

Fis-366 | Verifica della legge di Stevino utilizzando il sensore barometrico di uno smartphone

[Abstract](#)
[Schede](#)
[Stumentazione](#)
[Competenze](#)
[Svolgimento](#)
[Note](#)

Dati generali

* Titolo

* Materia

Altre materie / Interdisciplinarietà

Classe










* Tipo di attività

* Categoria

* Ore di laboratorio

* N. Persone (min) per gruppo

INFORMAZIONI

-  pubblicato
-  Fisica
-  classi: , 1
-  Laboratorio "povero"
-  Esperimento
-  2 ore di laboratorio
-  Min. 2 persone
-  Nessuna
-  Parolin Sara Orsola

VALUTAZIONE

Chiarezza (3)


Fattibilità (2)


Efficacia (2)


REVISIONI

11/01/2017

Riassunto / Abstract

I sensori barometrici, presenti in un numero sempre crescente di modelli di smartphone, possono essere utilizzati in laboratorio per verificare sperimentalmente la relazione di proporzionalità diretta tra la pressione idrostatica in un punto di un liquido e la profondità h dalla superficie libera del punto del liquido, ricavando anche la densità del liquido in esame. E' possibile poi proporre agli studenti una "caccia al tesoro scientifica" chiedendo loro di eseguire nuove misure per individuare la posizione del sensore barometrico all'interno dello smartphone.

Scheda sintetica delle attività

1. Nei giorni precedenti è necessario scaricare l'app barometrica in ciascun cellulare che verrà utilizzato.
2. In classe, prima di eseguire l'esperimento, si richiama la legge di Stevino.
3. Si versa il liquido (nel nostro caso acqua di rubinetto) in un recipiente.
4. Si inserisce il cellulare nel sacchetto waterproof togliendo accuratamente l'aria all'interno e si avvia l'app.
5. Con l'ausilio di un pantografo elevatore si immerge lo smartphone nel liquido a differenti profondità h (che vengono misurate con un metro a nastro), leggendo sul display i valori della pressione.
6. Si misura anche la pressione atmosferica alla superficie libera dell'acqua.

7. Con il foglio elettronico si elaborano i dati: si ricava la pressione idrostatica, si costruisce il grafico della pressione idrostatica in funzione della profondità e dal valore della pendenza della retta di regressione lineare si ottiene la misura della densità del liquido.
8. E' possibile ripetere l'esperienza con differenti fluidi (acqua salata, alcool, olio vegetale...).
9. Si può chiedere ai ragazzi di trovare in quale punto dello smartphone è situato il sensore barometrico, aprendo una discussione.
10. Dalla discussione, gli studenti ricavano che è necessario individuare le "coordinate" del punto ove è situato il sensore barometrico. Per questo conviene leggere i valori della pressione quando lo smartphone è immerso con un lato a pelo dell'acqua e ripetere la misura per differenti lati.
10. Con un semplice calcolo, conoscendo la densità del fluido e ricavando la pressione idrostatica dalle misure, si ottengono i valori delle profondità h per ciascun lato, cioè le coordinate della posizione del sensore barometrico nello smartphone.
11. Si esegue una ricerca in Internet per vedere se la posizione trovata del sensore barometrico coincide con le specifiche del produttore (purtroppo non per tutti i cellulari è possibile trovare lo schema della scheda madre).

Strumentazione e attrezzatura necessaria (elenco)

- Smartphone provvisto di sensore barometrico.
- App barometrica (da scaricare nell'App Store dello smartphone, vedi sotto l'elenco).
- Sacchetto waterproof per smartphone.
- Acqua o altro liquido, possibilmente a temperatura ambiente.
- Pantografo elevatore (facoltativo).
- Contenitore del *Science Smart kit* o vaschetta di altezza pari ad almeno una ventina di centimetri e sufficientemente larga da contenere il sacchetto waterproof con lo smartphone e il pantografo elevatore (se usato).
- Termometro per misurare la temperatura del liquido.

Competenze teorico-pratiche necessarie(elenco)

- Conoscenza della legge di Stevino.
- Concetto di grandezze direttamente proporzionali.
- Retta di regressione e coefficiente di correlazione lineare.

Obiettivi e competenze acquisibili

- Consapevolezza che i nostri smartphone possono diventare interessanti strumenti di misura scientifici.
- Verifica sperimentale di una legge studiata
- Abilità nell'utilizzo del foglio elettronico.
- Abilità nel riconoscere da un grafico se due grandezze sono direttamente proporzionali tra loro.
- Consapevolezza che la pendenza della retta di regressione è la costante di proporzionalità tra le grandezze.
- Abilità nell'applicare quanto appreso a un problem solving.

Dotazioni di sicurezza

Nessuna dotazione

Svolgimento

Nei giorni precedenti si scaricano le app barometriche nei cellulari. In ambiente Android noi abbiamo utilizzato l'app barometrica del pacchetto Physics Toolbox Suite. Si tratta di un insieme di app gratuite specifiche per l'insegnamento della Fisica, create dalla software house Vieyra. Per ulteriori informazioni sull'utilizzo degli smartphone in classe, suggerisco il gruppo di discussione creato da Rebecca Vieyra: <https://plus.google.com/u/0/communities/117493961647466126964>. Se si usa uno smartphone in ambiente iOS, l'app Bar-O-Meter è gratuita nella versione con pubblicità.



Attenzione: il valore assoluto di pressione letto in differenti tipi di smartphone può essere anche notevolmente differente (vedi figura 1), tuttavia - poiché in questa esperienza si ricava il valore della densità dalla pendenza della retta di regressione della pressione idrostatica in funzione della profondità - questo non inficia l'esperimento.

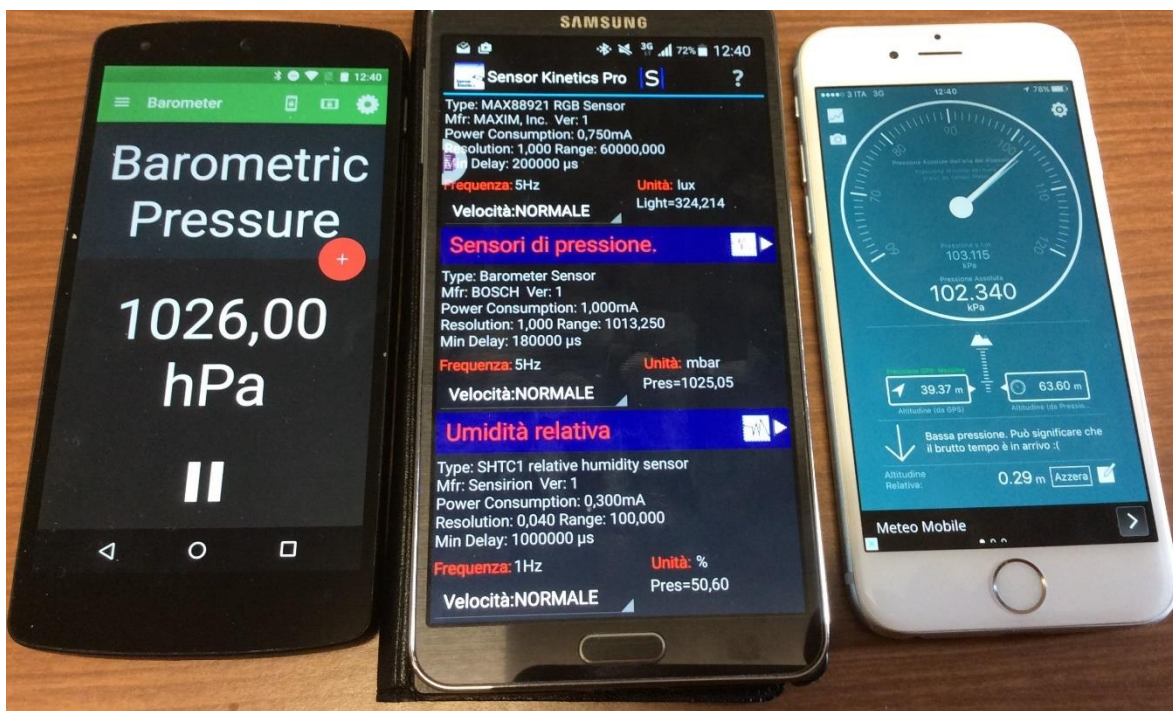


Figura 1. Smartphone differenti posti alla stessa altezza rispetto al livello del mare, forniscono valori di pressione assoluta diversi. Nella foto: 102,600 kPa per LG Nexus 5, 102,505 kPa per Samsung Note 3 e 102,340kPa per iPhone 6.

Consiglio di preparare il giorno prima la vaschetta con il liquido (nel caso qui analizzato acqua di rubinetto), perché si trovi a temperatura ambiente al momento dell'esperimento. Questa operazione non è necessaria, ma evita variazioni di temperatura dell'acqua durante l'esperienza e soprattutto perdite di tempo in attesa che lo smartphone immerso arrivi all'equilibrio termico (finché non accade, si registrano anche notevoli oscillazioni del valore della pressione).

Dentro la vaschetta si inserisce il pantografo elevatore e sopra di esso si adagia il cellulare nel sacchetto waterproof. È importante togliere più aria possibile all'interno del sacchetto. La chiusura di plastica rigida di quest'ultimo non deve appoggiare sul pantografo poiché è molto spessa e potrebbe modificare la posizione del sensore (figura 2) rispetto al piano del pantografo. Nel caso in cui non si abbia a disposizione un pantografo elevatore, si sconsiglia vivamente di tenere il cellulare sul palmo della mano; meglio usare appoggi, già immersi in acqua, di differenti altezze.

Con il termometro si misura la temperatura dell'acqua.

Si fa scendere lo smartphone a differenti profondità dalla superficie libera dell'acqua, misurando con un metro a nastro il valore h della distanza pantografo-superficie. Poiché il sensore non si trova esattamente sulla base del pantografo ma qualche millimetro sopra (dipende dallo spessore del cellulare), si possono sottrarre alla misura h circa 0,5-1,0 centimetri (a seconda dello smartphone e sacchetto waterproof usato) per ottenere una proporzionalità diretta anziché lineare.



Figura 2. Lo smartphone, inserito nel sacchetto waterproof, viene adagiato sopra il pantografo elevatore.

A ogni profondità h si legge sul display dello smartphone il valore della pressione totale. Se il valore della pressione oscilla, attendere che si stabilizzi.

Al termine, riportare lo smartphone a pelo dell'acqua e visualizzare il valore della pressione atmosferica.

DATI OTTENUTI

Temperatura acqua: 23,6°C; densità teorica dell'acqua a 23,6°C: 997,8 kg/m³

Riporto in tabella 1, i valori ottenuti con due smartphone differenti: iPhone 6 e smartphone LG Nexus 5.

$p_{atmosferica}$ iPhone: 100,738 kPa; $p_{atmosferica}$ LG: 101,142 kPa

profondità h (10 ⁻² m)	p (kPa)	
	iPhone 6	LG
2,7	100,935	101,252
3,5	101,029	101,420
4,3	101,070	101,394
6,7	101,315	101,639
7,7	101,411	101,735
8,5	101,492	101,832
9,7	101,610	101,950
9,8	101,624	101,988
10,4	101,716	102,060
12,2	101,860	102,222

Tabella 1: valori di profondità e corrispondenti misure di pressione assoluta per iPhone 6 e LG Nexus 5

ELABORAZIONE DATI

La legge di Stevino afferma che la pressione, a una profondità h dalla superficie libera di un fluido a densità d costante e uniforme, è data dalla somma della pressione atmosferica e di una quantità (detta pressione idrostatica) proporzionale ad h :

$$(1) \quad p = p_{\text{atmosf}} + p_{\text{idrostatica}} = p_{\text{atmosf}} + dgh$$

dove: p = pressione totale; d = densità fluido; g = accelerazione di gravità, h = profondità

dunque

$$(2) \quad p_{\text{idrostatica}} = p - p_{\text{atmosf}} = dgh$$

In tabella 2 sono riportati i valori di profondità e le corrispondenti pressioni idrostatiche per i due differenti smartphone.

profondità h (10^{-2} m)	$p_{\text{idrostatica}} = p - p_{\text{atmosf}} = \Delta p$ (kPa)	
	iPhone	LG
2,7	0,197	0,110
3,5	0,291	0,278
4,3	0,332	0,252
6,7	0,567	0,497
7,7	0,673	0,593
8,5	0,754	0,690
9,7	0,872	0,808
9,8	0,872	0,808
10,4	0,978	0,918
12,2	1,122	1,080

Tabella 2

Di seguito riporto i grafici (figura 3) della pressione idrostatica in funzione della profondità, sia per l'iPhone che per il cellulare LG e le rette di regressione lineare con le rispettive equazioni.

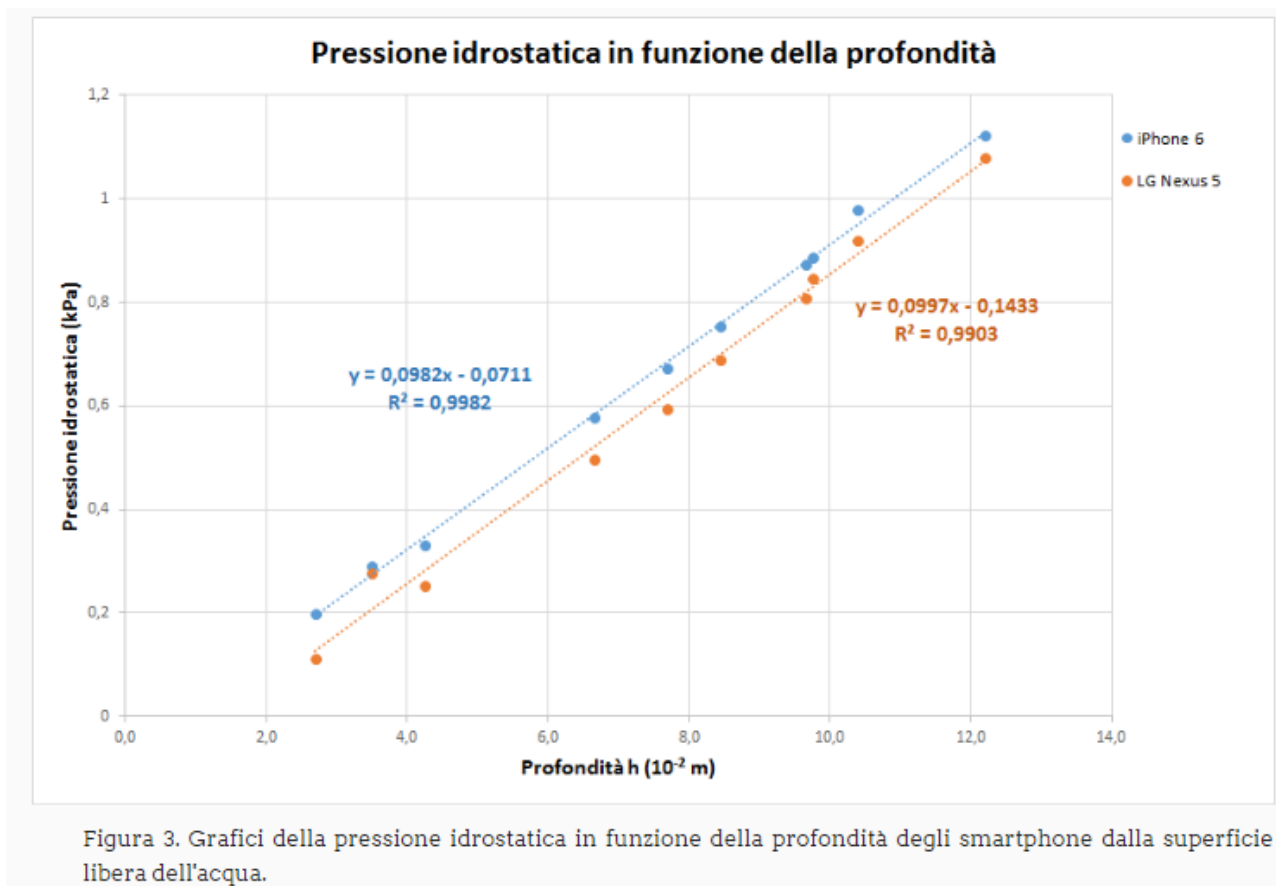


Figura 3. Grafici della pressione idrostatica in funzione della profondità degli smartphone dalla superficie libera dell'acqua.

Come si può osservare, il coefficiente di correlazione di determinazione r^2 è prossimo a 1 per entrambi i grafici (0,9982 per smartphone iPhone6, 0,9903 per LG Nexus5), il che indica una ottima correlazione lineare tra pressione idrostatica e profondità. Il valore dell'intercetta con l'asse delle ordinate è prossimo a zero, ma non nullo; questo dipende – oltre che dall'incertezza di misura- anche dal fatto che non si conosce esattamente la profondità del sensore barometrico dello smartphone.

Il valore della pendenza è $m = (9,82 \pm 0,15) \text{ kPa/m}^2$ per iPhone e $m = (9,97 \pm 0,35) \text{ kPa/m}^2$ per LG; il che comporta una incertezza percentuale sulle pendenze rispettivamente di 1,5% e di 3,5%

Secondo la legge di Stevino (1), la pendenza della retta è il prodotto dg tra densità d del fluido e accelerazione di gravità g .

Dividendo il valore per $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ si ottengono i seguenti valori di densità dell'acqua:

$$d = 1001 \text{ kg/m}^3 \text{ per iPhone 6 (err 1.5\%)}$$

$$d = 1016 \text{ kg/m}^3 \text{ per smartphone LG (err 3.5\%)}$$

che sono in accordo tra loro e con il valore atteso per l'acqua distillata ($d = 997,8 \text{ Kg/m}^3$)

CACCIA AL TESORO SCIENTIFICA: DOVE SI TROVA IL SENSORE BAROMETRICO ALL'INTERNO DELLO SMARTPHONE?

Si può proporre agli studenti di realizzare una esperienza per individuare la posizione del sensore barometrico all'interno dello smartphone utilizzando la legge di Stevino e il valore teorico di densità dell'acqua appena ottenuto. Si fa ragionare i ragazzi sul fatto che la posizione si ottiene conoscendo le coordinate del sensore rispetto ai lati del cellulare. Immergendo infatti lo smartphone, con il sacchetto waterproof orientato in modo che un lato del cellulare si trovi a pelo dell'acqua (figura 4) e leggendo nel display il valore della pressione, si ricava la profondità in cui si trova il barometro, cioè la distanza del sensore dal lato.

Ad esempio, per l'iPhone 6 abbiamo ottenuto i seguenti dati:

dall'estremo superiore dello smartphone: $\Delta p = 182 \text{ kPa}$; $h = 0,013 \text{ m}$

dal lato destro dell'iPhone, osservandolo dalla parte della faccia col display: $\Delta p = 59 \text{ kPa}$; $h = 0,006 \text{ m}$.

In figura 4 riporto lo schema della scheda madre dell'iPhone 6. I valori ottenuti sono compatibili con la posizione corretta del sensore barometrico (visualizzata dalla freccia).



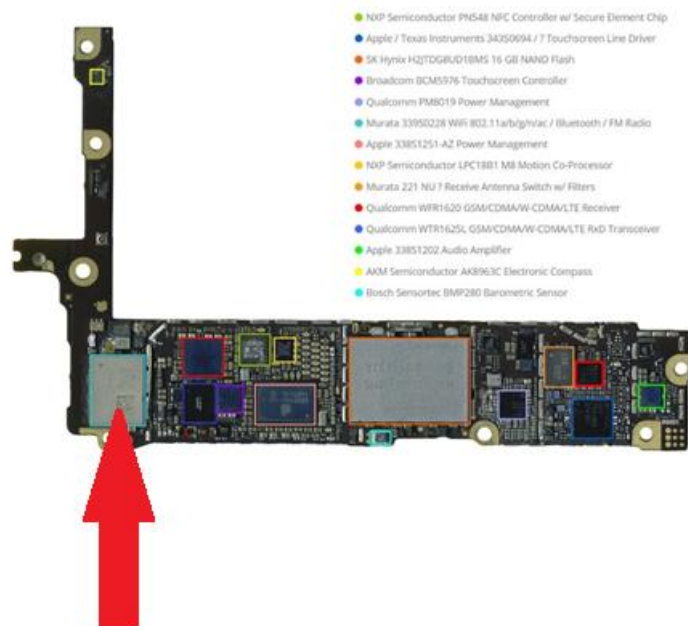


Figura 4. In alto: inserimento dello smartphone in acqua per ricavare la posizione del sensore barometrico nello smartphone. In basso: schema della scheda madre dell'iPhone 6 con indicata la posizione del sensore e immagine che mostra la posizione del sensore dentro lo smartphone (foto ottenuta sollevando il display).

Note e storia

L'esperimento fa parte del progetto "Science Smart Kit". Tale progetto comprende un kit di "accessori" per smartphone per realizzare attività di laboratorio di fisica, di scienze, chimica e matematica, schede per studenti e docenti, e la disseminazione attraverso iniziative di aggiornamento e formazione docenti.

Il progetto è risultato tra i vincitori del bando del MIUR "Nuove idee per la didattica laboratoriale nei Licei Scientifici".

Bibliografia

Stefano Macchia, "Analyzing Stevin's law with the smartphone barometer", *The Physics Teacher*, 54, 373 (2016)

Autori

Sara Orsola Parolin