

ISTITUTO SUPERIORE "B. RUSSELL" DI ROMA

Relazione di fisica

ESPERIMENTO N°1

1.TITOLO

Misurazione indiretta della massa di un cilindretto metallico mediante i metodi della tara di J.C. Borda e della doppia pesata di K.F. Gauss

2.OBIETTIVI

- Misurare indirettamente la massa gravitazionale di un cilindretto metallico mediante il metodo della tara di Borda ($m_x = m_c - \pi$) e della doppia pesata di Gauss ($m_x = v(m_1 m_2)$) e controllarne la validità secondo i criteri del metodo scientifico;
- Confrontare i risultati dei due metodi e trovare un criterio col quale poter dire quale dei due sia più preciso.

3.SCHEMA

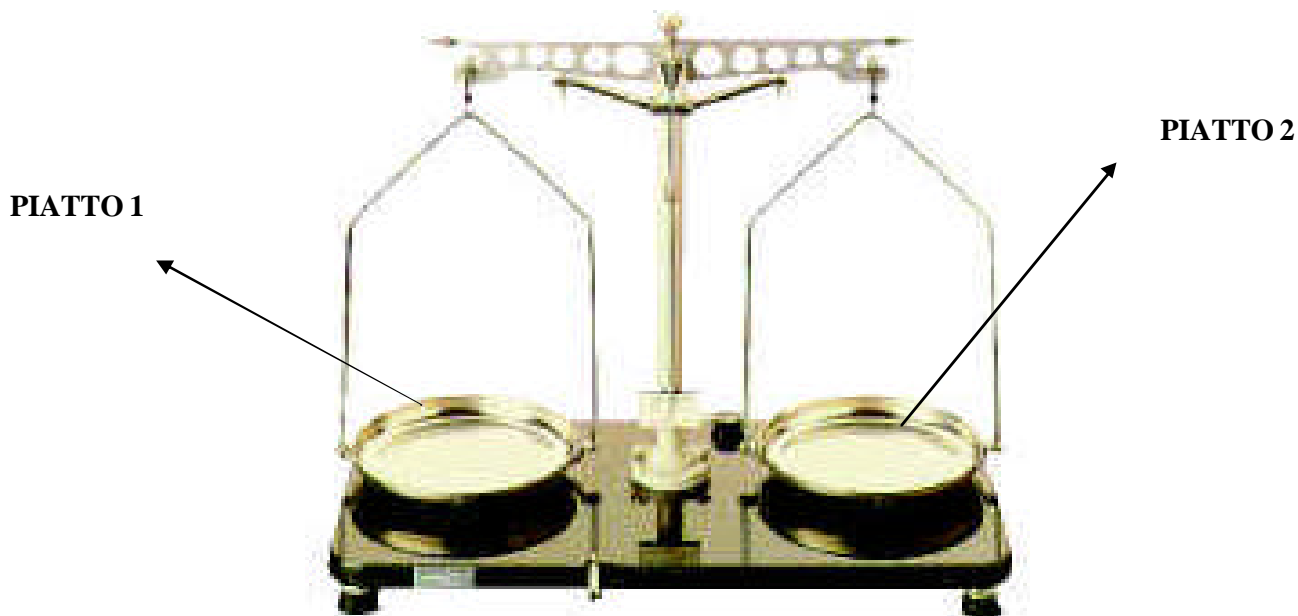


BILANCIA DI
PRECISIONE A BRACCI
UGUALI

MASSIERA DI TIPO «1225»



CILINDRETTO METALLICO



4.STRUMENTI E MATERIALI ADOPERATI

- Bilancia di precisione a bracci uguali ($S = 0,01 \text{ g}$; $P = 500 \text{ g}$)
- *Massiera* di tipo “1225”
- Cilindretto metallico
- Temperino metallico adoperato come tara

5.TABELLA N° 1

Tabella dei dati relativi alla misurazione indiretta della massa di un cilindretto metallico secondo il metodo della tara di Borda

N	p (g) $\pm 0,01$	$m_c = m_t$ (g) $\pm 0,01$	m_x (g)	NOTE
				p = masse campioni aggiunte ad m_x per raggiungere l'equilibrio m_c = masse campioni della massiera m_x = massa del cilindretto m_t = massa della tara
1	8,20	33,00	24,80	

6.CALCOLI:

$$m_x + p = m_x + 5g + 2g + 1g + 0,20g = m_x + 8,20 g = m_t$$

$$m_c = m_t = 33,00 g$$

$$m_x = m_c - p = 33,00g - 8,20g = 24,80 g$$

RISULTATO:
 $m_x = (24,80 \pm 0,02) g$

Calcolo dell'errore.

L' incertezza assoluta Δm_x , per il primo teorema della propagazione degli errori, sarà uguale a due volte il valore della sensibilità dello strumento, in quanto "le incertezze assolute sulla somma o sulla differenza si sommano". Infatti:

$$Dm_x = Dm_c + Dp = 0,01g + 0,01g = 0,02g$$

7.TABELLA N° 2

Tabella dei dati relativi alla misurazione indiretta della massa di un cilindretto metallico secondo il metodo della doppia pesata di Gauss

N	m_1 (g) $\pm 0,01$	m_2 (g) $\pm 0,01$	m_x^2 (g ²)	m_x (g)	NOTE
					m_1 = prima misurazione in un piatto della bilancia m_2 = seconda misurazione nell'altro piatto della bilancia m_x = massa del cilindretto
1	25,10	24,61	617,71	24,85	

8.CALCOLI

$$m_1 = m_x = 10g + 10g + 5g + 0,10 g = 25,10 g$$

$$m_2 = m_x = 10g + 10g + 2g + 1g + 1g + 0,5g + 0,1g + 0,01g = 24,61 g$$

$$m_1 ? m_2$$

$$m_x^2 = m_1 \cdot m_2 = 24,61 g \cdot 25,10 g = 617,71 g^2$$

$$m_x = \sqrt{m_1 \cdot m_2} = \sqrt{617,71 g^2} = 24,85 g$$

RISULTATO:

$$m_x = (24,85 \pm 0,01) g$$

In questo caso l'incertezza assoluta Δm_x corrisponde alla sensibilità dello strumento, perché per il secondo teorema della propagazione degli errori, "le incertezze relative sul prodotto o quoziente si sommano". Pertanto:

$$Dm_x \sim \frac{1}{2} \cdot (Dm_1 + Dm_2) = \frac{1}{2} \cdot (0,01 + 0,01)g = \frac{1}{2} \cdot 0,02g = 0,01g$$

Il calcolo completo è il seguente:

$$e_{rx} = e_{r1} + e_{r2}$$

cioè:

$$Dm_x = \frac{1}{2} [(Dm_1/m_1) + (Dm_2/m_2)] m_x = \frac{1}{2} [(0,01/25,10) + (0,01/24,61)] \cdot 24,85 = \frac{1}{2} [(0,000398) + (0,000406)] 24,85 = 0,00999 \sim 0,01 g \quad \text{c.v.d.}$$

9.INDIVIDUAZIONE DEGLI ERRORI

Durante l'esecuzione dell'esperimento, l'errore più evidente nel quale si può incorrere è sicuramente l'utilizzo di una bilancia con due bracci disuguali, ossia l'utilizzo di una bilancia affetta da un errore sistematico. In altre parole ciò significa essere in presenza di uno strumento di misura che dà un errore costante dovuto ad una imperfezione di carattere tecnologico. Questo tipo di errore è eliminabile solo se viene individuato e se si applicano metodi adeguati. Un altro errore che si incontra sempre durante l'espletamento di un esperimento di laboratorio è l'errore di tipo accidentale, ovvero casuale, dovuto al complesso imprevedibile di situazioni che riguardano lo sperimentatore che interagisce con la realtà indagata. Questo tipo di errore, purtroppo, è ineliminabile in quanto è dovuto ad una serie di fattori fra loro differenti che risultano imprevedibili, ma sicuramente è riducibile. Nel caso di questa

esperienza, probabilmente si sarà compiuto un errore di questo tipo chiamato di “parallasse”, dovuto alla posizione di lettura scorretta dell’osservatore che avrà portato a sopravvalutare o sottovalutare il valore della grandezza fisica in quel momento misurata.

10. DETERMINAZIONE GRAFICA DELL’INTERVALLO DI ATTENDIBILITA’

Le due misure non sono compatibili

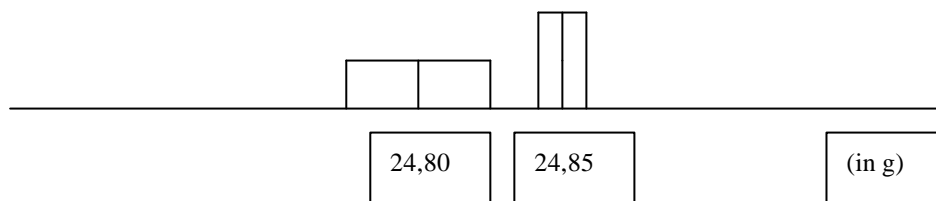


Fig. 1 – Grafico relativo ai campi di attendibilità delle due misure.

$$24,78\text{g} = \mathbf{m}_x = 24,82\text{g}$$

$$24,84\text{g} = \mathbf{m}_x = 24,86\text{g}$$

11.COMMENTO

L’esperimento si pone come obiettivo quello di verificare, attraverso il metodo scientifico o galileiano, la validità dei metodi di misurazione indiretta adoperati. Ricordiamo che il metodo galileiano, com’è noto, si prefigge lo scopo di confermare o confutare la validità delle ipotesi fisiche attraverso l’osservazione dei fenomeni e il loro studio mediante analisi fisico-matematica. Ricordiamo altresì, che per metodi indiretti si intendono quei metodi nei quali si misurano prima, e direttamente, altre grandezze fisiche in gioco mediante strumenti di misurazione, per poi effettuare dei calcoli e trovare così, attraverso l’applicazione di una o più formule, la misura della grandezza fisica ricercata. La grandezza in gioco è la massa gravitazionale di un cilindretto metallico, e i due metodi sono quelli della “tara di Borda” e della “doppia pesata di Gauss”. Dopo aver calcolato i risultati di entrambe le “pesate” (sarebbe più corretto utilizzare il termine “massate”), bisogna effettuare un confronto fra i due valori calcolati e cercare di stabilire quale fra i due metodi è quello più preciso, nonostante sia affetto comunque da uno o più errori. Entrambi i metodi hanno come obiettivo principale quello di ottenere una misura più precisa della massa di un

oggetto, riducendo l'errore sistematico dello strumento (la bilancia), ossia quello di possedere i bracci di lunghezza differente. Non secondario è l'altro obiettivo di utilizzare concretamente alcuni semplici elementi di Teoria degli errori in un caso concreto di sperimentazione.

PRIMO METODO

Il metodo della tara di Borda effettua due misurazioni:

- nella prima misurazione, la tara (in questo caso un temperino), che deve avere una massa maggiore rispetto al cilindretto (m_t =massa della tara $>$ m_c =massa del cilindretto), viene posta su un braccio qualsiasi della bilancia e sull'altro piatto viene posto l'oggetto considerato, il cilindretto metallico, ma a questo primo tentativo è quasi certo che non si raggiunge la condizione di equilibrio fra le due masse. Perciò, affinché questa condizione sia soddisfatta, bisogna aggiungere al piatto contenente il cilindretto delle masse campioni, rilevate dalla massiera, tante quante servono per ottenere l'equilibrio fra le due masse ($m_x + p = m_t$).
- la seconda misurazione verrà effettuata mediante il seguente processo: la differenza sostanziale sarà nel riporre i campioni massa sul piatto; infatti la tara rimarrà sempre nello stesso piatto, ma le masse campioni verranno poste nell'altro piatto, sempre tante quante occorrono affinché la condizione di equilibrio fra le masse si verifichi. In questo modo si ottiene il valore della massa della tara ($m_c = m_t$).

Ne segue che:

la massa del cilindretto sarà uguale alla differenza fra la massa della tara (m_t), che è congruente alle masse campioni ($m_c = m_t$), e le masse campioni che vengono aggiunte alla massa del cilindretto per raggiungere l'equilibrio ($m_x = m_c - p$).

Con questo metodo l'errore sistematico della bilancia si annulla poiché la bilancia utilizza sempre lo stesso braccio.

SECONDO METODO

Il metodo della "doppia pesata" di Gauss effettua anch'esso due misurazioni. La differenza fra il primo e il secondo metodo è che rispettivamente si cambiano di posto i due piatti della bilancia.

- Nella prima misurazione, su un piatto qualsiasi, vengono poste le masse campioni (m_1) tante quante servono a raggiungere l'equilibrio con la massa del cilindretto metallico che, di conseguenza, si troverà sul piatto opposto al primo;
- una volta annotati i dati, occorre effettuare la seconda misurazione che viene eseguita con il medesimo processo della precedente, ma, stavolta, con lo

scambio dei piatti: dove prima si trovavano le masse campioni prenderà posto il cilindretto e viceversa.

A questo punto si ottiene il risultato finale. Sarà necessario per prima cosa,

- calcolare il prodotto fra le due misurazioni

$$m_x^2 = m_1 \cdot m_2$$

- e successivamente estrarre la radice quadrata di esso per ottenere il risultato desiderato:

$$m_x = \sqrt{m_1 \cdot m_2}$$

12.RISULTATI

Il risultato ottenuto con il metodo della tara dà come incertezza assoluta il valore $\Delta m_{0,02g}$, mentre il risultato conseguito con il metodo della doppia pesata dà il valore $\Delta m_{0,01g}$. Con questi presupposti, se si calcolano le incertezze relative sulla massa con i due metodi si nota che l'incertezza relativa calcolata con il metodo di Gauss è minore di quella calcolata con il metodo di Borda. Pertanto, si è portati a considerare come più preciso il metodo della doppia pesata di Gauss.

13.CONSIDERAZIONI CRITICHE

L'esperimento realizzato è stato il frutto di una collaborazione di più studenti, perciò i risultati ottenuti, nonostante contengano un'incertezza assoluta adeguata, nel caso venissero ripetuti potrebbero dare risultati differenti.

L'esperimento non è stato svolto con la precisione dovuta. D'altronde, le difficoltà incontrate nell'eseguire l'esperimento si sono manifestate nei risultati finali che anche considerando le sensibilità e le incertezze di misura non corrispondono (24,80g ?24,85g). Infatti i due intervalli di attendibilità non presentano alcuna intersezione e, dunque, il risultato ottenuto non è soddisfacente. Osservando, con senso critico, le incertezze assolute relative alle due fasi e le misure della massa con i due metodi è possibile notare come la differenza tra i valori delle due misure è rilevante rispetto alla sensibilità della bilancia nei due casi. Infatti, a fronte dei due valori di 24,80 e 24,85 si ha una variazione di ben 0,05g che è molto maggiore della sensibilità della bilancia ($0,05 \gg 0,01g$).