

Su e giù con Pascal

(exp. id 20230201-H)

Un esperimento proposto da
Andrea Colonna¹ – Liceo A. Rosmini di Rovereto - Trento

Introduzione

Per confermare l'esperimento di Torricelli, Blaise Pascal concepì nel 1648 una prova risolutiva. Fece portare un barometro sulla sommità del Puy de Dôme, nel Massiccio Centrale della Francia, dove il livello della colonna di mercurio risultò più basso di alcuni pollici rispetto alla pianura. Pascal interpretò correttamente questa variazione come conseguenza della diminuzione della pressione per l'altitudine. Questo esperimento si prefigge di ripetere l'esperimento di Pascal, in cui la vetta di Puy de Dôme viene sostituita con l'altezza di un palazzo di almeno 3 piani.

La misurazione della pressione si effettua usando il sensore barometrico presente nella scheda Arduino NANO 33 BLE-SENSE.

Grazie all'alta sensibilità e prontezza di questi sensori, è possibile rilevare variazioni molto piccole della pressione atmosferica. Dato che questi sensori non sono predisposti per esperimenti di fisica si utilizzerà un software, che dopo aver letto un numero congruo di dati, calcoli il valor medio e la deviazione standard di questi ultimi, mostrando l'istogramma dei valori e la corrispondente curva di Gauss.

L'analisi dei dati raccolti in questo esperimento è utile per stimolare la discussione a livelli differenti. In effetti, una prima analisi, più superficiale, suggerisce che la pressione dipende linearmente dall'altezza, in analogia a quanto previsto dalla legge di Stevino.

¹Lavoro eseguito nell'ambito di un progetto Flying-Lab progetto cofinanziato dalla fondazione Caritro e dal Liceo A. Rosmini di Rovereto TN

Materiali

- Uno smartphone
- scheda Arduino NANO 33 BLE SENSE, alimentata con powerbank.
- Un edificio con accesso alle scale
- Un metro a nastro o un righello

Eseguire le misurazioni


Questo esperimento richiede uno smartphone con bluetooth attivo in cui sia stata installata l'app PHYPHOX. Bisogna aggiungere il seguente programma a quelli già presenti, cliccando sul pulsante  in basso a destra e selezionando QR CODE. Questo aggiungerà il programma PRESSIONE STATISTICA DA ARDUINO.



Figura 1: Programma di analisi statistica dei dati barometrici

Una volta caricato il programma SEMPLICEPRESSIONE.INO, la scheda Arduino acquisisce continuamente il valore della pressione misurato con il sensore a bordo, e lo trasmette via bluetooth allo smartphone, che li mostra cliccando sul piccolo pulsante triangolare in alto a destra dello schermo (pulsante d'inizio).

Dopo aver selezionato la scheda Arduino, il cui identificatore è indicato nello *sketch* Arduino mediante la variabile `board_name`, sul display del telefonino vedrai i valori numerici oppure un grafico pressione vs. tempo, ma soprattutto è presente l'istogramma dei valori di pressione, il valore medio di pressione tra tutti quelli fino a quel momento letti, la deviazione standard e il numero di valori letti.

Per l'esperimento, posiziona la scheda Arduino sul pianerottolo della scala dell'ultimo piano. Aspetta che il barometro abbia letto almeno 500 misure.

Il valore della grandezza fisica in questione è dato dal valor medio. Come incertezza puoi usare la deviazione standard σ (anche se è più corretto usare $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$, dove N è il numero di misure usato per valutarla).

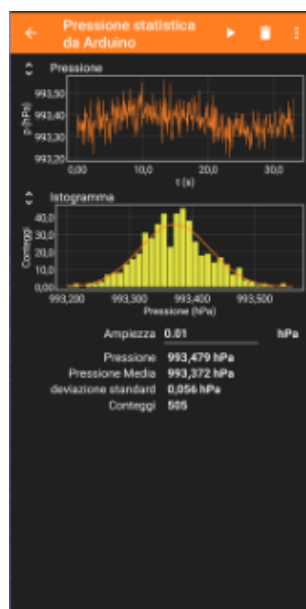


Figura 2: Schermata di lettura

Ripeti la misurazione della pressione in almeno cinque punti lungo le scale (su tutti i pianerottoli e, se necessario, anche sulle rampe). Per ogni misura annota la pressione e l'altezza rispetto al suolo. Una stima delle diverse altezze riferite a ogni pressione si ottiene moltiplicando la misurazione dell'altezza di uno scalino per il numero di scalini.

Osservazioni generali sull'acquisizione dei dati _____

Annota le misurazioni in modo ordinato e completo (indicando valori, incertezze e unità). Usa tabelle e grafici adeguatamente. Presta sempre la dovuta attenzione alla misurazione che stai facendo.

Preparare e leggere il grafico _____

Crea un grafico dei valori della differenza di pressione, rispetto a quella rilevata nel punto più basso, in funzione dell'altezza. Presta attenzione alla scala sugli assi. In un grafico ben fatto, i punti sperimentali sono ben distanziati e uniformemente distribuiti su entrambi gli assi. Scegline opportunamente i limiti.

È probabile che i dati sembrino distribuirsi in modo abbastanza lineare. Traccia la retta che si adatta meglio ai dati e determinane pendenza e intercetta.

Cerca di capire il significato fisico di questi parametri.

Se non disponi di Arduino _____

Se disponi di uno smartphone con sensore di pressione puoi eseguire la misura senza l'ausilio della scheda Arduino, poggiando lo smartphone nei punti in cui vuoi eseguire la misura. In questo caso, però, lo smartphone ti fornirà i valori di pressione rilevati, che saranno inevitabilmente affetti da fluttuazioni statistiche, perciò dovrai stimarne tu valor medio e incertezza.

I barometri degli smartphone, inoltre, possono fornire i dati grezzi, così come misurati dal sensore, oppure corretti con procedure che non sono note. Per questo è opportuno eseguire la misura con almeno due smartphone di marca e modello diversi, al fine di verificare eventuali incertezze di natura sistematica tra le rilevazioni.

Può comunque essere un utile esercizio quello di confrontare i dati forniti direttamente dai barometri degli smartphone con quelli di Arduino.

Per l'insegnante

(exp. id 20230201-H)

1. Un possibile modello di tabella per la raccolta dati è mostrato sotto

altezza gradino = (m)	0,165							
		Pianerottolo	n gradini	altezza dal primo scalino (m)	$p_m(i)$ (Pa)	errore $p_m(i)$ (Pa)	$P_N(i)=p_m(0)-p_m(i)$ (Pa)	errore $P_N(i)$ (Pa)
		0	0	0	102725	1	0	2
		1	11	1,815	102701	1	24	2
		2	22	3,63	102681	1	44	2
		3	33	5,445	102660	1	65	2
		4	44	7,26	102641	1	84	2
		5	55	9,075	102620	1	105	2
		6	66	10,89	102600	1	125	2
		7	77	12,705	102578	2	147	3
		8	88	14,52	102556	2	169	3
		9	99	16,335	102535	1	190	2
		10	110	18,15	102513	2	212	3

Figura 3: Esempio di tabella di valori raccolti su un palazzo di 5 piani

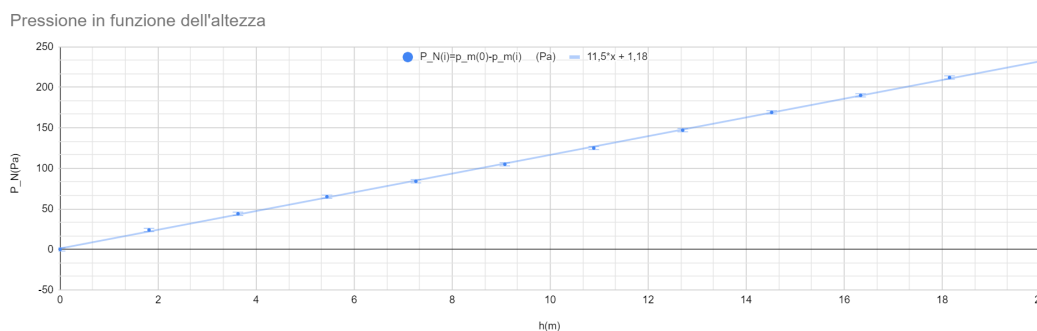


Figura 4: Grafico dei valori della tabella precedente

- Lo sketch utilizzato per la scheda Arduino NANO 33 BLE SENSE si può copiare dalla Figura 5.
- Il grafico rivela una tendenza lineare, in analogia con quanto prevede la Legge di Stevino. Un'analisi approfondita, tuttavia, porta alla conseguenza irragionevole di un'altezza critica corrispondente a una pressione nulla, o addirittura negativa.
- Questa considerazione suggerisce piuttosto una legge esponenziale quale modello corretto. In questa prospettiva la tendenza lineare osservata è dovuta a un problema di scala: le variazioni dell'altezza ragionevolmente raggiungibili sono troppo piccole per osservare chiaramente il decadimento esponenziale. La pendenza della retta non è che la tangente alla funzione esponenziale per piccole altezze.
- Si può fare una discussione sul motivo per cui la legge di Stevino funziona bene con i liquidi, ma non con l'atmosfera a grandi distanze.

```

/* Pressure measurement by Arduino nano 33 ble sense
 * mIv 10/02/2021
 * fast - small delay, no serial
 * mbar_arduino_nano3_stat.phyphox mIv 30/08/2021
 */

#include <phyphoxBle.h>
char board_name[] = "Mobile";
// to change the name displayed by the board using BLE:
// no space and no special character

#include <Arduino_LPS22HB.h> //ArduinoLPS22HB library
// Absolute pressure range: 260 to 1260 hPa

void setup() {

  // Serial.begin(9600);

  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);

  if (!BARO.begin()) {
    // Serial.println("Failed to initialize pressure sensor!");
    digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
    while (1);
  }

  // Serial.println("Pressure (hPa) = ");

  PhyphoxBLE::start(board_name);          //Start the BLE server
}

void loop() {

  float pressure = BARO.readPressure()*10; // kPa -> hPa

  // Serial.println(pressure);

  PhyphoxBLE::write(pressure); //Send pressure value (hPa) to phyphox
  // delay(100); // 100 ms as the fastest pressure of SensorTag
  delay(50); // max ODR of Arduino pressure sensor (13.3333)
}

```

Figura 5: Sketch compilato sulla Arduino NANO 33 BLE SENSE

6. Questo esperimento è stato provato con successo da studenti di primo liceo scientifico sportivo presso la scuola "L. A. Rosmini" di Rovereto (TN).

Obiettivi, livello di distribuzione, e durata _____

1. Obiettivo primario: Destare interesse nella raccolta e l'analisi di dati sperimentali.
2. Obiettivo primario: Sviluppo di abilità per l'indagine scientifica.
3. Obiettivo primario: Ottenere dati da rappresentare graficamente e interpolarli, senza il bisogno di strumenti matematici avanzati.
4. Adatto a: scuole superiori. Facilmente adattabile a un contesto universitario.
5. Durata: non più di 1 di ora per l'acquisizione dei dati, + 1 ora per l'analisi dei dati, + scrittura di un breve rapporto.

Ulteriori informazioni online _____

Lasciate opinioni, suggerimenti, commenti e notizie sull'utilizzo di questa risorsa sul canale corrispondente a questo esperimento all'interno dello spazio di lavoro di Slack "smartphysicslab.slack.com".

Gli insegnanti possono chiedere di essere registrati sulla piattaforma attraverso il modulo presente sulla *home page* di smartphysicslab.org e ottenere così l'invito alla registrazione su Slack ed essere inseriti nella *mailing list* di smartphysicslab.