

Calibrazione di un pluviometro basculante

Benassi Federica - Ventrucci Chiara

29 ottobre 2021

1 Introduzione

Lo scopo dell'esperienza è studiare il funzionamento di un pluviometro, valutando la calibrazione della bascula e verificando le prestazioni in funzione dell'intensità della precipitazione.

La quantità di precipitazione h in un intervallo fissato di tempo è calcolata a partire dal numero di ribaltamenti di un cucchiaio della bascula, in corrispondenza di ognuno dei quali viene emesso un impulso di tensione. Si utilizza la relazione

$$h = \frac{4NV}{\pi D^2} \quad (1)$$

con N numero di basculate, V volume del cucchiaio e D diametro del cucchiaio. Assumendo di avere acqua distillata, in un evento di precipitazione cadrà, quindi, una massa d'acqua M^* pari a

$$M^* = NV \quad (2)$$

2 Apparato sperimentale

Per questa esperienza sono stati utilizzati un pluviometro basculante con diametro dell'imbuto $D = 16.5 \text{ cm}$, un becker, una siringa, 5 diversi gocciolatori, un contagocce con acqua distillata, un cilindro graduato, una bottiglia con acqua del rubinetto per simulare la precipitazione, una bilancia con risoluzione 0.001 g e una con risoluzione 1 g , un cronometro digitale. L'apparato sperimentale è riportato in Fig.1.

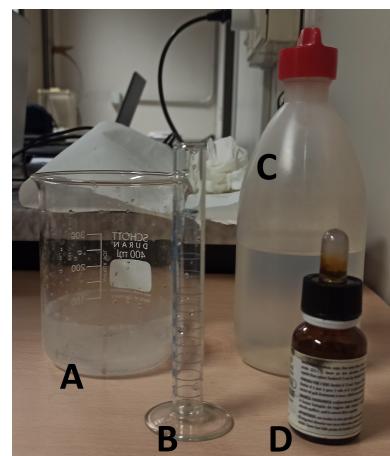
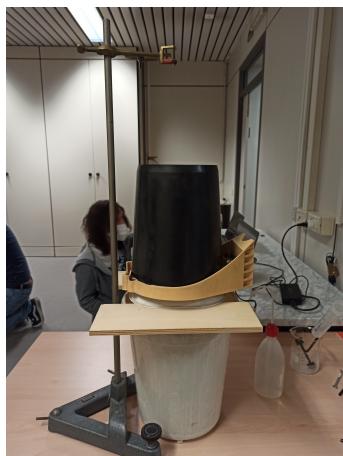


Figura 1: Apparato sperimentale: pluviometro, becker (A), cilindro graduato (B), bottiglia (C), contagocce (D), gocciolatori (1-5).

3 Acquisizione dati

Inizialmente è stato verificato se la calibrazione del pluviometro corrispondesse a quanto indicato dal costruttore, ovvero $h = 0.2 \text{ mm}$ e $V = 4.276 \text{ cm}^3$. Grazie alla bilancia più precisa è stato stimato il volume V_g di una goccia di acqua distillata, a partire dalla misura di 30, 50 e 70 gocce all'interno del cilindro graduato. Si è ottenuto un volume pari a $V_g = (0.067 \pm 0.001) \text{ cm}^3$, mediando sui tre risultati e associando come errore la semidispersione. È stato, poi, misurato il numero di gocce necessarie per ribaltare ciascuno dei cucchiai della bascula e il quantitativo di precipitazione corrispondente, attraverso la (1). In base ai risultati riportati in Tab.1, si è notato che i cucchiai tendono a riempirsi prima di quanto previsto in condizioni di perfetta calibrazione. Si è deciso di fissare il valore di h come la media tra i due cucchiai, $h = (0.180 \pm 0.006) \text{ mm}$, e si è ricalcolato $V = (3.85 \pm 0.13) \text{ cm}^3$. L'errore sul numero di gocce è stato assunto pari a 1 perché non tutte erano perfettamente omogenee in volume tra loro.

Cucchiaio	Numero di gocce	h (mm)	V (cm^3)
destro	58 ± 1	0.182 ± 0.006	3.90 ± 0.13
sinistro	57 ± 1	0.179 ± 0.006	3.83 ± 0.13

Tabella 1: Risultati della verifica della calibrazione della bascula

Successivamente, sono stati simulati cinque eventi di precipitazione attraverso un flusso d'acqua di rubinetto per un intervallo di tempo fissato, misurando la massa di bottiglia, becker e gocciolatore prima e dopo l'evento, rispettivamente M_i e M_f , il numero di basculate N e il tempo t necessario per avere un numero intero di basculate. I risultati sono riportati in Tab.2.

Gocciolatore	M_i (g)	M_f (g)	t (s)	N
1	548 ± 1	542 ± 1	915 ± 1	1 ± 1
2	630 ± 1	610 ± 1	255 ± 1	4 ± 1
3	699 ± 1	553 ± 1	183 ± 1	24 ± 1
4	725 ± 1	552 ± 1	124 ± 1	28 ± 1
5	719 ± 1	627 ± 1	62 ± 1	15 ± 1

Tabella 2: Risultati della simulazione di eventi di precipitazione

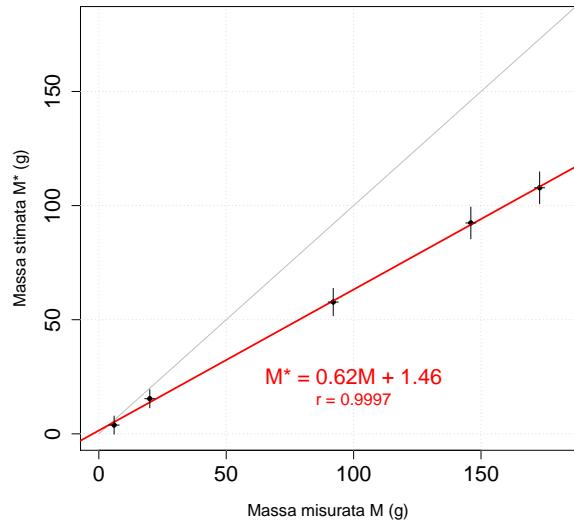
4 Analisi dati

In Tab.3 sono riportate le differenze in massa misurate Δm tra stato iniziale e finale, da confrontare con le masse previste M^* , ottenute in base a (2), e i corrispondenti tassi di precipitazione (riportati anche in Fig.2b). Le incertezze sono state propagate linearmente.

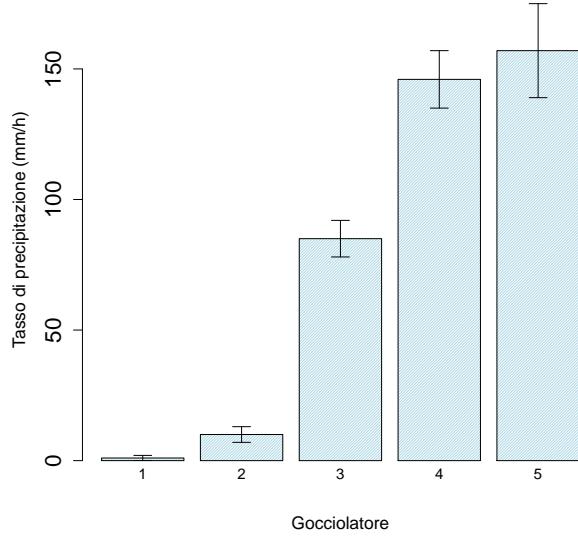
Gocciolatore	Δm (g)	M^* (g)	Rate (mm/h)
1	6 ± 2	4 ± 4	0.71 ± 1.03
2	20 ± 2	15 ± 4	10 ± 3
3	146 ± 2	92 ± 7	85 ± 7
4	173 ± 2	108 ± 7	146 ± 10
5	92 ± 2	58 ± 6	157 ± 20

Tabella 3: Precipitazione misurata e stimata

Tra Δm e M^* può essere individuata una relazione lineare, come riportato in Fig.2a. Il coefficiente di correlazione lineare è, infatti, molto vicino a 1.

Massa precipitata stimata vs misurata

(a) Fit lineare tra precipitazione stimata e misurata

Tassi di precipitazione teorici

(b) Tassi di precipitazione stimati

Figura 2: Simulazione di eventi di precipitazione

5 Conclusioni

Dalla relazione lineare evidenziata dal fit ai punti sperimentalni si può ipotizzare un buon funzionamento del pluviometro per tutti i tipi di precipitazione. La massa stimata è, tuttavia, sistematicamente inferiore a quella misurata all'incirca del 40%. Questo potrebbe essere dovuto in parte all'aver assunto la densità dell'acqua pari a $1 \text{ kg}/\text{dm}^3$, come per acqua distillata, inferiore a quella effettiva dell'acqua del rubinetto. Si è osservato, inoltre, che parte dell'acqua restava sulle pareti dell'imbuto, soprattutto in casi di precipitazione più debole, e non raggiungeva, quindi, le basculi del pluviometro. Le varie misurazioni sono state effettuate in maniera sequenziale e senza asciugare l'imbuto o i cucchiai, lasciando, quindi, dell'acqua nel sistema. Un'ulteriore sorgente di errore è il non istantaneo stop dei tempi e del flusso d'acqua successivamente all'ultima basculata, dipendente dalla prontezza dell'operatore. I gocciolatori permettono di simulare un ampio spettro di precipitazioni, più o meno intense; gli eventi più comuni sono rappresentati, tuttavia, dal gocciolatore 1 e 2, con flusso più debole.