

RELAZIONE LABORATORIO (IV ESPERIENZA)

Calcolo del ΔT_{cr} di diverse soluzioni acquose

Questa esperienza ha l'obiettivo di calcolare attraverso la determinazione dell'abbassamento crioscopico, delle informazioni sul soluto o sul processo di dissociazione con cui la sostanza passa in soluzione.

Verranno quindi registrati 4 termogrammi di raffreddamento:

- Termogramma dell'acqua pura (rappresenta la calibrazione del termometro)
- Termogramma della soluzione acquosa di uno zucchero (GLUCOSIO)
- Termogramma della soluzione acquosa di un elettrolita forte (KCl)
- Termogramma della soluzione acquosa di un acido debole (Ac. Monocloro acetico).

Da questi sarà possibile calcolare:

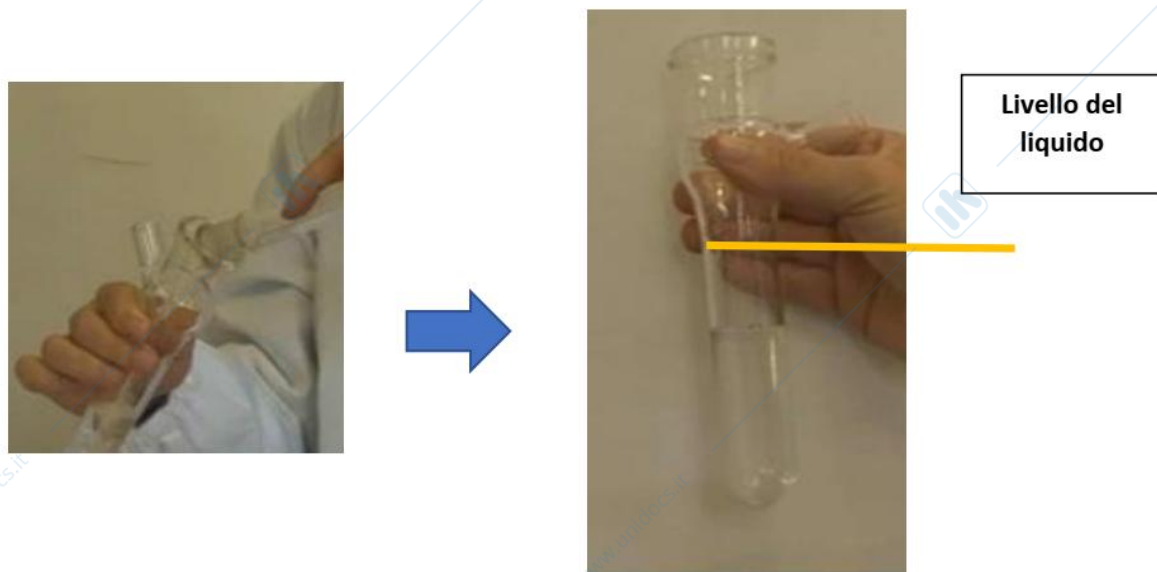
- A. Peso molecolare dello zucchero (glucosio)
- B. Coefficiente di Van't Hoff dell'elettrolita forte
- C. Grado di dissociazione e costante di equilibrio dell'acido debole.

SOLUZIONI A MOLALITA' NOTA A DISPOSIZIONE SULLA POSTAZIONE DI LAVORO:

- Soluzione di glucosio
- Soluzione di KCl
- Soluzione di ClCH_2COOH

1) Annotarsi sul quaderno di laboratorio la molalità di ciascuna soluzione (presente su etichette poste su ogni bottiglia contenente le soluzioni).

2) Registrare il termogramma dell'acqua pura. Versare direttamente in un provettone l'acqua riempiendolo come indicato in foto:



Le provette da inserire nel criostato sono dotate di un tappo in legno forato attraverso cui passa l'agitatore metallico che verrà tenuto in movimento dal braccio meccanico del criostato, ed il termometro. La provetta presenta anche un collo laterale da cui sarà possibile inserire dei cristalli di ghiaccio in modo da favorire la solidificazione dell'acqua e limitare il fenomeno del sottoraffreddamento, ossia della formazione di uno stato metastabile di acqua liquida al di sotto della temperatura di congelamento;

3) Inserire il provettone (con agitatore e termometro) nel criostato;

4) Avviare l'agitazione. Attendere che la T raggiunga i 5°C . A quel punto l'esperimento può partire. Registrare la diminuzione di T ogni 30 secondi. L'esperimento va avanti finché la T non si stabilizza a 0°C . A quel punto, continuare la lettura di T ogni 60 secondi per 5 minuti totali.

N.B Nella maggior parte dei casi si assiste ad un sottoraffreddamento della soluzione ed una successiva risalita (difficilmente spontanea) della T . Se la T scende al di sotto dei 0°C , attendere che non superi $-1,5^{\circ}\text{C}$! In quel caso occorre intervenire perché la T non risalirà spontaneamente. Quindi: spegnere l'agitazione meccanica e agitare manualmente in modo vigoroso, e se questo non basta inserire una

PICCOLA quantità di ghiaccio dal collo laterale della provetta e continuare ad agitare manualmente finché la T non risale.

5) Ripetere quanto fatto per l'acqua per tutte e 3 le soluzioni. In questo caso, il sottoraffreddamento ci sarà sicuramente e occorrerà intervenire come descritto sopra.

6) Nel caso del KCl:

Avviare l'agitazione. Attendere che la T raggiunga i 5°C. A quel punto l'esperimento può partire. Registrare la diminuzione di T ogni 30 secondi. L'esperimento va avanti finché la T non si "stabilizza" a X °C.

PORRE ATTENZIONE AL SOTTORAFFREDDAMENTO.

A quel punto (dopo che è avvenuto il sottoraffreddamento e successiva risalita della T), continuare la lettura di T ogni 30 secondi per 25 minuti totali.

7) Nel caso del ClCH₂COOH:

Avviare l'agitazione. Attendere che la T raggiunga i 5°C. A quel punto l'esperimento può partire. Registrare la diminuzione di T ogni 30 secondi. L'esperimento va avanti finché la T non si "stabilizza" a X °C.

PORRE ATTENZIONE AL SOTTORAFFREDDAMENTO.

A quel punto (dopo che è avvenuto il sottoraffreddamento e successiva risalita della T), continuare la lettura di T ogni 30 secondi per 25 minuti totali.

8) Nel caso del Glucosio:

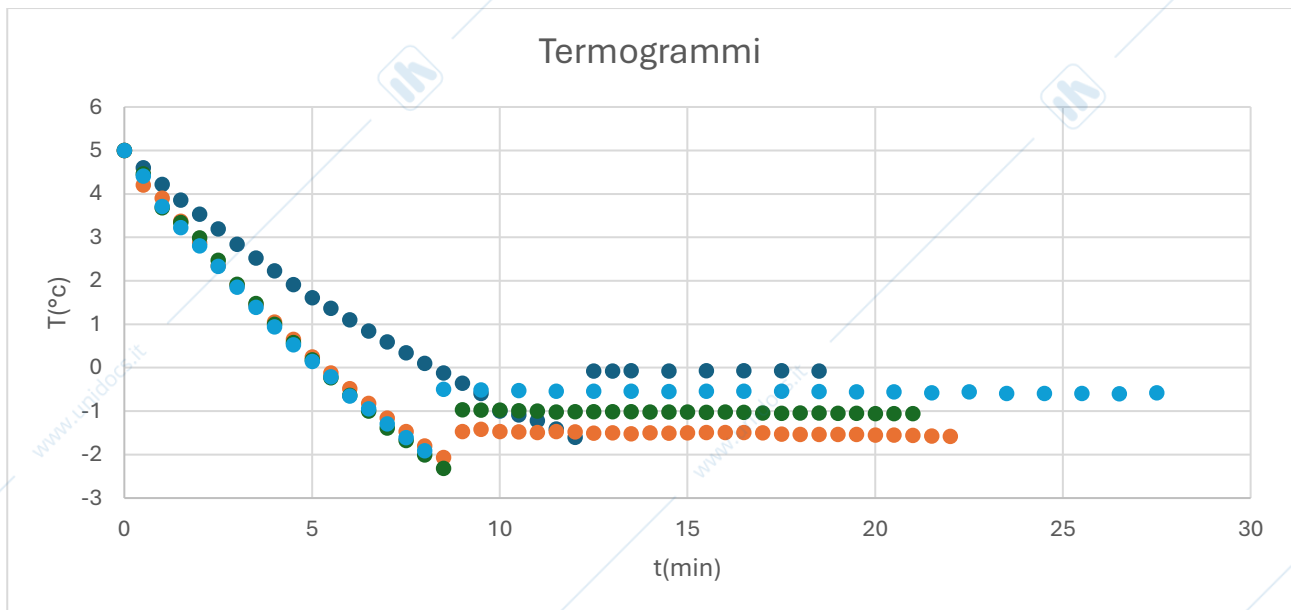
Avviare l'agitazione. Attendere che la T raggiunga i 5°C. A quel punto l'esperimento può partire. Registrare la diminuzione di T ogni 30 secondi. L'esperimento va avanti finché la T non si "stabilizza" a X °C.

PORRE ATTENZIONE AL SOTTORAFFREDDAMENTO.

A quel punto (dopo che è avvenuto il sottoraffreddamento e successiva risalita della T), continuare la lettura di T ogni 60 secondi per 20 minuti totali.

Elaborazione dati

1. Riportare in grafico T in funzione del tempo per tutte le soluzioni esaminate;



2. Calcolare la $T_{\text{congelamento}}$ dell'acqua (sarebbe praticamente la taratura del termometro). Esprimerla con l'errore associato;

$$Y = mx + q \quad Y = T \quad x = t$$

$$Y = 7 \cdot 10^{-4} x - 8,52 \cdot 10^{-2} \implies T_c = -0,0852$$

$$Y = mx + q \xrightarrow{x=0} Y = q \implies \delta Y = \delta q \implies \delta T = 0,01$$

3-4. Calcolare la $T_{\text{congelamento}}$ e il ΔT_{cr} di ogni soluzione. Esprimerle con l'errore associato;

$$\begin{cases} Y = mx + q \\ Y = m'x + q' \end{cases} \implies mx + q = m'x + q' \implies x = \frac{q' - q}{m - m'} \implies Y = m' \frac{q' - q}{m - m'} + q' = T_c$$

$$\delta T_c = \delta Y = \sqrt{\left(\frac{-m'(q' - q)}{(m - m')^2} \delta m \right)^2 + \left(\frac{m'(q' - q)}{(m - m')^2} \delta m' \right)^2 + \left(-\frac{m'}{m - m'} \delta q \right)^2 + \left(\frac{m'}{m - m'} \delta q' \right)^2}$$

$$\Delta T_{\text{cr}} = T_{c, \text{H}_2\text{O}} - T_{c, \text{SOLUZIONE}} \quad \delta \Delta T_{\text{cr}} = \delta T_{c, \text{H}_2\text{O}} + \delta T_{c, \text{SOLUZIONE}}$$

5. Calcolare l'errore associato ad ogni molalità considerando l'errore su ogni pesata pari alla sensibilità della bilancia;

$$-m_{KCl} = 55,99 \text{ g} \quad | \quad m_{H_2O} = 1944,28 \text{ g}$$

$$-m_{CH_2ClCOOH} = 77,78 \text{ g} \quad | \quad m_{H_2O} = 1922,7 \text{ g}$$

$$-m_{C_6H_{12}O_6} = 76 \text{ g} \quad | \quad m_{H_2O} = 1926 \text{ g}$$

$$\delta m_{SOLUTO} = 0,01 \text{ g} \quad \delta m_{SOLV.} = 0,01 \text{ g}$$

$$C_m = \frac{n_{SOLUTO}(\text{mol})}{m_{SOLVENTE}(\text{Kg})}$$

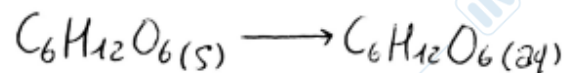
$$C_m = \frac{m_{SOLUTO}(\text{g}) \cdot 10^3 (\%/\text{Kg})}{PM_{SOLUTO}(\%/\text{mol}) \cdot m_{SOLV.}(\text{g})}$$

$$\delta C_m = \sqrt{\left(\frac{10^3 \cdot \delta m_{SOL.}}{PM_{SOL.} \cdot m_{SOLV.}} \right)^2 + \left(-\frac{m_{SOL.} \cdot 10^3 \cdot \delta m_{SOLV.}}{PM_{SOL.} \cdot m_{SOLV.}^2} \right)^2}$$

6. Calcolare il PM del glucosio esprimendolo con l'errore associato;

$$\Delta T_{c. \text{GLUCOSIO}} = K_{cr} \cdot C_m \cdot i$$

$$K_{cr. H_2O} = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C Kg/mol}$$



$$\Downarrow \\ i = 1$$

$$\Delta T_{c.g.} = K_{cr} \cdot \frac{m_G \cdot 10^3}{PM_G \cdot m_{H_2O}} \cdot i$$

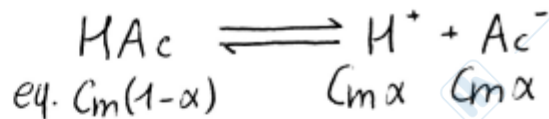
$$PM_G = \frac{K_{cr. H_2O} \cdot m_G \cdot 10^3}{\Delta T_{c.g.} \cdot m_{H_2O}}$$

$$\delta m_G = 0,01 \text{ g} \quad \delta m_{H_2O} = 0,01 \text{ g}$$

$$\delta PM_G = \sqrt{\left(-\frac{K_{cr} \cdot m_G \cdot 10^3 \cdot \delta \Delta T_{c.g.}}{\Delta T_{c.g.}^2 \cdot m_{H_2O}} \right)^2 + \left(\frac{K_{cr} \cdot 10^3 \cdot \delta m_G}{\Delta T_{c.g.} \cdot m_{H_2O}} \right)^2 + \left(-\frac{K_{cr} \cdot m_G \cdot 10^3 \cdot \delta m_{H_2O}}{\Delta T_{c.g.} \cdot m_{H_2O}^2} \right)^2}$$

7. Calcolare il grado di dissociazione e K_a dell'acido debole. Calcolare l'errore associato;

$$C_m = \frac{m_{HAc} \cdot 10^3}{PM_{HAc} \cdot m_{H_2O}}$$



↓

$$C_{m-TOT} = C_m(1-\alpha) + C_m\alpha + C_m\alpha = C_m(1+\alpha)$$

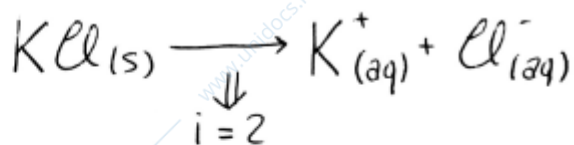
$$\Delta T_{c.A.} = K_{cr} \cdot C_{m-TOT} = K_{cr} \cdot C_m(1+\alpha) \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta T_{c.A.}}{K_{cr} \cdot C_m} - 1$$

$$\delta\alpha = \sqrt{\left(\frac{\delta\Delta T_{c.A.}}{K_{cr} \cdot C_m}\right)^2 + \left(-\frac{\Delta T_{c.A.} \cdot \delta C_m}{K_{cr} \cdot C_m^2}\right)^2}$$

$$K_A = \frac{C_m \alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow \delta K_A = \sqrt{\left(\frac{\alpha^2 \cdot \delta C_m}{1-\alpha}\right)^2 + \left(\frac{C_m \alpha (2-\alpha) \cdot \delta\alpha}{(1-\alpha)^2}\right)^2}$$

8. Calcolare il coefficiente di Van't Hoff del KCl. Calcolare l'errore associato;

$$\Delta T_{c.ke} = C_m \cdot K_{cr} \cdot i$$



↓

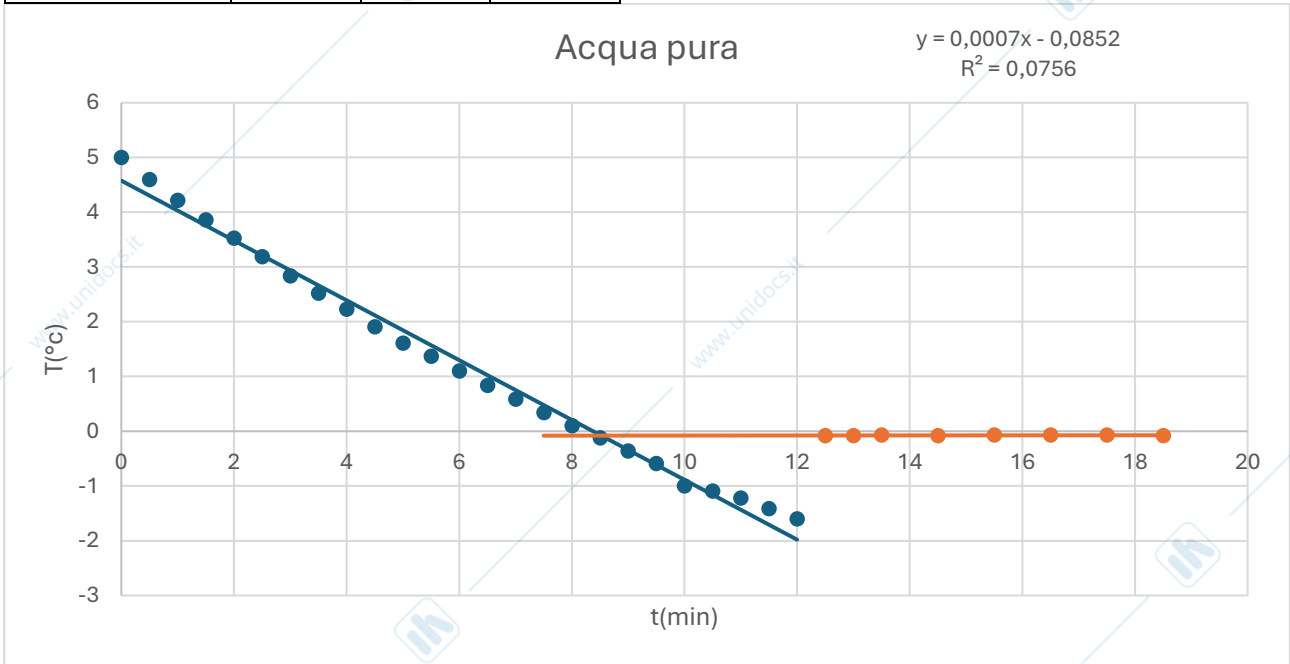
$$i = \frac{\Delta T_{c.ke}}{C_m \cdot K_{cr}} \Rightarrow \delta i = \sqrt{\left(-\frac{\Delta T_{c.ke} \cdot \delta C_m}{K_{cr} \cdot C_m^2}\right)^2 + \left(\frac{\delta\Delta T_{c.ke}}{C_m \cdot K_{cr}}\right)^2}$$

9. Riportare considerazioni in merito ai termogrammi registrati e quali eventuali differenze emergono.

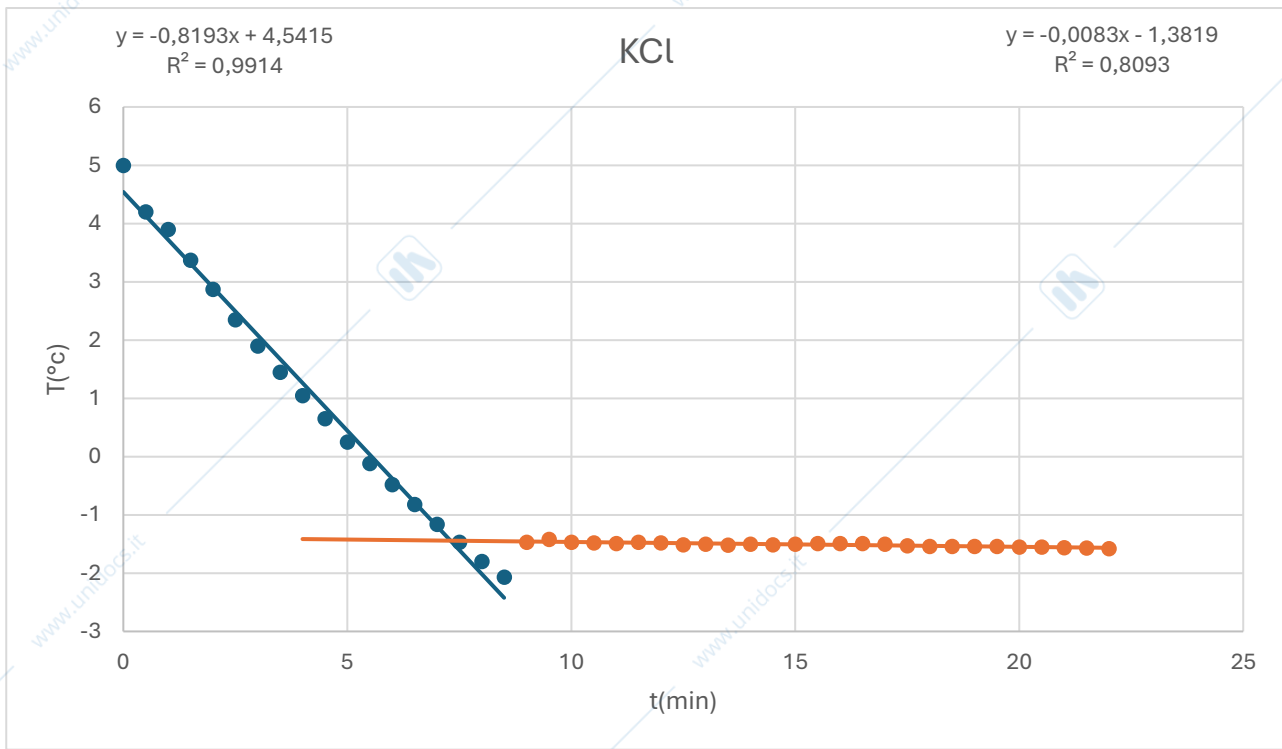
Acqua		KCl		CH ₂ ClCOOH		C ₆ H ₁₂ O ₆	
T(°c)	t(m)	T(°c)	t(m)	T(°c)	t(m)	T(°c)	t(m)
5	0	5	0	5	0	5	0
4,6	0,5	4,2	0,5	4,46	0,5	4,41	0,5
4,22	1	3,9	1	3,68	1	3,71	1
3,86	1,5	3,37	1,5	3,34	1,5	3,22	1,5
3,53	2	2,87	2	2,99	2	2,8	2
3,19	2,5	2,35	2,5	2,47	2,5	2,33	2,5
2,84	3	1,9	3	1,92	3	1,35	3
2,52	3,5	1,45	3,5	1,48	3,5	1,39	3,5
2,23	4	1,05	4	1	4	1,94	4
1,91	4,5	0,65	4,5	0,58	4,5	0,53	4,5
1,61	5	0,25	5	0,18	5	0,14	5
1,37	5,5	-0,12	5,5	-0,23	5,5	-0,21	5,5
1,1	6	-0,48	6	-0,64	6	-0,65	6
0,84	6,5	-0,82	6,5	-1	6,5	-0,95	6,5
0,59	7	-1,16	7	-1,39	7	-1,29	7
0,34	7,5	-1,47	7,5	-1,68	7,5	-1,61	7,5
0,1	8	-1,8	8	-2,01	8	-1,91	8
-0,12	8,5	-2,07	8,5	-2,32	8,5	-0,5	8,5
-0,36	9	-1,47	9	-0,97	9	-0,51	9,5
-0,59	9,5	-1,42	9,5	-0,98	9,5	-0,53	10,5
-1	10	-1,47	10	-0,98	10	-0,54	11,5
-1,09	10,5	-1,48	10,5	-0,99	10,5	-0,54	12,5
-1,22	11	-1,49	11	-1	11	-0,54	13,5
-1,41	11,5	-1,47	11,5	-1,02	11,5	-0,55	14,5
-1,6	12	-1,48	12	-1,01	12	-0,54	15,5
-0,08	12,5	-1,51	12,5	-1,01	12,5	-0,54	16,5
-0,08	13	-1,5	13	-1,01	13	-0,54	17,5
-0,07	13,5	-1,52	13,5	-1,01	13,5	-0,55	18,5
-0,08	14,5	-1,5	14	-1,02	14	-0,56	19,5
-0,07	15,5	-1,51	14,5	-1,02	14,5	-0,56	20,5
-0,07	16,5	-1,5	15	-1,02	15	-0,58	21,5
-0,07	17,5	-1,49	15,5	-1,03	15,5	-0,56	22,5
-0,08	18,5	-1,49	16	-1,02	16	-0,59	23,5
		-1,49	16,5	-1,03	16,5	-0,59	24,5
		-1,5	17	-1,04	17	-0,59	25,5
		-1,53	17,5	-1,05	17,5	-0,6	26,5
		-1,54	18	-1,04	18	-0,58	27,5
		-1,54	18,5	-1,04	18,5		
		-1,54	19	-1,05	19		
		-1,54	19,5	-1,05	19,5		
		-1,55	20	-1,06	20		
		-1,55	20,5	-1,06	20,5		
		-1,56	21	-1,06	21		

		-1,57	21,5				
		-1,58	22				

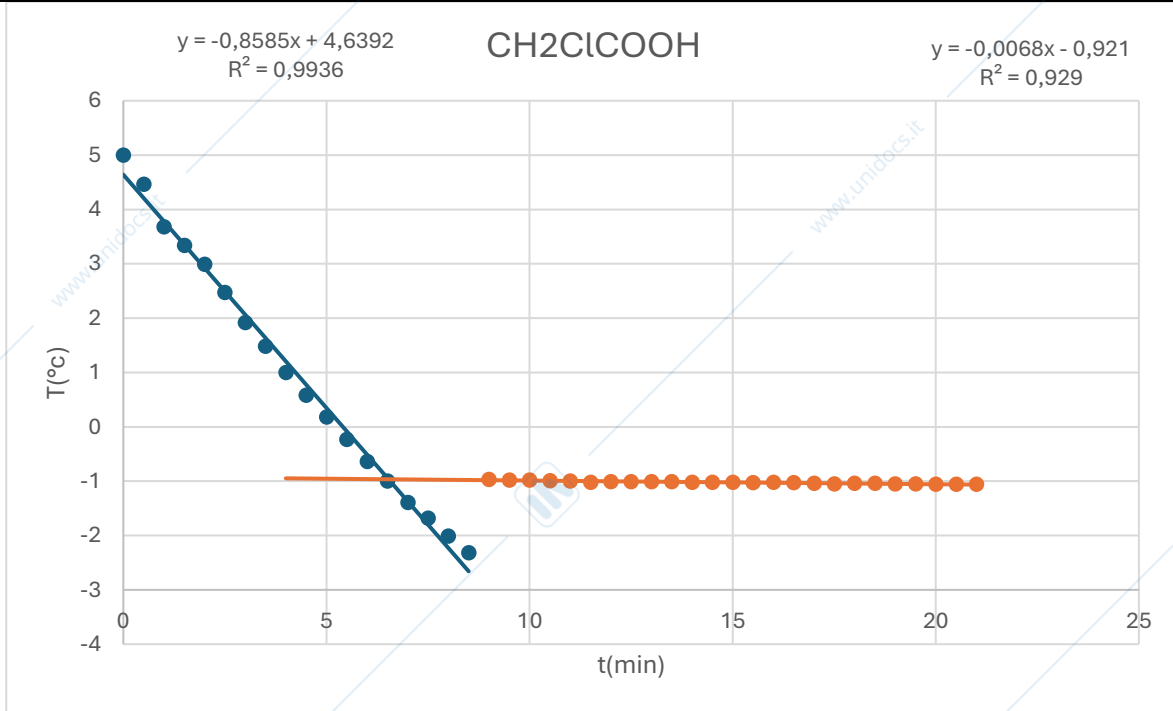
Acqua pura			
m	q	Tc	dTc
0,000672	-0,08521	-0,08521	0,014704
δm	δq		
0,000959	0,014704		



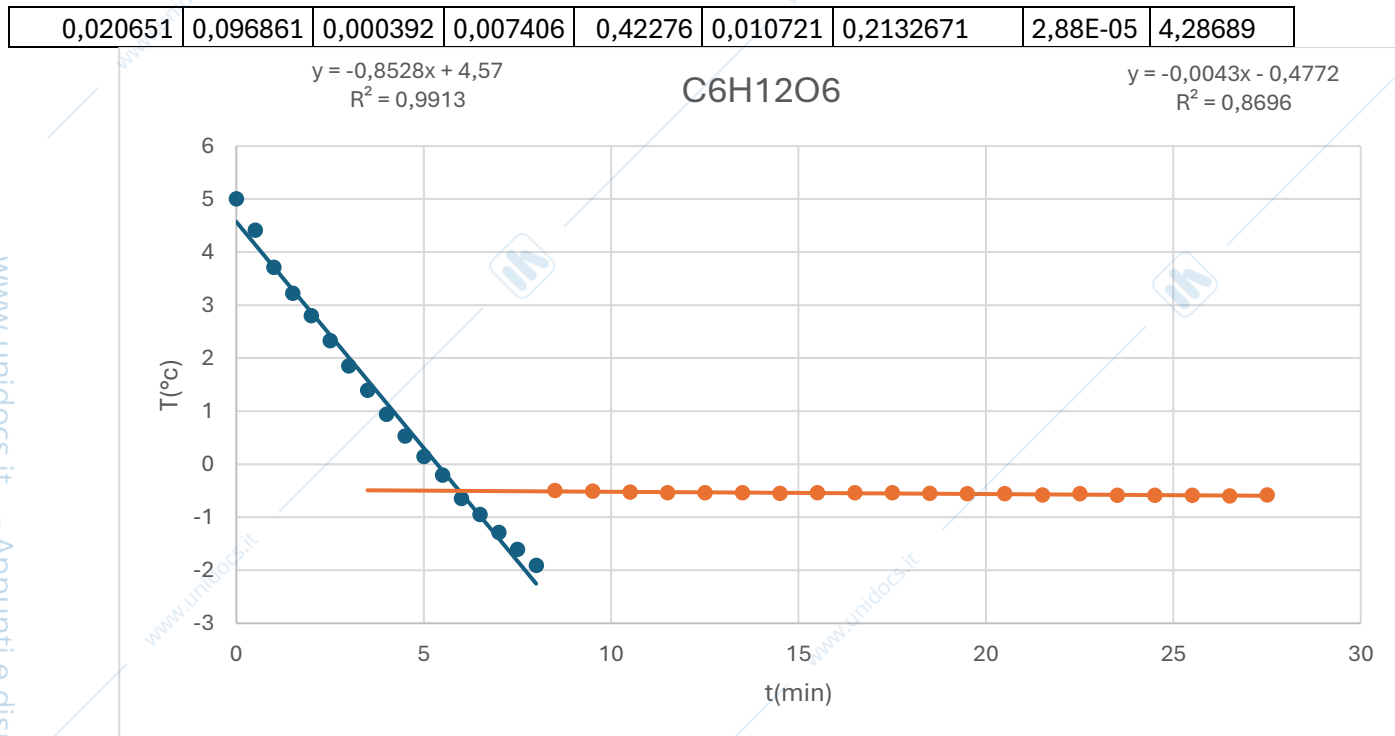
KCl								
m	q	m'	q'	Tc	dTc	mKCL(g)	mH2O(g)	i
-0,8193	4,541462	-0,00832	-1,38186	-1,44259	0,001521	55,99	1944,28	1,896513
δm	δq	$\delta m'$	$\delta q'$	ΔTc	$\delta \Delta Tc$	$C_m(\text{mol/kg})$	δC_m	δi
0,019089	0,095046	0,000807	0,012902	1,36259	0,011521	0,3862749	6,901E-05	0,016039



CH ₂ ClCOOH											
m	q	m'	q'	T _c	dT _c	mCH ₂ ClCOOH(g)	mH ₂ O(g)	α	K _a		
-0,85851	4,63924	-0,00678	-0,92103	-0,96532	0,001029	77,8	1922,7	0,111609	0,006004		
δm	δq	δm'	δq'	ΔT _c	δΔT _c	C _m (mol/kg)	δC _m	δα	δK _a		
0,01729	0,086091	0,000391	0,006035	0,885322	0,011029	0,428189745	5,508E-05	0,013849	0,001584		



C ₆ H ₁₂ O ₆											
m	q	m'	q'	T _c	dT _c	mC ₆ H ₁₂ O ₆ (g)	mH ₂ O(g)	PM			
-0,85279	4,57	-0,00429	-0,47722	-0,50276	0,000721	74	1926	169,0421			
δm	δq	δm'	δq'	ΔT _c	δΔT _c	C _m (mol/kg)	δC _m	δPM			



N.B Il valore dell'errore sui coefficienti delle rette di regressione lineare possono essere calcolati inserendo in excel la funzione

REGR.LIN(valori di y noti;valori di x noti;;VERO)

che ci restituirà una tabella con i valori del coefficiente angolare e del termine noto della retta nella prima riga e nella seconda riga l'errore sul coefficiente angolare e sul termine noto in questo modo

m	q
δm	δq

Le altre righe che la funzione restituisce sono inutili ai fini dell'esperienza