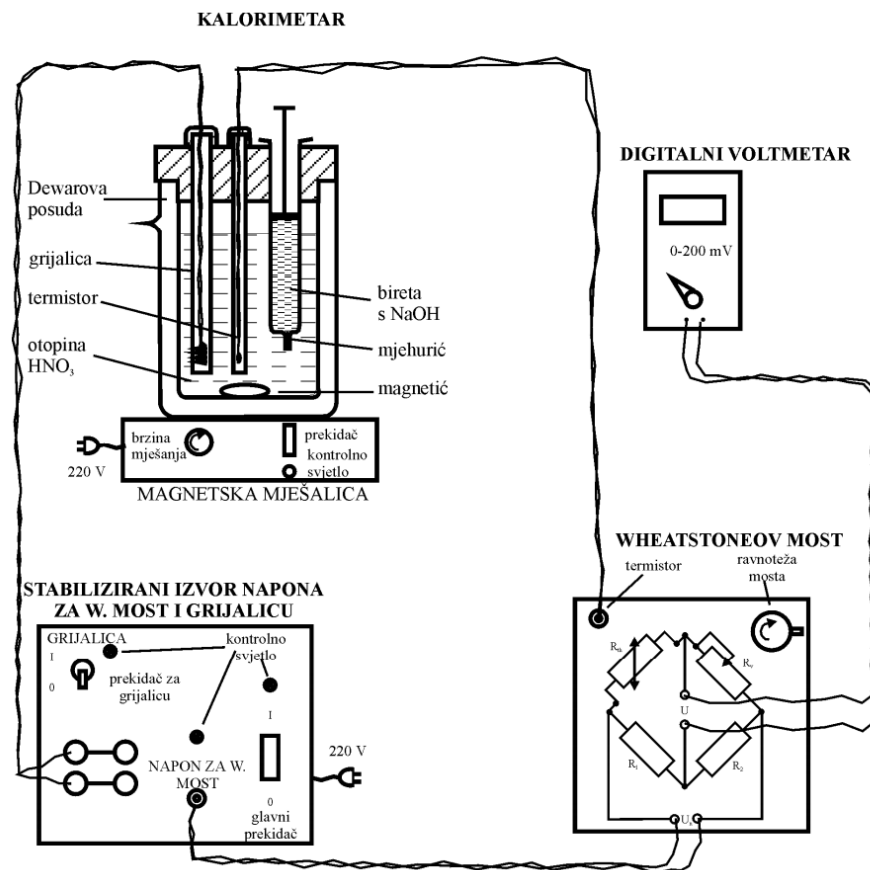
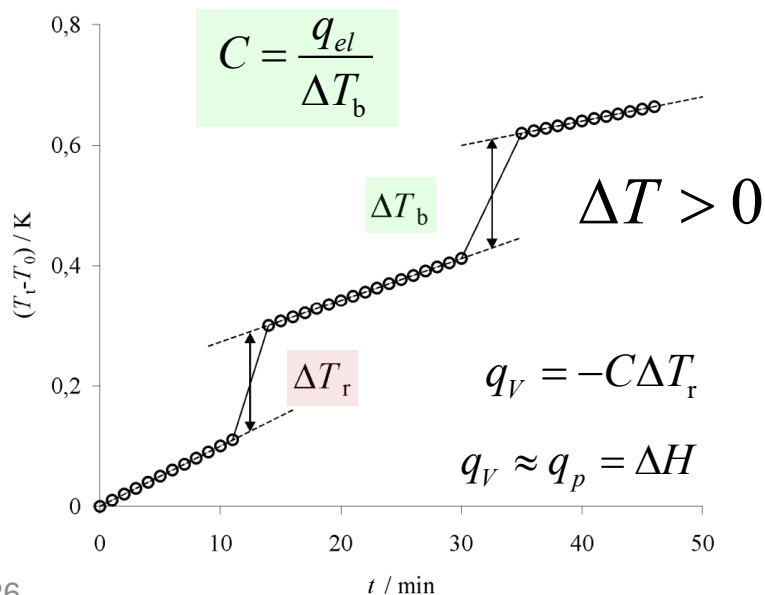
REAKCIJSKA KALORIMETRIJA

PISANJE REFERATA:

OVISNOST TEMPERATURE REAKCIJSKE SMJESE
O VREMENU

1. Određivanje toplinskog kapaciteta kalorimetra
2. Određivanje topline oslobođene uslijed reakcije

$$q_{el} = UIt = \frac{U^2 t}{R} = RI^2 t$$



C = toplinski kapacitet kalorimetra

Osnovni praktikum fizikalne kemije

REAKCIJSKA KALORIMETRIJA

PISANJE REFERATA:

OVISNOST TEMPERATURE REAKCIJSKE SMJESE
O VREMENU

1. Određivanje toplinskog kapaciteta kalorimetra
2. Određivanje topline oslobođene uslijed reakcije
3. Izračun reakcijske entalpije

$$q_p = -C\Delta T_r$$

$$\Delta_r H = \frac{\Delta H}{\Delta \xi} = \frac{q_p}{\Delta \xi}$$

$\Delta_r H < 0$ EGZOTERMNA REAKCIJA

$\Delta_r H > 0$ ENDOTERMNA REAKCIJA

DOSEG REAKCIJE

$$\Delta \xi = \frac{\Delta n_i}{\nu_i}$$

Δn_i = PROMJENA MNOŽINE VRSTE i

ν_i = STEHIOMETRIJSKI KOEFICIJENT VRSTE i

$$\Delta n_i, \nu_i \begin{cases} > 0 & \text{ZA PRODUKTE} \\ < 0 & \text{ZA REAKTANTE} \end{cases}$$

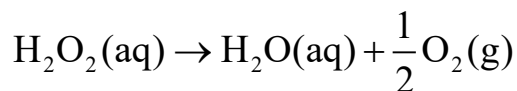
$$\Delta \xi = \frac{\Delta n(\text{HNO}_3)}{\nu_i(\text{HNO}_3)} = \frac{\Delta n(\text{NaOH})}{\nu_i(\text{NaOH})}$$

Mjerodavni reaktant određuje doseg reakcije

Osnovni praktikum fizikalne kemije

KEMIJSKA KINETIKA

PROVEDBA EKSPERIMENTA:



KONCENTRACIJE ISHODNIH OTOPINA:

$$c_0(\text{H}_2\text{O}_2) = 5 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_0(\text{KI}) = 4 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3} \text{ ili } 8 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$$

KOREKCIJA KONCENTRACIJA ZBOG RAZRJEĐENJA:

$$\left. \begin{array}{l} V(\text{H}_2\text{O}_2) = 40 \text{ mL} \\ V(\text{KI}) = 5 \text{ mL} \end{array} \right\} V_{\text{uk}} = 45 \text{ mL}$$

$$c(\text{H}_2\text{O}_2) = c_0(\text{H}_2\text{O}_2) \times \frac{V(\text{H}_2\text{O}_2)}{V_{\text{uk}}} = 4,44 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

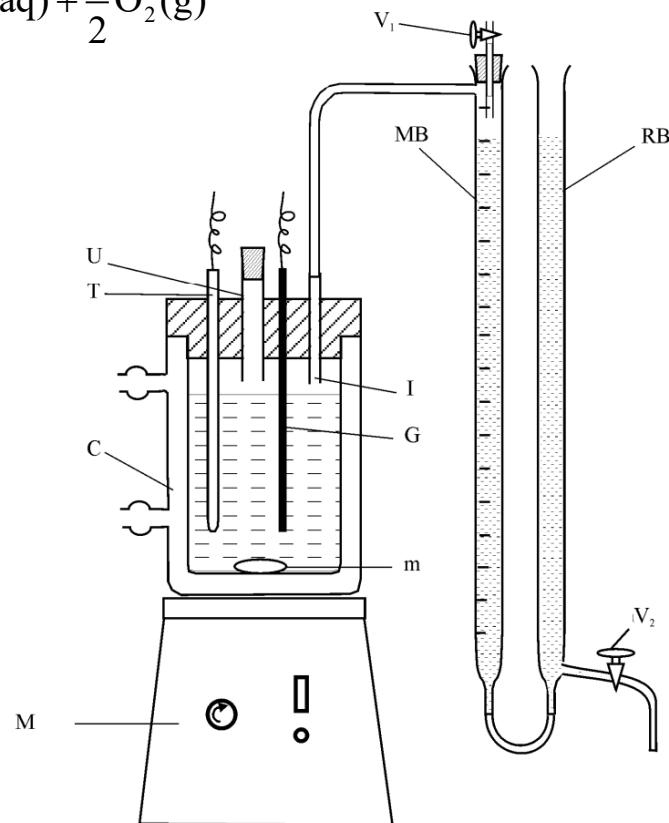
$$c(\text{KI}) = c_0(\text{KI}) \times \frac{V(\text{KI})}{V_{\text{uk}}} = 4,44 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \text{ ili } 8,89 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

IZRAČUN MAKSIMALNOG VOLUMENA RAZVIJENOG KISIKA

$$pV = nRT$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} n_0(\text{H}_2\text{O}_2) = c_0(\text{H}_2\text{O}_2)V(\text{H}_2\text{O}_2) = c(\text{H}_2\text{O}_2)V_{\text{uk}}$$

$$V_{\infty} = \frac{c_0(\text{H}_2\text{O}_2)V(\text{H}_2\text{O}_2)RT_{\text{sobna}}}{2p_{\text{atm}}} = \frac{c(\text{H}_2\text{O}_2)V_{\text{uk}}RT_{\text{sobna}}}{2p_{\text{atm}}}$$



Osnovni praktikum fizikalne kemije

KEMIJSKA KINETIKA

PISANJE REFERATA:

OVISNOST VOLUMENA RAZVIJENOG KISIKA O VREMENU

- Prikaz na milimetarskom papiru – grafički odrediti V_{∞}

ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA BRZINE ZA REAKCIJU RASPADA H_2O_2 UZ PRISUSTVO KATALIZATORA (KI)

- Graf na računalu (regresija) – nagib pravca:

$$\ln \left(\frac{V_{\infty}}{V_{\infty} - V_t} \right) = kt$$

TEMPERATURNNA OVISNOST KOEFICIJENTA BRZINE

- Energija aktivacije (nagib), predeksponencijalni faktor (odsječak)

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

$$\ln \frac{k}{[k]} = \ln \frac{A}{[A]} - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T}$$

$$[k] = s^{-1} \quad \left[\frac{E_a}{RT} \right] = \frac{J \text{ mol}^{-1}}{J \text{ mol}^{-1} K^{-1} \times K} = 1 \Rightarrow$$

$$[A] = \left[\frac{k}{e^{-\frac{E_a}{RT}}} \right] = \frac{s^{-1}}{1} = s^{-1}$$

