ΓΕΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ

Μαρία Κατσικίνη
E-mail: katsiki@auth.gr
Web: users.auth.gr/katsiki
Τηλ: 2310 998500
Γραφείο : Β΄ όροφος, Τομέας Φυσικής Στερεάς Κατάστασης

Σειρά των ασκήσεων

Θεωρία 1: Σφάλματα
Θεωρία 2: Γραφικές παραστάσεις
Θεωρία 3: Μη-γραμμικός αντιστάτης

6 πειραματικές ασκήσεις

ΑΙΘΟΥΣΑ Δ

Ευθύγραμμες κινήσεις
Βολές

ΑΙΘΟΥΣΑ Ζ

Ηλεκτρικές Μετρήσεις
Ειδική θερμότητα

ΑΙΘΟΥΣΑ Λ

Παλμογράφος
Υπέρηχοι

10ο εργαστήριο: **Ταλαντώσεις**

Εξετάσεις

Διάρκεια ασκήσεων = 4 ώρες

Κανονισμός εργαστηρίου

- Επαρκής προετοιμασία των φοιτητών πριν την εκτέλεση της άσκησης
- **Ατομική** γραπτή αναφορά (παράδοση στο επόμενο εργαστήριο)
- Τελικός βαθμός:
  40% βαθμός γραπτών αναφορών
  40% καθημερινή επίδοση (**τεστ**)
  20% τελική εξέταση
- Προσέλευση: το αργότερο 15 λεπτά μετά την ακέραια ώρα έναρξης
- Απουσίες: το πολύ 2 (1 στα θεωρητικά +1 στα πειραματικά)
  Περισσότερες των δύο (2) απουσιών → επανάληψη του μαθήματος
- Αναπλήρωση απουσιών: σε συμπληρωματικά εργαστήρια

- Υπολογιστής τσέπης (κομπιουτεράκι)
- Χαρτιά μιλιμετρέ
- Αναφορές χειρόγραφες ή όχι
- Γραφικές παραστάσεις προτιμότερο όχι στον υπολογιστή
- Ανταλλαγή τηλεφώνων με τον έτερο της ομάδας

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ: http://genlab.physics.auth.gr/

Πείραμα

- Καθορισμός του φαινομένου που θέλουμε να παρατηρήσουμε
- Σχεδιασμός πειράματος
- Πειραματική μέτρηση
- Εντοπισμός και εκτίμηση σφαλμάτων
- Συμπεράσματα – αποτελέσματα – βεβαιότητα – νομοτέλεια
- Καταγραφή (μέθοδος, υπολογισμοί, αποτελέσματα, ακρίβεια, αβεβαιότητα)

σφάλματα

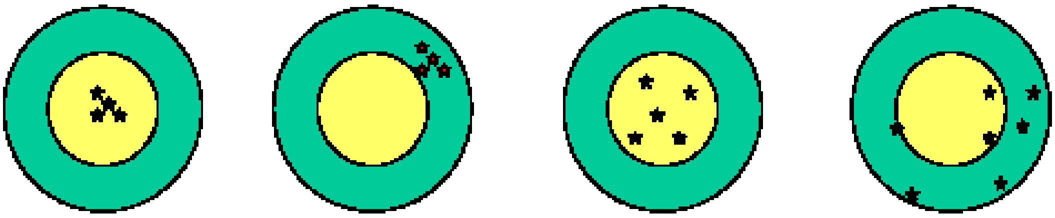
εργαστηριακή αναφορά

Θεωρία

Ευστοχία – Ακρίβεια

Ευστοχία (accuracy): Δηλώνει πόσο πλησιάζει η πειραματική τιμή την πραγματική

Ακρίβεια (precision): Δηλώνει το «πόσο επακριβώς» προσδιορίζω ένα μέγεθος (π.χ. με πόσα σημαντικά ψηφία), 2.1, 2.01, 2.155 V κλπ



Καλή ευστοχία Καλή ακρίβεια	Κακή ευστοχία Καλή ακρίβεια	Καλή ευστοχία Κακή ακρίβεια	Κακή ευστοχία Κακή ακρίβεια

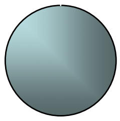
Αβεβαιότητα

Στον πειραματικό προσδιορισμό ενός μεγέθους υπάρχουν πηγές **αβεβαιότητας** (uncertainties).

Ελάχιστη υποδιαίρεση των οργάνων που χρησιμοποιούνται (ακρίβεια)

Διακυμάνσεις στις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις που πραγματοποιούμε για να προσδιορίσουμε ένα μέγεθος. (τυχαία σφάλματα, random errors)

Εισαγωγή στα σφάλματα



Εισαγωγή στα σφάλματα

Μέτρηση της ίδιου μεγέθους (π.χ. περίοδος ταλάντωσης ενός εκκρεμούς) περισσότερες από μία φορές → διαφορετικές τιμές…

- Ποια είναι η σωστή;
- Πώς είναι δυνατό να μετράω «το ίδιο πράγμα» πολλές φορές και να παίρνω διαφορετικές τιμές;

⇓

Κάθε μέτρηση υπόκειται σε σφάλματα ακόμα και αν χρησιμοποιούμε τα τελειότερα όργανα…

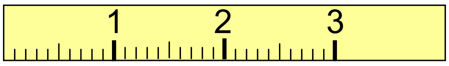
Μαθηματικός ορισμός του σφάλματος

$$\boxed{\varepsilon = x - X}$$

μετρούμενη τιμή (x)

πραγματική τιμή (X)

Πως εκφράζονται τα σφάλματα



Απόλυτο σφάλμα : L=20.00 ± 0.05cm

ακρίβεια του οργάνου

σφάλμα που προκύπτει από τη στατιστική επεξεργασία πολλών μετρήσεων

Σχετικό ή κλασματικό σφάλμα: $\frac{0.05}{20} \longrightarrow$ L=20.0 cm ± 0.0025

Επί τοις εκατό σφάλμα: $\frac{0.05}{20}\times 100 \longrightarrow$ L=20.0 cm ± 0.25%

Κατηγορίες σφαλμάτων

Συστηματικά & Τυχαία

Κακή βαθμονόμηση οργάνων

Παράδειγμα 1: σφάλμα μηδενός
Η ένδειξη ενός βολτομέτρου που δεν είναι συνδεδεμένο στο κύκλωμα αντί για «0» είναι 0.2V → όταν θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της τάσης σε ένα κύκλωμα, όλες οι μετρήσεις θα είναι μεγαλύτερες κατά 0.2V από την πραγματική τιμή.

Παράδειγμα 2: % σφάλμα
Κακή βαθμονόμηση βολτομέτρου: τάση 5V την μετράει για 4.9V→

Σφάλμα στη μέτρηση της τάσης = $\frac{5-4.9}{5}\times 100 = 2\%$

Δηλαδή όλες οι μετρήσεις της τάσης θα είναι μικρότερες κατά 2%

Κακή χρήση εξοπλισμού
Παρατηρητής

Παράδειγμα 1:
Δεν διαβάζω σωστά την ένδειξη ενός αμπερομέτρου

Παράδειγμα 2:
Ταχύτητα αντίδρασης κατά τη χρήση χρονομέτρου

Κατηγορίες σφαλμάτων

Συστηματικά & Τυχαία

Μέθοδος μέτρησης

Εξωτερικοί / αστάθμητοι παράγοντες

Διαφορετικό κύκλωμα χρησιμοποιώ για να μετρήσω μια μικρή αντίσταση και μια μεγάλη αντίσταση

Θερμοκρασία, πίεση, μαγνητικά πεδία

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Για τη μέτρηση του μήκους ενός τραπεζιού χρησιμοποιείται ένα ατσάλινο μέτρο του οποίου η βαθμονόμηση έγινε στους 25^{o}C. Ποιο είναι το % σφάλμα στον προσδιορισμό του μήκους του τραπεζιού όταν η μέτρηση γίνεται στους 20^{o}C; Συντελεστής θερμικής διαστολής του ατσαλιού = 0.0005 $^oC^{-1}$.

Το μήκος της ατσάλινης ράβδου στους 25^{o}C είναι : L_0=1m.

Το μήκος της στους 20^{o}C είναι: $L=L_0+\Delta L=L_0+L_0\alpha\Delta T=0.9975$m

Απόλυτο σφάλμα = 1-0.9975=0.0025

μετρούμενο μήκος

πραγματικό μήκος

% σφάλμα = $\frac{1-0.9975}{0.9975}\times 100 = 0.25\%$

Κατηγορίες σφαλμάτων

Συστηματικά & **Τυχαία**

Εμφανίζονται με τυχαίο τρόπο και
μεταβάλλονται από μέτρηση σε μέτρηση

Π.χ. Μέτρηση της περιόδου ταλάντωσης ενός εκκρεμούς
με τη χρήση χρονομέτρου

Ελαχιστοποιούνται: όταν μετράμε το ίδιο μέγεθος πολλές φορές
Υπολογίζονται: με τη βοήθεια στατιστικών μεθόδων

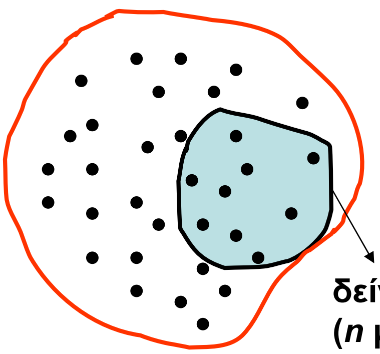
Θεωρία σφαλμάτων (για τυχαία σφάλματα)

Συμβολισμοί - ορισμοί

Έστω ότι πραγματοποιώ ***n*** μετρήσεις ενός μεγέθους με γνωστή τιμή ***X***

Δείγμα → η συλλογή, το σύνολο των *n* μετρήσεων
Κατανομή → το σύνολο των μετρήσεων που θα μπορούσα να είχα κάνει (έστω Ν).
Συχνότητα επανάληψης, ν → πόσες φορές επαναλαμβάνεται μία τιμή
Πιθανότερη τιμή → Μέσος όρος: $\overline{x}$
Σφάλμα μεμονωμένης μέτρησης x_i → $\varepsilon_i = x_i - X$

Πραγματική τιμή



δείγμα
(*n* μετρήσεις)

Κατανομή

**ΟΣΟ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΑΡΩ ΓΙΑ ΤΟ ΙΔΙΟ ΜΕΓΕΘΟΣ,
ΤΟΣΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΩ ΤΟ ΣΦΑΛΜΑ, <u>ΔΗΛΑΔΗ ΑΥΞΑΝΩ ΤΗΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΣΥΜΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΘΑΝΟΤΕΡΗΣ ΤΙΜΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ</u>**

Θεωρία σφαλμάτων (για τυχαία σφάλματα)

- **Σφάλμα μεμονωμένης μέτρησης x_i** $\boxed{\varepsilon_i = x_i - X}$

- **Τυπική απόκλιση της κατανομής**

$$\boxed{\sigma = \sqrt{\langle \varepsilon^2 \rangle} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - X)^2}{N}}}$$

Εκφράζει πόσο αποκλίνουν οι μετρήσεις από την πραγματική τιμή

$\langle \ \rangle \longrightarrow$ *μέση τιμή*

- **Μέση τιμή κατανομής**

$$\boxed{\mu = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i}$$

Θεωρούμε ότι είναι η πιθανότερη τιμή

Γενικά: $\mu \neq X$

αλλά για N $\rightarrow \infty$ τότε $\mu \rightarrow X$

- **Μέσος όρος δείγματος**

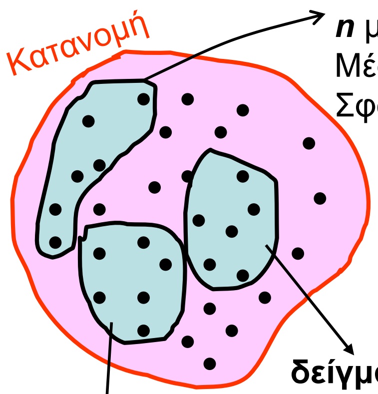
$$\boxed{\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i}$$

- **Σφάλμα του μέσου όρου**

$$\boxed{E = \bar{x} - X}$$

Θεωρία σφαλμάτων (για τυχαία σφάλματα)

- **Τυπικό σφάλμα στο μέσο όρο**



δείγμα 1
n μετρήσεις
Μέσος όρος: $\bar{x}_1$
Σφάλμα μέσου όρου: E_1

δείγμα 2
n μετρήσεις
Μέσος όρος: $\bar{x}_2$
Σφάλμα μέσου όρου: E_2

δείγμα 3
n μετρήσεις
Μέσος όρος: $\bar{x}_3$
Σφάλμα μέσου όρου: E_3

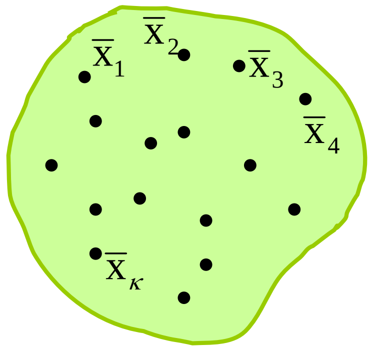
Έστω ότι παίρνω κ δείγματα από την κατανομή με n μετρήσεις το καθένα.

Κάθε δείγμα έχει το δικό του μέσο όρο $\bar{x}_\kappa$

Θεωρία σφαλμάτων (για τυχαία σφάλματα)

Όλοι οι μέσοι όροι $\overline{x}_\kappa$ σχηματίζουν μια νέα κατανομή.

Κατανομή μέσων όρων



Η τυπική απόκλιση αυτής της κατανομής ονομάζεται ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΟΡΟ.

$$\boxed{\sigma_m = \sqrt{\frac{1}{\kappa}\sum_{i=1}^{\kappa} E_i^2}} \qquad E_i = \overline{x}_i - X$$

mean (μέσος όρος)

Ισχύει ότι:

$$\boxed{\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

τυπικό σφάλμα στο μέσο όρο (σ_m)

τυπικό σφάλμα της κατανομής (σ)

πληθυσμός δείγματος (n)

Υπολογισμός τυχαίων σφαλμάτων όταν δεν γνωρίζουμε την πραγματική τιμή

1. **Παίρνουμε μία ομάδα *n* μετρήσεων (δείγμα)**
2. **Ο μέσος όρος αποτελεί την καλύτερη εκτίμηση του X →** $\boxed{\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i}$
3. **Απόκλιση της i μέτρησης →** $\boxed{d_i = x_i - \overline{x}}$
4. **Τυπική απόκλιση δείγματος →** $\boxed{s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} d_i^2}}$

Ισχύει: $$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} d_i^2} \cong \sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \varepsilon_i^2}$$

s: τυπική απόκλιση του δείγματος

d_i: *υπολογίζεται βάσει του μέσου όρου του δείγματος*

σ: τυπική απόκλιση της κατανομής

ε_i: *υπολογίζεται βάσει της μέσης τιμής της κατανομής*

http://en.wikipedia.org/wiki/Bessel's_correction
http://www.jstor.org/stable/3026853

Υπολογισμός τυχαίων σφαλμάτων όταν δεν γνωρίζουμε την πραγματική τιμή

5 **Τυπικό σφάλμα στο μέσο όρο →**

$$\sigma_m \simeq \frac{s}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n(n-1)}}$$

6 **% σφάλμα στο Μ.Ο. →**

$$\pi = \frac{\sigma_m}{\bar{x}} 100$$

7 **Αποτέλεσμα μέτρησης:** $\bar{x} \pm \sigma_m$ **ή** $\bar{x} \pm \pi\%$

* Τα παραπάνω ισχύουν για μετρήσεις που ικανοποιούν μια **κανονική κατανομή**

Παράδειγμα

α/α	x_i	d_i	d_i^2
1	17	2	4
2	15	0	0
3	15	0	0
4	18	3	9
5	16	1	1
6	13	-2	4
7	13	-2	4
8	12	-3	9
9	17	2	4
$\sum$	136		35

Μέσος όρος

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = \frac{136}{9} = 15$$

Τυπική απόκλιση

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} d_i^2} = \sqrt{\frac{35}{9-1}} = 2.1$$

Τυπικό σφάλμα στο Μ.Ο.

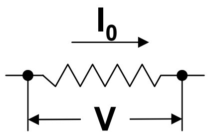
$$\sigma_m = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{2.1}{\sqrt{9}} = 0.7$$

% σφάλμα στο Μ.Ο.

$$\pi = \frac{\sigma_m}{\bar{x}} 100 = \frac{0.7}{15} 100 = 4.7\%$$

Διάδοση σφαλμάτων

Πολλές φορές ένα μέγεθος προκύπτει ως συνδυασμός άλλων μεγεθών τα οποία έχουν προσδιοριστεί με κάποιο σφάλμα, π.χ.:



V = 5.0 ± 0.1V
I = 0.5 ± 0.02mA
R=V/I=10KΩ ± ???

Μέγεθος: Z=f(A,B,C…)

Σφάλμα ΔZ: $$\boxed{\Delta Z^2 = \left(\frac{\partial Z}{\partial A}\Delta A\right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial B}\Delta B\right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial C}\Delta C\right)^2 + \ldots}$$

Διάδοση σφαλμάτων

$$Z = A + B \rightarrow (\Delta Z)^2 = (\Delta A)^2 + (\Delta B)^2$$
$$Z = A - B \rightarrow (\Delta Z)^2 = (\Delta A)^2 + (\Delta B)^2$$

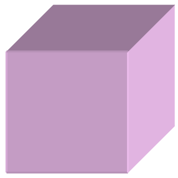
ΠΡΟΣΘΕΣΗ & ΑΦΑΙΡΕΣΗ
→ Προσθέτω τα τετράγωνα των απόλυτων σφαλμάτων

$$Z = nA \rightarrow (\Delta Z) = n(\Delta A)$$
$$Z = A^n \rightarrow \frac{\Delta Z}{Z} = n\frac{\Delta A}{A}$$
$$Z = A \cdot B \rightarrow \left(\frac{\Delta Z}{Z}\right)^2 = \left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\Delta B}{B}\right)^2$$
$$Z = \frac{A}{B} \rightarrow \left(\frac{\Delta Z}{Z}\right)^2 = \left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\Delta B}{B}\right)^2$$

ΔΙΑΙΡΕΣΗ & ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ
→ Προσθέτω τα τετράγωνα των σχετικών σφαλμάτων

$$Z = e^A \rightarrow \Delta Z = e^A \cdot \Delta A$$
$$Z = \log A \rightarrow \Delta Z = \frac{\Delta A}{A}$$

ΕΦΑΡΜΟΓΗ



Πόσος είναι ο όγκος κύβου ακμής α=10.2±0.2cm;

$$V = a^3 \to \frac{\Delta V}{V} = 3\frac{\Delta a}{a} \Rightarrow \Delta V = 3V\frac{\Delta a}{a} = 3a^3\frac{\Delta a}{a} = 3a^2\Delta a = 62.64$$

$$\mathrm{V} = 1061 \pm 63\mathrm{cm}^3$$

N	R(KΩ)
1	5,75
2	6,41
3	5,94
4	5,16
5	4,96
6	5,84
7	5,14
8	5,51
9	5,71
10	4,98
11	5,61
12	4,50
13	5,54
14	5,70
15	5,41
16	5,73
17	5,59
18	5,52
19	5,30
20	5,18

Ιστόγραμμα – Πολύγωνο συχνοτήτων

Μέτρηση της αντίστασης ενός αντιστάτη

Μέγιστη τιμή = 6,5ΚΩ
Ελάχιστη τιμή = 4,5ΚΩ
Μέσος όρος = 5,47ΚΩ

Εύρος τιμών: 6,5-4,5=2 ΚΩ
Κλάσεις = κ=1+3.3log(n)~5
Πλάτος κλάσης= 2/5 = 0,4ΚΩ

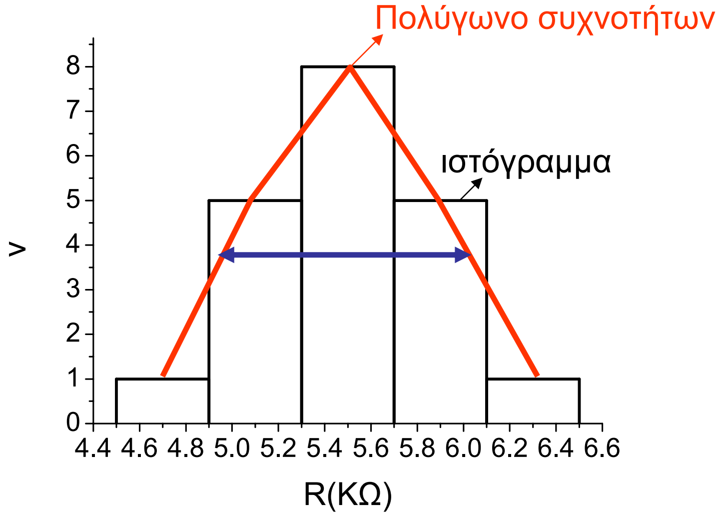
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Αντίσταση (ΚΩ)	ν
4.5 – 4.9	1
4.9 – 5.3	5
5.3 – 5.7	8
5.7 – 6.1	5
6.1 – 6.5	1

Ιστόγραμμα – Πολύγωνο συχνοτήτων

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Αντίσταση (ΚΩ)	ν
4.5 – 4.9	1
4.9 – 5.3	5
5.3 – 5.7	8
5.7 – 6.1	5
6.1 – 6.5	1



N	R(KΩ)	d_i (KΩ)
1	5,75	0.28
2	6,41	0.94
3	5,94	0.47
4	5,16	-0.31
5	4,96	-0.51
6	5,84	0.37
7	5,14	-0.33
8	5,51	0.04
9	5,71	0.24
10	4,98	-0.49
11	5,61	0.14
12	4,50	-0.97
13	5,54	0.07
14	5,70	0.23
15	5,41	-0.06
16	5,73	0.26
17	5,59	0.12
18	5,52	0.05
19	5,30	-0.17
20	5,18	-0.29

Κανονική κατανομή (Γκαουσιανή)

d_i (ΚΩ)	ν
-1 ως -0,6	1
-0,6 ως -0,2	5
-0,2 ως 0,2	7
0,2 ως 0,6	6
0,6 ως 1	1

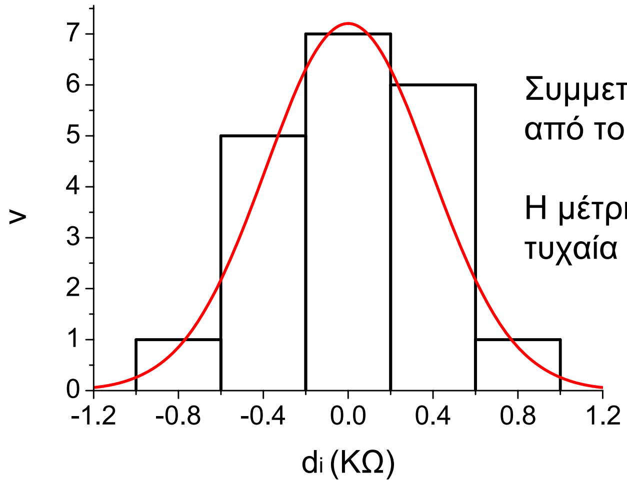
$$\boxed{\sum_{\alpha\rho\nu\eta\tau\iota\kappa\acute{\varepsilon}\varsigma} d_i = \sum_{\theta\varepsilon\tau\iota\kappa\acute{\varepsilon}\varsigma} d_i}$$

συμμετρική καμπύλη

Κανονική κατανομή (Γκαουσιανή)

d_i (KΩ)	ν
-1 ως -0,6	1
-0,6 ως -0,2	5
-0,2 ως 0,2	7
0,2 ως 0,4	6
0,4 ως 1	1

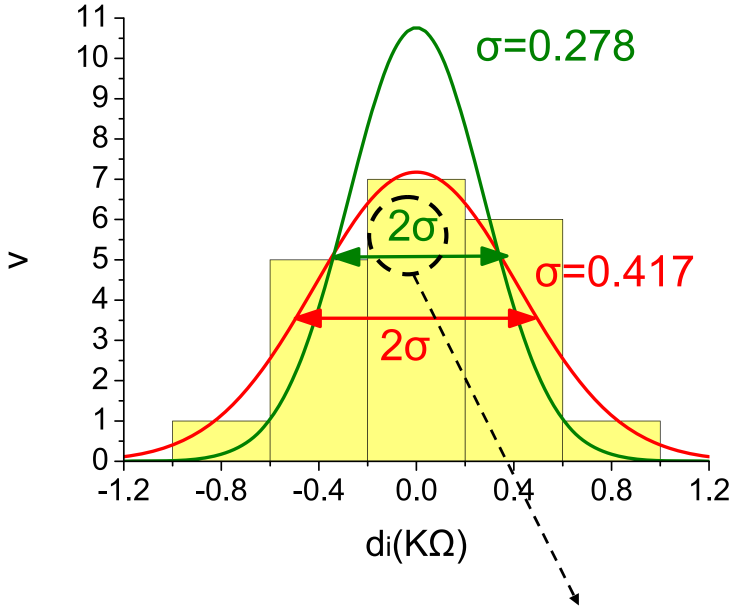
καμπύλη Gauss
κωδωνοειδής ή κανονική κατανομή



Συμμετρική καμπύλη γύρω από το 0.

Η μέτρηση υπόκειται σε τυχαία σφάλματα.

Κανονική κατανομή (Γκαουσιανή)



Εμβαδό κάτω από την κορυφή

$$f(z) = \frac{A}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\frac{z^2}{\sigma^2}}$$

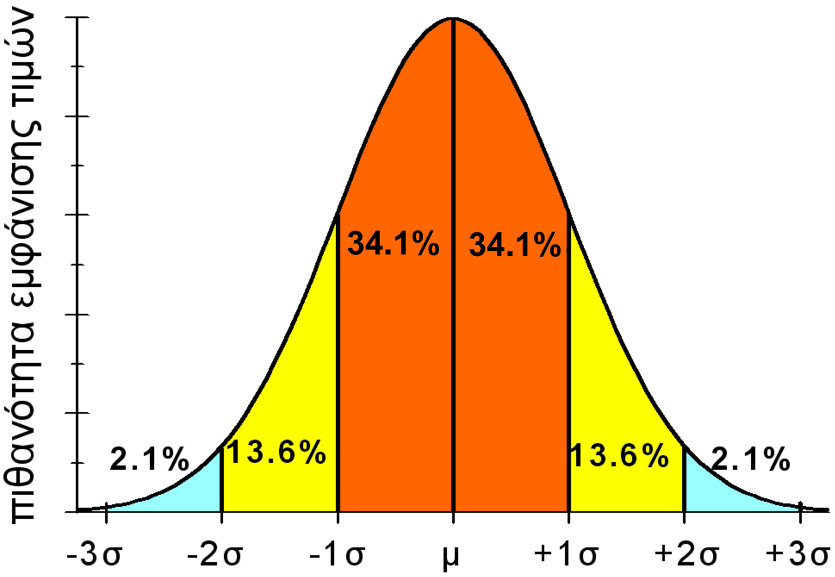
- Πιθανότητα μία νέα μέτρηση να είναι στο διάστημα ±σ = 68%
- Πιθανότητα μία νέα μέτρηση να είναι στο διάστημα ±2σ = 95%

FWHM (πλήρες εύρος στο μισό του ύψους)

$$\mathrm{FWHM} = 2\sqrt{2\cdot\ln 2}\sigma = 2.35\sigma$$

$$\rightarrow \mathrm{FWHM} \sim 2\sigma$$

Κανονική κατανομή (Γκαουσιανή)



Εάν γίνει μία νέα μέτρηση η πιθανότητα
να βρίσκεται μεταξύ **μ±2σ** είναι 95%

Σημαντικά ψηφία

Αριθμός ψηφίων που αναγράφονται για να δηλωθεί σωστά η ακρίβεια στον προσδιορισμό ενός μεγέθους.

6 σημαντικά ψηφία

316,170

περισσότερο σημαντικό ψηφίο

λιγότερο σημαντικό ψηφίο ακόμα και είναι μηδέν

3,16170 x10^2

32870

λιγότερο σημαντικό ψηφίο (μη μηδενικό)

3,2870 x10^4
3,287 x10^4 ?

σημαντικά ψηφία ≠ δεκαδικά ψηφία

Σημαντικά ψηφία

Μικρότερη υποδιαίρεση = **ακρίβεια του οργάνου** (=1 A)

2.5 ± 0.5 A

Ένα σημαντικό ψηφίο

Κατ' εκτίμηση ψηφίο

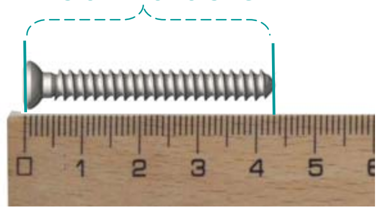
μισό της ελάχιστης υποδιαίρεσης

Τρία σημαντικά ψηφία (ένα δεκαδικό)

ΠΡΟΣΟΧΗ:

- Ακόμη και αν το θερμόμετρο δείξει 24.0°C πρέπει να γράψω 24.0 και όχι απλά 24 γιατί έτσι δηλώνω και την ακρίβεια του οργάνου
- Μετρήσεις με το ίδιο όργανο δίνονται με την ίδια ακρίβεια

4.30 ± 0.05 cm



Σημαντικά ψηφία και πράξεις

ΠΡΟΣΘΕΣΗ & ΑΦΑΙΡΕΣΗ: κρατάω τόσα **δεκαδικά** όσα **δεκαδικά** έχει ο αριθμός με τα λιγότερα **δεκαδικά**

ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ & ΔΙΑΙΡΕΣΗ: κρατάω τόσα **σημαντικά** όσα **σημαντικά** έχει ο αριθμός με τα λιγότερα **σημαντικά**

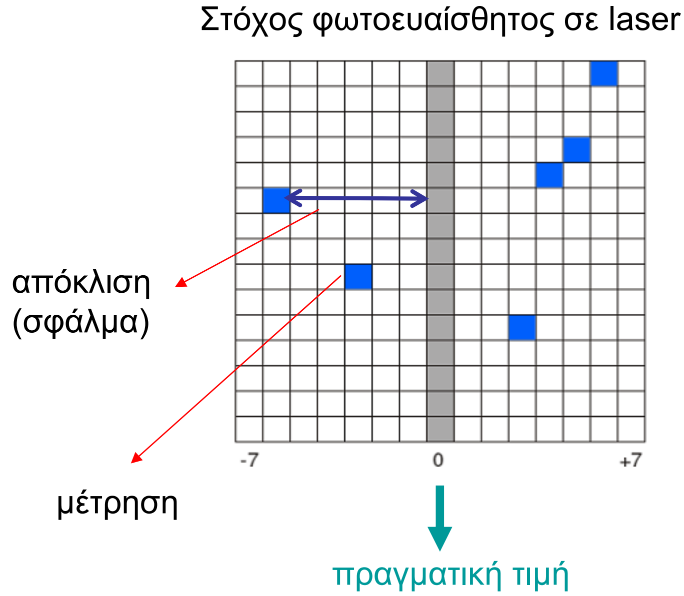
$$\begin{array}{r} 3{,}15 \\ +\ 1{,}147 \\ \hline 4{,}29\cancel{7} \end{array} \rightarrow 4{,}30$$

$$\begin{array}{r} 3{,}15 \\ \times\ 1{,}147 \\ \hline 3{,}61\cancel{305} \end{array} \rightarrow 3.61$$

Στρογγυλοποιήσεις

42,63 → 42,6
42,67 → 42,7
42,65 → 42,6
42,55 → 42,6

Βολή σε στόχο



→ Η σκοπευτική ικανότητα καθορίζεται από τη **θέση του μέσου όρου** (πόσο αποκλίνει από το κέντρο) και από τη **διασπορά των μετρήσεων** (τυπική απόκλιση)

→ Η εκτίμηση της σκοπευτικής ικανότητας γίνεται χρησιμοποιώντας ένα δείγμα (N μετρήσεων) από την κατανομή των άπειρων μετρήσεων που μπορούν να γίνουν.

Υπόδειγμα εργαστηριακής αναφοράς

1. ($1^{η}$ σελίδα) Ονοματεπώνυμο, ομάδα, τμήμα, ημερομηνία που έγινε η άσκηση
2. Τίτλος της άσκησης.
3. Περίληψη
4. Θεωρητική εισαγωγή
5. Πειραματικό μέρος (όργανα, οι πειραματικές διατάξεις (με σχήματα), μεταβλητές, διαδικασία μέτρησης).
6. Επεξεργασία (πίνακες, διαγράμματα, υπολογισμοί)
7. Συμπεράσματα

- Όλες οι σχέσεις αριθμούνται και αναφέρονται στη συνέχεια με τους αριθμούς τους.
- Οι πίνακες αριθμούνται χωριστά (1,2,3… ή I, II, III. IV, V...) και περιλαμβάνουν λεζάντα.
- Τα σχήματα (π.χ. πειραματικές διατάξεις, γραφικές παραστάσεις) αριθμούνται χωριστά με κανονική αρίθμηση (1,2 3,..) και περιλαμβάνουν λεζάντα.
- Οι γραφικές παραστάσεις γίνονται στο κατάλληλο χαρτί
- Το τελικό αποτέλεσμα κάθε αριθμητικής επεξεργασίας παρουσιάζεται με την μορφή $x = (x \pm \sigma_m)$ μονάδες, π.χ. $R = (8{,}2 \pm 0{,}3)\ \Omega$