

## Εργαστήριο Γενικής και Ανόργανης Χημείας

### Άσκηση 2: μετρήσεις όγκων και μαζών

(επιμέλεια άσκησης: Στ. Μπογιατζής)

**Στόχος:** να εξοικειωθούν οι σπουδαστές με την ορθή ανάγνωση όγκων και μαζών από αντίστοιχα κατάλληλα όργανα μέτρησης και η ορθή καταγραφή τους με σκοπό να αποδοθεί το επίπεδο βεβαιότητας για την ακρίβεια των μετρήσεων.

Μονάδες του συστήματος SI

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| μήκος (l)               | μέτρο (m)              |
| μάζα (m)                | χιλιόγραμμα (κιλό, kg) |
| χρόνος (t)              | δευτερόλεπτο (s)       |
| ηλεκτρικό ρεύμα (I)     | αμπέρ (A)              |
| θερμοκρασία (T)         | βαθμός Κέλβιν (K)      |
| ένταση φωτεινότητας (I) | καντέλα (cd)           |
| ποσότητα ουσίας         | mole (mol)             |
| επίπεδη γωνία (φ, θ)    | ακτίνιο (rad)          |
| στερεά γωνία (ω)        | στερακτίνιο (sr)       |

Παράγωγα μεγέθη

|                  |            |   |
|------------------|------------|---|
| συχνότητα (ν, f) | Χέρτζ, Hz  | $1/s = s^{-1}$                                    |
| δύναμη (F)       | Νιούτον, N | $kg \cdot m \cdot s^{-2}$                         |
| ενέργεια (E, W)  | Τζουλ, J   | $N \cdot m = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$           |
| πίεση (P)        | Πασκάλ, Pa | $N \cdot m^{-2} = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$   |
| πυκνότητα (ρ, d) | m/V        | $g \cdot mL^{-1} = 10^{-3} \cdot kg \cdot m^{-3}$ |

Τα μεγέθη **μάζα**, **όγκος** (ως παράγωγο του μήκους), **θερμοκρασία**, **ενέργεια**, **συχνότητα** και **mole** θα μας απασχολήσουν στα εργαστήρια χημείας.

Στο παρόν εργαστήριο θα ασχοληθούμε με την ορθή ανάγνωση και ορθή καταγραφή των δυο πρώτων.

Πολλαπλάσια και υπο-πολλαπλάσια μονάδων

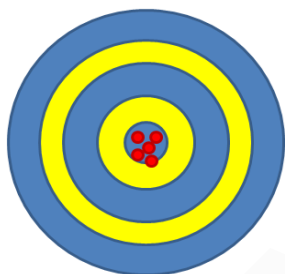
|       |           |            |
|-------|-----------|------------|
| peta  | <b>P</b>  | $10^{15}$  |
| terra | <b>T</b>  | $10^{12}$  |
| giga  | <b>G</b>  | $10^9$     |
| mega  | <b>M</b>  | $10^6$     |
| kilo  | <b>k</b>  | $10^3$     |
| deca  | <b>da</b> | $10^2$     |
| deci  | <b>d</b>  | $10^{-1}$  |
| centi | <b>c</b>  | $10^{-2}$  |
| milli | <b>m</b>  | $10^{-3}$  |
| micro | <b>μ</b>  | $10^{-6}$  |
| nano  | <b>n</b>  | $10^{-9}$  |
| pico  | <b>p</b>  | $10^{-12}$ |
| femto | <b>f</b>  | $10^{-15}$ |

## Σφάλματα και αβεβαιότητα μετρήσεων

Για την ορθή καταγραφή των μετρήσεων που γίνονται στο εργαστήριο, λαμβάνεται πάντα υπ' όψη η **αβεβαιότητα**, η οποία είναι συνάρτηση μιας σειράς **σφαλμάτων**. Υπάρχουν δυο ειδών σφάλματα: το συστηματικό και το τυχαίο.

Τα **συστηματικά** σφάλματα προέρχονται από ατέλειες στον τρόπο κατασκευής και βαθμονόμησης των οργάνων μέτρησης, από την εσφαλμένη ανάγνωση, ή τέλος, από την επίδραση του περιβάλλοντος (συχνά της θερμοκρασίας) στη διαδικασία της μέτρησης. Τα συστηματικά σφάλματα γενικώς είναι προβλέψιμα και μπορούμε να τα υπολογίζουμε σε μια μέτρησή μας. Η γνώση του συστηματικού σφάλματος οδηγεί σε καλύτερη **ακρίβεια** (accuracy) μιας μέτρησης

Τα **τυχαία** σφάλματα προέρχονται από μη επαναλήψιμες αναγνώσεις μιας μέτρησης, από λανθασμένη παρατήρηση ενός φαινομένου (π.χ. καθυστέρηση στην παρατήρηση μιας αλλαγής χρώματος), ή από λάθος στους χειρισμούς μιας διαδικασίας (π.χ. στη μεταφορά όγκων από δοχείο σε δοχείο, ή από την εξάτμιση διαλύτη κατά την παραμονή του σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία). Η μείωση των τυχαίων σφαλμάτων οδηγεί στην καλύτερη **επαναληψιμότητα** (precision) των μετρήσεων.



Σειρά μετρήσεων με υψηλή επαναληψιμότητα και υψηλή ακρίβεια. Ιδεώδης περίπτωση.



Σειρά μετρήσεων με υψηλή ακρίβεια, αλλά χαμηλή επαναληψιμότητα. Περίπτωση που το τυχαίο σφάλμα είναι μεγάλο.



Σειρά μετρήσεων με χαμηλή ακρίβεια, αλλά υψηλή επαναληψιμότητα. Στην περίπτωση αυτή, δεν έχει υπολογιστεί, ή δεν έχει ληφθεί υπόψη το συστηματικό σφάλμα.

## Καταγραφή μετρήσεων

Οι μετρήσεις καταγράφονται με τρόπο που εξαρτάται από την ακρίβεια της "πηγής" (δηλαδή του οργάνου που παρέχει την μέτρηση), αλλά και από την ακρίβεια άλλων παρατηρήσεων που επίσης πραγματοποιούνται μέσα στην ίδια σειρά μετρήσεων ή πειραμάτων.

Το συστηματικό σφάλμα που αναφέρεται από τον κατασκευαστή ή τον βαθμονομητή ενός οργάνου καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο που θα αναφέρουμε ή θα καταγράφουμε μια μέτρηση.

Για παράδειγμα, μια προχοϊδα (όργανο μέτρησης όγκου) αναγράφει συνήθως στο επάνω μέρος της το συστηματικό σφάλμα. Όταν π.χ. αναγράφεται συστ. σφάλμα  $\pm 0.1$ , τότε μια μέτρηση που αφορά στάθμη ακριβώς επάνω στη γραμμή των 5 mL θα αναφερθεί ως 5.0 mL. Εάν το συστηματικό σφάλμα που αναγράφεται είναι  $\pm 0.01$ , τότε ο ίδιος όγκος θα γραφεί 5.00mL.

Αντίθετα, εάν η ίδια μέτρηση από μια προχοϊδα με συστηματικό σφάλμα  $\pm 0.01$ , αναφερθεί από μας απλά ως "5 mL", δίνουμε την εσφαλμένη πληροφορία ότι κάναμε την μέτρηση με πολύ μικρή ακρίβεια.

Τα επίπεδα συστηματικού σφάλματος καθορίζουν τα **σημαντικά ψηφία** στον τρόπο γραφής της τιμής μιας μέτρησης. Με άλλα λόγια, τα σημαντικά ψηφία που διαβάζουμε στην τιμή μιας μέτρησης μας πληροφορούν για την ακρίβεια με την οποία έγινε η μέτρηση. Σημαντικά ψηφία είναι όλα τα ψηφία που μετρήσαμε με **βεβαιότητα**, συν ένα ακόμη ψηφίο που μετρήθηκε με αβεβαιότητα.

Για παράδειγμα, κάνουμε μια ζύγιση σε ζυγό ακρίβειας τεσσάρων δεκαδικών του γραμμαρίου (ο κατασκευαστής αναγράφει ακρίβεια  $\pm 0.0001$  g, ή  $\pm 0.1$  mg), και παίρνουμε την ένδειξη **4.1039 g**. Η μέτρηση αυτή έχει **5 σημαντικά ψηφία**, εκ των οποίων το τελευταίο είναι αβέβαιο. Εάν το ίδιο δείγμα το ζυγίσαμε σε ζυγό ακρίβειας ενός δεκαδικού ψηφίου (ο κατασκευαστής αναγράφει ακρίβεια  $\pm 0.1$  g), ενδεχομένως να παίρναμε την ένδειξη 4.1 g (2 σημαντικά ψηφία), στην οποία το τελευταίο ψηφίο είναι αβέβαιο. Στον παρακάτω Πίνακα παραθέτουμε μερικά παραδείγματα μετρήσεων από ζυγίσεις.

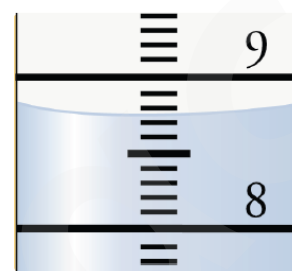
**Πίνακας**

| <b>Μέτρηση</b>                                | <b>Ακρίβεια</b>        | <b>Αριθμός σημαντικών ψηφίων</b>   |
|---|------------------------|--|
| <b>4.1039</b> g                               | ±0.0001 g, ή ±0.1 mg   | <b>5</b> σημαντικά ψηφία   |
| <b>4.1</b> g                                  | ±0.1 g                 | <b>2</b> σημαντικά ψηφία   |
| <b>4.10390</b> g                              | ±0.00001 g, ή ±0.01 mg | <b>6</b> σημαντικά ψηφία (το <i>μηδέν</i> μετά την υποδιαστολή, στο τέλος του αριθμού έχει <i>μεγάλη σημασία</i> επειδή μας πληροφορεί ότι η μέτρηση έγινε με ζυγό ακρίβειας 5 δεκαδικών ψηφίων) |
| 0. <b>1039</b> g                              | ±0.0001 g, ή ±0.1 mg   | <b>4</b> σημαντικά ψηφία (το <i>μηδέν πριν</i> την υποδιαστολή δεν υπολογίζεται ως σημαντικό ψηφίο)  |
| 0.0 <b>1039</b> g (=1.039x10 <sup>-2</sup> g) | ±0.00001 g, ή ±0.01 mg | <b>4</b> σημαντικά ψηφία   |
| 0.0 <b>104</b> g (=1.04x10 <sup>-2</sup> g)   | ±0.0001 g, ή ±0.1 mg   | <b>3</b> σημαντικά ψηφία   |
| <b>410</b> g (=4.1x10 <sup>2</sup> )          | ±1 g                   | <b>2</b> σημαντικά ψηφία   |
| <b>4100</b> g (=4.1x10 <sup>3</sup> )         | ±1 g                   | <b>2</b> σημαντικά ψηφία   |
| <b>4100,0</b> g (=4.10x10 <sup>3</sup> )      | ±0.1 g                 | <b>3</b> σημαντικά ψηφία   |

## Ερωτήσεις:

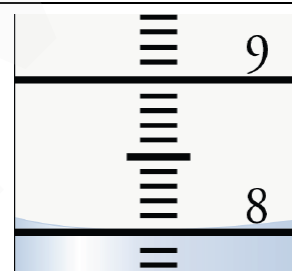
### Άσκηση 1η

- (α) Καταγράψτε την ανάγνωση του όγκου στον ογκομετρικό κύλινδρο του σχήματος (ακρίβειας  $\pm 0.1\text{mL}$ )
- (β) εκφράστε τον όγκο αυτό σε λίτρα
- (γ) Καταγράψτε την ανάγνωση του ίδιου όγκου όταν η προχοΐδα του σχήματος έχει ακρίβεια  $\pm 0.01\text{mL}$
- (δ) εκφράστε τον όγκο αυτό σε λίτρα
- (ε) εκφράστε τον ίδιο όγκο σε μικρόλιτρα ( $\mu\text{L}$ )
- (στ) πόσα σημαντικά ψηφία έχει η μέτρηση;



### Άσκηση 2η

- (α) Καταγράψτε την ανάγνωση του όγκου στον ογκομετρικό κύλινδρο του σχήματος (ακρίβειας  $\pm 0.1\text{mL}$ )
- (β) εκφράστε τον όγκο αυτό σε λίτρα
- (γ) Καταγράψτε την ανάγνωση του ίδιου όγκου όταν η προχοΐδα του σχήματος έχει ακρίβεια  $\pm 0.01\text{mL}$
- (δ) εκφράστε τον όγκο αυτό σε λίτρα
- (ε) εκφράστε τον ίδιο όγκο σε μικρόλιτρα ( $\mu\text{L}$ )
- (στ) πόσα σημαντικά ψηφία έχει η μέτρηση;



### Άσκηση 3η

- (α) Ποια είναι η ακρίβεια του ζυγού της φωτογραφίας; (αναγράφεται κάτω δεξιά)
- (β) Καταγράψτε την ανάγνωση της μάζας από την οθόνη του ζυγού
- (γ) εκφράστε τη μάζα αυτή σε χιλιόγραμμα (kg)
- (δ) εκφράστε τη μάζα αυτή σε χιλιοστόγραμμα (mg)
- (ε) πόσα σημαντικά ψηφία έχει η μέτρηση;

