

**NUOVI E VECCHI STRUMENTI
PER INDAGARE I FENOMENI IN NATURA**
Il laboratorio tra tradizione e innovazione

Firenze, 22 – 23 aprile 2026

SEZIONE TESINE TRIENNIO

Menzione d'onore

**Quello che Torricelli non è riuscito a fare:
misurazione della pressione atmosferica attraverso l'acqua**

Studenti

Chen Carla- Xu Kelly - Zhang Eugenio

Classi 4A - 4B

Istituto di Istruzione Superiore

Liceo scientifico Conservatorio San Niccolò

Prato (PO)

Docente Coordinatore

Canfailla Francesco

Gli studenti determinano la pressione atmosferica con il metodo di Torricelli attraverso la misura dell'altezza di una colonna di acqua. L'attività, coerente con il tema del concorso, ha richiesto una attenta fase di preparazione con la soluzione di una serie di problemi sperimentali. L'elaborato è scritto con rigore e proprietà di linguaggio e dimostra una familiarità con il metodo scientifico. L'analisi dei dati è accurata e presentata in modo chiaro.

Relazione del docente:

Grazie al tema del concorso, questo gruppo di studenti di quarta liceo scientifico ha avuto l'idea di lavorare sulla riproduzione di un esperimento storico con una piccola miglioria contemporanea, senza però stravolgerne la natura, conservando l'intuizione e la modalità esecutiva originale. L'esperimento di Torricelli per misurare la pressione atmosferica è stato quindi riprodotto utilizzando l'acqua e un tubo di plastica trasparente lungo oltre 10 metri.

Gli studenti hanno lavorato in maniera autonoma nel pensare la procedura sperimentale e nel reperire i materiali necessari in un negozio di fai-da-te; da parte mia, ho assecondato il loro slancio e la loro determinazione nonostante avessero affrontato l'argomento due anni fa: la loro curiosità rimasta fino ad oggi riguardo questo esperimento e il loro stupore nell'immaginare una colonna d'acqua così alta mi hanno persuaso ad assecondarli. Il mio contributo è stato principalmente tecnico: mi sono limitato a sigillare le giunzioni fra tubo e rubinetti, a spostare pesanti bacinelle d'acqua e a dare una mano a calare il tubo dall'alto.

Il gruppo è rimasto così contento dei risultati ottenuti da proporsi "insegnanti" per una lezione alle seconde della nostra scuola (e, il prossimo anno, anche a quelle future) per spiegare e mostrare il loro esperimento a ragazzi che da poco hanno affrontato l'argomento.

Dal punto di vista didattico, oltre all'applicazione del metodo sperimentale, reputo che per gli studenti sia stato fondamentale il processo di *problem solving* legato alle tante discrepanze che sussistono sempre tra l'esperimento pensato e l'esperimento realizzato. Risolvere questo tipo di problematiche è fondamentale per lo sviluppo di creatività e pensiero laterale, capacità fondamentali in ambito scientifico che la scuola fatica a insegnare con i metodi tradizionali.

*Quello che Torricelli non è riuscito a fare:
misurazione della pressione atmosferica attraverso l'acqua*



Indice:

1. Introduzione:	4
2. Esperimento di Torricelli:	4
2.1 Spiegazione teorica:	5
2.2 Esperimento di Torricelli sostituendo il mercurio con l'acqua dolce e l'acqua salata: .	5
3. Strumenti usati per la replicazione dell'esperimento:	6
3.1 Raccolta dati.....	7
3.2 Replicazione dell'esperimento:	7
3.2.a Esperimento fallito:	9
3.2.b Esperimento finale con acqua dolce:	10
3.2.c Esperimento finale con acqua salata:	10
3.3 Analisi dei altri materiali possibili nella realizzazione dell'esperimento:	11
4. Come si misura la pressione atmosferica oggi:	11
5. Conclusione.....	12
6. Fonti:	13

1. Introduzione:

Guardando al titolo del convegno “Nuovi e vecchi strumenti per indagare i fenomeni in natura”, ci è venuta spontanea l’idea di misurare una delle grandezze più comuni e fondamentali che ci circondano: la pressione atmosferica. Il nostro punto di partenza è stato un ricordo delle lezioni di fisica del secondo anno di liceo: l’esperimento di Torricelli. Nel 1643, Evangelista Torricelli riuscì a misurare la pressione atmosferica con un tubo di vetro e del mercurio. Nel XVII secolo i minatori scoprirono il limite dei 10,33 metri nelle pompe aspiranti; Galileo Galilei pensava che la colonna d’acqua si “spezzasse” per il proprio peso, ma non riuscì a spiegare perché l’altezza fosse costante. Il suo allievo Evangelista Torricelli propose invece che l’acqua non venisse aspirata, ma spinta verso l’alto dalla pressione atmosferica esterna, chiarendo così il fenomeno. Tuttavia, ci siamo posti una domanda: perché Torricelli scelse il mercurio e non l’acqua? La risposta risiede nella densità dei fluidi, ma anche nei limiti tecnologici dell’epoca, che rendevano impossibile la gestione di tubi trasparenti lunghi oltre dieci metri.

Ma grazie alle moderne tecnologie (tubazioni polimeriche resistenti e trasparenti) siamo riusciti a replicare l’esperimento a scuola creando uno strumento che prende in considerazione criteri come economia e replicabilità. L’esperimento è stato ripetuto quattro volte permettendoci di studiare i diversi casi possibili.

2. Esperimento di Torricelli:

Circa 400 anni fa lo scienziato italiano Evangelista Torricelli, allievo di Galileo Galilei, realizzò un barometro di mercurio per misurare la pressione atmosferica.

L’esperimento consiste nel riempire completamente un tubo di vetro di circa 1 metro, chiuso a un’estremità, con mercurio. Il tubo viene poi capovolto e immerso in una bacinella anch’essa contenente mercurio. Una volta tolto il tappo, il mercurio all’interno del tubo scende parzialmente, fermandosi ad un’altezza di circa 76 cm rispetto al livello del mercurio nella bacinella. Nella parte superiore del tubo rimane uno spazio privo di aria, chiamato vuoto torricelliano. Questo fenomeno dimostra che la colonna di mercurio è sostenuta dalla pressione esercitata dall’atmosfera sulla superficie del mercurio nella bacinella.

Il vuoto torricelliano è un concetto rivoluzionario, perché prima di Torricelli, tutti pensavano che il ‘vuoto’ non potesse esistere in natura, ma Torricelli dimostrò che è possibile crearlo.

2.1 Spiegazione teorica:

$$\begin{aligned} \because p = \frac{F}{S} \quad | \quad p = \frac{mg}{S} \quad \wedge \quad V = Sh \quad \therefore S = \frac{V}{h} \quad \therefore p = \frac{mg}{V} \quad \wedge \quad \rho = \frac{m}{V} \\ \therefore p = \rho gh \end{aligned}$$

$$\because p = \rho gh \quad \therefore \text{Altezza della colonna di Hg} = \frac{\text{Pressione atmosferica}}{\text{Densità del Hg} \cdot \text{accelerazione gravitazionale}}$$

$$h_{\text{Hg}} = \frac{101325 \text{ Pa}}{13\,579 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \approx 0.76 \text{ m}$$

Dove:

p è la pressione,

F è la forza,

S è la superficie,

m è la massa,

g è l'accelerazione gravitazionale,

V è il volume,

h è l'altezza,

ρ è la densità.

2.2 Esperimento di Torricelli sostituendo il mercurio con l'acqua dolce e l'acqua salata:

$$\because p = \rho gh \quad \therefore \text{Altezza della colonna} = \frac{\text{Pressione atmosferica}}{\text{Densità del liquido} \cdot \text{accelerazione gravitazionale}}$$

$$h_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{101325 \text{ Pa}}{1\,000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \approx 10,33 \text{ m}$$

$$h_{\text{H}_2\text{O salato}}^1 = \frac{101325 \text{ Pa}}{1\,025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \approx 10,08 \text{ m}$$

3. Strumenti usati per la replicazione dell'esperimento:

Durante l'esperimento abbiamo usato come strumenti di misurazione:

¹ Preso in considerazione la densità media dell'acqua del mare

Un filo a piombo per misurare l'altezza della scala di riferimento e un metro per la restante altezza della colonna d'acqua.



Una bilancia tecnica e un cilindro graduato per misurare la densità dell'acqua.

Altri strumenti:

Oggetto	Quantità
Tubo	12 metri
Valvola	2
Vasche	2
Colorante	1
Sale	1 kg



3.1 Raccolta dati

Accelerazione gravitazionale nella nostra città² $g = 9.804 \text{ m/s}^2$

Pressione atmosferica nel giorno dell'esperimento finale³ $p = 1\,006 \text{ hPa}$

Stima teorica delle altezze:

$$h_{\text{H}_2\text{O dolce}} = \frac{100600 \text{ Pa}}{992.6 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.804 \text{ m/s}^2} \approx 10.33 \text{ m}$$

$$h_{\text{H}_2\text{O salato}} = \frac{100600 \text{ Pa}}{1071.4 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.804 \text{ m/s}^2} \approx 9.58 \text{ m}$$

Stime degli errori durante la replicazione dell'esperimento:

Errori degli strumenti: 1) Filo a piombo = $\pm 0.05 \text{ m}$

2) Bilancia = $\pm 0.01 \text{ g}$

3) Cilindro graduato = $\pm 0.5 \text{ ml}$

$$\Delta\rho = \varepsilon\rho \cdot \rho = (\varepsilon m + \varepsilon V) \cdot \rho = \left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V}\right) \cdot \frac{m}{V}$$

$$\Delta h = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{2} \qquad \varepsilon h = \frac{\Delta h}{h_{\text{media}}}$$

$$\Delta p = \varepsilon p \cdot p_{\text{media}} = (\varepsilon\rho + \varepsilon h) \cdot p_{\text{media}} = [(\varepsilon m + \varepsilon V) + \varepsilon h] \cdot p_{\text{media}}$$

3.2 Replicazione dell'esperimento:

Per replicare l'esperimento di Torricelli utilizzando l'acqua al posto del mercurio, avevamo innanzitutto bisogno di uno spazio verticale di almeno 11 metri. Fortunatamente, abbiamo trovato questo spazio all'interno della nostra scuola. Come prima operazione, abbiamo misurato l'altezza della scala: abbiamo utilizzato un rotolo di filo con un peso appeso all'estremità e, successivamente, abbiamo misurato la lunghezza del filo con un metro. La scala è risultata alta 9,70 m. Una volta stabilita l'altezza, abbiamo iniziato a procurarci gli strumenti necessari.

² [Dati tratti dalla "Camera di commercio di Bolzano"](#)

³ [Dati tratti da "Servizio meteorologico dell'Aeronautica Militare"](#)

L'esperimento è stato svolto complessivamente quattro volte: la prima ha avuto esito negativo, mentre le altre tre sono state portate a termine con successo. Di seguito analizziamo il percorso che ci ha portato dal fallimento alla misurazione corretta.

Durante la prima replica abbiamo usato un imbuto per inserire l'acqua nel tubo e abbiamo impiegato la maggior parte del tempo proprio per cercare di riempirlo. Il tubo, lungo 12 metri, era disposto lungo la scala della nostra scuola per misurare l'altezza dell'acqua dalla parte superiore a quella inferiore.



Tuttavia, con il metodo del riempimento manuale tramite l'imbuto, non siamo riusciti a riempire il tubo del tutto. Questo è stato il motivo per cui l'esperimento non ha funzionato: all'interno era rimasta dell'aria. Poiché l'aria è elastica, essa può comprimersi ed espandersi; di conseguenza, la misurazione dell'altezza dell'acqua non era corretta. Inoltre, durante l'esecuzione, un piccolo incidente tecnico (il distacco del tubo dalla vasca con la valvola aperta) ha permesso a ulteriore aria di entrare. Abbiamo provato a far uscire le bolle collaborando tra noi, ma i dati raccolti (7,36 m) rimanevano troppo distanti dalla condizione ideale. Possiamo affermare che il primo esperimento non è riuscito perché tutto è partito da un errore iniziale di riempimento.

Dopo il fallimento del primo tentativo, abbiamo riflettuto a lungo sugli errori commessi. Il problema principale era il riempimento incompleto del condotto, che causava la presenza di sacche d'aria elastiche capaci di falsare le misurazione. Per risolvere questo, abbiamo cercato soluzioni alternative, arrivando così ad altri due metodi.

Inizialmente, abbiamo provato ad attaccare il tubo (già collegato alla valvola) direttamente al rubinetto della scuola. Questo sistema si è rivelato immediatamente molto più efficace del precedente, poiché la pressione dell'acqua corrente permetteva di spingere fuori l'aria in modo forzato. In questa fase abbiamo effettuato una misurazione di controllo con acqua trasparente

(senza colorante), verificando finalmente che il sistema funzionava correttamente e che il tubo risultava completamente pieno.

Nonostante il metodo del rubinetto funzionasse, ci è venuta un'idea che ha reso il progetto ancora migliore e più rigoroso. Ricordando le lezioni del secondo anno di liceo sul principio dei vasi comunicanti, abbiamo deciso di applicarla per il riempimento. Utilizzando un recipiente di carico posto in alto e sfruttando il dislivello tra due vasche, siamo riusciti a riempire il nostro tubo.

L'adozione di questo principio ci ha permesso di compiere un salto di qualità nell'indagine, offrendoci la possibilità di gestire facilmente varianti diverse:



- Acqua dolce colorata: l'aggiunta di colorante alimentare è stata fondamentale per rendere più visibile il livello massimo raggiunto dalla colonna d'acqua (il limite superiore), eliminando le incertezze di lettura tipiche dei liquidi trasparenti.
- Acqua salata: abbiamo potuto testare una soluzione preparata con 9L di acqua e 1kg di sale, osservando come la diversa densità influenzasse l'altezza della colonna.



Infine, dopo aver raccolto tutti i dati sulla scala (osservando che l'acqua dolce superava i 9,70 m della scala mentre l'acqua salata rimaneva al di sotto di tale soglia), ci siamo trasferiti nel laboratorio. Qui abbiamo misurato la densità di entrambi i campioni (acqua dolce e salata) utilizzando la bilancia tecnica e il cilindro graduato. Questo passaggio finale è stato essenziale per poter confrontare i nostri risultati sperimentali.

3.2.a Esperimento *fallito*:

Pressione atmosferica durante il giorno dell'esperimento *fallito*³ [p] = 1 003 hPa

ρ	g	h	p
(990 kg/m ³ ± 10 kg/m ³)	9.804 m/s ²	(7.36 m ± 0.1 m)	71623.47 Pa ?!

3.2.b Esperimento finale con acqua dolce:

ρ	g	h	p
(990 kg/m ³ ± 10 kg/m ³)	9.804 m/s ²	(10.1 m ± 0.1 m)	98482.28 Pa
(990 kg/m ³ ± 10 kg/m ³)	9.804 m/s ²	(10.0 m ± 0.1 m)	97119.87 Pa
(990 kg/m ³ ± 10 kg/m ³)	9.804 m/s ²	(10.0 m ± 0.1 m)	96341.36 Pa

$$\Delta\rho_{H2O\ dolce} = \left(\frac{0.01}{49.63} + \frac{0.5}{50}\right) \cdot \frac{49.63\ g}{50\ cm^3} \approx 10.126 \cdot 10^{-3}\ g/cm^3 \approx 10\ kg/m^3$$

$$\Delta p = \left[\left(\frac{0.01}{49.63} + \frac{0.5}{50} \right) + \frac{\left(\frac{10.12 - 9.9}{2} \right)}{\left(\frac{10.12 + 9.98 + 9.9}{3} \right)} \right] \cdot \frac{(98482.28 + 97119.87 + 96341.36)}{3}\ Pa \approx 2063\ Pa$$

$$p = (97000\ Pa \pm 2000\ Pa)$$

3.2.c Esperimento finale con acqua salata:

ρ	g	h	p
(1071 kg/m ³ ± 11 kg/m ³)	9.804 m/s ²	(9.2 m ± 0.1 m)	97057.01 Pa
(1071 kg/m ³ ± 11 kg/m ³)	9.804 m/s ²	(9.3 m ± 0.1 m)	97582.21 Pa
(1071 kg/m ³ ± 11 kg/m ³)	9.804 m/s ²	(9.3 m ± 0.1 m)	97897.33 Pa

$$\Delta\rho_{H2O\ salata} \left(\frac{0.01}{53.57} + \frac{0.5}{50} \right) \cdot \frac{53.57\ g}{50\ cm^3} \approx \cancel{0.011\ g} 10.914 \cdot 10^{-3}\ g/cm^3 \approx 11\ kg/m^3$$

$$\Delta p = \left[\left(\frac{0.01}{53.57} + \frac{0.5}{50} \right) + \frac{\left(\frac{9.32 - 9.24}{2} \right)}{\left(\frac{9.24 + 9.29 + 9.32}{3} \right)} \right]$$

$$\cdot \frac{(97057.01 + 97582.21 + 97897.33)}{3} \text{ Pa} \approx 1413 \text{ Pa}$$

$$p = (97500 \text{ Pa} \pm 1500 \text{ Pa})$$

3.3 Altri liquidi utilizzabili per la realizzazione dell'esperimento:

$$\because p = \rho gh \quad \therefore h = \frac{p}{\rho g}$$

p [Pa]	Elemento	ρ^4 [kg/m ³]	g [m/s ²]	h [m]
101 325 Pa	Alcol (C ₂ H ₆ O)	793	9.81 m/s ²	13.02
	Petrolio	840		12.3
	Olio	918		11,25
	H ₂ O	1 000		10.33
	H ₂ O del mare	1026		10.06
	Latte	1 032		10.00
	Coca-cola	1 045		9.88
	Aceto (CH ₃ COOH)	1 050		9.84
	Sangue	1 060		9.74
	Salsa di soia	1150		8.98
	Miele	1 420		7.27
	Hg	13 579		0.76

⁴ Considerato i valori medi

4. Come si misura la pressione atmosferica oggi:

Oggi la pressione atmosferica è misurata presso le stazioni meteorologiche. Questi strumenti offrono un'elevata stabilità e precisione. La misurazione viene effettuata principalmente tramite strumenti chiamati barometri, che nel corso del tempo si sono evoluti in diverse tipologie :

- 1) Il barometro a mercurio, inventato nel 1643 da Evangelista Torricelli, è stato il primo strumento affidabile per misurare la pressione atmosferica. Il quale funziona basando sull'equilibrio tra il peso della colonna di mercurio e la pressione esercitata dall'atmosfera.
- 2) Il barometro aneroido è costituito da una piccola scatola di metallo flessibile, parzialmente svuotata d'aria. Le variazioni di pressione atmosferica provocano l'espansione o la contrazione della scatola, e questo movimento viene amplificato e visualizzato su un quadrante calibrato.

Oggi giorno Il barometro elettronico rappresenta lo strumento più utilizzato. Il quale assicura un'elevata precisione e può facilmente interfacciarsi con sistemi computerizzati per il monitoraggio continuo e l'analisi dei dati.

5. Conclusioni

- 1) I risultati ottenuti sono abbastanza consistenti col valore della pressione atmosferica quel giorno. Siamo stati larghi con l'errore sulle altezze. Probabilmente la misura è un po' falsata per l'effetto del vapore acqueo (conclusione 3).
- 2) Abbiamo appreso diversi metodi per misurare la pressione atmosferica. Inizialmente, nel 1643, Torricelli utilizzava il mercurio a misurare pressione atmosferica , perché a quel tempo misurare con l'acqua era estremamente difficile. Successivamente, nel 1840, fu sviluppato il barometro aneroido, che non conteneva più i liquidi, ma una capsula metallica per la misurazione. Questo era molto più facile da trasportare in mare rispetto a quello di Torricelli. E poi intorno al 1960, fu sviluppato il barometro elettronico, un sensore interno per la pressione.
- 3) Abbiamo scoperto che quando utilizziamo l'acqua al posto del mercurio, il vuoto non è completamente pulito perché l'acqua al suo interno bolle. In seguito abbiamo scoperto che ciò accade perché l'acqua evapora e il vapore acqueo riempie il vuoto superiore.

4) Abbiamo scoperto che molti oggetti domestici possono essere utilizzati per condurre diversi esperimenti. Nel nostro caso un tubo di gomma da irrigazione e due valvole per il gas.

È davvero affascinante accorgersi che questi esperimenti utilizzano oggetti che incontriamo ogni giorno: capirne il funzionamento ci permette di guardare la realtà con occhi nuovi.

Sebbene oggi chiunque possa accedere rapidamente a diverse informazioni tramite i telefoni cellulari, quegli antichi strumenti conservano ancora un'importanza significativa. Poiché in passato non esistevano dispositivi digitali in grado di fornire dati direttamente, furono proprio questi strumenti e queste sperimentazioni tradizionali a gettare le solide basi per lo sviluppo della tecnologia moderna. Ripercorrere i passi di Torricelli ci ha ricordato che dietro ogni sensore invisibile del presente c'è una storia di intuizione, fatica e ingegno che merita di essere ancora raccontata.

6. Fonti:

- <https://scienzapertutti.infn.it/2-lenigma-delle-pompe-aspiranti>

(Enigma delle pompe aspiranti)

- <https://www.handelskammer.bz.it/it/servizi/regolazione-del-mercato/ufficio-metrico/metrologia-legale/titolari-strumenti/strumenti-pesare/zone-di-gravit%C3%A0-e-numero-divisioni>

(“Camera di commercio di Bolzano”)

- <https://www.meteoam.it/it/meteo-citta/prato>

(“Servizio meteorologico dell'Aeronautica Militare”)

- <https://www.chimica-online.it/download/tabella-densita.htm>

(Tabella delle densità)

- <https://www.netatmo.com/it-it/weather-guide/hygrometer>

(Come misurare la pressione atmosferica)

Altre foto:



