

FRANCESCA ESPOSITO

12/10/'11, LABORATORIO di FISICA, LICEO LEONARDO DA VINCI, GALLARATE

## VERIFICA DELLA SOSTA TERMICA di FUSIONE E SOLIDIFICAZIONE DELL'ACIDO STEARICO

### MATERIALE UTILIZZATO

I materiali che abbiamo utilizzato in questa esperienza sono i seguenti:

- acido stearico;
- acqua di rubinetto;
- un cilindro graduato con fondo scala 400ml;
- un becher graduato di vetro pyrex;
- due termometri uno con una scale che parte da  $-10^{\circ}\text{C}$  e arriva a  $110^{\circ}\text{C}$ ; un altro con una scala da  $0^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ ;
- una provetta;
- un treppiede;
- reticella rompi fiamma;
- fornelletto ad alcool;
- un sostegno per la provetta;
- un cronometro;

### PREMESSA TEORICA

In primo luogo credo sia bene chiarire che cosa siano rispettivamente tutti i materiali precedentemente elencati.

### ACQUA

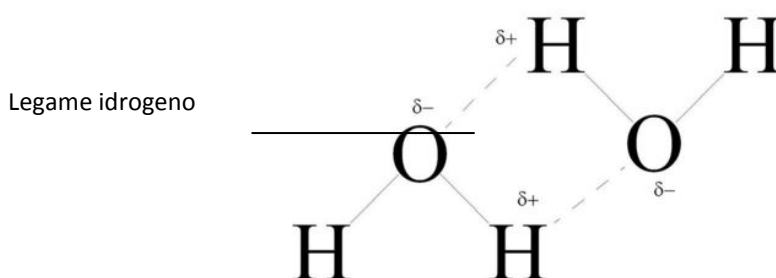
La molecola d'acqua è composta da un atomo di ossigeno e due atomi di idrogeno, legati fra loro con un legame covalente: si tratta di un legame nel quale gli atomi presi in considerazione (nel nostro caso l'ossigeno e l'idrogeno) condividono alcuni elettroni (dotati di carica negativa) dell'ultimo orbitale. Quindi l'ossigeno, che appartiene al sesto gruppo della tavola periodica, ha sei elettroni nell'ultimo orbitale: ciò significa che, per avere l'ultimo guscio completo, ne deve acquistare due e che può fare ben due legami covalenti singoli, perché quattro elettroni sono disposti a coppie (i cosiddetti doppietti) e gli altri due (quelli che appunto permettono la formazione dei legami) sono spaiati, sono cioè singoli. Pertanto l'ossigeno si lega con due atomi di idrogeno: quest'ultimo elemento infatti, che appartiene al primo gruppo della tavola, nell'ultimo orbitale (che sarebbe anche il primo) ha un solo elettrone spaiato; per

questo motivo ha bisogno di un altro elettrone per avere l'ultimo guscio completo, elettrone che può ricevere dall'ossigeno. Quest'ultimo, dato che ha due elettroni spaiati, si lega con altrettanti atomi di idrogeno. In questo modo gli elettroni degli atomi di idrogeno e i due elettroni spaiati dell'atomo di ossigeno alternano la loro posizione, cioè ruotano per un periodo nell'orbita dell'ossigeno e per un altro periodo in quella dell'idrogeno, completando, in entrambi i casi, gli ultimi orbitali dei due atomi.

L'acqua è anche un tipico esempio di molecola polare. Si dice polare, infatti, una molecola in cui sono presenti, distintamente, una carica negativa e una positiva. Nell'acqua la carica negativa è rappresentata dall'ossigeno: questo, infatti ha un'elettronegatività di quattro, maggiore rispetto a quella dell'idrogeno; per questo motivo attrae gli elettroni con maggior forza, elettroni che quindi stanno per più tempo nell'orbita dell'ossigeno che in quella dell'idrogeno; la carica positiva, invece, è costituita dai due atomi di idrogeno: questi, infatti, cedono, in un certo senso gli unici elettroni che posseggono, acquistando quindi una carica positiva.

È per questo motivo, dunque, che si formano i legami idrogeno fra le diverse molecole dell'acqua: la carica negativa dell'ossigeno viene attratta da quella positiva dell'idrogeno, appartenete però ad un'altra molecola. Il legame idrogeno è più debole di quello covalente esistente fra gli atomi di una stessa molecola d'acqua, ma è importantissimo per le proprietà dell'acqua stessa: se, infatti, non esistesse l'acqua a temperatura ambiente sarebbe tutta allo stato di vapore.

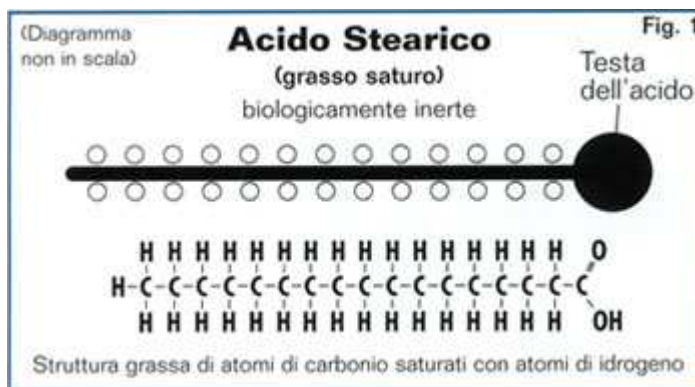
Si è soliti dire che l'acqua ha sempre densità 1, ma in realtà questo è vero solo in particolari condizioni: deve essere distillata ed avere una temperatura di 4°C. La sua formula chimica è H<sub>2</sub>O e la seguente è la sua formula di struttura, in cui è anche evidenziato il legame idrogeno.



### ACIDO STEARICO

La formula dell'acido stearico è CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub>COOH; a temperatura ambiente si presenta come un solido, a scaglie bianche più o meno grandi, dall'odore rancido. Insolubile in acqua, poco solubile in alcol, solubile in acetone ed etere (di formula CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>, a temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore dall'odore caratteristico). Esso rientra nella classe degli acidi **carbossilici** (o **acidi organici**), cioè composti organici che contengono il **gruppo carbossilico** o **carbossile (-COOH)**, ovvero un gruppo ossidrilico (-OH) legato ad un gruppo carbonilico (C=O). Gli acidi carbossilici posseggono molecole polari e presentano una solubilità simile (o superiore) a quella dei relativi alcoli: i primi termini della serie sono solubili in acqua; sono abbastanza solubili anche in alcoli, eteri e benzene (di formula C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, è un idrocarburo

monociclico, quindi gli si dispongono in un anello chiuso). Fra le loro molecole inoltre si vengono a formare dei legami a idrogeno, e per questo motivo presentano punti di ebollizione elevati. L'acido stearico è un acido **ottadecanoico** e insieme all'acido palmitico forma la stearina utilizzata per la produzione delle candele, le cosiddette candele steariche, appunto. Le immagini seguenti rappresentano l'acido stearico, come si presenta a temperatura ambiente e la sua formula di struttura.



**CILINDRO:** si tratta di uno strumento, solitamente realizzato con resistente

vetro pyrex, utilizzato in laboratorio per effettuare misurazioni o dosaggi di volumi di liquidi; è costituito da un semplice tubo di forma cilindrica con un'estremità chiusa dotata di supporto e una aperta avente un beccuccio, per facilitare le operazioni di travaso. Su di esso è presente una scala graduata sulla quale si può leggere il volume del liquido versato.

**BECHER:** si tratta di uno strumento, come il cilindro realizzato in vetro pyrex, utilizzato in laboratorio solitamente per riscaldare liquidi e permettere reazioni o osservazioni su di essi, e non per misurare o dosare; anche questo è di forma cilindrica e solitamente graduato, ma ha un diametro più grande rispetto a un cilindro.

**FORNELLETTO AD ALCOOL:** è un semplice e piccolo strumento che consente, per un determinato periodo di tempo, di avere a disposizione una fiamma regolare utilizzato spesso per esperimenti di laboratorio. Esso è costituito da un recipiente in vetro nel quale è contenuto alcool (etilico nel nostro caso), collegato con uno stoppino imbevuto di zolfo che consente la combustione dell'alcool stesso.

**TREPIEDE:** è un semplice strumento, dotato di tre piedi, sul quale si appoggia solitamente un contenitore da scaldare; esso è infatti fornito di una **reticella rompi fiamma**, con maglie tanto strette da impedire, nel caso si usi un fornello a gas, il passaggio del gas stesso e il contatto di questo con il contenitore; nella nostra esperienza in laboratorio abbiamo utilizzato come contenitore un cilindro di vetro **pyrex**, cosa importante da sottolineare perché quando un oggetto in vetro viene riscaldato questo subisce una **dilatazione differenziale**, ovvero si riscalda, e quindi si dilata, più all'esterno che all'interno, fenomeno che porta l'oggetto ad esplodere.

**CRONOMETRO:** è uno strumento di elevata precisione utilizzato per misurare intervalli di tempo, in genere, non molto lunghi.

**TERMOMETRO:** è uno strumento utilizzato per misurare la temperatura dei corpi, ovvero l'**energia cinetica** delle molecole, che non è altro che la velocità media delle molecole di un corpo. Esistono diversi tipi di termometro; uno dei primi è il **termometro galileiano**, messo a punto dallo scienziato Galileo Galilei, che consiste in un cilindro di vetro verticale riempito di alcool; all'interno di questo liquido vi sono delle boccette (o ampolline), e su ognuna di queste vi è indicata una temperatura. Queste boccette sono

riempite a loro volta di un liquido colorato, per una più facile identificazione. Quando si è raggiunto l'equilibrio termico (due corpi sono in equilibrio termico quando hanno la stessa temperatura), si vengono solitamente a creare due gruppi di boccette, uno più in basso nel cilindro e l'altro in alto. La temperatura segnata sulla boccetta più in basso tra quelle del gruppo in alto segnala l'attuale temperatura atmosferica. Per il suo funzionamento, tale termometro sfrutta il **principio di Archimede** ( $\Delta F = \rho V g$ , quindi densità del liquido moltiplicato per il volume del solido moltiplicato per l'accelerazione di gravità).

Nel 1709 fu poi realizzato dallo scienziato tedesco Daniel Gabriel Fahrenheit il **termometro a mercurio**. Tale strumentazione sfrutta invece il fenomeno della dilatazione termica, motivo per cui venne scelto il mercurio come **liquido termometrico**: tra i corpi solidi, infatti, quelli che aumentano maggiormente di volume sono i metalli, grazie alla loro particolare struttura atomica (i vari atomi di metallo sono legati fra loro dagli elettroni che hanno ceduto, il mare di elettroni), nella quale l'energia cinetica si diffonde molto rapidamente; mettendo a confronto, invece, un corpo solido con un liquido, il secondo sente di più rispetto al primo il fenomeno della dilatazione termica. A questo punto, dal momento che il mercurio è un **metallo liquido**, nessun altro materiale sarebbe stato tanto adatto, senza contare però il suo livello di tossicità piuttosto elevato, cosa che ha portato negli anni novanta all'invenzione di termometri elettrici che rimpiazzassero quello inventato da Fahrenheit.

Lo scienziato tedesco inoltre diede il nome ad una scala di misurazione della temperatura ancora in uso oggi, appunto la **scala Fahrenheit** (°F), nella quale l'acqua congela a 32° e bolle a 212° ; la differenza tra i due valori è quindi 180°F e non 100° C come nella **scala Celsius** (a 0° infatti l'acqua è sottoforma di ghiaccio, mentre a 100° si trasforma in vapore) o centigrada, messa a punto dall'omonimo scienziato svedese.

Esistono infine altre due scale:

- la **scala Reaumur**, nella quale è stata fissata a 0°R la temperatura a cui ghiaccia l'acqua e a 80°R quella in cui questa bolle;
- la **scala kelvin** che ha simbolo K, messa a punto dall'inglese William Thomson, il cui nome da barone è Lord kelvin; in questa scala lo zero è posto a -273,15°C. Una delle sette unità di misura del Sistema Internazionale, il kelvin viene definito come 1/273,16 della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua. Per "temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua" si intende la differenza di temperatura fra lo zero assoluto (appunto -273,15 °C, temperatura a cui le molecole sono completamente ferme, non sono dotate quindi di alcuna energia) e il punto triplo dell'acqua (0,01 °C), temperatura a cui l'acqua esiste a tutti e tre gli stati di aggregazione della materia.

**STATI di AGGREGAZIONE:** gli aspetti sotto cui può presentarsi la materia.

Tre sono quelli fondamentali:

- **stato solido:** i solidi hanno volume e forma propria; da un punto di vista scientifico, un vero solido è caratterizzato dal fatto che la sua struttura microscopica è ordinata: le particelle che costituiscono il solido ( ATOMI, MOLECOLE O IONI ) sono cioè disposte secondo uno schema geometrico caratteristico.

Questo schema viene chiamato **reticolo cristallino**, mentre le posizioni occupate dalle particelle in questo vengono chiamate nodi del reticolo.

Nei cristalli si vede un'unità fondamentale, la cella elementare, che si ripete sempre uguale a se stessa nelle tre direzioni dello spazio. Nel sale da cucina (NaCl), ad esempio, il reticolo assume la forma di un cubo.

Nel ghiaccio invece si possono notare le diverse molecole di acqua (H<sub>2</sub>O) legate tra loro dal **legame idrogeno** in una forma esagonale.

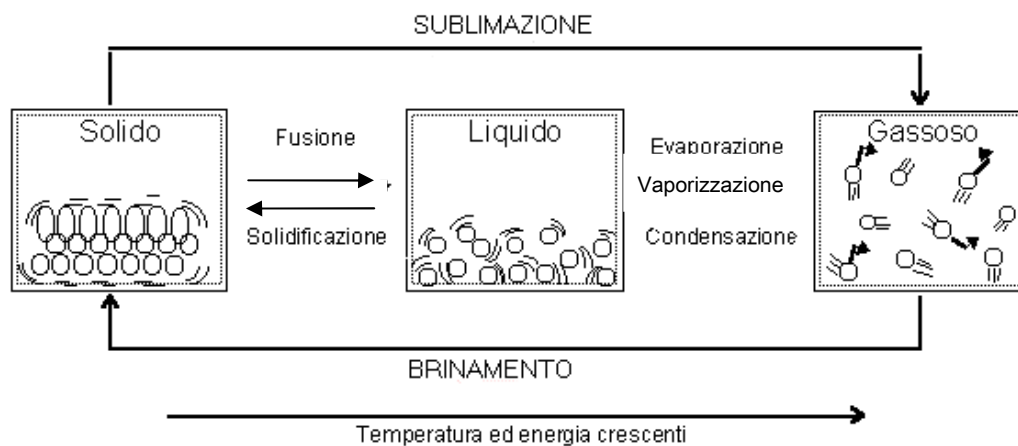
- **stato liquido**: i liquidi non hanno forma propria, ma assumono quella del recipiente che li contiene. Lo stato liquido è uno stato condensato, perché anche in esso, come nel solido, le particelle sono legate l'una all'altra. Però all'interno del liquido non esiste la struttura ordinata che è invece tipica dei solidi, anzi, le molecole del liquido possono scorrere l'una sull'altra; questo fa sì che i liquidi non abbiano una forma propria, ma assumono sempre quella del recipiente che li contiene. I liquidi hanno invece volume proprio. A seconda del tipo di liquido, le molecole possono incontrare maggiore o minore resistenza a muoversi all'interno del liquido stesso; maggiore è la resistenza che incontrano, maggiore è la **viscosità** del liquido. La viscosità di un liquido in genere diminuisce, se la temperatura aumenta e viceversa;
- **stato gassoso**: lo stato gassoso non è uno stato condensato: le particelle (atomi o molecole) sono svincolate l'una dall'altra, perfettamente indipendenti, libere di muoversi per tutto il recipiente e continuamente in moto. Il moto avviene per segmenti di retta: ogni volta che una particella di gas urta un'altra particella di gas, oppure le pareti del recipiente, cambia direzione. Un gas non ha né forma né volume propri, ma assume quelli del recipiente. Di conseguenza, per caratterizzare un gas, non è sufficiente indicarne la massa, come si fa di solito, oppure la massa o il volume come si fa per i liquidi. Il volume di un gas è il volume del recipiente che lo contiene, ed è generalmente misurato in decimetri cubi. Inoltre i liquidi e i gas hanno alcune caratteristiche comuni: il fatto di poter essere attraversati da un oggetto solido e il fatto di poter "scorrere". Per questo motivo, liquidi e gas vengono indicati con il termine comune di **fluidi**.

**I PASSAGGI di STATO**: è la trasformazione di un sistema termodinamico da uno stato di aggregazione ad un altro. Infatti lo stato di aggregazione di un corpo non è una sua caratteristica immutabile ma può cambiare a seconda delle condizioni in cui esso si trova. Nella maggior parte dei casi, i passaggi di stato avvengono per un aumento o diminuzione della temperatura, ma anche per una variazione di pressione. Somministrando energia sotto forma di calore questa si trasforma in energia di movimento (energia cinetica) delle particelle che lo costituiscono; esiste quindi una diretta correlazione tra la temperatura (manifestazione macroscopica) di un corpo e il movimento (manifestazione microscopica) delle sue particelle. I passaggi di stato sono **trasformazioni fisiche** poiché la materia non cambia la sua composizione (come avviene nelle trasformazioni chimiche) ma solo il modo in cui ci appare (es. ghiaccio, acqua e vapore acqueo ci appaiono differenti ma sono tutti costituiti dallo stesso tipo di particelle).

I passaggi di stato sono diversi e, ovviamente, altrettanti sono i nomi per indicarli:

- **fusione**: avviene quando un corpo, riscaldato, passa dallo stato solido a quello liquido (es. un cubetto di ghiaccio lasciato a temperatura ambiente);
- **vaporizzazione**: si ha quando riscaldando un corpo esso passa dallo stato liquido a quello aeriforme; questa può avvenire tramite l'**evaporazione**, che coinvolge solo la superficie del liquido e avviene a qualunque temperatura in cui la sostanza è allo stato liquido (es. l'acqua di una pozzanghera che evapora) o tramite l'**ebollizione**, che interessa tutta la massa del liquido e avviene a specifici gradi di temperatura e pressione (es. un pentolino di acqua che bolle sul fornello);

- **condensazione**: è il passaggio di stato che si ha quando, raffreddandolo, un gas si trasforma in liquido (es. il vapore acqueo che d'inverno condensa sui vetri freddi);
- **solidificazione**: avviene quando raffreddando un corpo liquido questo si trasforma in solido (es. i cubetti di ghiaccio che si formano nel freezer);
- **sublimazione**: è il passaggio di stato che si ha quando un corpo solido passa allo stato aeriforme, saltando il passaggio intermedio che è la fusione; alcuni esempi sono lo iodio che sublimando svolge dei vapori violetti e il ghiaccio secco (anidride carbonica solidificata, alla temperatura di  $-78^{\circ}\text{C}$ ) che a temperatura ambiente passa allo stato di gas;
- **brinamento**: è il passaggio di stato che si ha quando un corpo aeriforme arriva allo stato solido senza transitare per lo stato intermedio, la condensazione. Un esempio è il vapore acqueo che, nelle notti freddi si trasforma in brina.



**SOSTA TERMICA:** è il fenomeno per cui la temperatura resta costante durante la transizione di fase. Infatti, quando si scalda un solido, ovvero gli si fornisce energia, la sua temperatura, e quindi la velocità delle sue molecole, aumenta, ma solo fino a un determinato valore. A questo punto, pur continuando a fornire calore, la temperatura non aumenta più. Questo perché il calore fornito andrà a servire alla rottura del reticolo cristallino del solido, e non più all'incremento della sua temperatura, per renderlo completamente liquido. La temperatura a cui avviene questo fenomeno è la temperatura di fusione o **punto di fusione**, mentre il calore fornito in questa fase di sosta viene definito **calore latente di fusione**. Continuando a riscaldare, quando tutto il solido si è trasformato in liquido, la temperatura ricomincia a salire fino a quando il liquido comincia a bollire. A questo punto si ha una seconda **sosta termica** in cui il calore fornito serve a rompere i legami molecolari permettendo l'ebollizione e la relativa evaporazione del liquido. La temperatura, detta di ebollizione o **punto di ebollizione**, rimane costante fino a quando tutte le molecole non saranno evaporate.

## ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA

Dopo che ci è stato distribuito il materiale necessario all'esecuzione dell'esperienza ed esplicito il procedimento da seguire, abbiamo dato inizio alla nostra sperimentazione. Per prima cosa, dopo esserci opportunamente divisi in sei gruppi, abbiamo acceso, mediante l'uso di un fiammifero, il fornello ad alcool; l'abbiamo quindi posizionato sotto il treppiede, in modo da poter riscaldare la provetta contenente l'acido stearico, al quale si può sostituire, in una esperienza di questo tipo, l'acido miristico (di formula  $C_{14}H_{28}O_2$ , fonde a  $58^{\circ}C$ ) o l'acido palmitico (di formula  $CH_3(CH_2)_{14}COOH$ ).

Per riscaldare la provetta abbiamo utilizzato il metodo a bagnomaria, che consiste nel versare in un recipiente, recipiente che si troverà sopra una fonte di calore, dell'acqua e immettere in quest'ultimo un altro recipiente con l'oggetto da scaldare; questo metodo di riscaldamento permette, infatti, che il calore arrivi in modo uniforme all'oggetto in questione.

Nelle seguenti immagini si può vedere la provetta contenente l'acido stearico; nella prima immagine l'acido è ancora solido mentre nella seconda, con l'aumento della temperatura (si notino infatti le bolle di vapore acqueo che iniziano a salire dal fondo del becher) sta passando allo stato liquido.

Il sostegno  
della provetta  
con morsa



Provetta con  
termometro



Il fornello  
ad alcool

L'acido  
ancora solido





Abbiamo perciò registrato, durante il riscaldamento, grazie al termometro precedentemente posto nella provetta, la temperatura dell'acido ogni trenta secondi, secondi che abbiamo contato con l'aiuto di un cronometro: la temperatura per un po' è salita, poi, intorno ai 52°C ha iniziato a rallentare, ha avuto un'impennata, arrivando da 71° C a 78° C in trenta secondi, per poi fermarsi del tutto a 86°C; facendo una media di tutti i valori della sosta termica, abbiamo stimato che il punto di fusione dell'acido stearico è intorno ai 64°C.

A questo punto abbiamo spento la fiamma e abbiamo lasciato raffreddare l'acido, aiutando il processo per mezzo del travaso di un po' di acqua fredda nel becher contenente la provetta. Come prima, abbiamo notato che inizialmente la temperatura scendeva gradualmente e poi si è fermata intorno ai 54°C, temperatura a cui l'acido è ritornato allo stato solido.

Abbiamo quindi costruito due tabelle con i dati raccolti e due grafici che mostrano la sosta di fusione e solidificazione dell'acido stearico.

Nelle seguenti immagini si può vedere l'acido stearico completamente fuso e lo stesso acido nuovamente allo stato solido, in seguito al raffreddamento.



Acido stearico ormai liquido in seguito al riscaldamento

Acido solidificato in seguito al raffreddamento



## DATI E LORO ELABORAZIONE

I seguenti sono tutti i dati che abbiamo raccolto in questa esperienza, riassunti in due tabelle.

### SOSTA di FUSIONE

Temperatura dell'acido [°C]	Frequenza di misurazione [s]
38	30
41	60
43	90
45	120
48	150
49	180
51	210
51	240
52	270
53	300
53	330
53	360
53,5	390
54	420
54	450
56	480
57	510
58	540
58	570
60	600
71	630
78	660
81	690
84	720
86	750
86	780
86	810
86	840

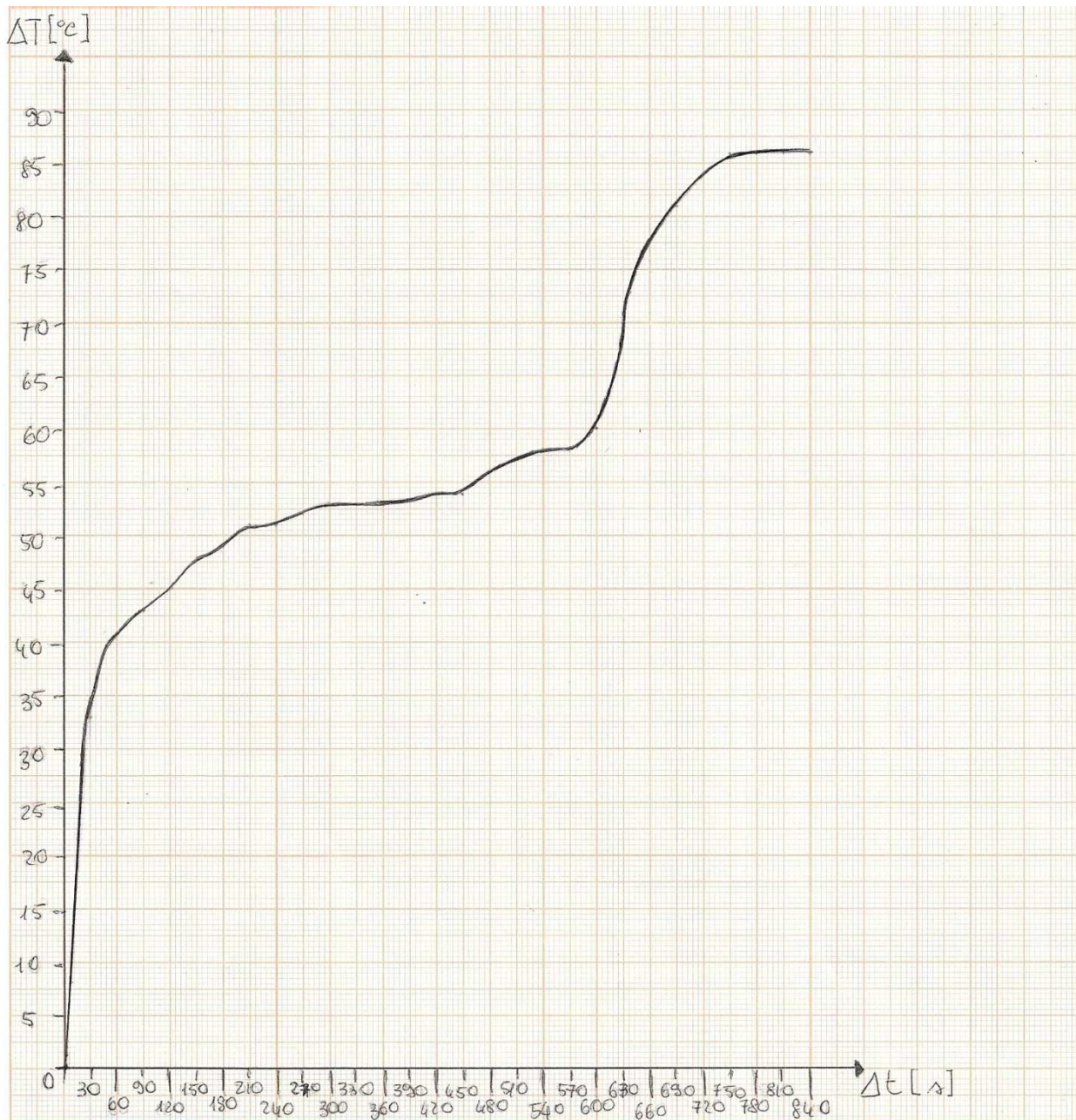
### SOSTA di SOLIDIFICAZIONE

Temperatura dell'acido [°C]	Frequenza di misurazione [s]
85	870
84	900
83	930
82	960
81	990
80	1020
78	1050
77	1080
76	1110
74	1140
73	1170
72	1200
71	1230
69	1260
68	1290
67	1320
66	1350
65	1380
65	1410
64	1440
63	1470
62	1500
58	1530
56	1560
55	1590
55	1620
55	1650
55	1680
55	1710
55	1740
55	1770
54	1800
54	1830
54	1860
54	1890
54	1920
54	1950
54	1980
54	2010

Come si può vedere gli ultimi valori di temperatura sono uguali in entrambe le tabelle: essi sono infatti quelli della sosta termica.

Questi sono i grafici che rappresentano le due soste termiche.

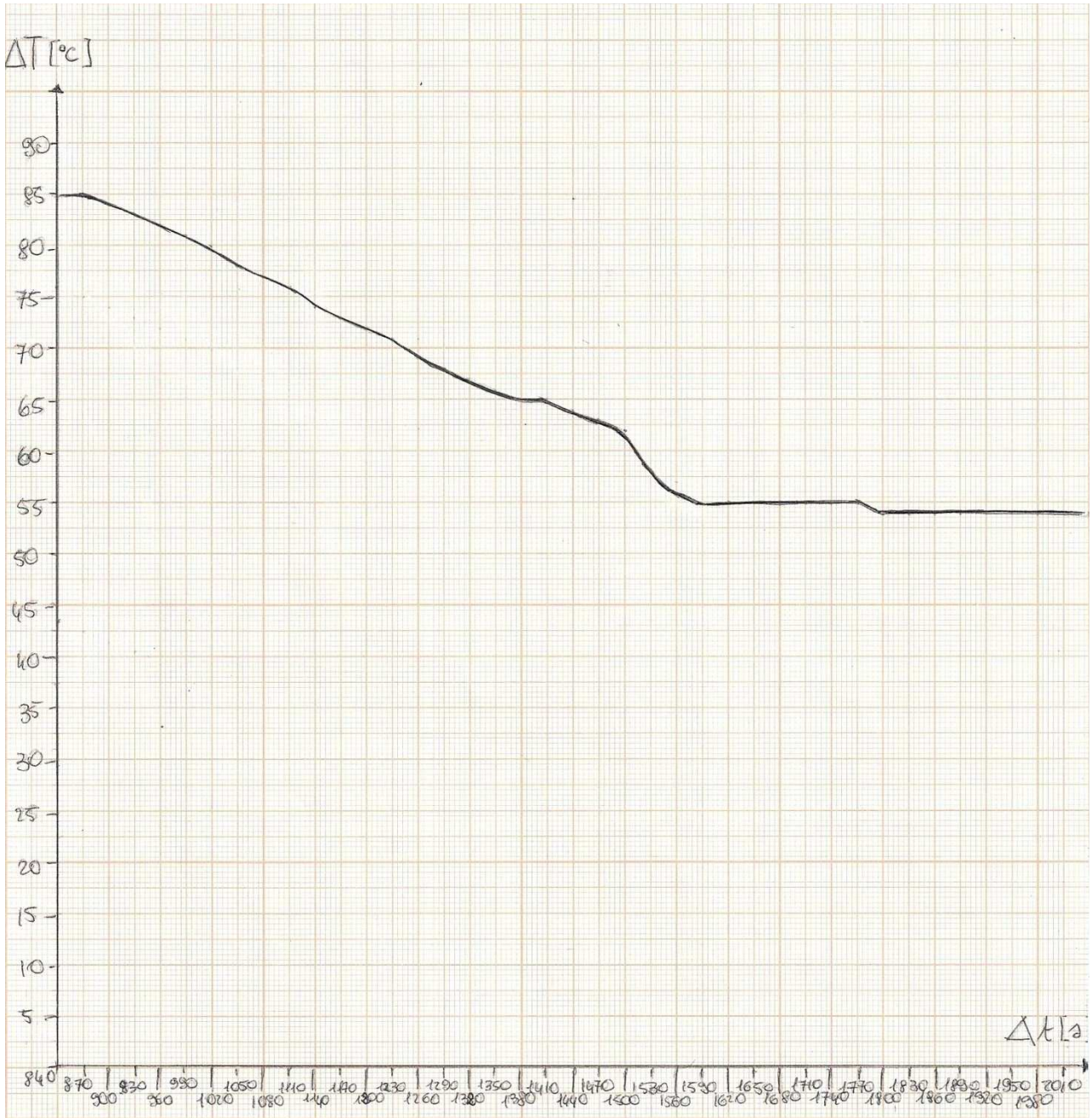
### SOSTA di FUSIONE



Dal grafico si può vedere come la temperatura, a un certo punto, ha un'impennata e poi si stabilizza.



## SOSTA di SOLIDIFICAZIONE



In questo grafico la sosta termica è molto più evidente che in quello precedente.

## CONCLUSIONI

In questa sperimentazione abbiamo costruito la curva di temperatura dell'acido stearico, verificando inoltre il fenomeno della sosta termica.