

O princípio da balança de watt

Por Marlene Rau e Eleanor Hayes

Traduzido por Paulo S. André e Rute A. S. Ferreira

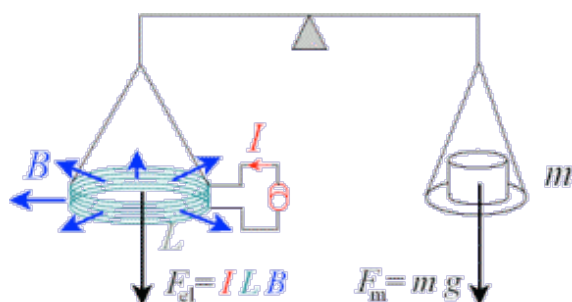
A balança de watt é um instrumento eletromecânico que mede, com elevada precisão, o peso de uma massa de ensaio. Várias equipas de investigação, a nível mundial, competem para construir uma balança de watt com uma precisão sem precedentes.

A medição efetuada por uma balança de watt é realizada em duas etapas: uma etapa de pesagem estática, seguida por uma etapa de movimento dinâmico.

Na etapa de pesagem estática, a massa de teste é suspensa num dos braços da balança, enquanto uma bobina imersa num campo magnético horizontal é suspensa no outro braço. Quando a bobina é alimentada com uma corrente elétrica, I , a interação entre a corrente elétrica e o campo magnético produz uma força eletromagnética vertical:

$$F_{el} = ILB$$

onde L é o comprimento total do fio que forma a bobina e B é a densidade do fluxo magnético.



Etapa de pesagem estática

Imagem cortesia de: BIPM

O peso da massa de ensaio (F_m) é dado por $F_m = mg$

onde m : massa e g : aceleração da

quando a balança está em equilíbrio, temos que:

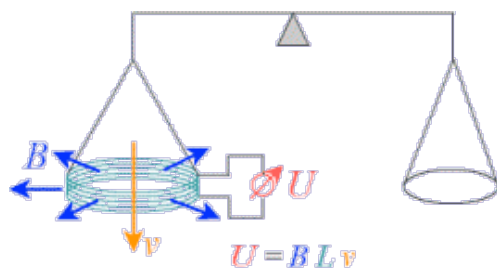
$$mg = ILB.$$

Podemos determinar o valor de g com precisão, porém os valores de B e L são inerentemente imprecisos. É, por isso, que etapa móvel é usada como um truque - uma medida que nos dá uma fórmula com a qual podemos anular B e L .

Na etapa de movimento dinâmico, a massa de ensaio é removida e a bobina é deslocada com uma velocidade constante (vertical), através do campo magnético horizontal, induzindo uma tensão elétrica mensurável na bobina.

Material de apoio para:

Hayes E, Rau M (2012) Ponderando as evidências: o que é um quilo? *Science in School* 25. www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology/portuguese



Etapa de movimento dinâmico

Imagem cortesia de: BIPM

A tensão elétrica induzida (U) é dada por:

$$U = BLv$$

onde B : densidade de fluxo magnético do campo magnético horizontal; L : comprimento do fio que forma a bobina, e v : velocidade de deslocamento da bobina, através do campo magnético.

Pode-se cancelar BL , pois sabemos que:

$$mg = ILB$$

e como sabemos que:

$$U = BLv$$

Rearranjando estas equações, resulta em:

$$\underline{mg} = LB$$

$$I$$

e:

$$\underline{U} = BLv$$

$$v$$

Combinando os dois, obtemos:

$$UI = mgv$$

tal significa que a energia elétrica (UI) é igual à energia mecânica (mgv) ou $P_{el} = P_{mech}$, que representa o princípio básico de funcionamento da balança de watt.

Para efeitos de determinação da massa

$$m = \underline{UI}$$

$$gv$$

Onde é, também, possível determinada v com elevada precisão; uma medição suficientemente precisa de I e U requer conhecimentos de mecânica quântica. Dois fenômenos, conhecidos como o efeito de Josephson e efeito de Hall quântico, permitem aos investigadores determinar com precisão a resistência e a tensão, e, portanto, também, calcular a corrente elétrica (lei de Ohm).

Vários institutos de metrologia possuem individualmente projetos instrumentais próprios, alguns dos quais muito grandes. No entanto, com esta configuração experimental complexa é, obviamente, difícil obter a precisão requerida. Um dos

Material de apoio para:

Hayes E, Rau M (2012) Ponderando as evidências: o que é um quilo? *Science in School* **25**. www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology/portuguese

elementos essenciais da balança de watt é o circuito magnético, pois o campo magnético B e o comprimento L da bobina devem permanecer constantes nas duas etapas da medida, nomeadamente, etapas estática e dinâmica. Não é relevante conhecer os seus valores com precisão, mas é importante que os seus valores não se alterem, em particular, devido aos efeitos da temperatura.

Uma colaboração entre o Instituto de Metrologia Suíço (METAS) e o CERN, permitiu aos investigadores projetar um ímã ultra estável com compensação de temperatura que será utilizado numa nova balança de watt, projetada para aumentar a precisão da configuração atual em cerca de uma ordem de grandeza.

Material de apoio para:

Hayes E, Rau M (2012) Ponderando as evidências: o que é um quilo? *Science in School* **25**. www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology/portuguese