

Docenti e studenti a confronto su:

**LO STUDIO DELL' ARIA  
E DEI FENOMENI ATMOSFERICI**  
**Osservare e sperimentare nella scienza.**

Firenze, 19-20 aprile 2023

MENZIONE D'ONORE  
SEZIONE TESINE BIENNIO

**Water is in the air**

*Studenti*

Alinovi Giada – Botti Bianca – Dreglea Melissa - Mora Matilde – Ponzi Rachele

Classe 1N

*Istituto di Istruzione Superiore*

Liceo Scientifico Giacomo Ulivi

Parma

*Docente Coordinatore*

Losi Stefania

Il contenuto scelto è adeguato alle conoscenze degli studenti della classe prima. Lo studio della velocità di evaporazione dell'acqua in funzione della pressione dell'aria, della temperatura dell'ambiente e della superficie esposta all'aria, è condotto in modo organico e ben scandito; l'elaborazione dei dati è eseguita con cura e l'analisi grafica è condotta in modo abbastanza consapevole. L'impostazione è prevalentemente fenomenologica. La relazione è ben strutturata e linguisticamente corretta.

Sezione biennio

## **TESINA: WATER IS IN THE AIR**

### Presentazione del docente referente

Il lavoro si inserisce nella programmazione curricolare che prevede lo studio dei passaggi di stato nel corso dei primi mesi del primo anno di corso, un tema trattato sia dal docente di fisica che dal docente di scienze. La grandezza pressione è stata invece anticipata rispetto alla programmazione che prevede lo studio della fisica dei fluidi nel secondo anno di corso.

A mio parere le ragazze di questo gruppo si sono per la prima volta confrontate con questi due metodi/temi:

- la misura: cosa significa misurare in modo scientifico? Quali metodi comporta? quali attenzioni? Quali problematiche?
- L'analisi del dato: osservare i dati attentamente, rappresentarli sotto forma di tabelle e grafici, interpolarli per trarne informazioni. Particolare importanza ha avuto quest'ultimo aspetto, che ha rivestito un ruolo fondamentale nel lavoro. Il fatto che il dato non vada solo rappresentato ma anche attentamente analizzato per aggiungere conoscenze, non è scontato nei ragazzi di quest'età: mentre è stato abbastanza semplice e divertente misurare, lo studio e l'analisi sono stati più difficili. Credo che questo sia stato un importante insegnamento. Inoltre l'analisi del dato ha richiesto di anticipare elementi di algebra di secondo grado e geometria analitica.

Le studentesse sono state per la prima volta chiamate ad usare il foglio elettronico e anche questo non è stato banale, ci sono ancora ampi spazi di miglioramento in questa direzione. I risultati ottenuti sono, a mio avviso, interessanti e suscettibili di ulteriori indagini. La strumentazione utilizzata è molto semplice; potendo disporre di una strumentazione da vuoto più efficace e di un sistema di termostatazione si potrebbero ottenere risultati più accurati e approfonditi.

# *WATER IS IN THE AIR*

EVAPORAZIONE, un fenomeno acqua - aria

## **SCOPO DEL LAVORO**

Nel corso della nostra attività abbiamo voluto studiare il fenomeno dell'evaporazione dell'acqua in varie condizioni.

## **INTRODUZIONE**

L'evaporazione consiste nel passaggio di stato dallo stato liquido allo stato gassoso di molecole che si trovano sulla superficie di separazione acqua-aria; avviene anche a temperature inferiori a quella di ebollizione ed è influenzata dalle caratteristiche dell'aria sovrastante. In particolare la velocità di evaporazione dipende dalla pressione dell'aria, dalla temperatura dell'ambiente e dalla superficie esposta all'aria. Infatti per evaporare le molecole d'aria devono liberarsi dai legami intermolecolari. La probabilità che questo avvenga è più alta se l'aria esercita una pressione inferiore (un'alta pressione "schiaccia" le molecole d'acqua ostacolandone l'evaporazione), se la superficie esposta all'aria è maggiore (una grande superficie significa un maggior numero di molecole esposte all'aria quindi una maggiore probabilità di evaporazione), se la temperatura più alta conferisce alle molecole d'acqua maggiore energia cinetica e se l'aria ha un basso grado di umidità.

## **MATERIALI E STRUMENTI**

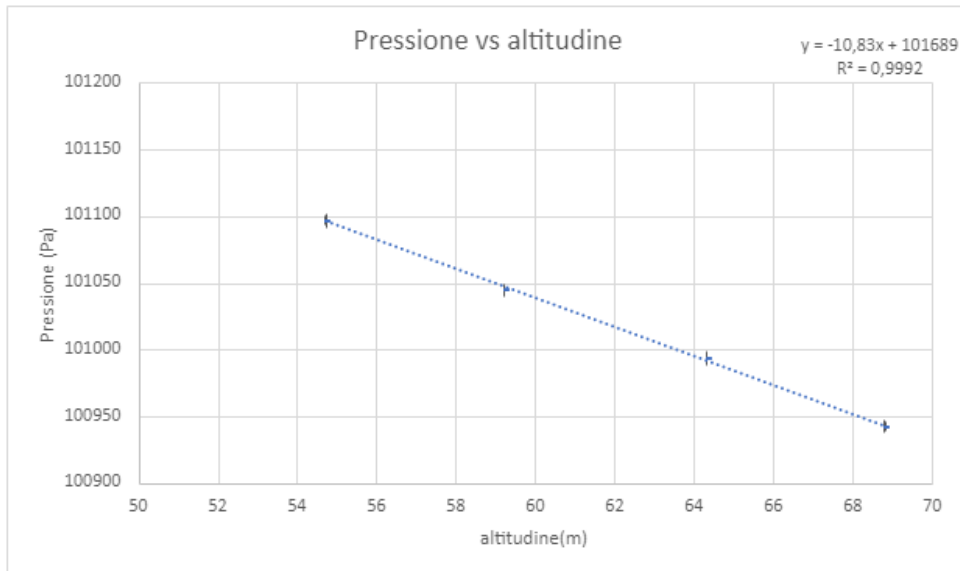
Abbiamo utilizzato i seguenti materiali e strumenti:

- Acqua
- Bilancia (sensibilità=0,1 g per il secondo esperimento, per gli altri abbiamo usato una bilancia più precisa di sensibilità= 0,01 g)
- Calibro (sensibilità=0,05 mm)
- Termometro (portata=300°C, sensibilità=1°C)
- Metro laser
- Pompa da vuoto
- Ventilatore
- Applicazione smartphone per misurazione pressione: Physics Toolbox
- Contenitori di vetro

## **PRIMO ESPERIMENTO**

Come primo passo, per familiarizzare con il concetto di pressione e con la procedura d'interpolazione, abbiamo verificato che la pressione dell'aria dipendesse linearmente dall'altitudine. Per farlo abbiamo misurato col metro laser l'altezza dei quattro piani del nostro Istituto rispetto al terreno (altitudine di Parma è  $(55 \pm 2)$  m) e con un'applicazione dello smart phone la pressione ad ogni piano. Questo ci ha permesso di verificare la dipendenza lineare e di ottenere anche una stima della densità dell'aria dedotta dalla pendenza della retta di regressione.

x altitudine (m)	y pressione (Pa)
54,710	101097
59,200	101045
64,306	100994
68,786	100943



Dall'equazione della retta interpolante si deducono due dati: dall'ordinata all'origine la pressione a livello del mare: 101689 Pa (dalla letteratura dovrebbe essere 101325 Pa) e dalla pendenza la densità dell'aria. Infatti per la legge di Stevino:  $p = p_0 - \rho gh$ , dove  $p_0$  è la pressione dell'aria a livello del mare e  $\rho$  la densità dell'aria,  $h$  l'altitudine e  $g$  l'accelerazione di gravità. All'aumentare dell'altitudine la pressione atmosferica diminuisce perché è minore il peso della colonna d'aria soprastante.

Dividendo la pendenza della retta per l'accelerazione di gravità, abbiamo ottenuto una stima della densità dell'aria:

$$\rho = (1,10 \pm 0,06) \frac{kg}{m^3}$$

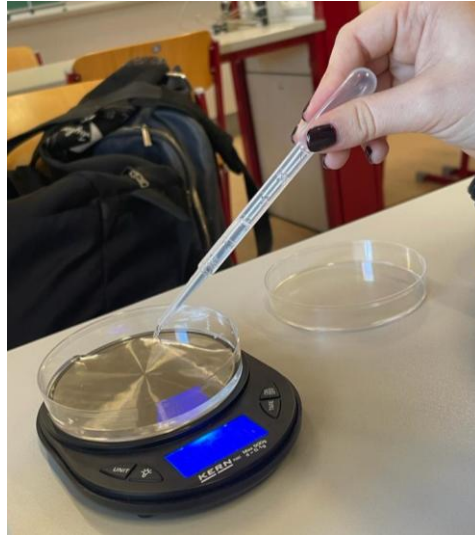
L'errore è stato calcolato con la teoria di propagazione dell'errore (assumendo un errore assoluto di 2 m per l'altitudine e di 5 Pa per la pressione). Il dato è in buon accordo col valore riportato in letteratura (1,225 kg/m<sup>3</sup> a livello del mare e a 15°C), anche in considerazione del fatto che la nostra città non si trova ad altitudine zero e che la temperatura all'interno della nostra scuola è superiore a 15°C.

## SECONDO ESPERIMENTO

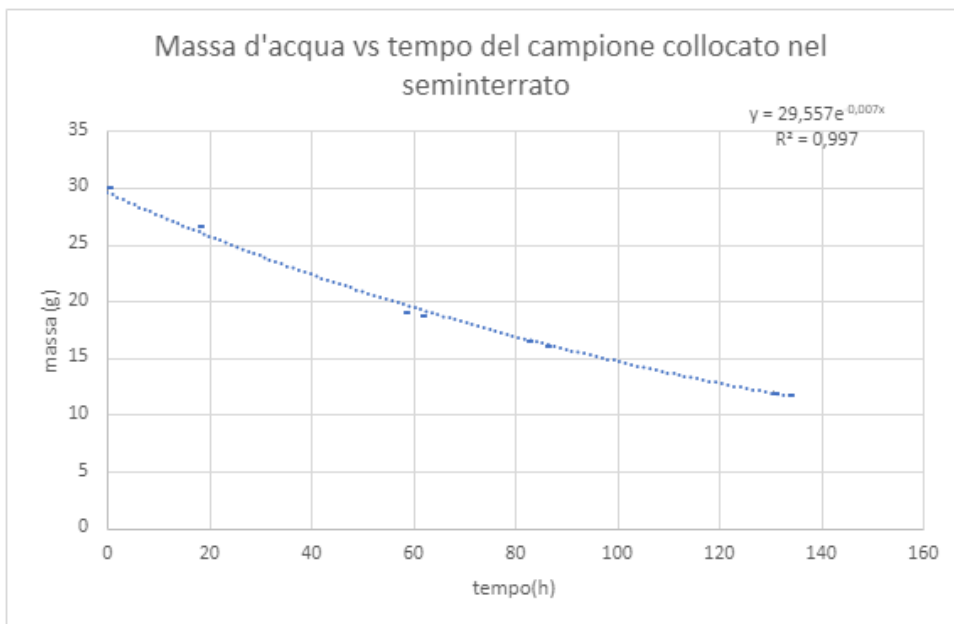
Nel nostro secondo esperimento abbiamo tentato di verificare la dipendenza della velocità di evaporazione dalla pressione atmosferica. Abbiamo posizionato quattro campioni d'acqua uguali nei quattro piani della scuola, in luoghi il più possibile protetti. Purtroppo ci siamo accorte che la temperatura dei quattro ambienti non era la stessa e questo ha influenzato pesantemente i risultati, impedendoci di rilevare l'attesa dipendenza della velocità di evaporazione dalla pressione.

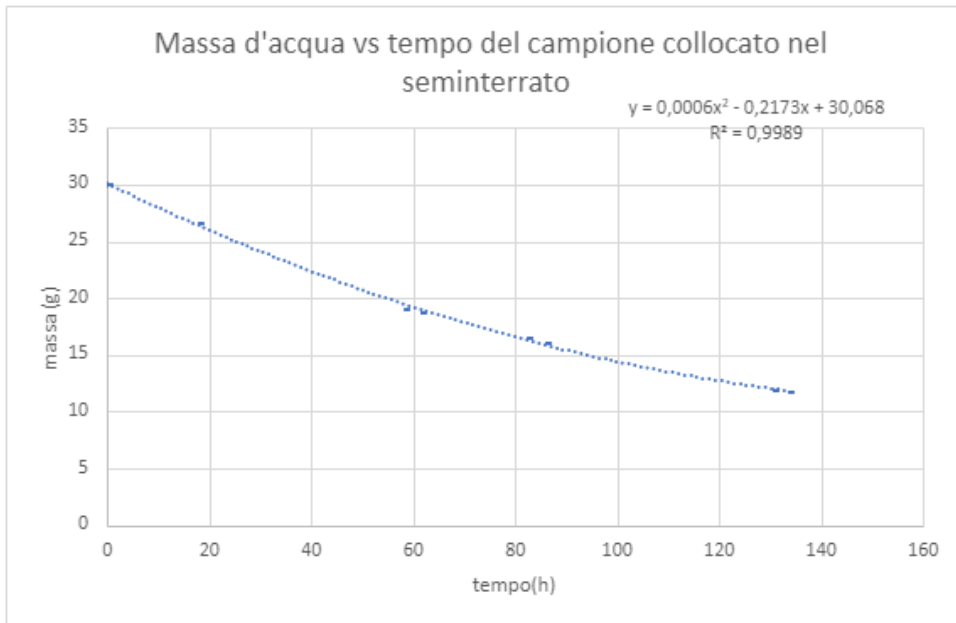
Però abbiamo comunque analizzato i dati per studiare quale fosse il modello matematico che meglio descrivesse il fenomeno da noi osservato.

Ci siamo subito rese conto che il modello di dipendenza lineare non era adeguato. Presentiamo i dati interpolati con due tipi di funzione: esponenziale e polinomiale di secondo grado.

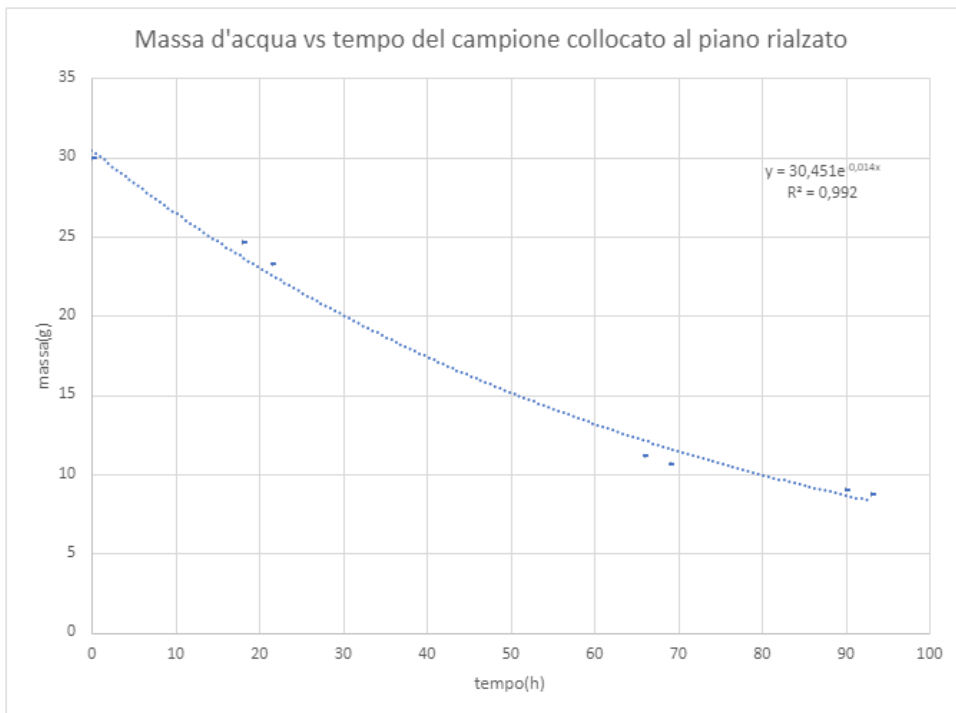


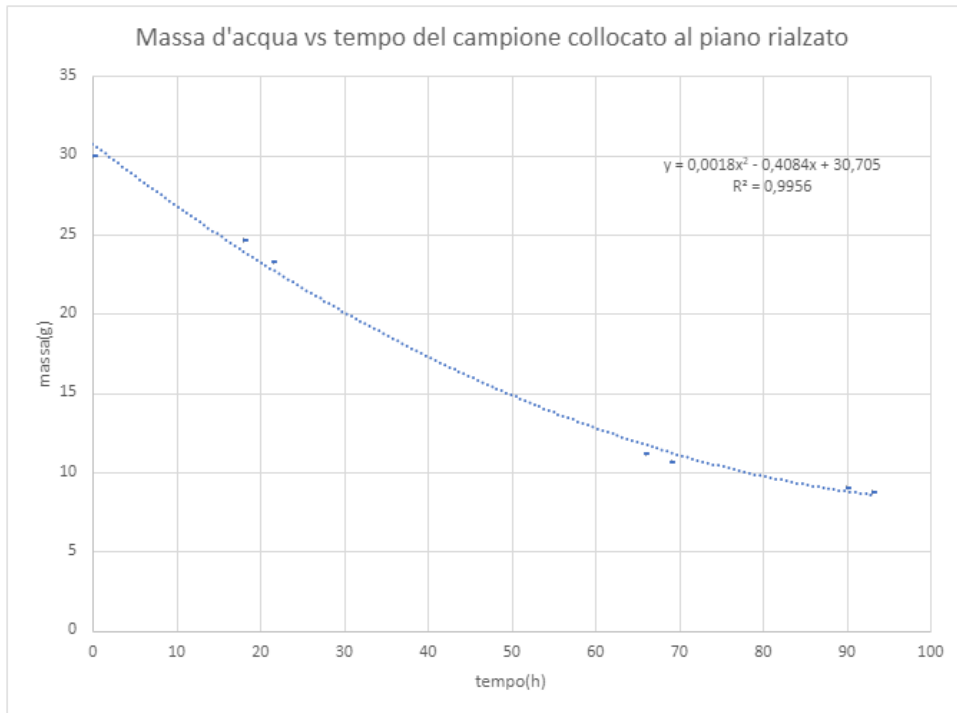
#### CAMPIONE PIANO SEMINTERRATO



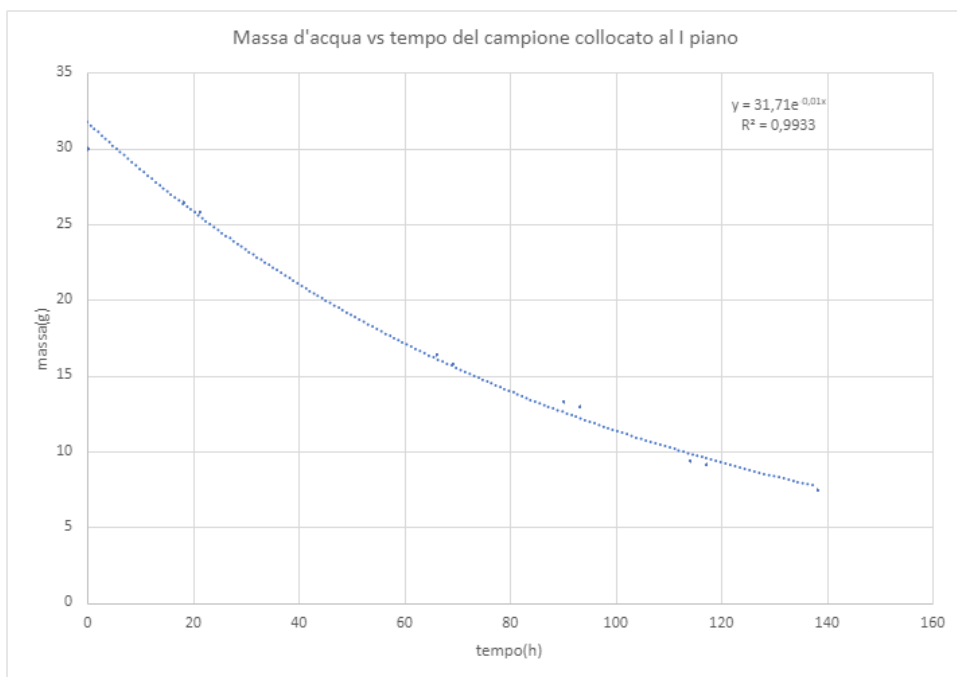


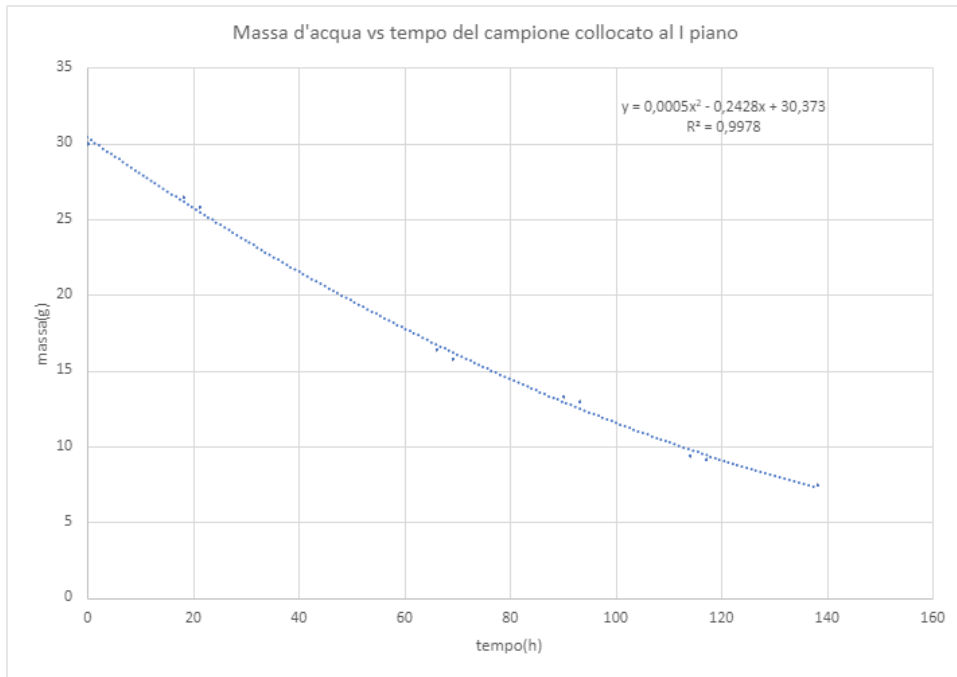
#### CAMPIONE AL PIANO RIALZATO



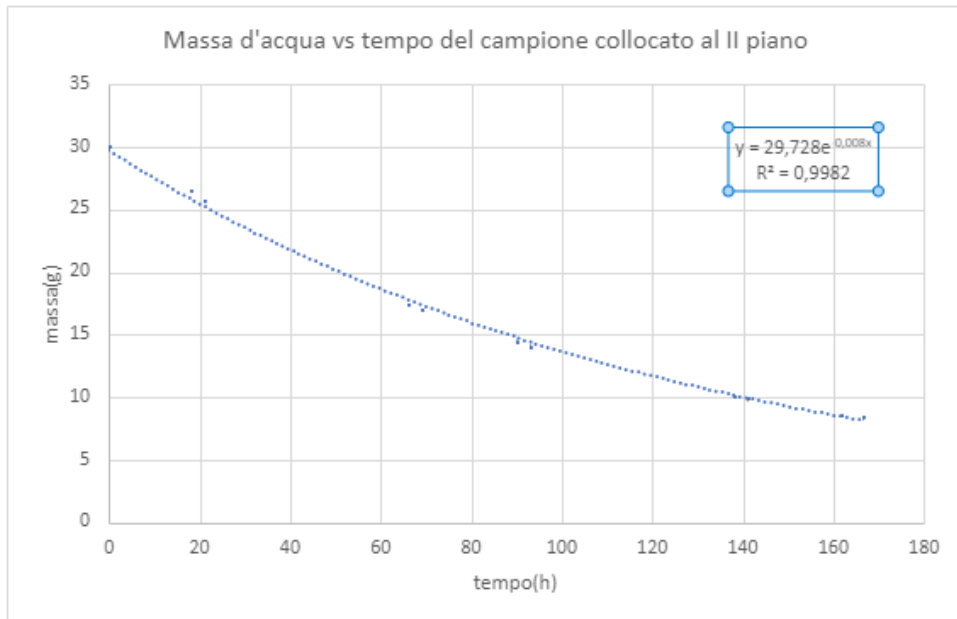


### CAMPIONE AL PRIMO PIANO

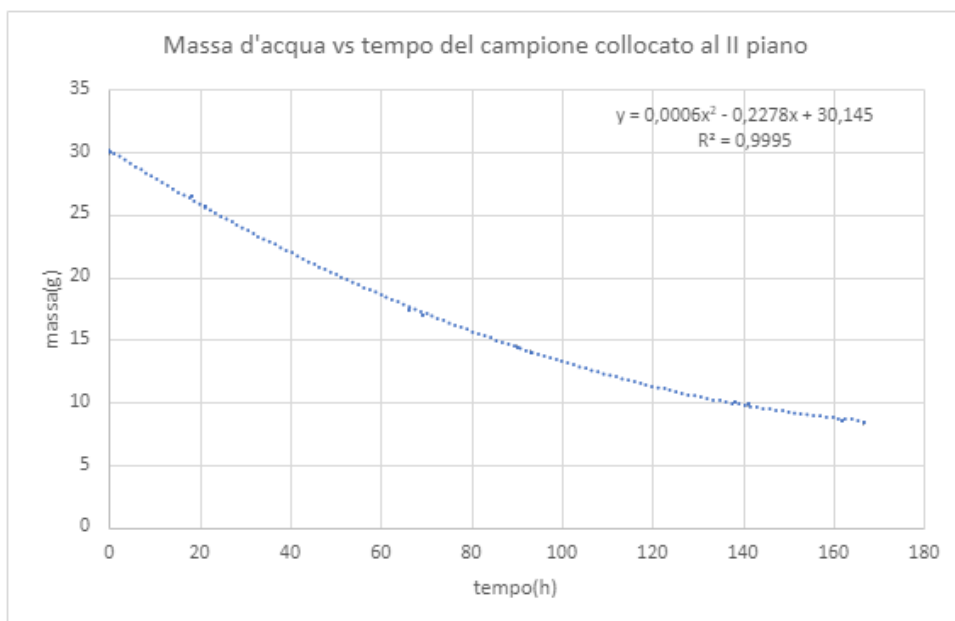




CAMPIONE AL SECONDO PIANO







Come si vede i punti sperimentali vengono meglio da una funzione polinomiale di secondo grado. Ciò significa che la velocità di evaporazione non è costante, ma dipende dalla massa d'acqua presente nel contenitore: la velocità è leggermente più alta all'inizio, quando la massa presente nel contenitore è maggiore.

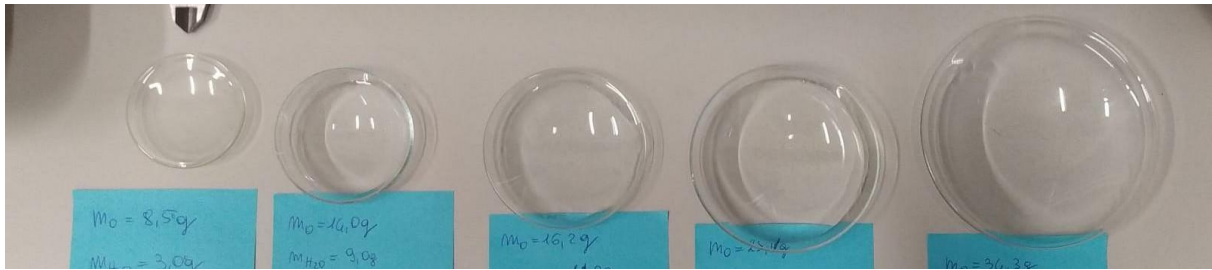
Tenendo quindi in considerazione il modello polinomiale (il coefficiente di regressione è sempre più grande di quello esponenziale) è possibile dedurre il tempo di dimezzamento, cioè il tempo necessario affinché evapori la metà della massa d'acqua iniziale, risolvendo un'equazione di II grado. Da qui, abbiamo determinato la velocità di evaporazione.

Piano (altitudine)	Tempo di dimezzamento (h)	Velocità di evaporazione(g/sec)
Seminterrato (54,7m)	93,5	$15g/(93,5 \times 3600) = 4,5 \times 10^{-5}$
Rialzato (59,2m)	49,1	$8,5 \times 10^{-5}$
Primo (64,3m)	74,9	$5,6 \times 10^{-5}$
Secondo (68,8m)	85,9	$4,9 \times 10^{-5}$

Abbiamo verificato che il campione al piano rialzato si trovava in una stanza più calda rispetto agli altri ambienti e che gli ambienti più freddi erano quelli al seminterrato e al secondo piano. Questi infatti sono quelli che hanno i tempi di dimezzamento superiori e le velocità medie di evaporazione minori.

### TERZO ESPERIMENTO

Per verificare la dipendenza della velocità di evaporazione dalla superficie esposta, abbiamo posizionato cinque campioni d'acqua in contenitori aventi la stessa forma ma dimensioni diverse.



Per ogni campione abbiamo misurato la massa d'acqua presente nel contenitore e il diametro del menisco. Quest'ultima misura si è rivelata particolarmente difficile e quindi affetta da errore a causa della difficoltà nell'individuare il contorno del menisco che si presentava piuttosto irregolare.

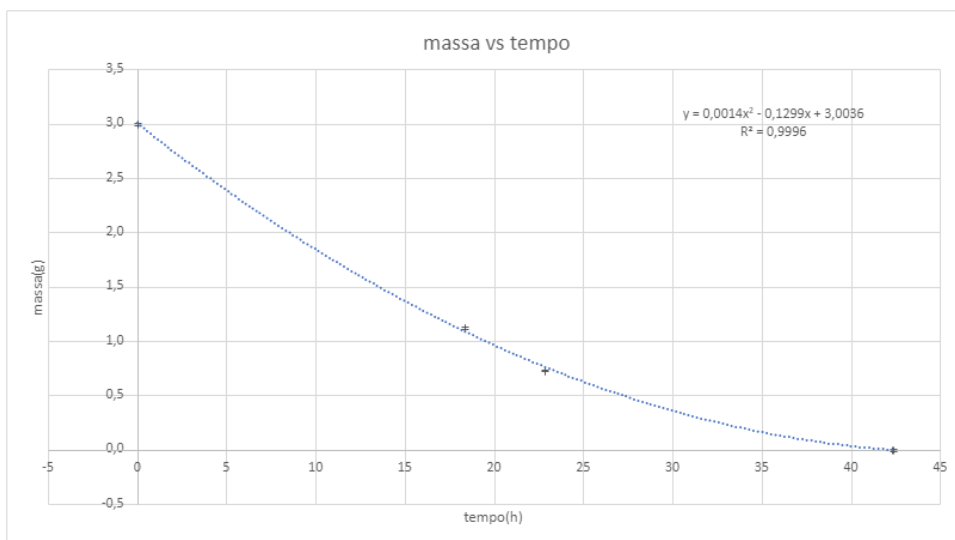
Per ogni campione abbiamo poi riportato un grafico della dipendenza della massa dal tempo e uno che rappresenta la dipendenza della superficie del menisco dal tempo. I dati sono stati interpolati con funzioni polinomiali di secondo grado.

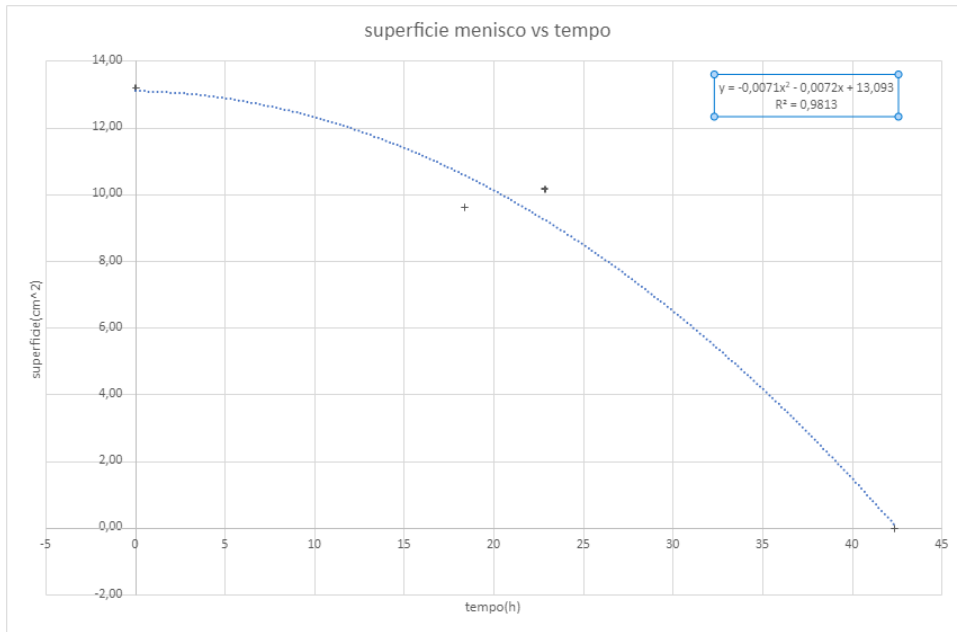
### CAMPIONE N.1

$$\varnothing_{\text{contenitore}} = (49,00 \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{menisco}} = (41,00 \pm 0,05) \text{ mm}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (3,0 \pm 0,1) \text{ g}$$



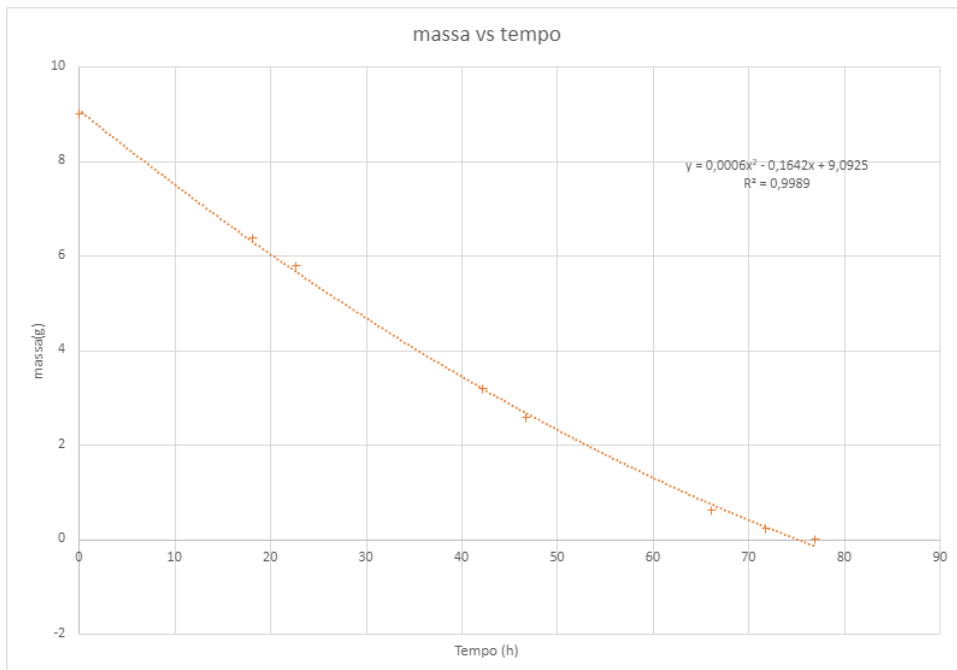


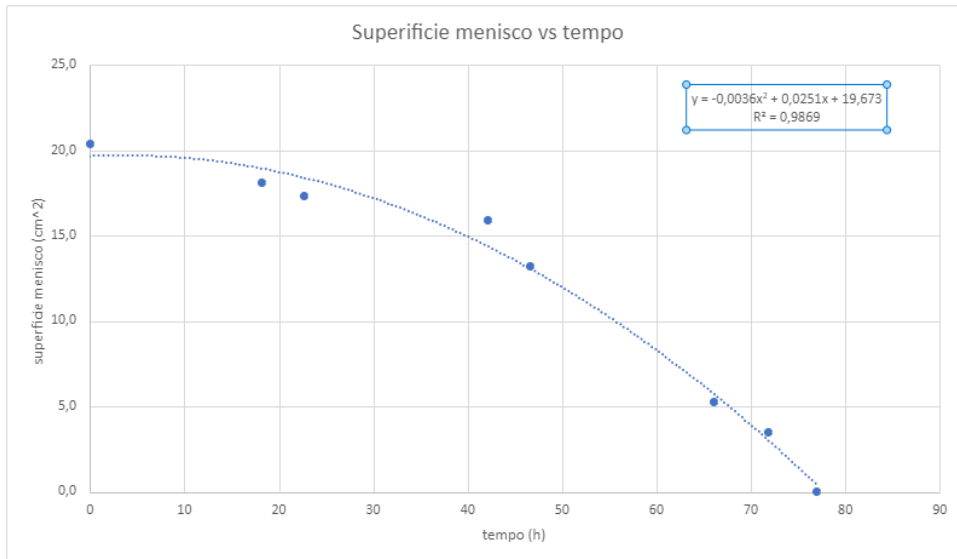
**CAMPIONE N.2**

$\emptyset$  contenitore= (57,00± 0,05) mm

$\emptyset_0$  menisco= (51,00± 0,05) mm

$m_{0H_2O}$ = (9,0± 0,1) g



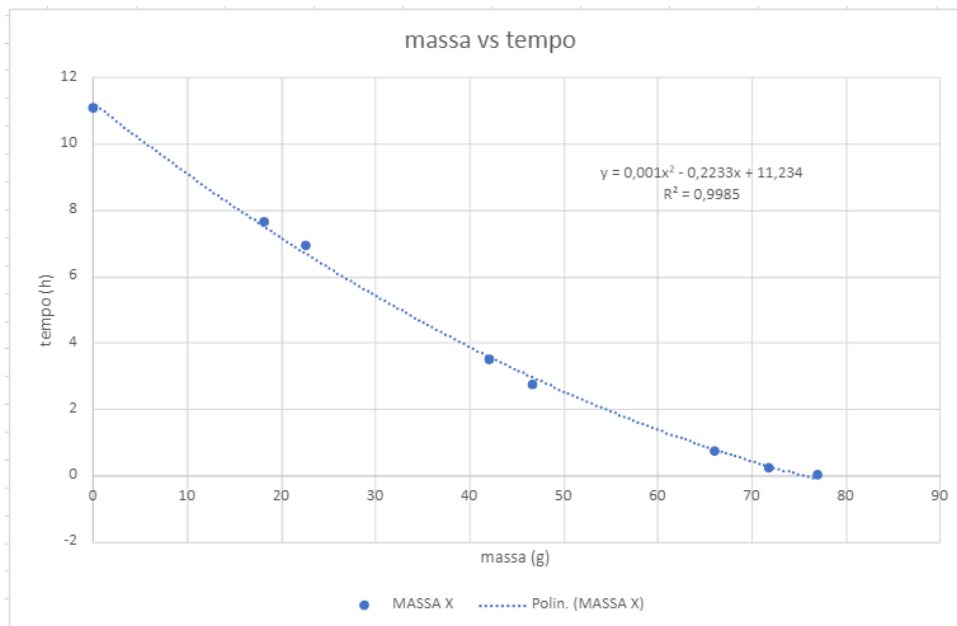


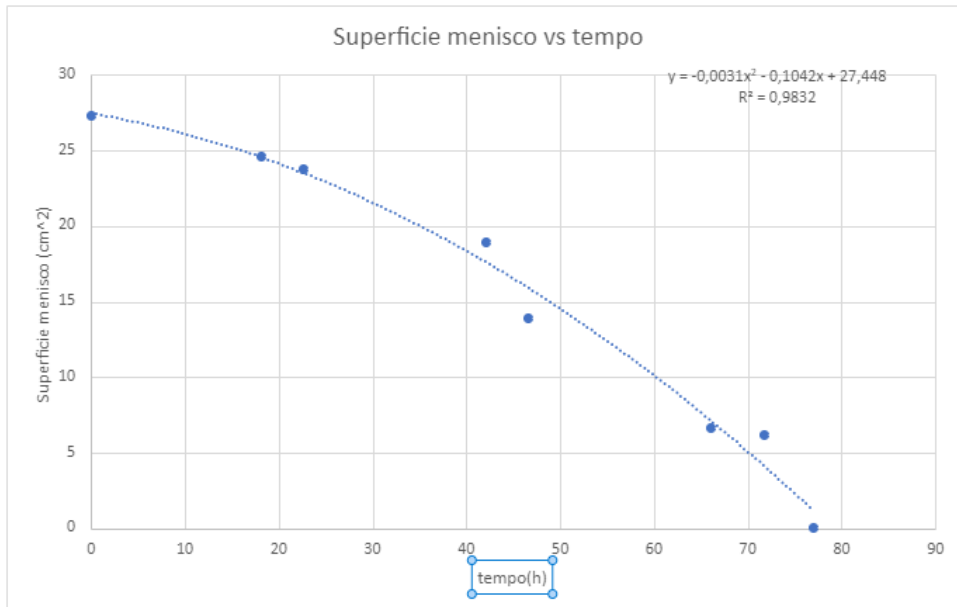
**CAMPIONE N.3**

$\emptyset_{\text{contenitore}} = (69,00 \pm 0,05) \text{ mm}$

$\emptyset_{\text{menisco}} = (59,00 \pm 0,05) \text{ mm}$

$m_{\text{H}_2\text{O}} = (11,0 \pm 0,1) \text{ g}$



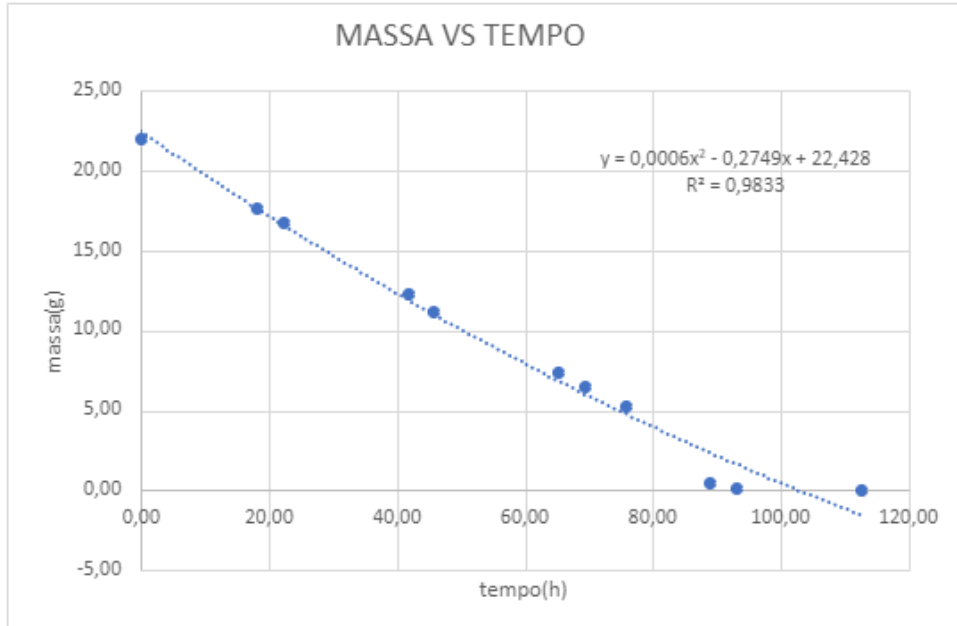


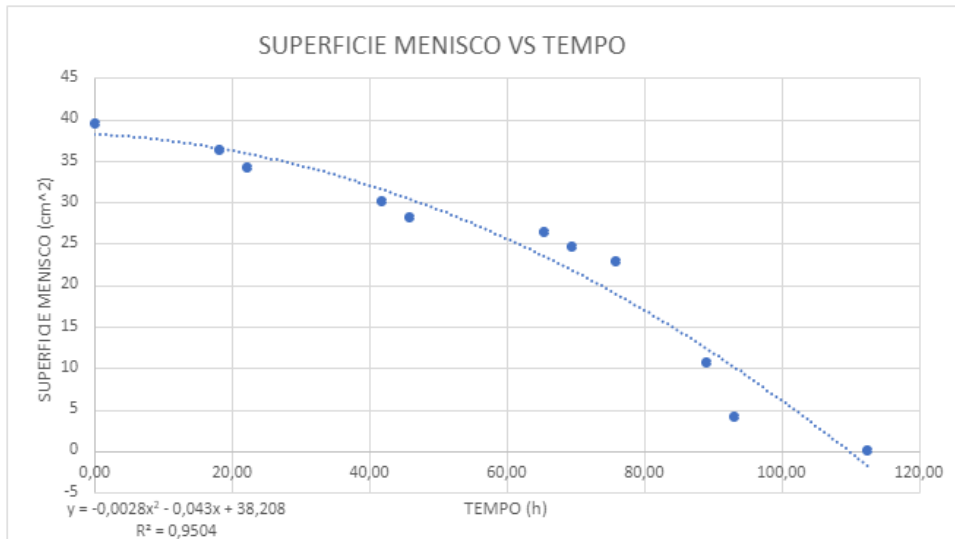
**CAMPIONE N.4**

$\emptyset_{\text{contenitore}} = (79,00 \pm 0,05) \text{ mm}$

$\emptyset_{\text{menisco}} = (71,00 \pm 0,05) \text{ mm}$

$m_{\text{H}_2\text{O}} = (22,0 \pm 0,1) \text{ g}$



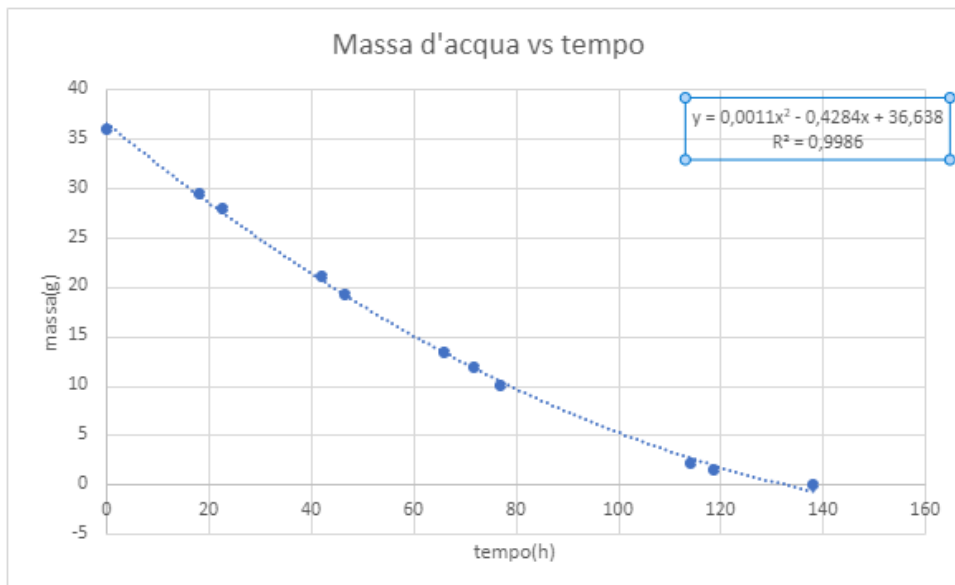


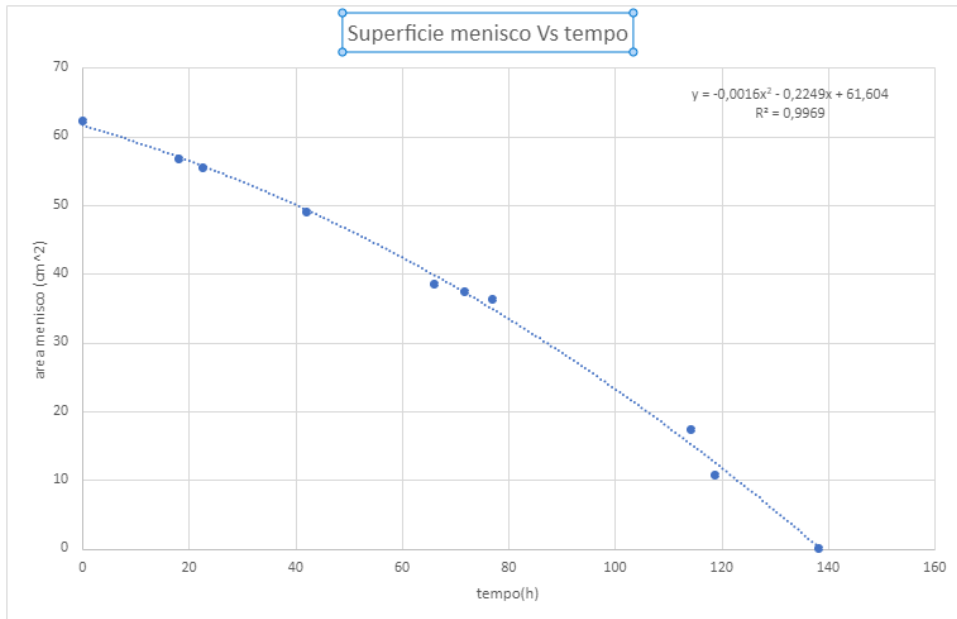
**CAMPIONE N.5**

$\emptyset_{\text{contenitore}} = (99,00 \pm 0,05) \text{ mm}$

$\emptyset_{\text{menisco}} = (89,0 \pm 0,05) \text{ mm}$

$m_{\text{H}_2\text{O}} = (36,0 \pm 0,1) \text{ g}$

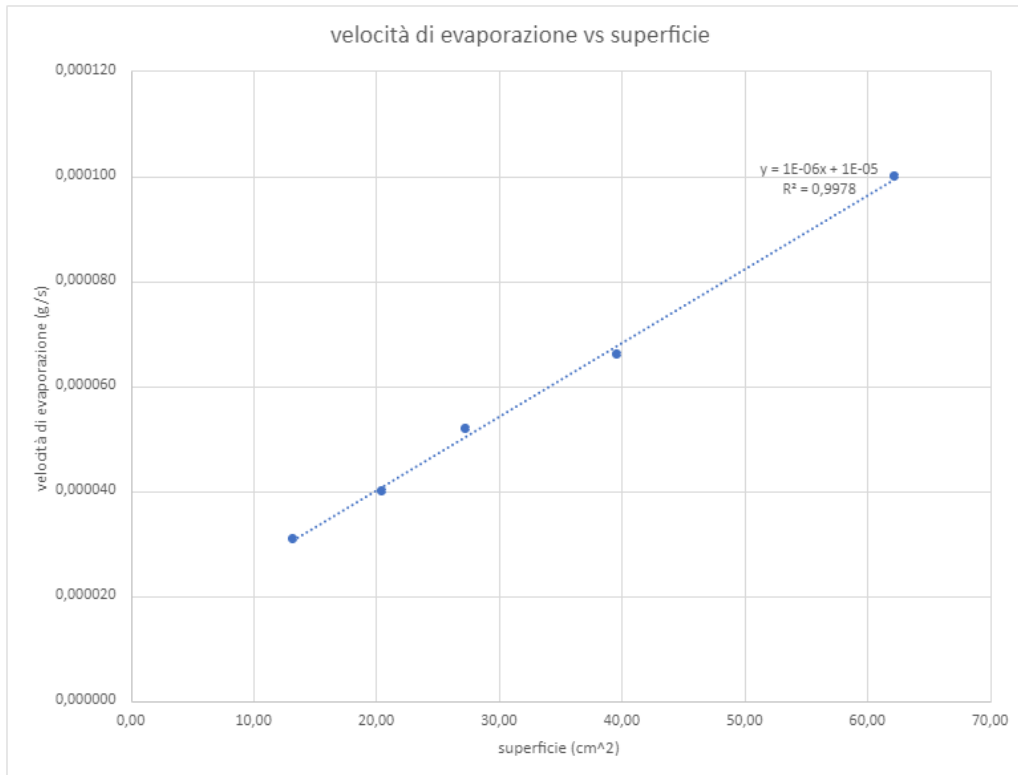




Diametro iniziale del menisco (± 0,05) mm	Tempo di dimezzamento (h)	Velocità di evaporazione(g/s)
41	13,6	$1,5 / (13,6 \times 3600) = 3,1 \times 10^{-5}$
51	31,6	$4,0 \times 10^{-5}$
59	29,6	$5,2 \times 10^{-5}$
71	46,2	$6,6 \times 10^{-5}$
89	50,0	$1,0 \times 10^{-4}$

Come nel primo esperimento, la velocità di evaporazione dipende dalla massa nel contenitore, quindi abbiamo scelto di interpolare i dati con una funzione polinomiale di secondo grado. Scegliendo quindi il modello polinomiale riusciamo, risolvendo un'equazione di secondo grado, a calcolare il tempo di dimezzamento; di conseguenza, abbiamo trovato la velocità di evaporazione.

Nel grafico seguente abbiamo riportato la velocità di evaporazione in funzione della superficie aria-acqua iniziale.



Dal grafico si vede che, con buona approssimazione, la velocità di evaporazione dipende linearmente dalla superficie inizialmente esposta all'aria.

#### QUARTO ESPERIMENTO.

Dopo le prime prove ci siamo accorte che la campana di vetro non garantisce un'atmosfera adeguatamente controllata quando viene spenta la pompa da vuoto, non essendo perfettamente sigillata entra aria e la pressione all'interno aumenta. Per questo motivo abbiamo dovuto eseguire gli esperimenti "sotto vuoto" in tempi molto brevi, pur rimando alto il margine d'errore nella misura della pressione interna.

Abbiamo inserito 25g di acqua nel contenitore più grande (diametro 99,00 mm); il contenitore è stato inserito dentro la campana di vetro della pompa a vuoto. Abbiamo ridotto la pressione fino a 24 mbar (pressione alla quale comincia a rendersi visibile l'ebollizione).





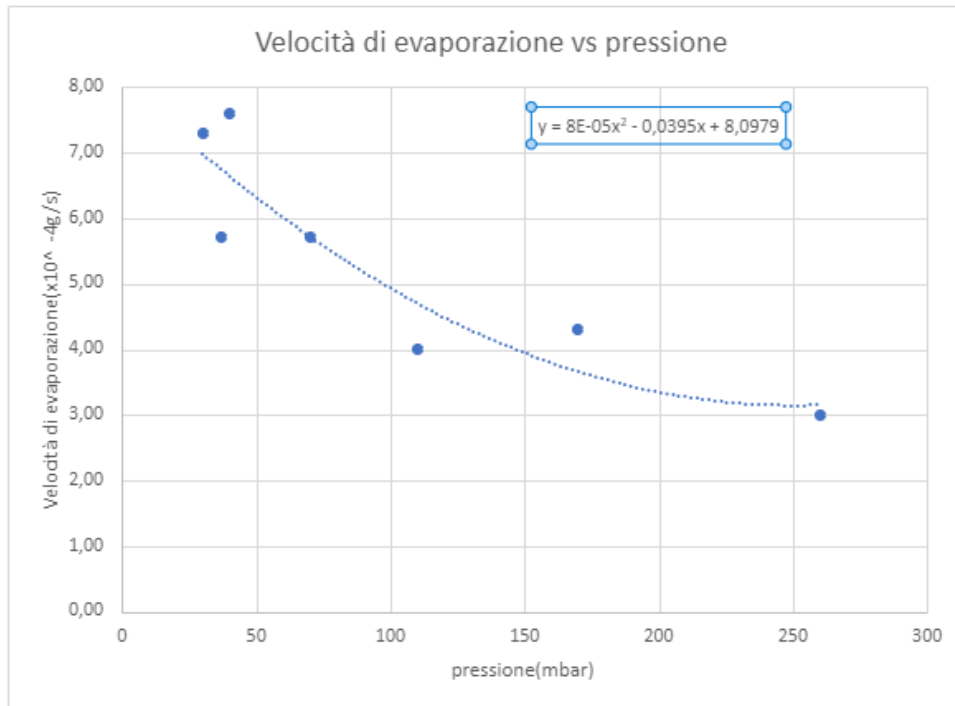
Dopo 5 minuti la pressione era salita a 33 mbar. Abbiamo estratto il campione dalla campana e misurato la massa d'acqua: 24,85 g. Questo ci ha permesso di calcolare la velocità media di evaporazione in condizioni di pressione ridotta:  $150 \text{ mg}/5 \text{ minuti} = 5,0 \times 10^{-4} \text{ g/sec}$ .

A questo punto, dopo aver verificato che la velocità di evaporazione aumenta diminuendo la pressione, abbiamo effettuato altre misure in condizione di pressione diversa, ricavando in questo modo una dipendenza della velocità di evaporazione dalla pressione atmosferica.

Pressione nominale( $\pm 1$ mbar)	Variazione di massa ( $\pm 0,01$ g)	Intervallo di tempo (min)	Velocità di evaporazione (g/sec)
30	0,22	5	$7,3 \times 10^{-4}$
37	0,17	5	$5,7 \times 10^{-4}$
40	0,23	5	$7,6 \times 10^{-4}$
70	0,17	5	$5,7 \times 10^{-4}$
110	0,12	5	$4,0 \times 10^{-4}$
170	0,13	5	$4,3 \times 10^{-4}$
260	0,09	5	$3,0 \times 10^{-4}$
280	0,07	5	$2,3 \times 10^{-4}$

Abbiamo deciso di scartare la primissima misura, quella condotta a 24mbar, perché svolta in un giorno precedente in condizioni di temperatura ambientale inferiore.

Nell'analisi di questi dati occorre tener presente che la pressione all'interno della campana di vetro non si manteneva costante e quindi occorre considerare un largo margine di errore nel calcolo della velocità di evaporazione, un errore che non possiamo quantificare con i dati in nostro possesso. Avremmo dovuto ripetere molte volte la stessa misura per ottenerne un'indicazione.

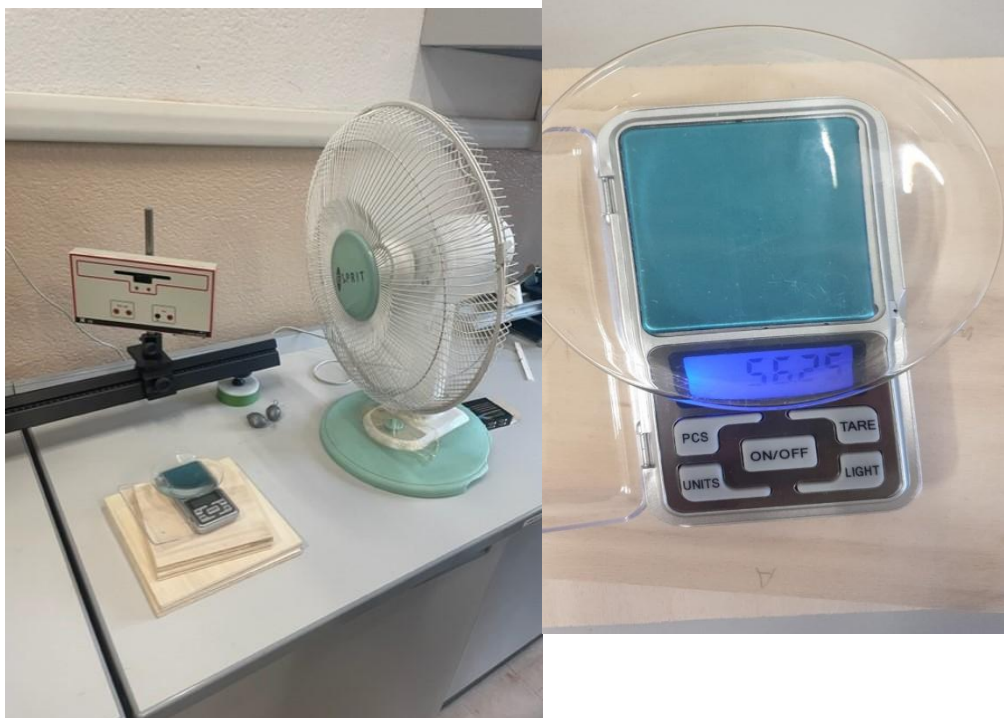


Si vede comunque che la velocità di evaporazione diminuisce all'aumentare della pressione. È utile confrontare questi dati con la velocità di evaporazione di un analogo campione a pressione ambiente ottenuto nel terzo esperimento:  $1,0 \times 10^{-4}$  g/sec.

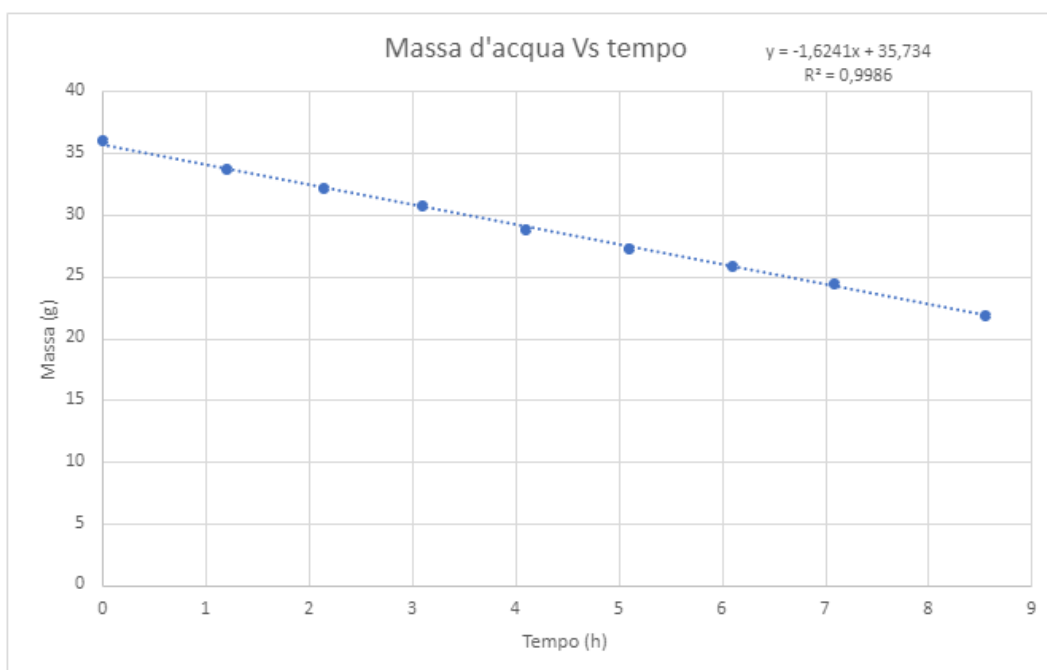
#### QUINTO ESPERIMENTO:

Abbiamo studiato che per aumentare la velocità di evaporazione di una sostanza (in questo caso l'acqua) si può: aumentare la superficie, aumentare la temperatura, diminuire la pressione e **diminuire l'umidità dell'aria**. Il nostro quinto esperimento si basa appunto su quest'ultimo principio.

Abbiamo versato 36,01 g d'acqua nel contenitore (utilizzato anche nel terzo esperimento) di diametro 99,00 mm e massa 34,38 g. Successivamente abbiamo posizionato un ventilatore acceso davanti al contenitore in modo da poter osservare la variazione della velocità di evaporazione dell'acqua, sotto l'effetto dell'azione del ventilatore.



Riportiamo i nostri risultati in un grafico. Si vede che in questo caso il modello che meglio descrive il fenomeno è quello lineare. La velocità di evaporazione dedotta dalla pendenza interpolante è costante e vale circa  $1,62 \text{ g/h} = 4,5 \times 10^{-4} \text{ g/sec}$ .



Anche in questo caso possiamo confrontare la velocità di evaporazione ottenuta ( $4,5 \times 10^{-4} \text{ g/sec}$ ) con quella dello stesso campione d'acqua lasciato evaporare senza ridurre l'umidità dell'aria:  $1,0 \times 10^{-4} \text{ g/sec}$ .

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Nel nostro **primo esperimento** abbiamo verificato la dipendenza lineare fra pressione e altitudine. Mediante la retta di regressione abbiamo ottenuto una stima della densità dell'aria. La nostra stima è in buon accordo con la letteratura, se si tiene conto dei fattori dell'altitudine di Parma e della temperatura interna della nostra scuola.

Nel **secondo esperimento** abbiamo tentato di indagare come la velocità di evaporazione dipendesse dalla pressione atmosferica. Purtroppo la differenza di temperatura dei quattro ambienti in cui abbiamo posizionato i quattro contenitori, ha influito negativamente sui risultati, rendendoli inattendibili. Abbiamo comunque visto che, in tutti i campioni, la massa d'acqua diminuisce nel tempo secondo un modello parabolico.

Nel **terzo esperimento** abbiamo osservato la velocità di evaporazione di campioni aventi diversa superficie aria-acqua. Anche in questo caso il modello parabolico è quello che meglio descrive i dati sperimentali. Indagando poi la dipendenza della velocità di evaporazione dalla superficie esposta ci siamo accorti che i dati vengono interpolati molto bene da una funzione lineare.

Nel **quarto esperimento** abbiamo innanzitutto verificato che la velocità di evaporazione aumenta al diminuire della pressione; i dati, affetti da errore sistematico, sembrano ancora una volta seguire un andamento parabolico.

Nel **quinto esperimento** abbiamo verificato che la velocità di evaporazione aumenta al diminuire l'umidità dell'aria (nel nostro caso, "allontanando" le molecole di vapore acqueo dal campione d'acqua con il ventilatore). In questo caso, i dati raccolti seguono un modello lineare.

Tutti i liquidi a contatto con l'aria evaporano spontaneamente a qualsiasi temperatura, pressione ed umidità.

Grazie al procedimento da noi adottato siamo arrivate alla descrizione accurata dell'evaporazione.

L'evaporazione è un fenomeno che può sembrare scontato ma indubbiamente complesso e impegnativo perché gli aspetti da riconoscere, da osservare e da collocare nella successione temporale sono importanti. È stato interessante osservare come la velocità di evaporazione dell'acqua sia influenzata dalle condizioni dell'ambiente esterno.

Elaborando i dati raccolti durante i nostri esperimenti abbiamo trovato un modello matematico che descrive, in varie situazioni, l'evaporazione dell'acqua: nella maggior parte dei casi i dati sono stati interpolati con funzioni polinomiali di secondo grado, che hanno un andamento a parabola.

Abbiamo anche dimostrato che l'evaporazione è un fenomeno superficiale che avviene a qualsiasi temperatura: infatti, nel terzo esperimento abbiamo visto che la velocità di evaporazione dipende linearmente dalla superficie del campione.

Abbiamo verificato che la velocità di evaporazione diminuisce all'aumentare della pressione dell'aria e aumenta col diminuire dell'umidità dell'aria.

Attraverso la procedura di regressione abbiamo capito che questo fenomeno naturale è descrivibile mediante semplici modelli matematici che possono fornirci importanti informazioni riguardo le modalità con le quali avviene l'evaporazione.

***Bibliografia***

IL WALKER - CORSO DI FISICA - PRIMO BIENNIO

CAMBRIDGE IGCSE PHYSICS THIRD EDITION