

Οι αλλαγές θα τεθούν σε ισχύ στις 20 Μαΐου 2019 και θα βάλουν ένα τέλος στην χρήση φυσικών αντικειμένων στον προσδιορισμό των θεμελιωδών μονάδων μέτρησης.

Οι νέοι ορισμοί θα βασίζονται στις τιμές των παγκόσμιων φυσικών σταθερών: το χιλιόγραμμα (kg) ορίζεται πλέον διαμέσου της σταθεράς του Planck (h), το Ampere (A) από το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο e , ο βαθμός της κλίμακας Kelvin (K) διαμέσου της σταθεράς του Boltzmann (k) και το γραμμομόριο από την σταθερά Avogadro (N_A).

Οι επιστήμονες ονειρευόντουσαν από το 1700 την κατασκευή ενός συστήματος μονάδων μέτρησης που θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε στιγμή και οπουδήποτε. Οι επιστημονικές εξελίξεις στην κβαντική φυσική κατέστησαν τελικά δυνατή την επίτευξη αυτού του στόχου.

1. Τα κβαντικά φαινόμενα χρησιμοποιούνται ήδη για **τον ορισμό της μονάδας χρόνου**. Έτσι, **το δευτερόλεπτο**, ως η χρονική διάρκεια μέσα στην οποία συμβαίνουν 9.192.631.770 καθορισμένες περιοδικές ενεργειακές μεταβολές στο άτομο του καισίου (Cs^{133}). Οι ενεργειακές αυτές μεταβολές συνδέονται άμεσα με την σταθερά του Planck και τις συχνότητες εκπομπής-απορρόφησης ακτινοβολίας που πραγματοποιούνται.

2. Η μονάδα μέτρησης του μήκους, το μέτρο, βασίζεται στην ταχύτητα του φωτός στο κενό και ορίζεται ως η απόσταση που διανύει το φως στο κενό σε $1/299.792.458$ του δευτερολέπτου. Προφανώς, ο ορισμός του μέτρου εξαρτάται από τον ορισμό του δευτερολέπτου.

3. Ο νέος ορισμός του χιλιογράμμου βασίζεται σε τρεις θεμελιώδεις φυσικές σταθερές: την σταθερά του Planck h , την ταχύτητα του φωτός και τον συντονισμό ενεργειακής μετάβασης στο άτομο του καισίου όταν απορροφά συγκεκριμένη συχνότητα ακτινοβολίας.

Η σταθερά του Planck επιτρέπει τους φυσικούς να συσχετίζουν την μάζα με την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Οι φυσικοί του NIST (National Institute of Standards and Technology) χρησιμοποιούν την διάταξη που ονομάζεται ζυγός Kibble – η αρχική του ονομασία ήταν ζυγός Watt.

Ο ζυγός Kibble του NIST χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις για να ισορροπήσει μια μάζα ενός χιλιογράμμου. Οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις δημιουργούνται από ένα πηνίο που είναι τοποθετημένο μεταξύ δυο μόνιμων μαγνητών. Ο ζυγός Kibble έχει δυο τρόπους λειτουργίας. Στον πρώτο τρόπο, ένα ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει το πηνίο δημιουργώντας ένα μαγνητικό πεδίο που αλληλεπιδρά με το μόνιμο μαγνητικό πεδίο και ασκεί μια δύναμη προς τα πάνω ισορροπώντας μια μάζα ενός χιλιογράμμου. Στον δεύτερο τρόπο, το πηνίο ανυψώνεται με σταθερή ταχύτητα. Αυτή η κίνηση προς τα πάνω επάγει μια τάση στο πηνίο, η οποία είναι ανάλογη με την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Μετρώντας το ρεύμα, την τάση και την ταχύτητα του πηνίου οι πειραματιστές μπορούν να συσχετίσουν την σταθερά του Planck, με την ποσότητα της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που απαιτείται για την ισορροπία της μάζας.

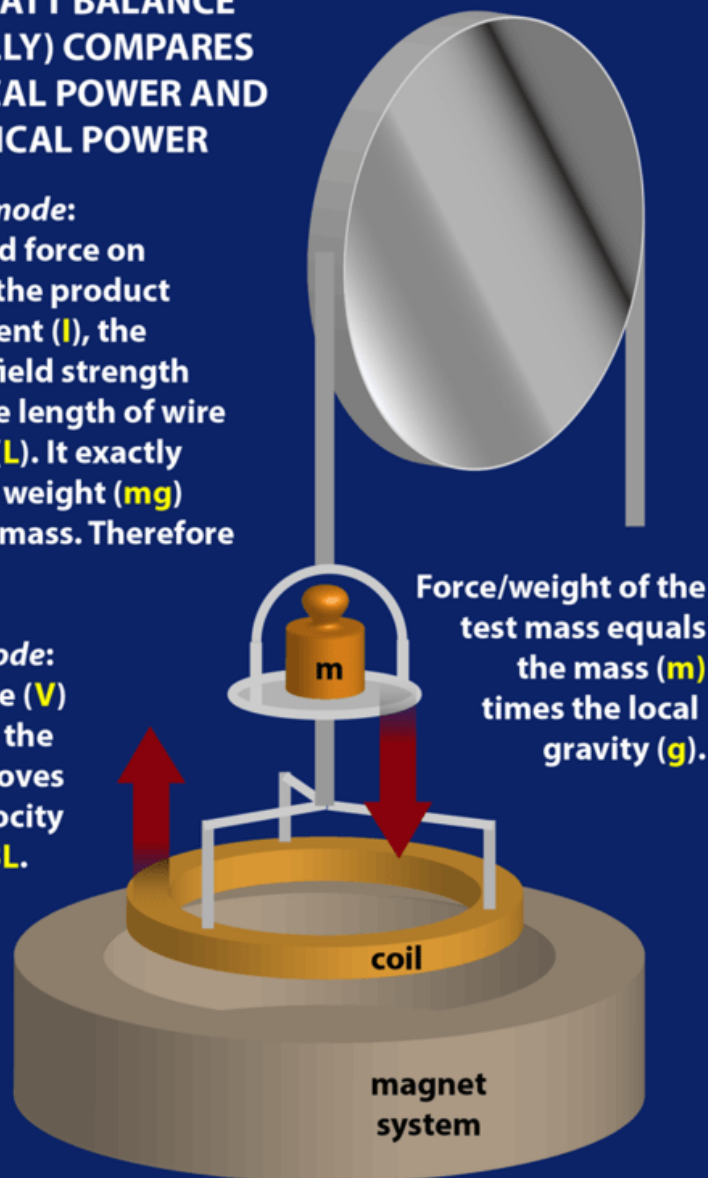
HOW A WATT BALANCE (VIRTUALLY) COMPARES ELECTRICAL POWER AND MECHANICAL POWER

Weighing mode:

The upward force on the coil is the product of the current (I), the magnetic field strength (B), and the length of wire in the coil (L). It exactly equals the weight (mg) of the test mass. Therefore $mg = IBL$.

Velocity mode:

The voltage (V) induced in the coil as it moves equals velocity (v) times BL .



Force/weight of the test mass equals the mass (m) times the local gravity (g).

Weighing Mode: $mg = IBL$ Velocity Mode: $V = vBL$
so $mg/I = BL$ so $V/v = BL$

BL is the same in each case and cancels out. Thus
 IV (watts elec. power) = mgv (watts mech. power)

Σύμφωνα με την παραπάνω εικόνα, η φυσική του ζυγού Watt (ή Kibble) είναι πολύ απλή. Από την τελική εξίσωση $IV=mgv$ παίρνουμε $m=VI/gv$.

Όλα τα μεγέθη στο δεύτερο μέρος της εξίσωσης μπορούν να μετρηθούν με εξαιρετική ακρίβεια. Πως;

Η ένταση και η τάση του ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιώντας κβαντο-ηλεκτρικά φαινόμενα ([κβαντικό φαινόμενο Hall](#) και [φαινόμενο Josephson](#)) που μπορούν να μετρηθούν με εργαστηριακά όργανα και η ένταση του πεδίου βαρύτητας χρησιμοποιώντας μια υπερ-ευαίσθητη συσκευή που ονομάζεται [απόλυτο](#)

βαρυτόμετρο.

Η ταχύτητα μπορεί να μετρηθεί παρακολουθώντας την κίνηση του πηνίου με συμβολομετρία, που λειτουργεί στην κλίμακα του μήκους κύματος του φωτός του λέιζερ.

Που βρίσκεται η σταθερά του Planck σ' όλα αυτά;

Στον τρόπο με τον οποίο μετράμε την ένταση και την τάση του ηλεκτρικού ρεύματος διαμέσου των κβαντο-ηλεκτρικών φαινομένων Hall και Josephson. Εκεί υπεισέρχονται η **σταθερά Josephson** $[=h/(2e)]$ και η σταθερά **von Klitzing** $[=h/e^2]$ οι οποίες εξαρτώνται από την σταθερά h του Planck και το φορτίο του ηλεκτρονίου.

Έτσι ο ζυγός Watt (Kibble) μπορεί να συσχετίσει την σταθερά Planck με την μάζα.

Ο επαναπροσδιορισμός του χιλιογράμμου γίνεται αποδίδοντας [μια συγκεκριμένη τιμή στην σταθερά του Planck](#), επιτρέποντας στον ζυγό Watt (Kibble) να μετρά την μάζα χωρίς αναφορά στο Διεθνές Πρωτότυπο του Χιλιογράμμου ή σε κάποιο άλλο φυσικό αντικείμενο. Μια συνέπεια του επαναπροσδιορισμού του χιλιογράμμου (kg) είναι ότι εξαρτάται από το μέτρο (m) και το δευτερόλεπτο (s)

4. Με παρόμοιο τρόπο η μονάδα μέτρησης της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, το Ampere, βασίζεται στο ηλεκτρικό φορτίο του ηλεκτρονίου (και εξαρτάται από τον ορισμό του δευτερολέπτου).

5. Η μονάδα μέτρησης της θερμοκρασίας, το Kelvin βασίζεται σε κβαντικού επιπέδου μετρήσεις της ατομικής κίνησης και συνδέεται με την σταθερά του Boltzmann, η οποία υπεισέρχεται στην σχέση ενέργειας-θερμοκρασίας ενός σώματος, όπως συμβαίνει με την σταθερά του Planck και τις συχνότητες συντονισμού στο άτομο του καυσίου. Σύμφωνα με το νέο ορισμό το Kelvin είναι ότι εξαρτάται από το δευτερόλεπτο, το μέτρο και το χιλιόγραμμα.

6. Ο ορισμός του γραμμομορίου βασίζεται σε μια βελτιωμένη τιμή της σταθεράς Avogadro.

7. Ολοκληρώνοντας την απαρίθμηση των 7 θεμελιωδών μονάδων μέτρησης αναφέρουμε και **την candela (cd)** με την οποία μετράμε την ένταση μιας φωτεινής πηγής. Μία candela είναι η φωτεινή ένταση προς δεδομένη διεύθυνση, πηγής που εκπέμπει μονοχρωματική ακτινοβολία με συχνότητα 540×10^{12} Hz και έχει ένταση ακτινοβολίας στην κατεύθυνση αυτή ίση με 1/683 Watt ανά στερεακτίνιο.

Οι κλάδοι που είναι πιθανό να επωφεληθούν ταχύτερα από τους νέους ορισμούς των τεσσάρων θεμελιωδών μονάδων είναι εκείνοι που ασχολούνται με τα ηλεκτρονικά και τα φαρμακευτικά προϊόντα.

Τα ηλεκτρονικά προϊόντα σχετίζονται με το Ampere του οποίου ο μέχρι τώρα ορισμός του ήταν πρακτικά ανέφικτος, και το αποτέλεσμα ήταν οι ηλεκτρικές μετρήσεις ακριβείας να βασίζονται τα τελευταία 30 χρόνια σε κβαντικές μετρήσεις όπως το

φαινόμενο Hall και η επαφή Josephson που δημιουργούν κβαντικές τάσεις. Η σημερινή αλλαγή επισημοποιεί και εντάσσει όλες αυτές τις μετρήσεις στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI).

Οι φαρμακευτικές εταιρείες μετρούν την μάζα σε επίπεδα μικρογραμμαρίου, το ένα δισεκατομμυριοστό του χιλιογράμμου. Ο επαναπροσδιορισμός του χιλιογράμμου με κβαντικούς όρους δίνει μια μονάδα μέτρησης που μικραίνει την αβεβαιότητα όταν χρησιμοποιείται στο μικροσκοπικό επίπεδο της σχεδιασμού και μελέτης των φαρμάκων.

Η δυνατότητα ακριβέστερης κλιμάκωσης των μετρήσεων από το κβαντικό επίπεδο μέχρι τα τεράστια μεγέθη των γαλαξιών αποτελεί το βασικό πλεονέκτημα του νέου συστήματος μονάδων μέτρησης.

Πηγές: nist.gov - npl.co.uk - physicsgg.me