

Osnove fizikalne kemije (Smjer: Molekularna biologija)

Uvod u Osnovni praktikum fizikalne
kemije

Nositelj kolegija i predavač:

- prof. dr. sc. Davor Kovačević

Seminar:

- dr.sc. Jasmina Jukić

e-mail: jjukic@chem.pmf.hr

Zavod za fizikalnu kemiju, 2. kat (soba 220)

- dr.sc. Tin Klačić

e-mail: tklacic@chem.pmf.hr

Pravila rada u Praktikumu fizikalne kemije

- pribor: kuta, zaštitne naočale, skripta, bilježnica A4 formata (po mogućnosti na kvadratiće), mm papir, kemijska olovka, ravnalo, ljepilo
- **Nema kašnjenja!**
- nadoknade (obično na kraju semestra); ukoliko se zna unaprijed datum izostanka (pregled, putovanje...), javiti se ranije tehničarkama i asistentu u praktikumu
- kolokvij - usmeni
- referat (izvještaj) – ukupno predviđeno vrijeme za vježbu i izvještaj: 4 sata
- **Ne može se započeti nova vježba bez ocijenjenog referata prethodne vježbe!**

- Osnovni dijelovi referata:

1) **Naslov vježbe i datum izvođenja**

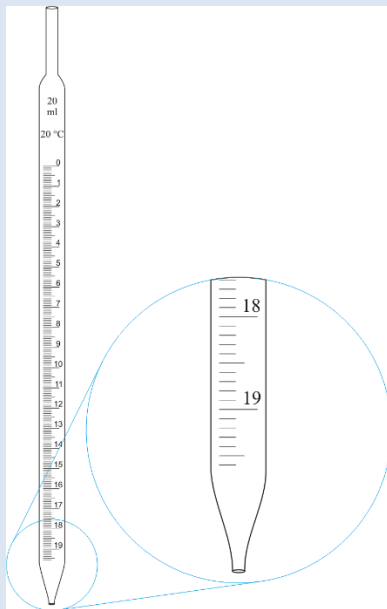
2) **Zadatak** (ne prepisati doslovno iz skripte – asistent u određenim vježbama treba zadati konkretne uvjete, npr. koncentracije)

3) **Eksperimentalni dio i obrada podataka** (svi potrebni računi, tablice s eksp. podacima, slike (grafički prikaz), određivanje fizikalnih veličina iz grafičkog prikaza)

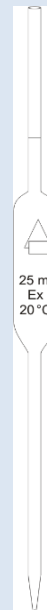
4) **Rezultati i zaključak** – samo traženi rezultati pri odgovarajućim uvjetima uz upotrebu odgovarajuće metode, komentari o mogućim pogreškama, usporedbe s teorijskim vrijednostima (ukoliko je moguće)

Priprema otopina

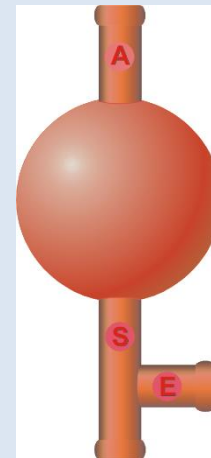
- u praktikumu FK: samo razrjeđivanje otopina
- za pripremu otopina: trbušasta/graduirana/automatska pipeta
- za titracije: automatska pipeta



a



b



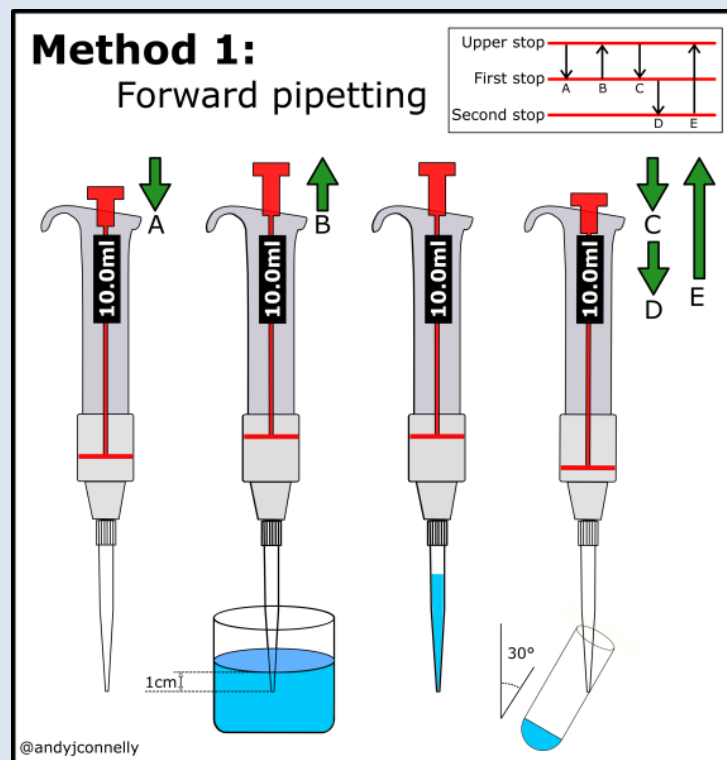
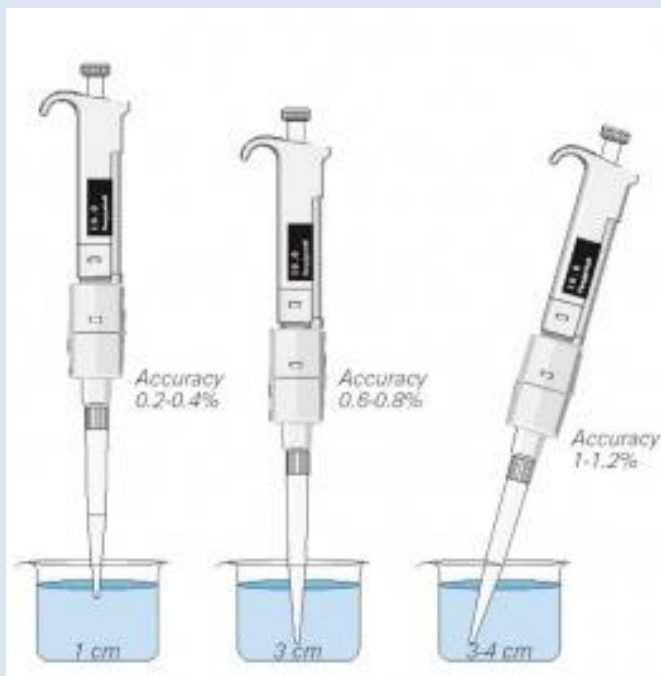
c

Slika 1. a) Graduirana (Mohrova) pipeta, b) trbušasta pipeta, c) propipeta.

E. Generalic, <https://glossary.periodni.com/glossary.php?en=graduated+pipette>

E. Generalic, <https://glossary.periodni.com/glossary.php?en=volumetric+pipette>

E. Generalic, <https://glossary.periodni.com/glossary.php?en=three-way+safety+bulb>



Slika 2. Upute za pipetiranje automatskom pipetom.

<https://solutions.pipette.com/proper-pipetting-resources/>

<https://andyjconnelly.wordpress.com/2017/02/12/practical-pipetting-a-guide/>

Prikupljanje rezultata

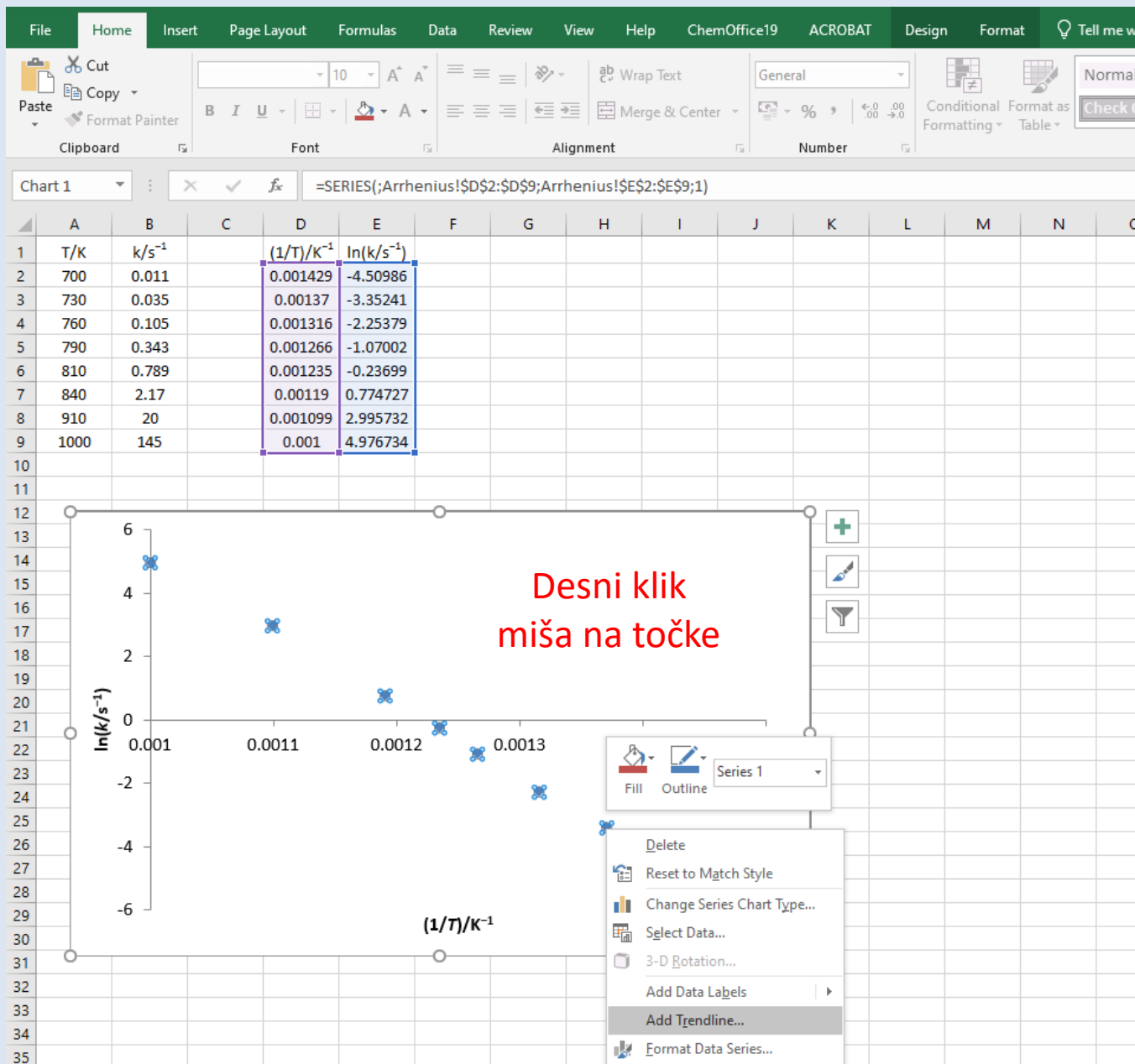
- tablice u izvještaju
- MS Excel



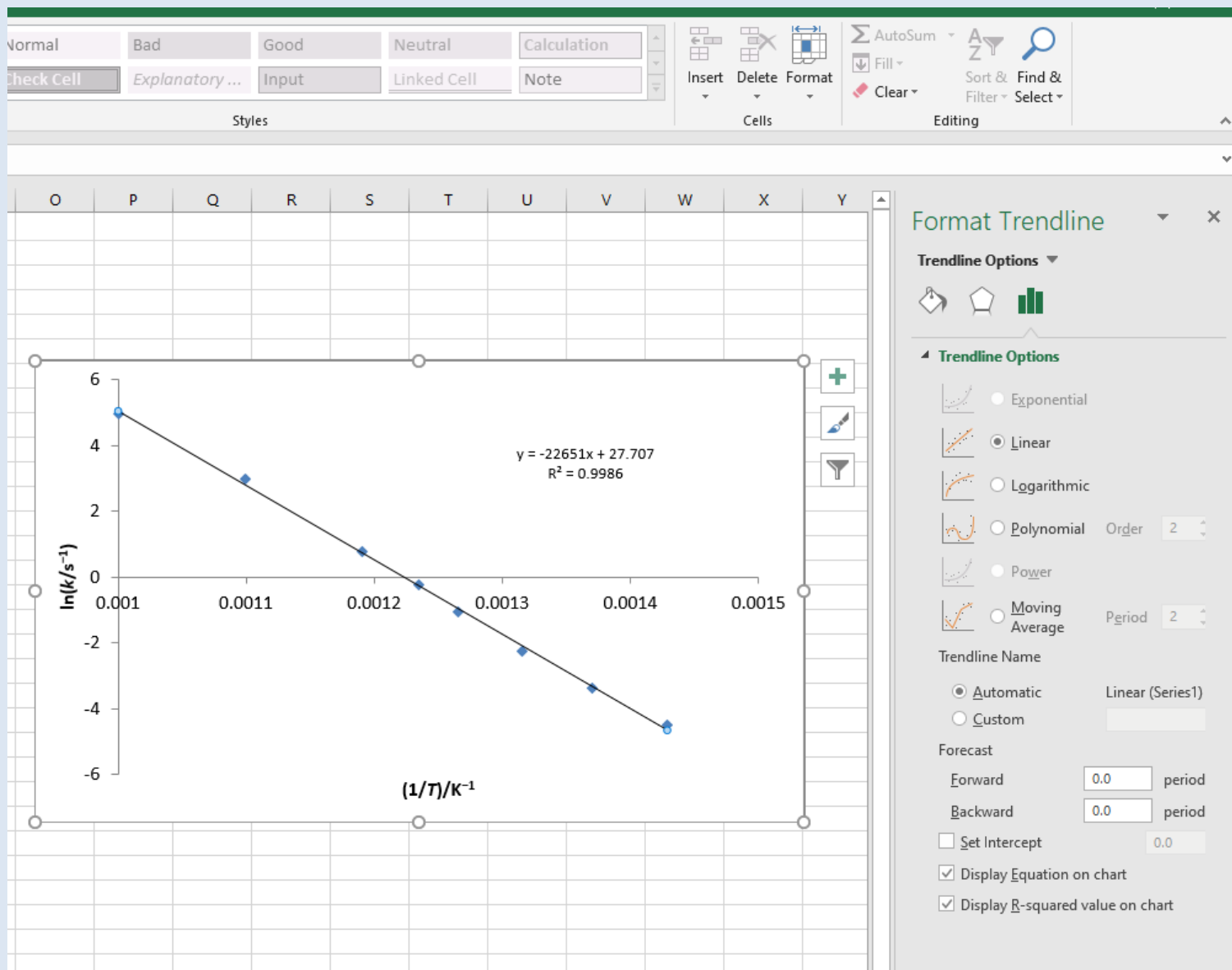
ponekad potrebni
dodatni računi prije graf.
prikaza

Grafički prikaz podataka

- mm (grafički) papir
- MS Excel grafički prikaz : uglavnom točkasti prikaz (eng. *scatter*)
- obrada obično iziskuje linearnu regresijsku analizu: dobivanje jednadžbe pravca
 - pomoću 2 točke iz prikaza na mm papiru
 - dodavanje crte trenda (eng. *trendline*) u MS Excel



Slika 3. Dodavanje crte trenda u programu MS Excel.

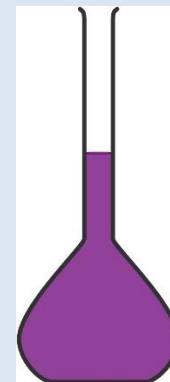


Slika 4. Biranje vrste crte trenda i dodavanje odgovarajuće jednačbe u programu MS Excel.

1. Pripremljeno je nekoliko vodenih otopina KMnO_4 različitih koncentracija. U kiveti duljine optičkog puta 1 cm pri temperaturi $25\text{ }^\circ\text{C}$ izmjerena je apsorbancija svake otopine pri valnoj duljini od 550 nm. Vrijednosti apsorbancija odgovarajućih otopina dane su u tablici 1. Odredite molarni apsorpcijski koeficijent KMnO_4 pri 550 nm koristeći grafički prikaz **apsorbancije prema koncentraciji** i jednadžbu pravca kroz dvije točke.

Tablica 1. Ovisnost apsorbancije vodene otopine KMnO_4 o koncentraciji pri valnoj duljini 550 nm, $\theta = 25\text{ }^\circ\text{C}$ i $l = 1\text{ cm}$

$c(\text{KMnO}_4)/\text{mol dm}^{-3}$	A
$2 \cdot 10^{-4}$	0,419
$4 \cdot 10^{-4}$	0,845
$6 \cdot 10^{-4}$	1,244
$8 \cdot 10^{-4}$	1,614



(SVRHA: upoznavanje s Beer-Lambertovim zakonom, grafički prikaz na mm papiru, određivanje jednadžbe pravca i račun odgovarajućih fizikalnih veličina iz parametara jednadžbe, ispravno imenovanje tablica i slika, mjerne jedinice)

BEER-LAMBERTOV ZAKON:

$$\textcircled{A} = \varepsilon \cdot l \cdot \textcircled{C}$$

Diagram illustrating the Beer-Lambert Law equation with units and variable dependencies:

- $\textcircled{A}$ (Absorbance) is dimensionless.
- ε (Molar absorptivity) has units $\text{mol}^{-1} \text{dm}^3 \text{cm}^{-1}$.
- l (Path length) has units cm .
- $\textcircled{C}$ (Concentration) has units mol dm^{-3} .

A prema c

Zavisna
varijabla, y

Nezavisna
varijabla, x

Jednadžba pravca kroz 2 točke:

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

Točka 1 (x_1, y_1)  (c_1, A_1)

Točka 2 (x_2, y_2)  (c_2, A_2)

Uvrštavanjem i sređivanjem izraza dobijemo jednadžbu oblika:

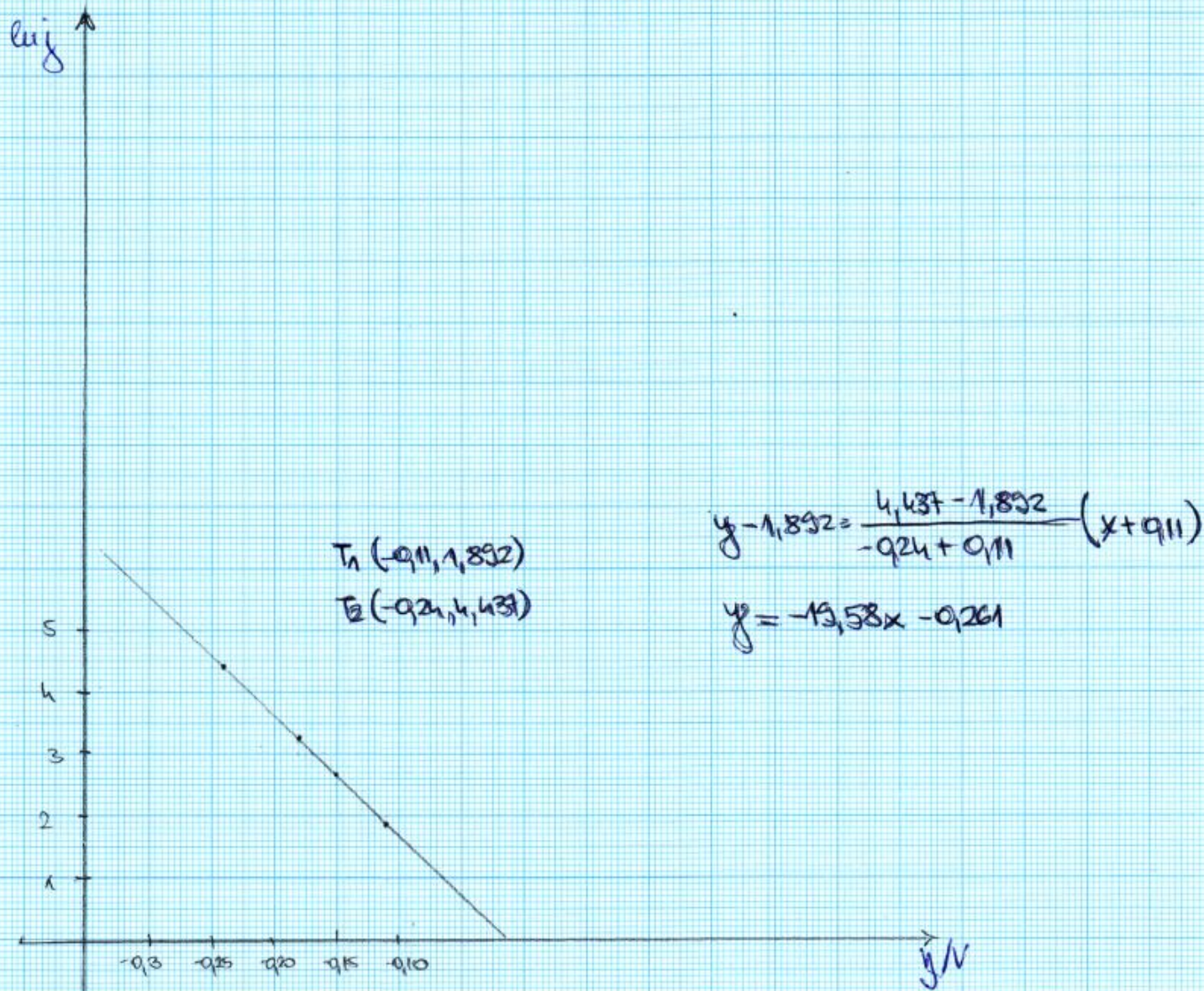
$$y = ax + b \quad \Rightarrow \quad \text{odsječak}$$



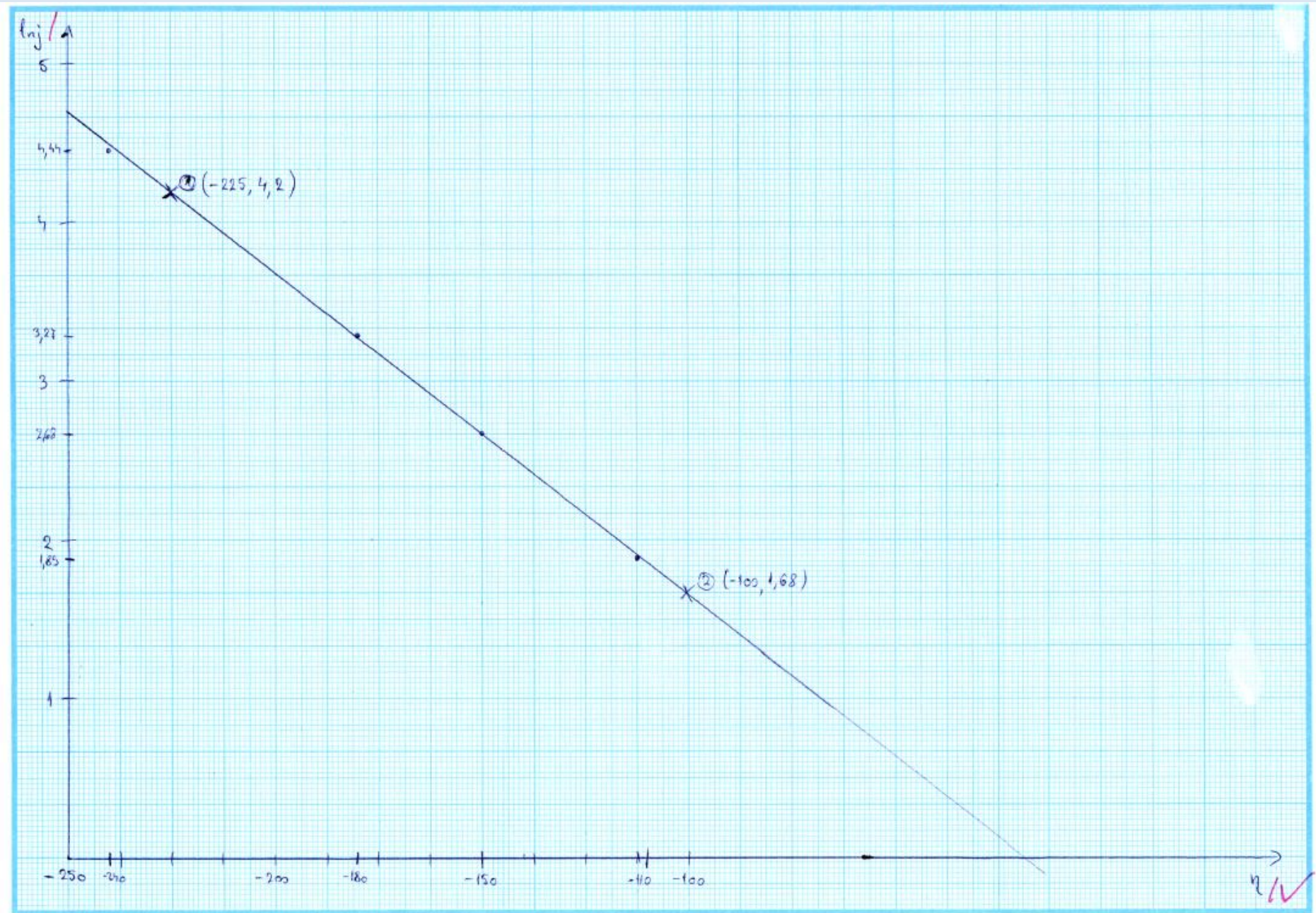
nagib
pravca

ILI

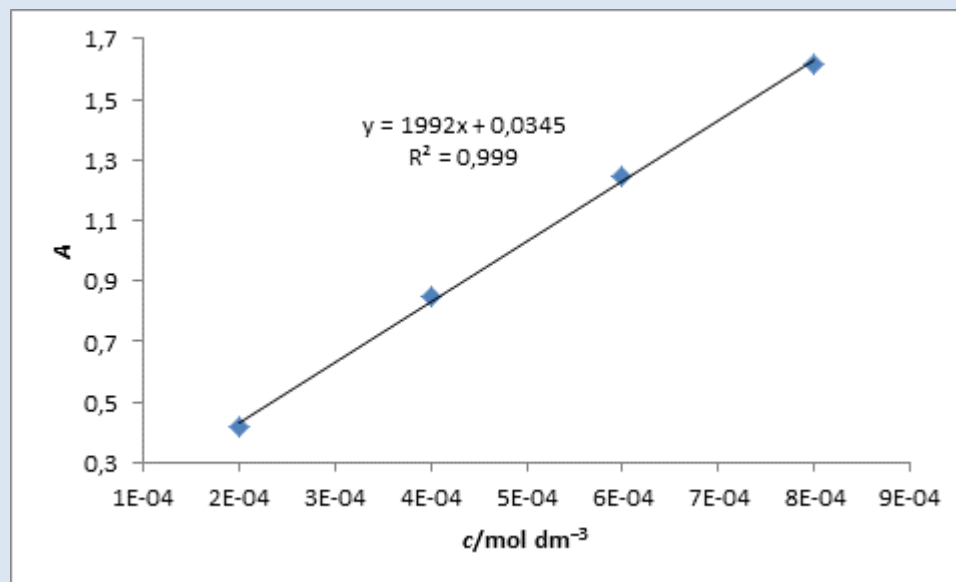
$$y = ax \quad \text{Pravac kroz ishodište}$$



Slika 5. Loša raspodjela podataka na mm papiru.



Slika 6. Dobra raspodjela podataka na mm papiru.

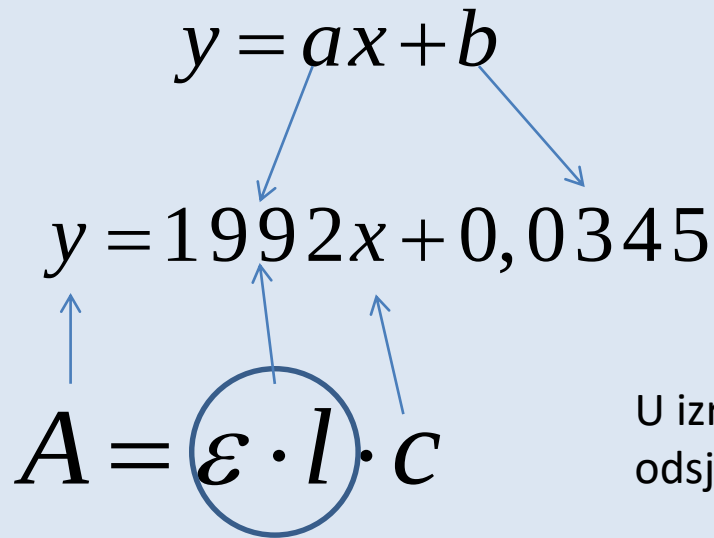


Slika 7. Ovisnost apsorbancije vodene otopine KMnO_4 o koncentraciji pri valnoj duljini 550 nm. $\theta = 25\text{ }^\circ\text{C}$, $l = 1\text{ cm}$.

III (ako su pripadajući podatci detaljno opisani u tablici)

Slika 7. Ovisnost apsorbancije o koncentraciji KMnO_4 prema podacima iz tablice 1.

Izračun vrijednosti fizikalnih veličina iz parametara jednadžbe pravca

$$y = ax + b$$
$$y = 1992x + 0,0345$$
$$A = \varepsilon \cdot l \cdot c$$


U izrazu BL zakona
odsječak je nula

Vrijednost koja se dobije
linearnom regresijom je
ovdje eksperimentalna
pogreška

$$\varepsilon \cdot l = 1992 \text{ mol}^{-1} \text{dm}^3$$

Još jedan način zapisa vrijednosti fizikalnih veličina u tablici ili na osima kod grafičkog prikaza:

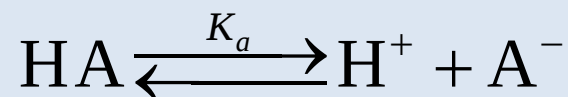
$10^4 \cdot c(\text{KMnO}_4)/\text{mol dm}^{-3}$
2
4
6
8

➡ preglednije, ALI voditi računa o stvarnim vrijednostima fizikalnih veličina

umjesto

$c(\text{KMnO}_4)/\text{mol dm}^{-3}$
$2 \cdot 10^{-4}$
$4 \cdot 10^{-4}$
$6 \cdot 10^{-4}$
$8 \cdot 10^{-4}$

2. Izračunajte volumene vodenih otopina **octene kiseline** i **natrijeva acetata** koje trebate pomiješati u odmjernoj tikvici od 25 mL tako da **pH** dobivenog pufera bude **5**. Koncentracije ishodnih otopina octene kiseline i natrijeva acetata su jednake i iznose **$0,1 \text{ mol dm}^{-3}$** . Konstanta ionizacije (K_a) octene kiseline pri 25 °C iznosi **$1,754 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$** .



Reakcije u otopinama kiselina i
odgovarajućih soli

Henderson-Hasselbalchova jednađba

$$\text{p}K_a = \text{pH} - \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$[\text{A}^-] = [\text{A}^-]_{\text{kiselina}} + [\text{A}^-]_{\text{sol}} \approx [\text{A}^-]_{\text{sol}} \approx [\text{MA}]_{\text{tot}}$$

$$[\text{A}^-]_{\text{kiselina}} \ll [\text{A}^-]_{\text{sol}}$$

$$[\text{HA}] \approx [\text{HA}]_{\text{tot}}$$

- obratiti pažnju na razliku **početne** koncentracije kiseline/soli i njihove **ravnotežne** koncentracije u smjesi (puferu)

Mjerenje pH

- Staklena + referentna elektroda = kombinirana elektroda
- pH metar



Slika 8. Uređaj za određivanje pH vrijednosti otopine.

- Baždarenje (kalibracija) pH elektrode – standardni puferi

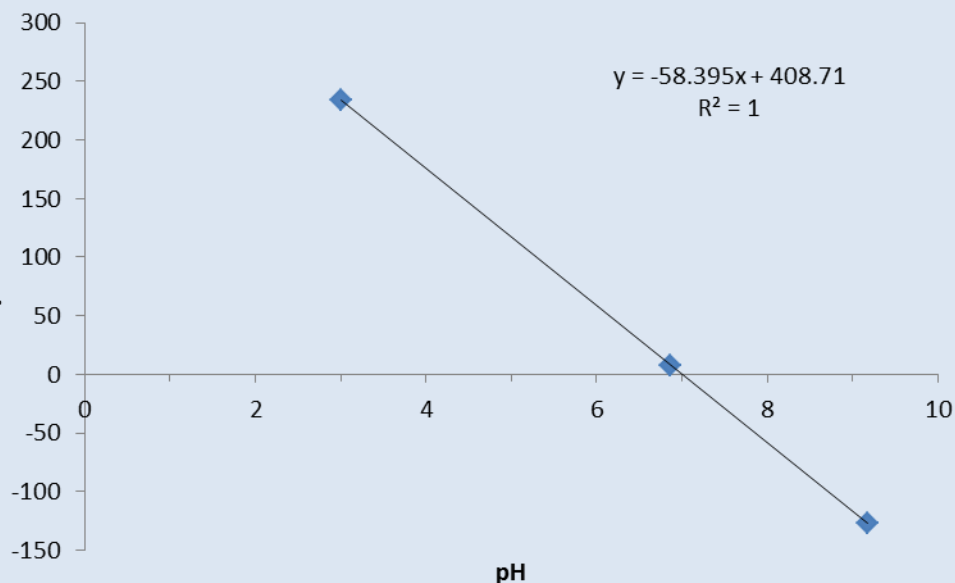
$$E_{MF} = E^{\ominus} - E_{ref} - \frac{RT \ln 10}{F} \text{pH}$$



Nernstov nagib:
- 0,0592 V (- 59,2 mV) pri 25 °C

eksperimentalno obično nešto manja
vrijednost – dozvoljeno odstupanje: $\pm 5 \%$
($\alpha = 0,95 - 1,05$)

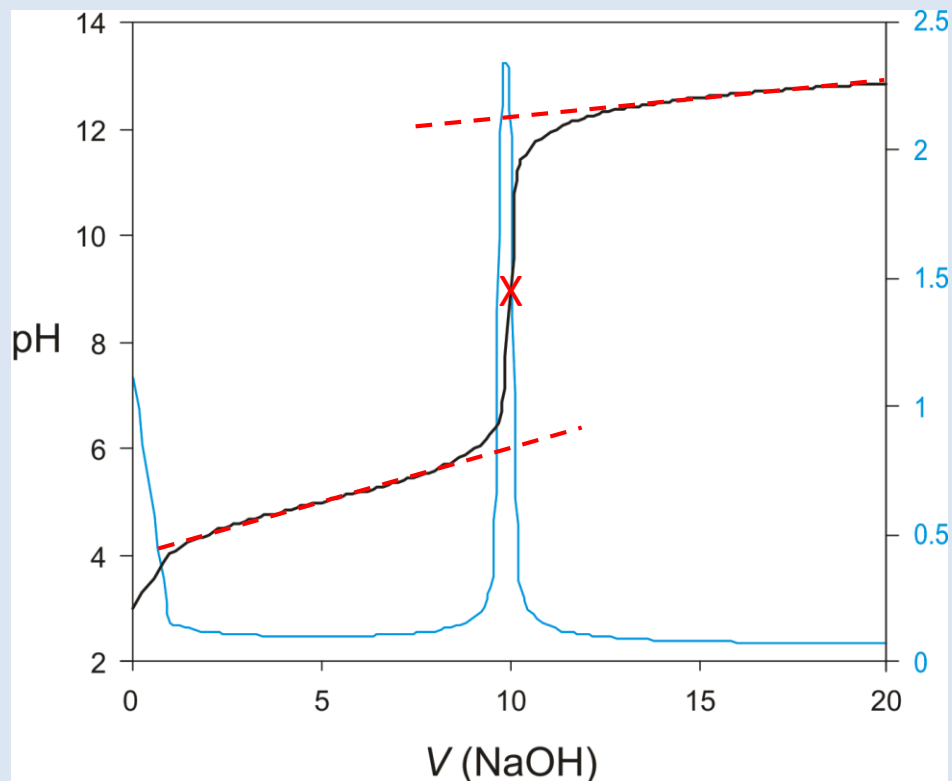
$$E_{MF} = E^{\ominus} - E_{ref} - \alpha \frac{RT \ln 10}{F} \text{pH}$$



Slika 9. Rezultat baždarenja kombinirane elektrode s tri standardna pufera.

Eksperimentalna vrijednost nagiba
koja se dobije baždarenjem (E vs. pH),
a ne računom!

Potenciometrijska titracija



Slika 10. Određivanje završne točke titracije iz grafičkog prikaza rezultata kiselinsko-bazne potenciometrijske titracije.