



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1973A -

ANNO: 2016

A P P U N T I

STUDENTE: Partiti Sofia

MATERIA: Chimica sperimentale per ingegneria - Prof. Penazzi

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

INDICE

- TITOLAZIONI ACIDO-BASE E DI OSSIDORIDUZIONE
TIT
29 aprile 2016
PAGINE: 4-8
- COMPORTAMENTO DI REAZIONI REDOX SECONDO LA SERIE
ELETTROCHIMICA DEI POTENZIALI DI ELETTRODO
SERIE
29 aprile 2016
PAGINE: 9-12
- DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA DUREZZA
DELLE ACQUE
DUR
06 maggio 2016
PAGINE: 13-15
- DETERMINAZIONE DEL TIPO DI METALLO ALCALINO IN UN
CARBONATO
CARBO
06 maggio 2016
PAGINE: 16-19
- ELETTROLISI DELL'ACQUA CON PRODUZIONE DI IDROGENO
E OSSIGENO
ELETTRO
13 maggio 2016
PAGINE: 20-22

TORINO, 29 APRILE 2016

TITOLAZIONI ACIDO-BASE E DI OSSIDORIDUZIONE (TIT)

I parte

1 Descrizione dell'esperienza

Determinazione del titolo di un acido forte (HCl) con una base forte (NaOH) e viceversa per verificarne la molarità.

Elenco dei reagenti:

- HCl acido cloridrico (o acido muriatico)
A temperatura ambiente: gas liquefatto incolore dall'odore pungente
Punto di fusione: $-114,22^{\circ}\text{C}$
Punto di ebollizione: $-85,05^{\circ}\text{C}$
Densità: $1,387\text{ g/cm}^3$
Acido monoprotico elogenidrico forte (costante di dissociazione $\sim 10^7$)
Buon conduttore in soluzione acquosa.
Sicurezza: corrosivo e irritante.
- NaOH idrossido di sodio (o soda caustica)
A temperatura ambiente: solido cristallino bianco
Punto di fusione: 323°C
Punto di ebollizione: 1390°C
Densità: $2,13\text{ g/cm}^3$
Base forte (costante di dissociazione $2,63 \cdot 10^2$)
Igroscopico
Dissoluzione in acqua fortemente esotermica
Sicurezza: corrosivo
- $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ fenolftaleina (in soluzione alcolica)
A temperatura ambiente: polvere cristallina bianca madre
Punto di fusione: 261°C
Densità: $0,89\text{ g/cm}^3$
Acido molto debole
Indicatore di pH (a pH $< 8,2$ è incolore; a pH $> 8,8$ impartisce un intenso color porpora alle soluzioni)
Sicurezza: tossico, nocivo, facilmente infiammabile.

Descrizione dell'apparato sperimentale

- buretta: strumento costituito da un tubo di vetro calibrato e dotato di un rubinetto di teflon nella parte finale. Viene riempito di titolante che tramite il rubinetto può essere introdotto per gocciolamento nella beuta. Presenta una scala graduata per leggere il volume del titolante utilizzato.
- beuta: recipiente generalmente graduato con base tronco-conica e collo cilindrico

REAZIONE



Fenolftaleina in alcool etilico

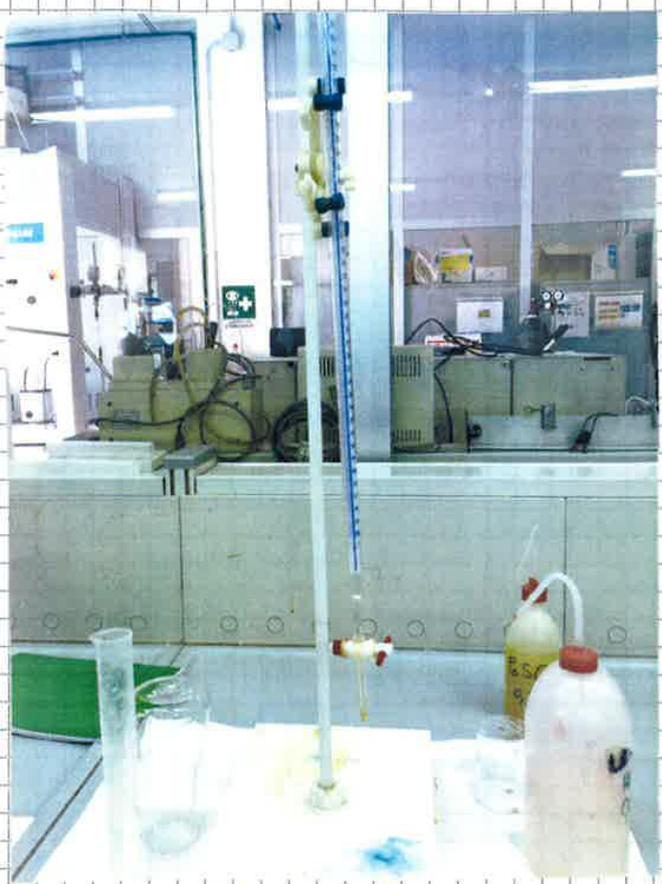
II parte

1 Abbiamo inserito $10 \pm 1 \text{ cm}^3$ di HCl $0,1 \text{ N}$ (misurati con un cilindro graduato) e due gocce di indicatore (fenolftaleina) in alcool etilico in una beuta, ponendola sotto una buretta a rubinetto chiuso.

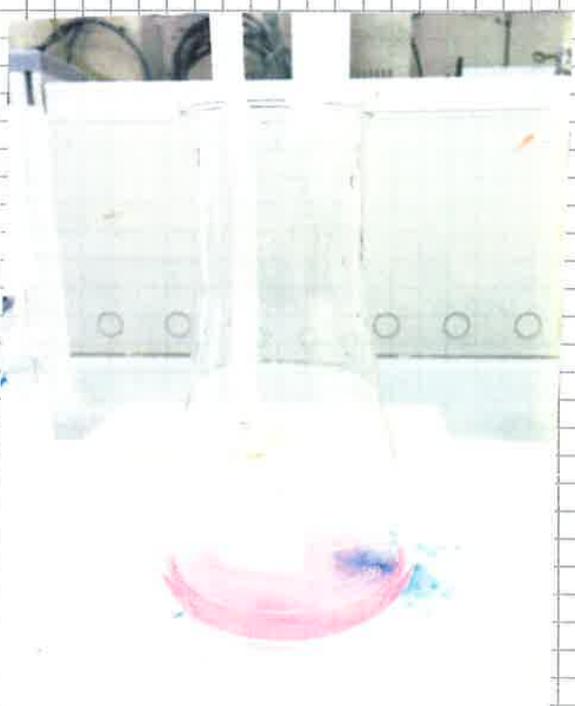
Abbiamo levato il cilindro graduato per successive misurazioni.

Abbiamo introdotto $10 \pm 1 \text{ cm}^3$ di NaOH $0,1 \text{ N}$ (misurati con il cilindro graduato) nella buretta.

Abbiamo iniziato a far scendere goccia a goccia il titolante (NaOH) nel titolato (HCl), agitando volta per volta la beuta, fino al raggiungimento del punto di viraggio (visibile grazie all'indicatore di pH che conferisce alla soluzione un colore rosa chiaro).



Apparato strumentale



Soluzione di HCl virata

Dopo 1 cm^3 di NaOH la soluzione è ancora incolore.

Dopo $1,5 \text{ cm}^3$ di NaOH si iniziano a vedere le prime sfumature rosa nel punto di cui la goccia di titolante cade, ma queste scompaiono agitando la beuta.

Dopo $2,9 \text{ cm}^3$ di NaOH la soluzione di HCl ha assunto una colorazione rosa (figura a sinistra), ma sapendo che il volume necessario alla titolazione era 10 cm^3 abbiamo proseguito fino ad esso.

Infine abbiamo lavato accuratamente tutta la strumentazione 3 volte con acqua distillata.

III parte

1 $pH\text{ beuta} = -\log[H_3O^+] = -\log(0,01) = 2$

Nella beuta: $40\text{ ml} \cdot 0,01\text{ N} = 0,4\text{ mmol}$ di acido

V di soluzione di NaOH ci permette di calcolare la concentrazione di H_3O^+ nella beuta (poiché n. equivalenti titolante = n. equivalenti titolato)

$V_{NaOH} \cdot 0,1\text{ eq/l} = 40\text{ cm}^3 \cdot 0,01\text{ eq/l}$

$[H_3O^+] = \frac{\text{mmol } H_3O^+}{\text{ml soluzione}} = \frac{0,4\text{ mmol} - (V_{NaOH} \cdot 0,1\text{ N})}{40\text{ ml} + V_{NaOH}}$

① $V_{NaOH} = 1\text{ cm}^3 \rightarrow [H_3O^+] = 7,3 \cdot 10^{-3}$

$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(7,3 \cdot 10^{-3}) = 2,1$

② $V_{NaOH} = 1,5\text{ cm}^3 \rightarrow [H_3O^+] = 6,0 \cdot 10^{-3} \rightarrow pH = -\log[H_3O^+] = 2,2$

③ $V_{NaOH} = 2,9\text{ cm}^3 \rightarrow [H_3O^+] = 2,6 \cdot 10^{-3} \rightarrow pH = -\log[H_3O^+] = 2,6$

Durante la fase sperimentale la soluzione nella beuta ha iniziato ad assumere una colorazione rosa dopo $2,9\text{ cm}^3$ di NaOH, ma conoscendo la concentrazione di entrambi i composti e il volume del titolante ci aspettavamo che il volume di NaOH necessario a titolare HCl fosse 4 cm^3 .

④ $V_{NaOH} = 3,8\text{ cm}^3 \rightarrow [H_3O^+] = 4,6 \cdot 10^{-4} \rightarrow pH = -\log[H_3O^+] = 3,34$

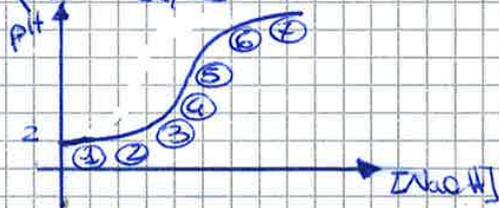
⑤ $V_{NaOH} = 4\text{ cm}^3 \rightarrow [H_3O^+] = 0 \rightarrow pH\text{ neutro} (= 7)$

Abbiamo calcolato i valori di pH successivi al viraggio per verificare l'andamento del grafico

⑥ $V_{NaOH} = 4,3\text{ cm}^3 \rightarrow [OH^-] = 6,8 \cdot 10^{-4} \rightarrow pH = 14 - pOH = 10,8$

⑦ $V_{NaOH} = 5\text{ cm}^3 \rightarrow [OH^-] = 2,2 \cdot 10^{-3} \rightarrow pH = 14 - pOH = 11,35$

Si nota che a concentrazioni di NaOH lontane dal punto di viraggio la curva cresce più lentamente che per valori di concentrazione più vicini al pH neutro.



$pH\text{ 7} - pH\text{ 6} \gg pH\text{ 3} - pH\text{ 2} \text{ o } pH\text{ 7} - pH\text{ 6}$

L'errore assoluto dell'esperimento è $\pm 1\text{ cm}^3$ (dato dalla sensibilità dello strumento di misurazione dei volumi) che si propaga con i calcoli



Nella beuta è stato aggiunto H_2SO_4 (fortemente acido) per evitare la formazione di $Fe(OH)_3$ (idrossido ferrico).

È stata inoltre aggiunta acqua distillata per diluire la soluzione (aumentando il volume finale della beuta, ma senza alterare il numero di equivalenti)

$V_{FeSO_4}\text{ teorico} \cdot 0,2\text{ eq/l} = 10\text{ cm}^3 \cdot 0,1\text{ eq/l} \rightarrow V_{FeSO_4}\text{ teorico} = 5\text{ cm}^3$

Il valore del volume sperimentale di $FeSO_4$ necessario a titolare $KMnO_4$ è $4,2$. Da questo se ne deduce che:

errore assoluto = $\Delta x = | \text{valore sperimentale} - \text{valore teorico} | = 0,8\text{ cm}^3$

errore relativo = $\Delta x\% = \frac{\Delta x}{|x|} \cdot 100 = \frac{0,8}{5} \cdot 100 = 16\%$

Parte dell'errore è dovuta ad alcune gocce di $KMnO_4$ seccate dalla beuta (figure p. 7)

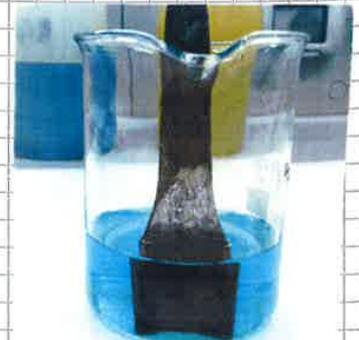
Si nota quindi che l'errore commesso è legato alla strumentazione e alla difficoltà di cogliere il punto di viraggio

II parte

1 Abbiamo versato in un becher una soluzione di $FeSO_4$ 0,1 M (colore: giallo chiaro) e in un secondo becher una soluzione di $CuSO_4$ 0,1 M (colore: azzurro).



Lamina di Cu immersa in $FeSO_4$



Lamina di Fe immersa in $CuSO_4$

Abbiamo ripulito una lamina di Fe (colore: grigio-argenteo) usando la spugnetta abrasiva e immergendo in un secondo momento nel becher contenente $CuSO_4$, mentre abbiamo inserito una lamina di Cu (colore: rosso-astro) in quello contenente $FeSO_4$.



Lamina di Cu (sopra) e lamina di Fe (sotto) dopo i 6 minuti in soluzione

Trascorsi 6 minuti abbiamo estratto le lamine dalle rispettive soluzioni.

Nella parte della lamina di Fe immersa nella soluzione di $CuSO_4$ abbiamo notato dei depositi di rame, con conseguente cambiamento di colore da grigio-argenteo a rosso-bruno.

La lamina di Cu è rimasta inalterata.

Abbiamo carteggiato di nuovo la lamina di Fe (per

togliere i depositi di Cu) e lavato sia i becher che le lamine,

2 Sotto cappa abbiamo versato in un becher una soluzione di H_2SO_4 6 M e in un altro becher una soluzione di HNO_3 6 M.



Ponendo la lamina di Cu nella soluzione di H_2SO_4 notiamo che non ci sono cambiamenti.

Abbiamo ripulito la lamina di Cu con l'acqua.

Dopo aver posto la lamina di Cu nella soluzione di HNO_3 , notiamo lo sviluppo di gas (facilmente deducibili da alcune piccole bolle) che dovrebbero essere di colore rosso-astro, ma non siamo in grado di distinguerlo bene poiché la reazione non è sufficientemente violenta. La soluzione di HNO_3 è diventata azzurrina (figura a sinistra)

Abbiamo posto la lamina di Fe nella soluzione di H_2SO_4 e notiamo sia lo sviluppo di gas sia che la lamina si sta piano piano arrugginendo.

Abbiamo ripulito la lamina di Fe con l'acqua.

Dopo aver posto la lamina di Fe nella soluzione di HNO_3 , notiamo lo sviluppo di fumi chiaramente rosso-bruni, data la reazione violenta, e la soluzione diventa verde (figura a destra). Notiamo inoltre che sulla lamina di Fe si è depositato del Cu e la soluzione non è diventata giallo-bruna come previsto poiché si sono utilizzati gli stessi due



in HNO₃ 6M



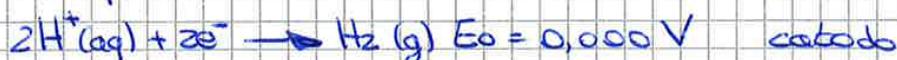
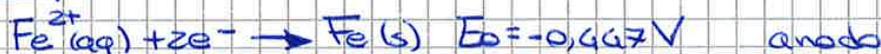
È una reazione esotermica con sviluppo di gas rosso-bruno (non ben visibile perché le concentrazioni sono basse e quindi la velocità di reazione è più bassa).

HNO₃, in particolare il gruppo NO₃⁻, è l'acido più comune in grado di ossidare il Cu

La reazione avviene poiché $\Delta E = E_{\text{catodo}} - E_{\text{anodo}} > 0$ (spontaneamente)

Osservazioni sulla lamina di Fe

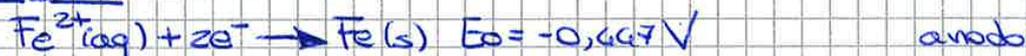
in H₂SO₄ 6M



La reazione avviene spontaneamente poiché $\Delta E = E_{\text{catodo}} - E_{\text{anodo}} > 0$

Per questo motivo la lamina di Fe si ossida

in HNO₃ 6M



La reazione avviene spontaneamente poiché $\Delta E = E_{\text{catodo}} - E_{\text{anodo}} > 0$

La reazione è molto violenta (sviluppo di gas tossici) perché la differenza di potenziale è molto maggiore rispetto ai casi precedenti.



Apparato strumentale

Dopo 30 ml di soluzione nella beuta e' virata, assumendo una colorazione blu-azzurra (figura 2).

Infine abbiamo lavato tutta la strumentazione

2 Eliminazione della durezza temporanea



Figura 3

minuti e filtrato il suo contenuto (figura 4).

Si noti che il filtro ha assunto una lieve colorazione blu in alcuni punti, probabilmente a causa del NET (figura 6)

3 Determinazione della durezza permanente

Abbiamo colorato il liquido filtrato come al punto 1 (figura 5), ma questa volta utilizzando 16,3 ml di EDTA 0,01M (si noti che dopo 16,3 ml la soluzione in beuta presentava le prime sfumature blu) (figura 6).

Infine abbiamo lavato tutti gli strumenti.

Si noti che durante questo esperimento e' stata utilizzata una buretta mal funzionante, che avra' quindi sicuramente influito sulle misurazioni delle titolazioni causando qualche errore.

1 Determinazione della durezza totale

II parte

Abbiamo misurato con un cilindro graduato 300 ± 2 ml di acqua del rubinetto del Politecnico e l'abbiamo travasata in una beuta. Sotto cappa sono stati aggiunti 6,2 ml di tampone ammoniacale e un po' di NET da una pipette.

Abbiamo introdotto nella buretta EDTA 0,01M per la titolazione e abbiamo fatto scendere goccia a goccia l'EDTA nella soluzione contenuta nella beuta, agitandola, fino al raggiungimento del punto di viraggio (intorbido per l'assunzione di una colorazione azzurra).

La soluzione prima dell'inizio della titolazione era di colore viola scuro (figura 1).

Dopo 22 ml la soluzione inizia ad assumere una colorazione blu-azzurra, ma sono ancora presenti sfumature rosse.

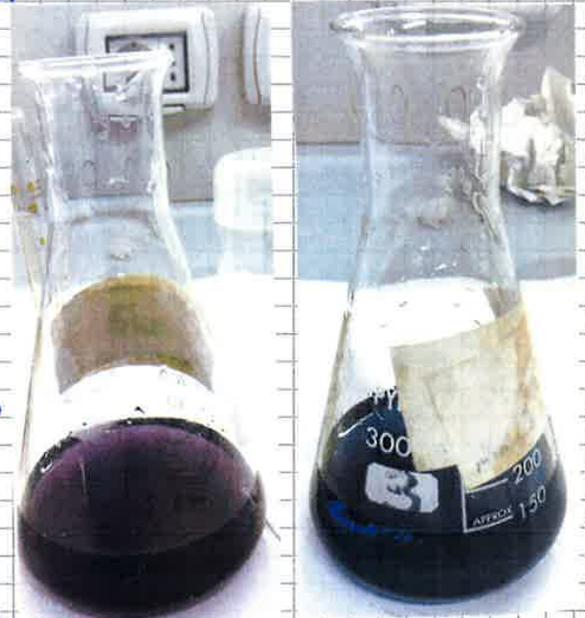


Figura 1

Figura 2



Figura 4

16

TORINO, 06 MAGGIO 2016

DETERMINAZIONE DEL TIPO DI METALLO ALCALINO DI UN CARBONATO (CARBO)

I parte

Descrizione dell'esperienza

Determinazione del metallo alcalino fornito (della forma X_2CO_3 in cui $X = Li, Na$ o K) per via gravimetrica (1), per via umida (2) e con il saggio alla fiamma (3).

Elenco dei reagenti

- X_2CO_3 (carbonato di X)
Sale derivante da un acido carbonico
I carbonati di metalli alcalini sono solubili in acqua
(1) Li_2CO_3 : carbonato di litio
A temperatura ambiente: solido bianco e inodore
Sicurezza: nocivo, irritante
(2) Na_2CO_3 : carbonato di sodio
A temperatura ambiente: polvere cristallina bianca
Sicurezza: gravi irritazioni oculari
(3) K_2CO_3 : carbonato di potassio
A temperatura ambiente: solido bianco inodore
Sicurezza: nocivo, irritante
- HCl acido cloridrico: p. 4
- HNO_3 acido nitrico: p. 8
- Filo Ni-Cr (filo costituito all'80% di Ni e del 20% di Cr)
ottima resistenza all'ossidazione
- $C_{14}H_{14}N_2NaO_3S$: metilarancio (o elantina)
A temperatura ambiente: solido di colore arancione dall'odore tenue
composto aromatico
solubile in acqua
comune indicatore acido-base: $pH < 3$ soluzione rossa
 $3,2 < pH < 4,4$ soluzione arancione
 $pH > 4,4$ soluzione gialla
Sicurezza: tossico se ingerito

Descrizione dell'apparato sperimentale

- bilancia analitica: strumento di misura della massa o del peso con un alto grado di accuratezza
- becher: p. 9
- buretta: p. 4
- becco di Bunsen: bruciatore a gas

Indicatore
metilarancio
e cilindro
graduato con
30 mL di
acqua campione



16

TORINO, 13 MAGGIO 2016

ELETTROLISI DELL'ACQUA CON PRODUZIONE DI IDROGENO E OSSIGENO (ELETTRO)

I parte

Descrizione dell'esperienza

Nella I fase si misurano i volumi di gas (H_2 e O_2) prodotti dall'elettrolisi dell'acqua (soluzione di H_2SO_4 1M) tramite la cella di Hoffmann, impostando un valore di tensione (0,3A) per 5 minuti.
Nella II fase si impostano vari valori di tensione e si aspetta che la corrente si stabilisca.

Elenco dei reagenti

- H_2O acqua: p. 13
- H_2SO_4 acido solforico: p. 5

Descrizione dell'apparato sperimentale

- cella di Hoffmann: strumento usato per misurare il volume delle specie gassose che sono prodotte durante l'elettrolisi. E' costituito da una cella di vetro a forma di H, dotata di tubi graduati e rubinetti, collegata ad un contenitore in vetro. Nelle aperture inferiori della cella e' presente una coppia di elettrodi di platino fissati con tappi di plastica.
- generatore di corrente: strumento che produce energia elettrica
- cronometro: orologio ad alta precisione

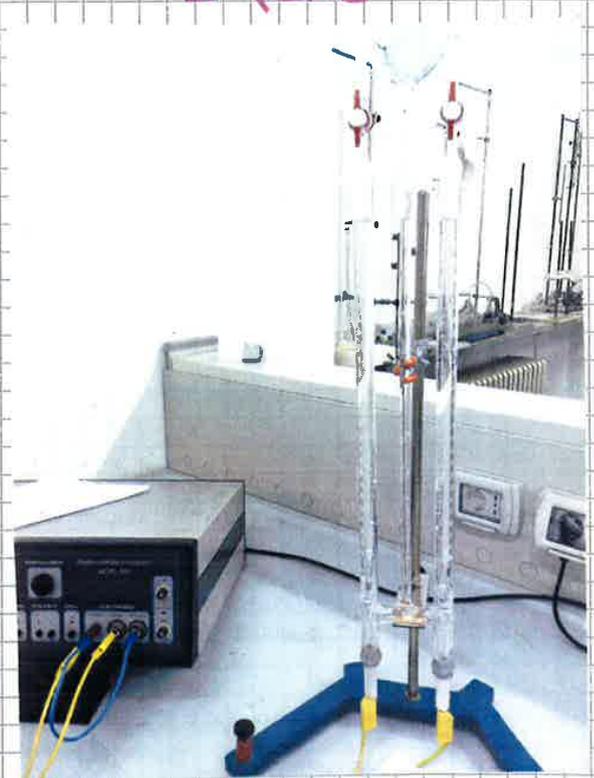
II parte



Generatore di corrente

In questo esperimento viene usato come elettrolita H_2SO_4 1M e non acqua distillata, poiché quest'ultima ha una conducibilità elettrica troppo piccola (l'alimentazione non sarebbe in grado di misurare la corrente che passa).

Si ricorda che al catodo (buretta di - ; negativo) si sviluppa H_2 e all'anodo (buretta di + ; positivo) si sviluppa O_2 .



Cella di Hoffmann

- Calcolo numero di moli teoriche

$$n = \frac{t \cdot I}{F} \cdot \text{mol/eq}$$

$$n_{\text{e}}(\text{O}_2) = \frac{300 \text{ s} \cdot 0,3 \text{ A}}{96500} \cdot 0,25 \text{ mol/eq} = 2,33 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{\text{e}}(\text{H}_2) = \frac{300 \text{ s} \cdot 0,3 \text{ A}}{96500} \cdot 0,50 \text{ mol/eq} = 4,66 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

- Calcolo volumi teorici

$$V = \frac{I R T \cdot \text{mol/eq} \cdot t}{F \cdot P}$$

$$V_{\text{e}}(\text{O}_2) = 5,71 \cdot 10^{-3} \text{ l} = 5,71 \text{ ml}$$

$$V_{\text{e}}(\text{H}_2) = 11,4 \cdot 10^{-3} \text{ l} = 11,4 \text{ ml}$$

$$\delta_{\%V(\text{O}_2)} = \frac{6,5 - 5,71}{5,71} \cdot 100 = 13,8\%$$

$$\delta_{\%V(\text{H}_2)} = \frac{16,5 - 11,4}{11,4} \cdot 100 = 27,2\%$$

- Calcolo del rendimento dell'elettrolizzatore



$$t_{\text{e}}(n(\text{H}_2) = 2 \text{ mol}) = \frac{F}{I \cdot \text{mol/eq}} = 6,43 \cdot 10^5 \text{ s}$$

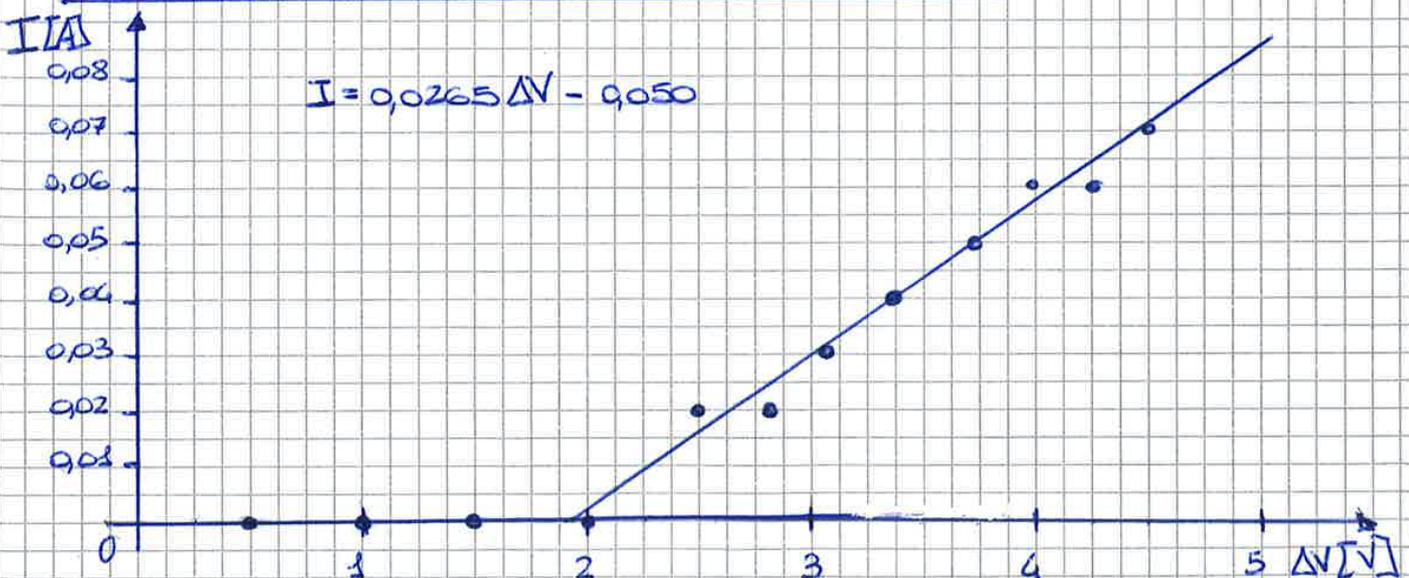
$$W_{\text{ee}} = \Delta V_{\text{medio}} \cdot I \cdot t_{\text{e}} = 6,755 \cdot 10^6 \text{ J} = 67,6 \text{ kJ}$$

$$W_{\text{r}} = n_{\text{H}_2} \cdot \Delta H = 285,84 \text{ kJ}$$

$$\eta = \frac{W_{\text{r}}}{W_{\text{ee}}} = 4,23\%$$

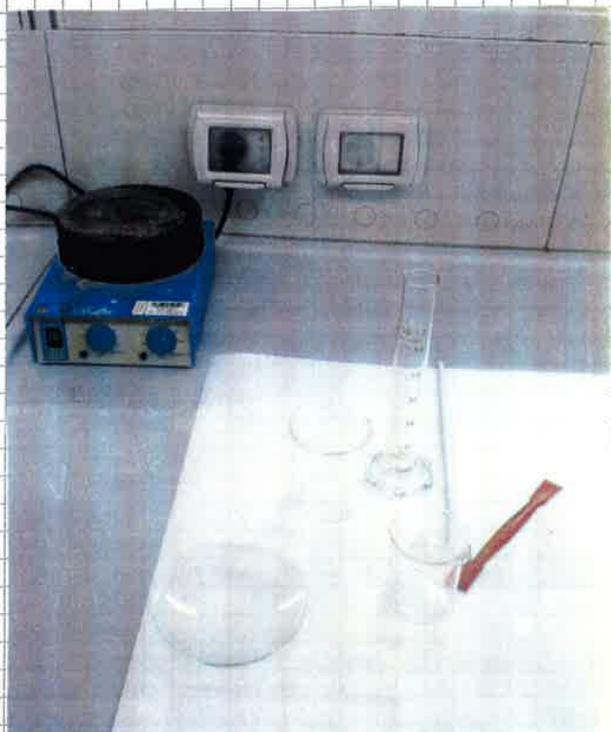
La resa è molto bassa a causa della perdita di H_2 e della strumentazione.

2 Determinazione della caratteristica voltammetrica



La Tensione di decomposizione è la Tensione che si deve applicare agli elettrodi affinché abbia inizio l'elettrolisi di un qualsiasi elettrolita (nel nostro caso H_2SO_4). Superando quindi questo valore, sulla superficie di separazione tra gli elettrodi e la soluzione iniziano i processi di trasferimento di elettroni.

Nel nostro caso la tensione di decomposizione è 2,89 V (nonostante nei nostri dati il primo valore non nullo sia $> 2,0 \text{ V}$). L'errore è probabilmente dovuto alla perdita di H_2SO_4 dalla buretta.



II parte

Abbiamo misurato $5,096 \pm 0,003$ g di Cu in scaglie con la bilancia analitica e 22 ml di acqua distillata con un cilindro graduato

Sotto cappa abbiamo messo in un becher (nell'ordine)

- 20 ml di H_2O distillata
- 15 ml di H_2SO_4 al 95% (270 mmol, un eccesso cioè).
- 30 ml di HNO_3 al 32,5% (216,3 mmol, un altro eccesso)
- poco a poco le Cu in scaglie.

La soluzione da trasparente passa a verde, azzurra e poi blu, con sviluppo di molte bolle e gas rosso-bruni (NO_2). Da questo si capisce che è una reazione molto violenta (figure 1-2-3)

Apparato strumentale



Figura 1



Figura 2



Figura 3

Abbiamo aspettato 35 minuti che la soluzione si raffreddasse e, mescolando la soluzione ormai di un blu-azzurro acceso, abbiamo notato che i cristalli iniziavano a depositarsi sul fondo del becher (Figura 4).



Figura 4

Con un contagocce abbiamo iniziato ad aspirare tutta la parte liquida della soluzione, mettendola in un secondo becher.

A operazione conclusa ci siamo accorti che nel secondo becher erano presenti ancora parecchi cristalli (Figura 5) e quindi, per non perderli, abbiamo deciso di eliminare nuovamente la parte liquida anche da quest'ultimo becher (Figura 6)

Abbiamo posto il primo becher (quello contenente la maggior parte dei cristalli) sulla piastra riscaldante, aggiungendoci acqua distillata.

Abbiamo ripulito con acqua distillata anche il secondo becher, unendo i contenuti dei due becher sulla piastra.

Abbiamo continuato a scaldare il becher fino alla ridissoluzione dei cristalli. Abbiamo lasciato raffreddare per una settimana.

TORINO, 20 MAGGIO 2016

DETERMINAZIONE DELLA CINETICA DI SAPONIFICAZIONE DELL'ACETATO DI ETILE (CIN)

Descrizione dell'esperienza

I parte

Determinazione dell'ordine della reazione



Elenco dei reagenti

- NaOH idrossido di sodio: p. 4
- $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ acetato di etile (EtAc)
A temperatura ambiente: liquido incolore eufetico dalle labbre fruttato
deriva dall'esterificazione dell'etanolo e dell'acido acetico
Punto di fusione: -83°C
Punto di ebollizione: 77°C
Densità: $0,90 \text{ g/cm}^3$ (a 20°C)
buon solvente
sicurezza: infiammabile, irritante, esplosivo

Apparato sperimentale

- provetta: reagente tubolare in vetro/materiale plastico chiuso al fondo
- pellicola di plastica
- cilindro graduato: p. 13
- beute: p. 4
- conduttimetro: strumento che misura la conducibilità^c
- bagno termostatico: costituito da vasche in acciaio inox contenenti acqua termostata, nella quale vengono immersi i recipienti a riscaldare

II parte

1 Prima prova: con eccesso di EtAc

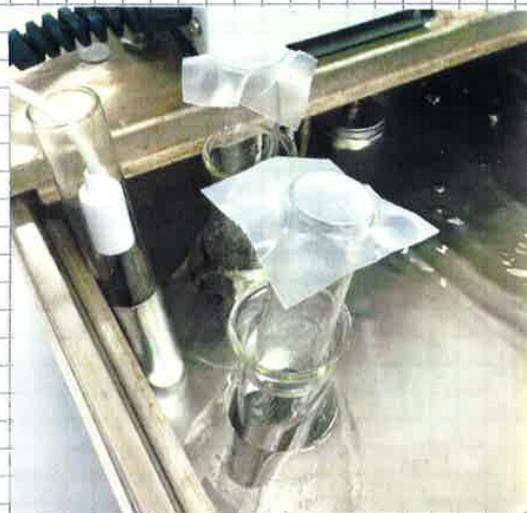
Abbiamo misurato 15 ml di NaOH $0,02 \text{ M}$ con il cilindro graduato e successivamente travasati in una provetta.

Dopo aver lavato il cilindro graduato, ripetiamo la stessa misura per EtAc $0,2 \text{ M}$ (sempre 15 ml).

Abbiamo tappato entrambe le provette con la pellicola trasparente e le abbiamo messe nelle beute.

Abbiamo messo la sonda (lavata e asciutta) in un cilindro (lavato e pieno) e lo abbiamo immerso nel bagno termostatico, insieme alle 2 beute. (figura a destra)

Abbiamo aspettato per almeno 15 minuti che provette e sonda raggiungessero $35,2^\circ\text{C}$, per poi versare velocemente NaOH nella provetta contenente EtAc e infine nella stessa la sonda.



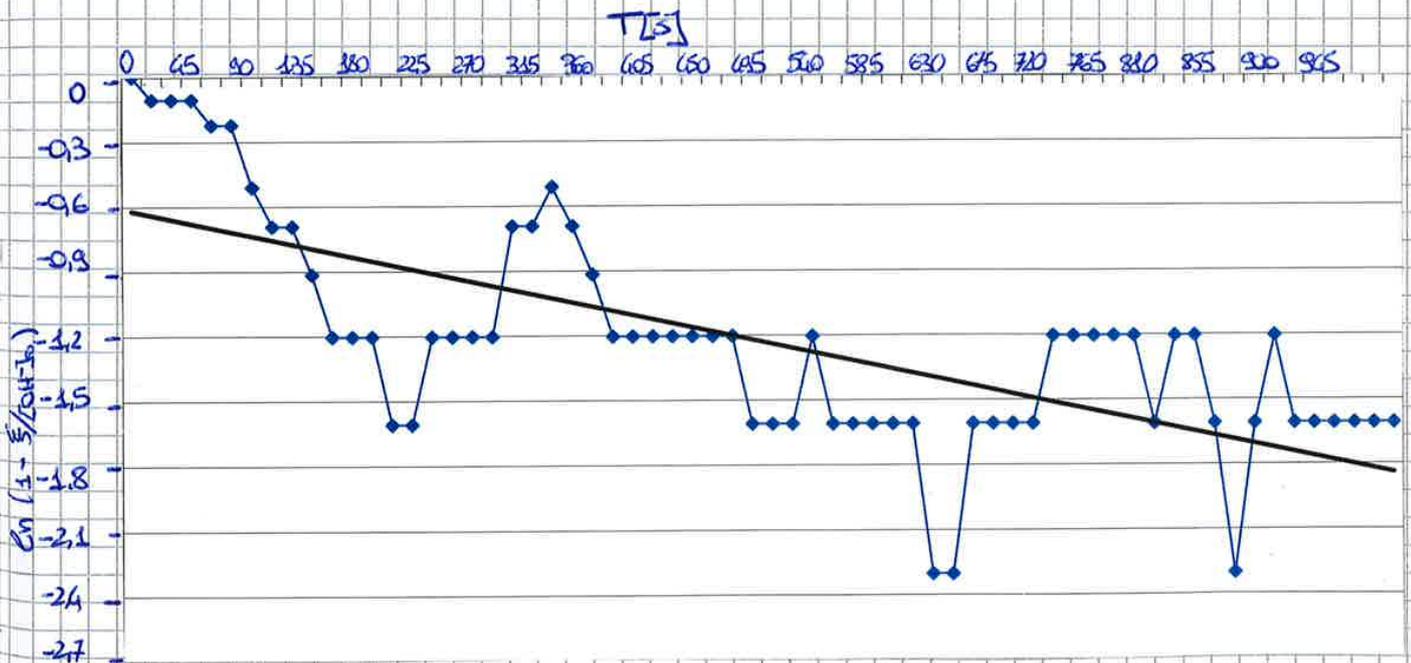
26

615	917	//	//	//	//	//	//
630	916	1	//	#DIV/0!	0,8	-1,60966	5
645	916	//	//	//	//	//	//
660	916	//	//	//	//	//	//
675	916	//	//	//	//	//	//
690	915	0,875	-2,07966	8	0,7	-1,20397	3,33333
705	915	//	//	//	//	//	//
720	915	//	//	//	//	//	//
735	915	//	//	//	//	//	//
750	915	//	//	//	//	//	//
765	916	1	#NUM!	#DIV/0!	0,8	-1,60966	5
780	915	0,875	-2,07966	8	0,7	-1,20397	3,33333
795	915	//	//	//	//	//	//
810	916	1	#NUM!	#DIV/0!	0,8	-1,60966	5
825	917	1,125	//	8	0,9	-2,30259	10
840	916	1	//	#DIV/0!	0,8	-1,60966	5
855	915	0,875	-2,07966	8	0,7	-1,20397	3,33333
870	916	1	#NUM!	#DIV/0!	0,8	-1,60966	5
885	916	//	//	//	//	//	//
900	916	//	//	//	//	//	//
915	916	//	//	//	//	//	//
930	916	//	//	//	//	//	//
945	916 Kcon1	//	//	//	//	//	//
	938 Kcon2	1,25	//	-9	1	#NUM!	#DIV/0!

GRAFICO CINETICA DEL I ORDINE SU UN REAGENTE $[OH^-]$ considerando quindi $[EtAc]$ costante

$R^2 = 0,4889$

retta di interpolazione: $y = -0,0196x - 0,5397$



R^2 dovrebbe essere prossimo a 1 però, a causa delle misure poco accurate, $R^2 = 0,4889$.

La reazione è del primo ordine rispetto a $[OH^-]$ perché la pendenza della retta di interpolazione ha segno - negativo.

Come si nota dal grafico le misure sono state poco accurate, probabilmente perché abbiamo aspettato troppo a inserire la sonda nella soluzione (non essendo essa ancora a $35,2^\circ C$, come era invece la soluzione).

Si nota che la conducibilità della soluzione diminuisce allo scoppio del tempo: infatti a $t=0$ la conducibilità è dovuta agli ioni Na^+ e OH^- che vengono sostituiti dagli ioni CH_3COO^- (meno mobili).

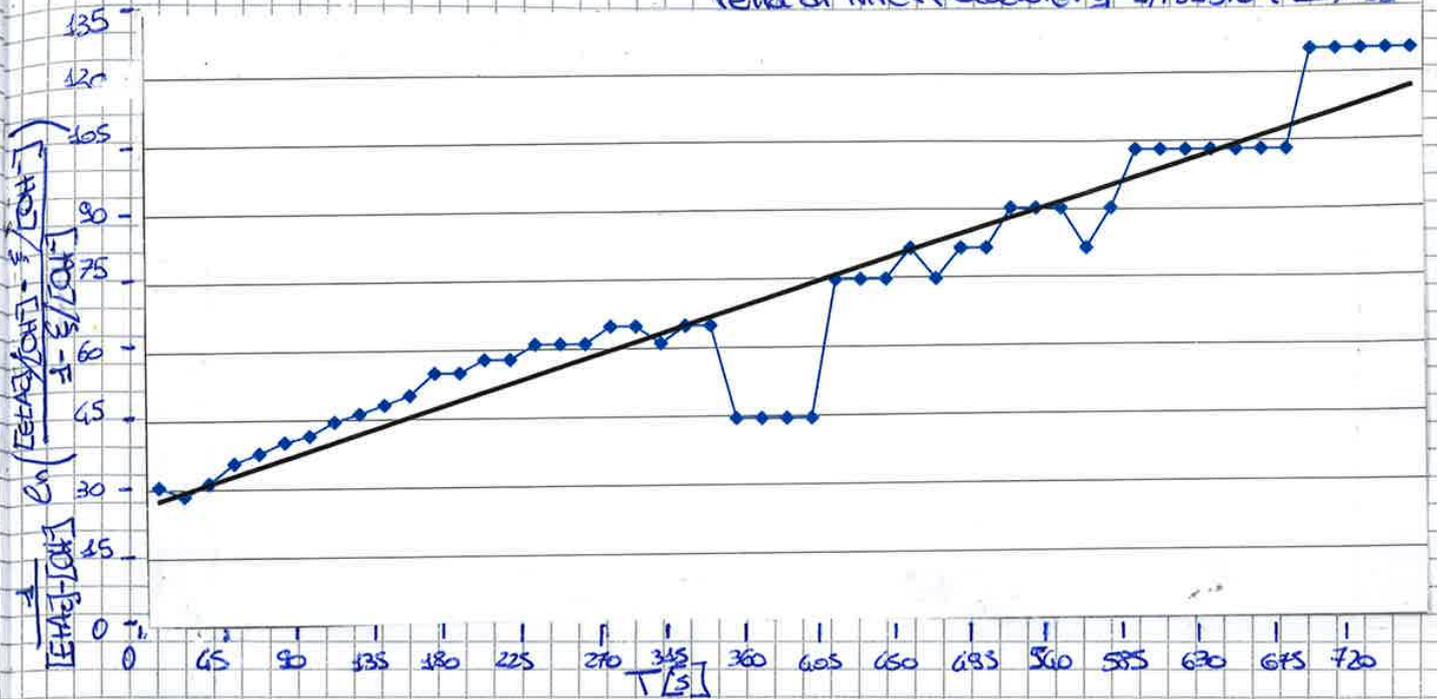
255	980	//	//	//	//	//	//	//	//
270	979	0,72434	-1,28785	3,625	62,07134	0,75	-1,38629	4	64,86367
285	979	//	//	//	//	//	//	//	//
300	980	0,68966	-1,17007	3,22222	58,78629	0,73429	-1,25276	3,5	63,08605
315	979	0,72434	-1,28785	3,625	62,07134	0,75	-1,38629	4	64,86367
330	979	//	//	//	//	//	//	//	//
345	987	0,44828	-0,59470	1,8125	43,77959	0,46429	-0,62645	1,86667	44,50003
360	987	//	//	//	//	//	//	//	//
375	987	//	//	//	//	//	//	//	//
390	987	//	//	//	//	//	//	//	//
405	977	0,79310	-1,57554	4,83333	70,34044	0,82403	-1,72277	5,6	74,69032
420	977	//	//	//	//	//	//	//	//
435	977	//	//	//	//	//	//	//	//
450	976	0,82759	-1,75786	5,8	75,73753	0,85714	-1,96591	7	81,41157
465	977	0,79310	-1,57554	4,83333	70,34044	0,82403	-1,72277	5,6	74,69032
480	976	0,82759	-1,75786	5,8	75,73753	0,85714	-1,96591	7	81,41157
495	976	//	//	//	//	//	//	//	//
510	975	0,86207	-1,98100	7,25	82,48118	0,89286	-2,23359	9,33333	90,26834
525	975	//	//	//	//	//	//	//	//
540	975	//	//	//	//	//	//	//	//
555	976	0,82759	-1,75786	5,8	75,73753	0,85714	-1,96591	7	81,41157
570	975	0,86207	-1,98100	7,25	82,48118	0,89286	-2,23359	9,33333	90,26834
585	974	0,89656	-2,26869	9,66667	91,36133	0,92857	-2,63806	14	103,03675
600	974	//	//	//	//	//	//	//	//
615	974	//	//	//	//	//	//	//	//
630	974	//	//	//	//	//	//	//	//
645	974	//	//	//	//	//	//	//	//
660	974	//	//	//	//	//	//	//	//
675	974	//	//	//	//	//	//	//	//
690	973	0,93103	-2,67415	11,5	101,52118	0,96629	-3,33220	28	125,37333
705	973	//	//	//	//	//	//	//	//
720	973	//	//	//	//	//	//	//	//
735	973	//	//	//	//	//	//	//	//
750	973	//	//	//	//	//	//	//	//
765	972	0,96552	-3,36730	29	126,51630	1	#NUM!	#DIV/0!	#DIV/0!
780	972	//	//	//	//	//	//	//	//
795	972	//	//	//	//	//	//	//	//
810	972	//	//	//	//	//	//	//	//
825	972	//	//	//	//	//	//	//	//
840	972	//	//	//	//	//	//	//	//
855	971	1	#NUM!	#DIV/0!	#DIV/0!	1,03571	#NUM!	-28	#NUM!
870	971	//	//	//	//	//	//	//	//
885	971	//	//	//	//	//	//	//	//
900	971 K001	//	//	//	//	//	//	//	//
	972 K002	0,96552	-3,36730	29	126,51630	1	//	#DIV/0!	#DIV/0!

Come si noterà dai prossimi grafici, i dati di questa seconda prova sono più accurati della precedente (poiché la sonda era già a 35,2°C e il tracciato è stato più veloce).

GRAFICO CINETICA DEL II ORDINE SU DEI REAGENTI ($[EtAc]$ e $[OH^-]$)

$R^2 = 0.8865$

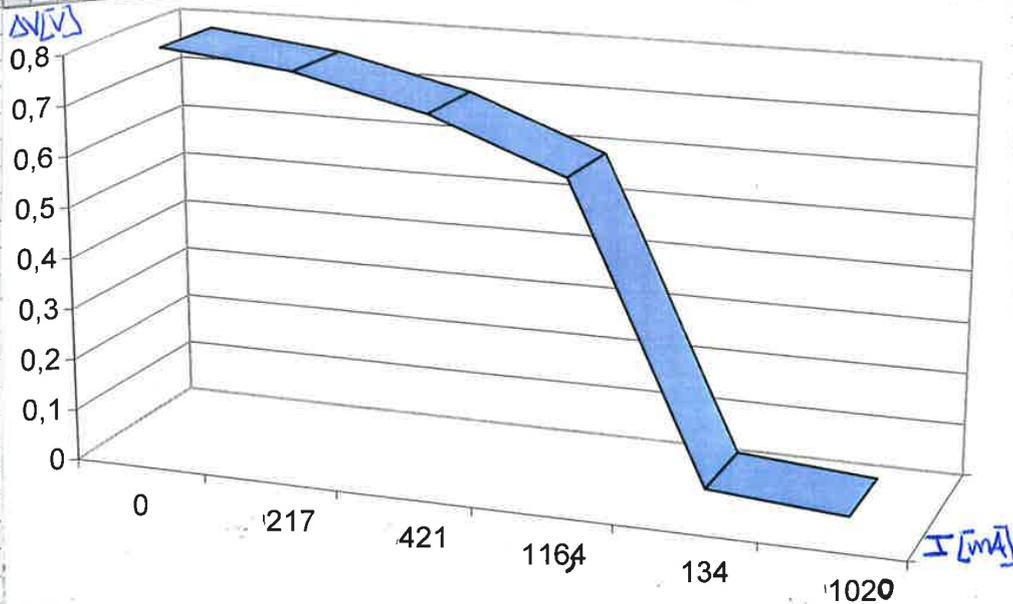
retta di interpolazione: $y = 1,7839x + 25,733$



La reazione è del secondo ordine rispetto a $[EtAc]$ e $[OH^-]$ poiché la pendenza della retta di interpolazione ha segno positivo e R^2 è prossimo a 1.

$v = [EtAc][OH^-]$ → sia l'estere che la base sono coinvolti nello stadio lento della reazione.

La conduttività della soluzione è in aumento poiché al passare del tempo aumentano le numero di ioni che si formano.



III parte

I [mA]	ΔV [V]
0	0,78
217	0,76
421	0,70
1164	0,6
134	0,04
1020	0,02

Grafico 1

Osservazioni sul grafico 1

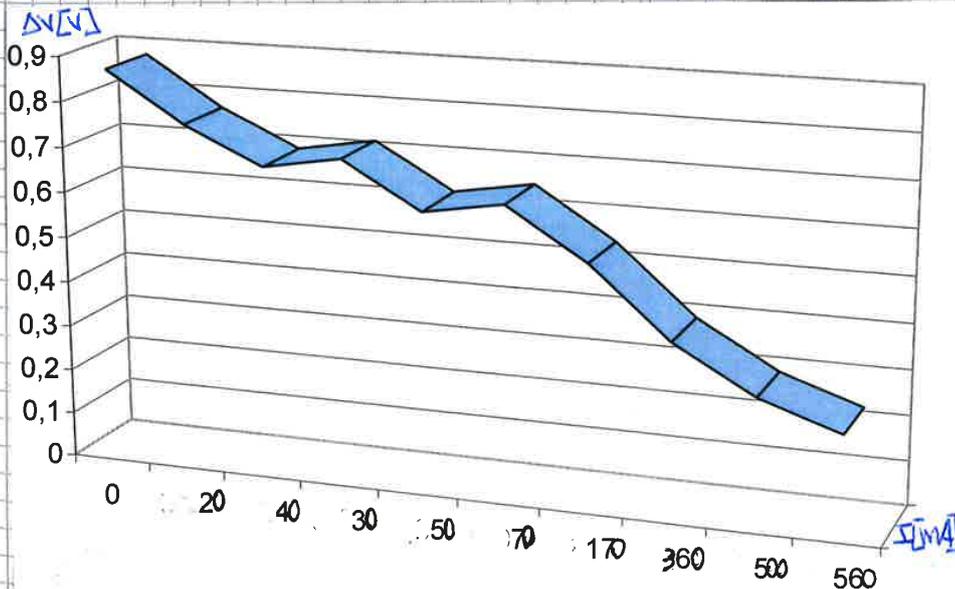
- a circuito aperto la tensione è minore del valore teorico (1,2V), come nella curva discussa in aula
- la curva non presenta un'iniziale caduta della tensione e non inizia, successivamente, a cadere meno rapidamente e in maniera lineare, a differenza di quella teorica
- fra 0,1164 A e 0,134 A la tensione cade rapidamente (giracchio), come nella curva teorica
- da notare che i primi dati sono stati presi su resistenze in parallelo

Abbiamo poi deciso di confrontare il nostro grafico con quello di un altro gruppo, la cui cella aveva un potenziale di 0,87V a circuito aperto.

Osservazioni sul grafico 2

- a circuito aperto la tensione è minore del valore teorico (1,2V), come nella curva discussa in aula
- la curva presenta un'iniziale caduta della tensione (fra 0A e 0,02A) e inizia, successivamente a cadere meno rapidamente e in maniera lineare, come quella teorica
- a correnti più alte dovrebbe esserci un punto in cui la tensione cade rapidamente (giracchio), ma non è visibile in questo grafico
- da notare che la curva per i primi 4 valori cresce e poi decresce di nuovo, a differenza della curva teorica

Entambi i grafici, comunque, sono sicuramente più precisi di un grafico ricavato utilizzando la legge di Ohm (conoscendo i valori delle resistenze e dei potenziali), poiché si ottengono valori più precisi costruendo un grafico in funzione di dati misurati direttamente piuttosto che ricavati con operazioni algebriche.



I [mA]	ΔV [V]
0	0,87
20	0,76
60	0,68
30	0,71
50	0,64
70	0,64
170	0,53
360	0,38
500	0,28
560	0,22

Grafico 2

III parte

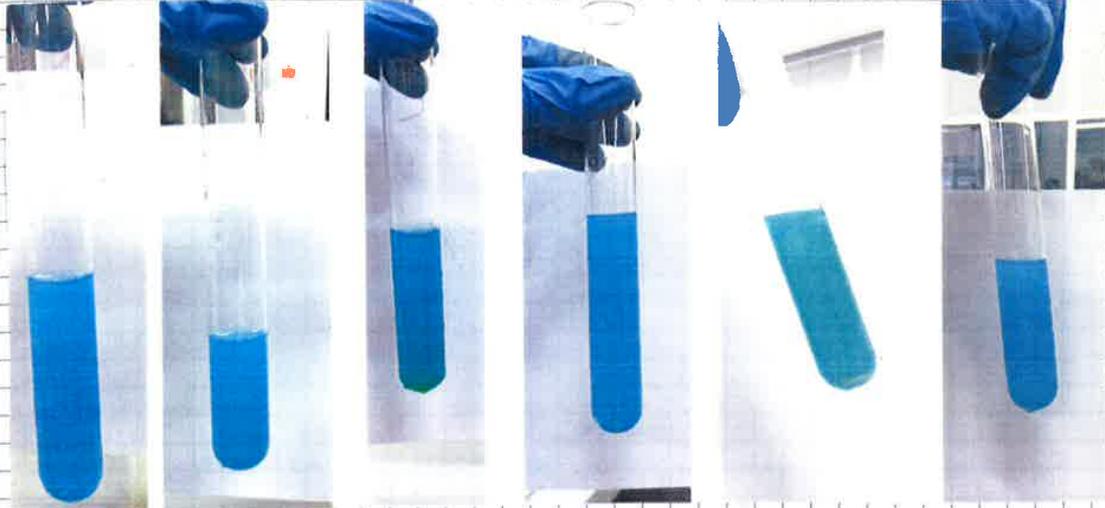
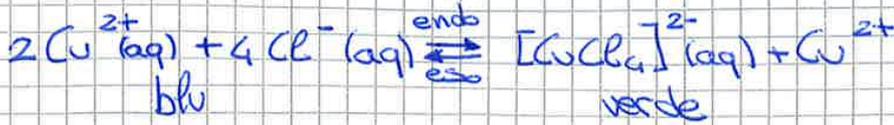


Figura 1 Figura 2 Figura 3 Figura 4 Figura 5 Figura 6

Piovetta n°1: blu

Contenendo la concentrazione iniziale di CuCl_2 , la piovetta è di colore blu (prevalendo quindi la reazione inversa, che è esotermica).

Piovette n°2 e 3: sfumature verdi

Gli ioni Cu^{2+} reagiscono con gli ioni cloruro (Cl^{-} nel nostro caso) per formare ioni complessi. Aggiungendo quindi ioni Cl^{-} la soluzione diventerà più verde (essendosi spostato l'equilibrio verso destra). La piovetta n°3 presenta sfumature verdi più intense perché è stata aggiunta una quantità maggiore di NaCl .

Piovetta n°4: blu

Non ci sono cambiamenti (rispetto alla piovetta 1) perché non avendo NaNO_3 ioni in comune con CuCl_2 , l'equilibrio rimane invariato. Se si fosse aggiunto del CuSO_4 (che ha in comune con CuCl_2 lo ione Cu^{2+}) l'equilibrio si sarebbe spostato verso destra e la soluzione sarebbe diventata verde).

Piovetta n°5: verde

Considerando il calore come una componente del sistema di equilibrio, si può affermare che un aumento della temperatura spinge la reazione nella direzione che produce una variazione endotermica, facendo assumere (nel nostro caso) una colorazione verde alla soluzione.

Piovetta n°6: blu

Una diminuzione della temperatura, invece, spinge la reazione nella direzione che produce una variazione esotermica, e quindi (nel nostro caso) la colorazione soluzione rimane blu (essendo essa la reazione esotermica, e diretta).

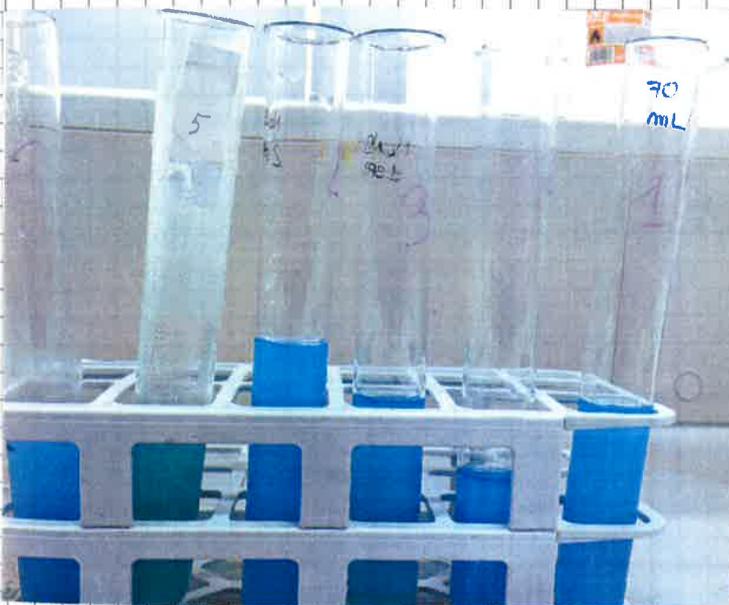


Figura 7

Abbiamo prelevato 50 ml di n-pentano e 50 ml di propano (sotto cappa) e li abbiamo versati nel pallone, che successivamente abbiamo montato nel distillatore (ponendo il termometro nell'apposita fessura).

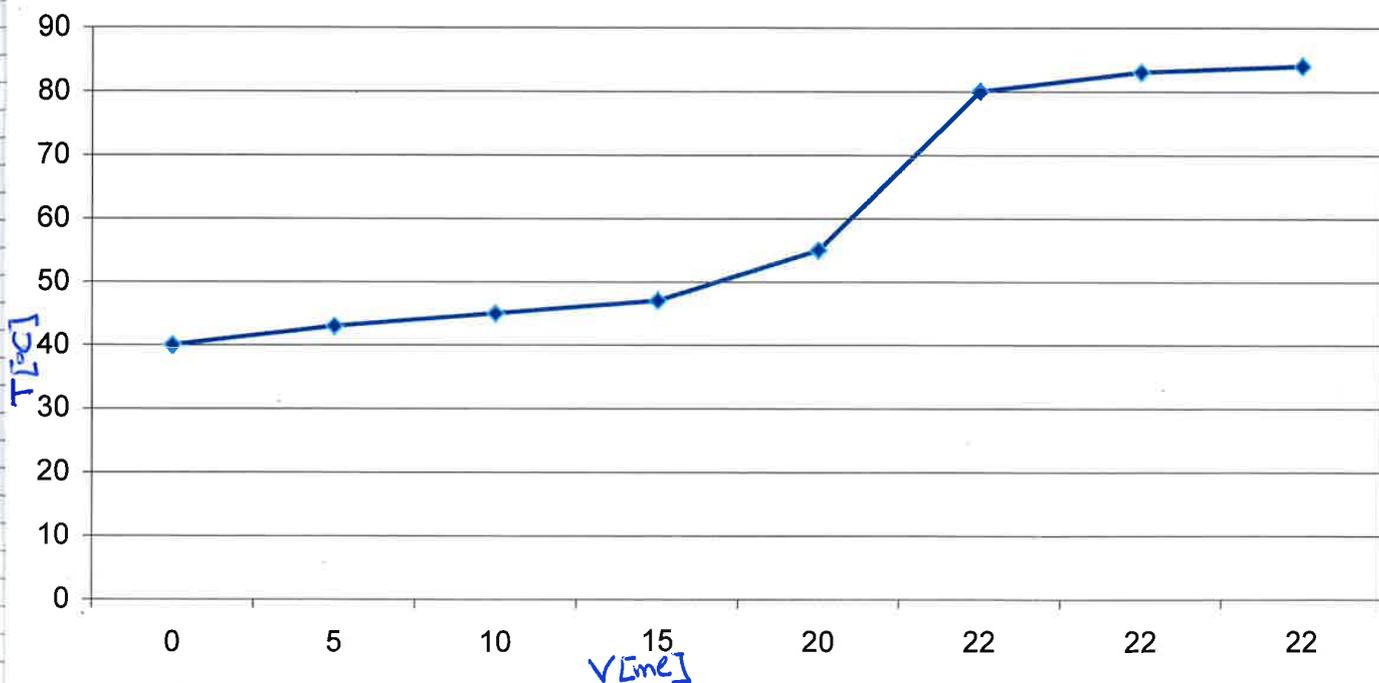
Alla fuoriuscita della prima goccia (che abbiamo raccolto nel cilindro piccolo) abbiamo preso la temperatura in corrispondenza del valore 0 del volume della miscela (40°C).

Abbiamo poi preso il valore della temperatura ogni 5 ml di distillato (svuotando volta per volta il cilindro piccolo in quello grande) e ogni 5 minuti, fino a quando la temperatura della miscela nel pallone non è rimasta invariata per 4/5 minuti.

Abbiamo tolto il pallone dalla piastra e abbiamo aspettato che la soluzione dell'interno si raffreddasse. In seguito abbiamo misurato entrambi i volumi delle soluzioni con un cilindro graduato ottenendo 22,5 ml di n-pentano (nel cilindro grande) e 67,5 ml nel pallone.

Infine abbiamo buttato i reagenti e lavato tutta la strumentazione.

III parte



V [ml]	T [°C]
0	40
5	43
10	45
15	47
20	55
22	80
22	83
22	84

Dal grafico si nota un gradino relativo al passaggio della temperatura dalla temperatura di ebollizione della miscela (59°C) alla temperatura di ebollizione del componente più volatile, nel nostro caso il propano (82°C).

Domande orali

- 1 Descrivere l'elettrolisi dell'acqua (esperimento)
Come abbiamo calcolato le rendimenti
Cos'è ΔH ?
La legge su cui si basa (Faraday, ΔG)
- 2 Combinazione lineare e risonanza (relazione)
Spettro di emissione di H_2 , perché non è continuo?
↳ legata a quale teoria? (quanti)
I pacchetti incidenti su cosa agiscono? (e^-)
Relazione fra frequenza e velocità? $E = v \cdot h = \frac{c}{\lambda} \cdot h$
- 3 Le 3 basi della distillazione 21

- 1 Reazione dell'esperienza CIN
Perché viene anche chiamata idrolisi dell'acetato di etile
Cosa volevamo dimostrare con questo esperimento?
Descrivere 1° prova (eccesso acetato di etile)
(se è in eccesso la v non dipende più da quel reagente, ma quindi
così ho visto che dipendere dalla concentrazione solo di $NaOH$)
Descrivere la 2° prova 21
- 2 e^- è un'onda o una particella?
Perché si usa e^- come onda?
C'è una legge che associa il comportamento di e^- come onda (De Broglie)

- 1 Carbo. come avete capito il tipo di metallo
scrivere la reazione, e' una redox
$$X_2CO_3 + 2HNO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O + 2XNO_3$$

Peso dei prodotti e' < o > dei reagenti? X

- 1 Serie. Descrivere la II parte
Che reazione avvengono
Cos'è il ΔE di reazione
(guardando la tabella dei potenziali di riduzione)
- 2 Errori, eseguendo delle misurazioni, che tipo di errori commetto
La teoria degli errori a quale si applica
def. accuratezza e precisione 24

- 1 DIST. Da che miscela siete partiti?
Caratteristiche dei componenti
Tipo di misurazioni effettuate
Quanto distillato? Quanto rimasto?
- 2 Cos'è la sovartensione? Quando la posso vedere? (differenza
fra circuito aperto e di uso
Da cosa dipende? (aumenta all'aumentare della corrente di reazione)
Cos'è la caduta ohmica? 24

- 1 TIT. REDOX. Cosa avete fatto?
Perché avete aggiunto H_2SO_4 ?
Che dato sperimentale avete ottenuto?
Definizione equivalente
come abbiamo ricavato i dati?
perché $11 eq FeSO_4 = 11 eq H_2SO_4$?
- 2 COMPOSTI DI COORDINAZIONE.
Scrivere il numero pentammine di cobalto (oro) $[Co(NH_3)_5Cl]^{2+} Cl^-$
come cobalto ha 4 coppie di e^- solitari
acido di Lewis perché accetta coppie di e^-
Quali sono le 2 proprietà dei composti di
coordinazione (colore e magnetismo -> le 2 proprietà)? 26

2 **COORDINAZIONE**
 Scrivere tetraammina zinco 2 cariche positive
 dimostrare che ha ibridazione sp^3 ;
 Zn^{2+} che config. deve avere per avere 4 posti vuoti? $4s^0 3d^9$ 28

accettore donatore
 $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$

1 **ELETTRO.** Scrivere reazioni
 disegnare cella di Hottelmann

2 **CIN.** Espressione generale che lega α alla concentrazione di specie reagenti



$$\alpha = - \frac{d[CH_3COOCH_2CH_3]}{dt} = - \frac{d[OH^-]}{dt}$$

ma allora perché siamo andati a verificare l'ordine di reazione?

esempio reazione 3 ordine su 1 reagente (ciclopropano) con equazione grafica

3 **DUR.** Cos'è la densità di un liquido?
 Cos'è $10^3 g$? 26

1 **CARBO.** Parole del II metodo (via umida)
 Perché avete trovato il carbonato con un acido? Sarebbe come dire che ho trovato un acido con un acido HA



che indicatore abbiamo usato?
 Come abbiamo determinato le mol di mol e poi il tipo di carbonato?

$$V_{HNO_3} \cdot N_{HNO_3} = V_{X_2CO_3} \cdot N_{X_2CO_3}$$

2 **Composti** che presentano isomeria tetraammina di cobalto (III) $[Co(NH_3)_4Cl_2]^+$ ottaedrica e cis o trans?
 esempio di composti di coordinazione bidentato (EDTA⁴⁻)
 Dove abbiamo usato EDTA?

1 **DIST.** Quale è il più appropriato?
 Quanto è rimasto di aptobalente e quanto avete distribuito?
 Perché la temperatura sale? (più composto basicamente evapora più si scalda quello aptobalente)
 Problemi di questo metodo di distribuzione (evaporazione dal cilindro condensazione)
 differenza fra distribuzione normale e frazionata

2 **Teoria degli errori**
 errore assoluto e errore relativo

$$x_1 = 60m \pm 1m$$

$$x_2 = 80m \pm 1m$$

$$x_3 = 3m \pm 1m$$

cosa significa $\pm 1m$
 quale è la più imprecisa? Perché? (errore relativo) 19

1 **Titolazione acido-base:** tutto

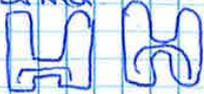
2 **CIN.** relazione fra K e concentrazione

$$\frac{K_0 - K}{K_0 - K_{00}} = \frac{f}{[OH^-]}$$

Perché uso solo $[OH^-]$?
 e a quale legge si lega? (Kolrausch)

1 DIST.
 Volume a temperatura?
 Volume distillato?
 Problemi del sistema
 3 affermazioni di base
 grafico
 Perché T costante a
 ebollizione?

2 Perché il potenziale
 nel grafico ELETTRICO è $> 1/2$?
 (sovratensione e caduta
 chimica)
 disegno voltmetro
 come poter diminuire la
 caduta chimica? cambiando
 la forma.



26

1 CIN
 reazione
 che dato sperimentale ce
 abbiamo misurato?

2 ELETTRICO
 grafico
 ginocchio 22

1 SERIE, parte II (reazioni)
 come dimostrare che sono
 spontanee?

2 Resonanza e combinazioni
 lineari 30

1 TIT. ACIDO-BASE
 grafico pH-V(mel) 28

2 Produzione industriale Al

1 DIST. frazionata
 grafico

2 Equazione di Rank 25

1 DUR.
 perché NET?
 cos'è la durezza?
 descrivere esperimento

2 CU
 reazione 26

1 SERIE
 potenziale elettrico

2 DIST.
 cos'è?
 camera fatto il kit di distillazione
 28

1 Cu
 reazione

2 TIT. REDOX
 reazione
 come determiniamo
 a cosa è dovuto il giallo? sperimentalm?
 giallo? 27

1