

Il principio della bilancia di Watt

Di Marlene Rau ed Eleanor Hayes

Tradotto da Paolo Sudiro.

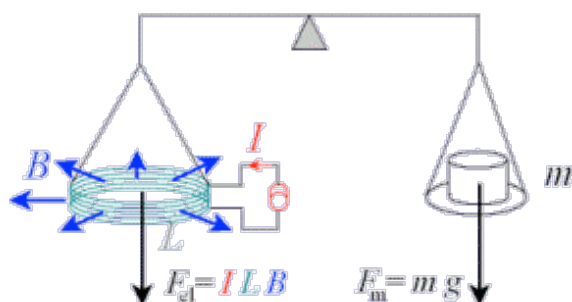
La bilancia di Watt è uno strumento elettromeccanico che misura il peso di una massa di prova con grande precisione. Gruppi di scienziati in tutto il mondo sono in gara per costruire una bilancia di Watt con una precisione senza precedenti.

La misura effettuata da una bilancia di Watt viene compiuta in due fasi: una fase di pesatura statica seguita da una fase dinamica in movimento.

Nella fase di pesatura la massa viene sospesa ad un braccio della bilancia, mentre all'altro braccio è sospeso un avvolgimento immerso in un campo magnetico orizzontale. Quando l'avvolgimento viene attraversato da una corrente elettrica, I , l'interazione tra la corrente ed il campo magnetico produce una forza elettromagnetica verticale:

$$F_{el} = ILB$$

dove L è la lunghezza del filo metallico dell'avvolgimento e B è la densità del flusso magnetico.



La fase di pesatura statica

Immagine gentilmente concessa da BIPM

Poiché il peso della massa di prova (F_m) è dato come $F_m = mg$

dove m : massa e g : accelerazione gravitazionale

quando la bilancia è in equilibrio otteniamo:

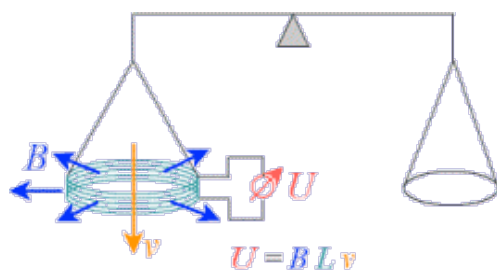
$$mg = ILB.$$

Noi possiamo determinare g con grande precisione, ma B ed L sono intrinsecamente imprecise. Questo è il motivo per cui si utilizza il trucco della fase di movimento – una misura che ci fornisce una formula con la quale possiamo eliminare B ed L .

Nella fase di movimento la massa di prova viene rimossa e la bobina viene mossa a velocità (verticale) costante attraverso lo stesso campo magnetico orizzontale di prima. Questo induce un voltaggio misurabile nella bobina.

Materiale di approfondimento per:

Hayes E, Rau M (2012) Weighing up the evidence: what is a kilo? *Science in School* 25: 59-64. www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology



La fase di movimento dinamico

Immagine gentilmente concessa da BIPM

Il voltaggio indotto (U) è dato da:

$$U = BLv$$

Dove B : densità di flusso magnetico del campo magnetico orizzontale; L : lunghezza del filo dell'avvolgimento; v : velocità dell'avvolgimento che si muove attraverso il campo magnetico.

Adesso possiamo eliminare BL . Noi sappiamo già che:

$$mg = ILB$$

e ora sappiamo che:

$$U = BLv$$

Riordinando queste equazioni otteniamo:

$$\underline{mg} = LB$$

$$I$$

e:

$$\underline{U} = BLv$$

$$v$$

Combinando queste due, otteniamo:

$$UI = mgv$$

In altre parole, l'energia elettrica (UI) equivale all'energia meccanica (mgv) o $P_{el} = P_{mech}$, che è il principio alla base della bilancia di Watt.

Allo scopo di determinare la massa

$$m = \underline{UI}$$

$$gv$$

Mentre v è facile da determinare accuratamente, una misura sufficientemente precisa di I e U richiede conoscenze di quantomeccanica. Due fenomeni, noti come effetto Josephson ed effetto Hall quantistico, permettono agli scienziati di determinare con precisione resistenza e voltaggio e perciò di calcolare anche la corrente (legge di Ohm).

I diversi istituti metrologici hanno progettato ciascuno un proprio dispositivo, alcuni dei quali sono molto grandi. Con una strumentazione così complessa è ovviamente difficile ottenere la precisione richiesta. Uno degli elementi cruciali della bilancia di

Materiale di approfondimento per:

Hayes E, Rau M (2012) Weighing up the evidence: what is a kilo? *Science in School* 25: 59-64. www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology

Watt è il circuito magnetico, poiché il campo magnetico B e la lunghezza L dell'avvolgimento devono rimanere gli stessi durante le due fasi di misura, la statica e la dinamica. Non è importante conoscere il loro valore esatto, ma è importante che non cambino, in particolare a causa della temperatura.

Una collaborazione tra l'Ufficio Metrologico Svizzero (METAS) ed il CERN ha permesso agli scienziati di progettare un magnete ultrastabile termicamente compensato che farà parte di una nuova bilancia di Watt, progettata per aumentare di circa un ordine di grandezza la precisione della strumentazione attuale.

Materiale di approfondimento per:

Hayes E, Rau M (2012) Weighing up the evidence: what is a kilo? *Science in School* **25**: 59-64. www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology