

## Η αρχή πίσω από την ισορροπία watt

Μετάφραση από τον Λορέντζο Δημήτρη

**Των Marlene Rau και Eleanor Hayes**

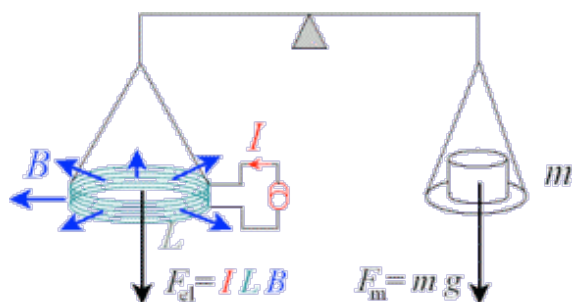
Η ισορροπία watt είναι ένα ηλεκτρομηχανικό όργανο που μετράει με μεγάλη ακρίβεια το βάρος μιας μάζας υπό δοκιμή. Ομάδες επιστημόνων σε όλο το κόσμο ανταγωνίζονται μεταξύ τους για την κατασκευή μιας ισορροπία watt άνευ προηγουμένου ακρίβειας.

Η μέτρηση που εκτελεί η ισορροπία watt πραγματοποιείται σε δύο φάσεις: μια στατική φάση ζύγισης ακολουθείται από μια δυναμική φάση κίνησης.

Στη φάση της ζύγισης, η υπό δοκιμή μάζα αναρτάται από τη μια μεριά ενός ζυγού, ενώ ένα πηνίο που βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο μαγνητικό πεδίο αναρτάται από την άλλη. Όταν το πηνίο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα,  $I$ , η αλληλεπίδραση του ρεύματος με το μαγνητικό πεδίο δημιουργεί μια κάθετη ηλεκτρομαγνητική δύναμη:

$$F_{el} = ILB$$

όπου  $L$  είναι το συνολικό μήκος του σύρματος που αποτελεί το πηνίο και  $B$  είναι η πυκνότητα μαγνητικής ροής.



*Η στατική φάση της ζύγισης*

*Η εικόνα είναι ευγενική προσφορά του BIPM*

Δεδομένου ότι το βάρος της υπό δοκιμή μάζας ( $F_m$ ) είναι ίση με  $F_m = mg$

όπου  $m$ : μάζα, και  $g$ : επιτάχυνση της βαρύτητας

όταν ο ζυγός βρίσκεται σε ισορροπία, έχουμε:

$$mg = ILB.$$

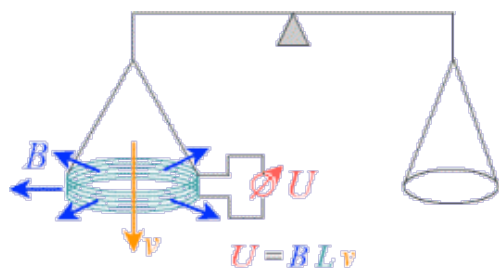
Μπορούμε να προσδιορίσουμε το  $g$  με μεγάλη ακρίβεια, όμως τα  $B$  και  $L$  από τη φύση τους δεν είναι γνωστά με ακρίβεια. Για αυτό το λόγο η φάση της κίνησης χρησιμοποιείται ως ένα τέχνασμα – μια μέτρηση που μας δίνει μια εξίσωση με την οποία τα  $B$  και  $L$  απλοποιούνται.

Στη φάση της κίνησης, η υπό δοκιμή μάζα απομακρύνεται, και το πηνίο τίθεται σε κίνηση με σταθερή (κάθετη) ταχύτητα διαμέσω του ίδιου οριζόντιου μαγνητικού πεδίου όπως προηγουμένως. Αυτό επάγει μια τάση στο πηνίο, η οποία μπορεί να μετρηθεί.

Υποστηρικτικό υλικό για:

Hayes E, Rau M (2012) Ζυγίζοντας τα αποδεικτικά στοιχεία: τί είναι το χιλιόγραμμα; *Science in School* **25**.

[www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology/greek](http://www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology/greek)



Η δυναμική φάση της κίνησης

Η εικόνα είναι ευγενική προσφορά του BIPM

Η επαγόμενη τάση ( $U$ ) δίνεται από:

$$U = BLv$$

όπου  $B$ : πυκνότητα μαγνητικής ροής του οριζόντιου μαγνητικού πεδίου,  $L$ : μήκος του σύρματος του πηνίου, και  $v$ : η ταχύτητα του πηνίου που κινείται διαμέσω του μαγνητικού πεδίου.

Μπορούμε τώρα να απλοποιήσουμε το  $BL$ . Γνωρίζουμε ήδη ότι:

$$mg = ILB$$

και τώρα ξέρουμε ότι:

$$U = BLv$$

Αναδιατάσσοντας τις εξισώσεις αυτές παίρνουμε:

$$\underline{mg} = LB$$

$$I$$

και:

$$\underline{U} = BLv$$

$$v$$

Συνδυάζοντας τις δύο, έχουμε:

$$UI = mgv$$

Με άλλα λόγια, η ηλεκτρική ενέργεια ( $UI$ ) είναι ίση με την μηχανική ενέργεια ( $mgv$ ) ή  $P_{\eta\lambda} = P_{μηχ}$ , που είναι η αρχή στην οποία στηρίζεται η ισορροπία watt.

Για τον προσδιορισμό της μάζας

$$m = \frac{UI}{g}$$

$$g$$

Παρ' όλο που το  $v$  είναι επίσης εύκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια, μια επαρκώς ακριβής μέτρηση του  $I$  και  $U$  απαιτεί τη γνώση κβαντικής μηχανικής. Δύο φαινόμενα, γνωστά ως το φαινόμενο Josephson και το κβαντικό φαινόμενο Hall, επιτρέπουν στους επιστήμονες να προσδιορίσουν την αντίσταση και τάση επακριβώς, και επομένως να υπολογίσουν και το ρεύμα (νόμος του Ohm).

Καθένα από τα διάφορα ινστιτούτα μετρολογίας χρησιμοποιεί το δικό του σχεδιασμό για τις διατάξεις, κάποιες από τις οποίες είναι τεράστιες. Με τόσο πολύπλοκες

Υποστηρικτικό υλικό για:

Hayes E, Rau M (2012) Ζυγίζοντας τα αποδεικτικά στοιχεία: τί είναι το χιλιόγραμμα; *Science in School* **25**.

[www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology/greek](http://www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology/greek)

διατάξεις είναι βέβαια δύσκολο να επιτευχθεί η απαιτούμενη ακρίβεια. Ένα από τα καίρια στοιχεία της ισορροπίας watt είναι το μαγνητικό κύκλωμα, γιατί το μαγνητικό πεδίο  $B$  και το μήκος του πηνίου  $L$  πρέπει να παραμένουν ίδια κατά τη διάρκεια των δύο φάσεων μέτρησης, την στατική και τη δυναμική. Δεν είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τις ακριβείς τιμές τους, αλλά είναι σημαντικό αυτά να μην μεταβάλλονται, ειδικότερα εξαιτίας της επίδρασης της θερμοκρασίας.

Μια συνεργασία μεταξύ του Ελβετικού Ινστιτούτου Μετρολογίας (Swiss Metrology Office (METAS)) και του CERN επέτρεψε στους επιστήμονες να σχεδιάσουν έναν απόλυτα σταθερό μαγνήτη που δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, ο οποίος θα αποτελέσει τμήμα μιας νέας ισορροπίας watt, σχεδιασμένης για να αυξήσει την ακρίβεια της παρούσας κατασκευής κατά περίπου μια τάξη μεγέθους.

---

Υποστηρικτικό υλικό για:

Hayes E, Rau M (2012) Ζυγίζοντας τα αποδεικτικά στοιχεία: τί είναι το χιλιόγραμμα; *Science in School* **25**.

[www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology/greek](http://www.scienceinschool.org/2012/issue25/metrology/greek)