

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ - ΣΕΜΦΕ – ΕΜΠ

Φυσική Ι (Μηχανική) και εργαστήριο

Εισαγωγικό εργαστήριο

ακαδ.έτος: 2025-2026

Υπεύθυνη εργαστηρίου:

Άλκηστη Δημακοπούλου

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

2

Βιβλιογραφία

Ανάλυση και παρουσίαση πειραματικών αποτελεσμάτων
(Σφάλματα)

<https://drive.google.com/file/d/1Wea42RVUUsu1sLePXAMTuEPB9VANdf6r2/view>

Εργαστηριακοί οδηγοί ασκήσεων

https://drive.google.com/drive/folders/17rr76ZX4mi-9PDj71HCtrm_bk_4HhvUj

Και στο Helios

Είναι **ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟ** να έρχεστε προετοιμασμένοι στο εργαστήριο, έχοντας μελετήσει το φυλλάδιο της άσκησής σας ώστε να μπορείτε να απαντήσετε σε απλές ερωτήσεις από τους επιβλέποντες.

ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

3

Για την ασφάλεια ανθρώπων και συσκευών ακολουθούμε τους κανόνες:

- ΔΕΝ βάζουμε οποιοδήποτε αντικείμενο στις ηλεκτρικές υποδοχές του πίνακα τροφοδοσίας ή των συσκευών
- ΔΕΝ βραχυκυκλώνουμε μπαταρίες, ηλεκτρικές πηγές ή/και γεννήτριες
- ΔΕΝ αποσυνδέουμε ή τροποποιούμε ένα κύκλωμα με την πηγή αναμμένη.
- ΔΕΝ αποσυνδέουμε τραβώντας το καλώδιο, αλλά τραβώντας το μονωμένο βύσμα του (φίς)
- ΠΡΙΝ σβήσουμε μια πηγή γυρίζουμε πρώτα βαθμιαία την τάση εξόδου στο μηδέν
- Αναφέρουμε άμεσα στον επιβλέποντα οποιαδήποτε βλάβη ή ανωμαλία λειτουργίας

ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

4

Λόγω επικείμενων εργασιών μεγάλης κλίμακας στο κτήριο φυσικής, όλες οι εργαστηριακές ασκήσεις μεταφέρθηκαν στο κτήριο Β. Αναγκαστικά τοποθετήθηκαν μαζί με προϋπάρχουσες διατάξεις με αποτέλεσμα να είναι περιορισμένος ο χώρος.

Για να μην συμβεί κάποιο ατύχημα ή ζημιά

Ειδικά για φέτος οφείλουμε όλοι να είμαστε πάρα πολύ προσεκτικοί!

Παρακαλείστε να αφήνετε τα πράγματά σας μόνο στους χώρους που θα σας υποδεικνύουν οι επιβλέποντες και να μην τα ακουμπάτε πάνω σε πειραματικές διατάξεις.

Επίσης να διέρχεστε ανάμεσα από τους πάγκους με ιδιαίτερη προσοχή.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

5

Μέτρηση: ο καθορισμός ενός μεγέθους σε σχέση με μία ορισμένη (πρότυπη) μετρική μονάδα.

- Το αποτέλεσμα της μέτρησης δεν συμπίπτει (εν γένει) με την πραγματική τιμή του μεγέθους, η οποία είναι άγνωστη.
- Η διαφορά μεταξύ αποτελέσματος μέτρησης και πραγματικής τιμής ονομάζεται **απόλυτο σφάλμα μέτρησης**
Απόλυτο σφάλμα = I μέτρηση – πραγματική τιμή I

Σφάλμα

- Αναπόφευκτη αβεβαιότητα που συνοδεύει κάθε μέτρηση
- Δεν εξαλείφεται όσο προσεκτικές και να είναι οι μετρήσεις

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

6

Σφάλμα

- Αναπόφευκτη αβεβαιότητα που συνοδεύει κάθε μέτρηση
- Δεν εξαλείφεται όσο προσεκτικές και να είναι οι μετρήσεις

Τι μπορούμε να κάνουμε λοιπόν;

Για τα **αναπόφευκτα** σφάλματα που συνοδεύουν τις μετρήσεις μας προσπαθούμε:

- Να διασφαλίσουμε ότι θα είναι όσο μικρότερα γίνεται
- Να έχουμε αξιόπιστη εκτίμηση του μεγέθους τους

ΕΙΔΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

7

Τυχαία (ή στατιστικά) Σφάλματα:

- Σφάλμα ανάγνωσης
- Σφάλμα διακριτικής ικανότητας οργάνου
- Σφάλμα που οφείλεται σε εξωτερικές συνθήκες που δεν μπορέσαμε να αποκλείσουμε κ.α.

Συστηματικά Σφάλματα:

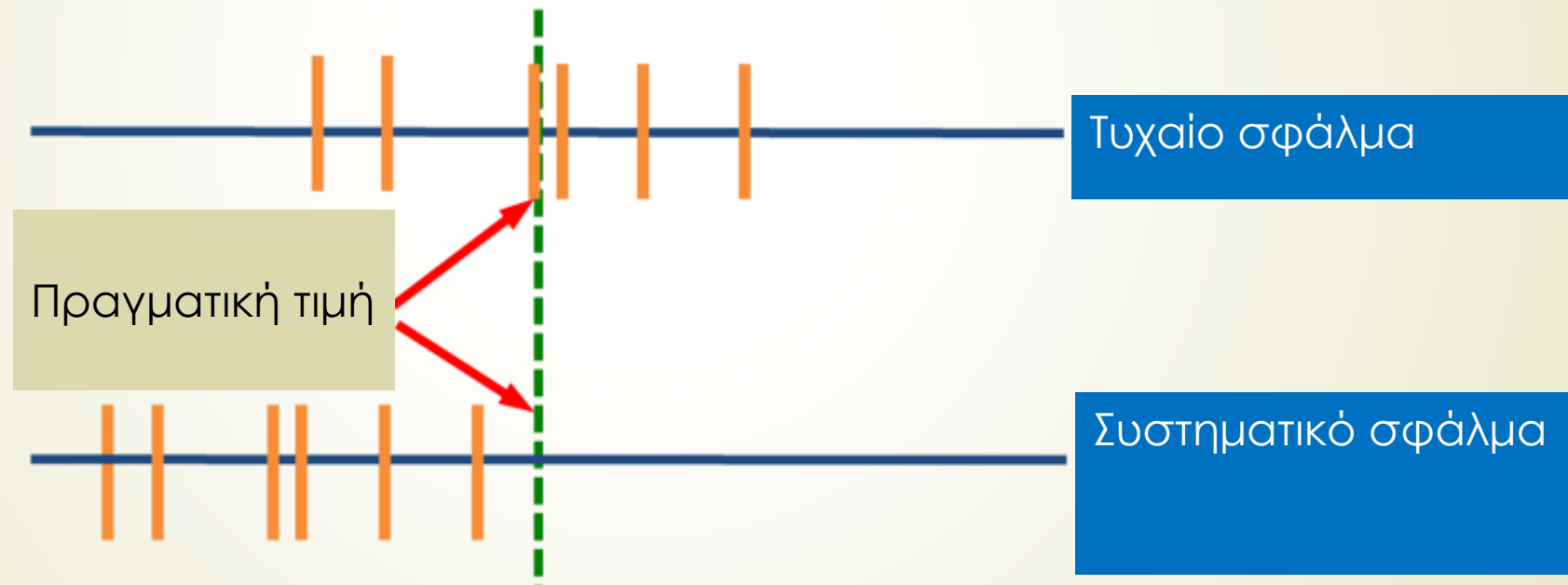
- Σφάλμα μηδενός
- Σφάλμα που οφείλεται σε ελαττωματικό όργανο
- Σφάλμα που οφείλεται σε λανθασμένο σχεδιασμό του πειράματος.
- Σφάλμα που οφείλεται σε λάθος βαθμονόμηση του οργάνου κ.α.

ΕΙΔΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

8

Τυχαία Σφάλματα: Δεν έχουν συγκεκριμένο πρόσημο

Συστηματικά Σφάλματα: Έχουν συγκεκριμένο πρόσημο

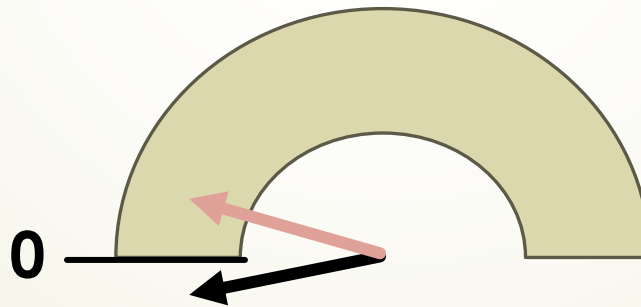


ΕΙΔΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

9

Τυχαία Σφάλματα: Δεν έχουν συγκεκριμένο πρόσημο
πχ σφάλμα ανάγνωσης χάρακα $\pm 1 \text{ mm}$

Συστηματικά Σφάλματα: Έχουν συγκεκριμένο πρόσημο
πχ σφάλμα μηδενός
Είτε θετικό είτε αρνητικό (όχι και τα δύο)

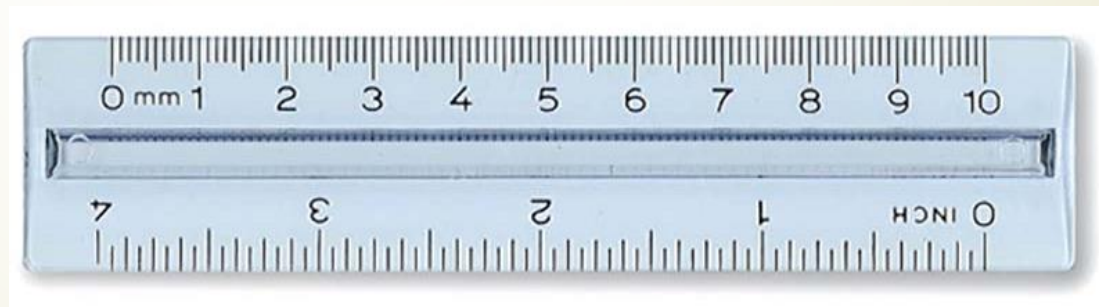


ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

10

Σε μετρήσεις που οι διακυμάνσεις είναι αμελητέες (πχ. μέτρηση μήκους) η μέτρηση γίνεται μόνο μια φορά και ως σφάλμα μέτρησης λαμβάνεται το σφάλμα ανάγνωσης του οργάνου.

Αν το όργανο είναι αναλογικό (έχει γραμμούλες) το σφάλμα είναι
ή η ελάχιστη υποδιαίρεση ή το μισό της (κατ' εκτίμηση).



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

11

Αν το όργανο είναι ψηφιακό (με οθόνη)
το σφάλμα είναι μία μονάδα στο τελευταίο
ψηφίο της ένδειξης
(πχ στο διπλανό παράδειγμα είναι 0,01)



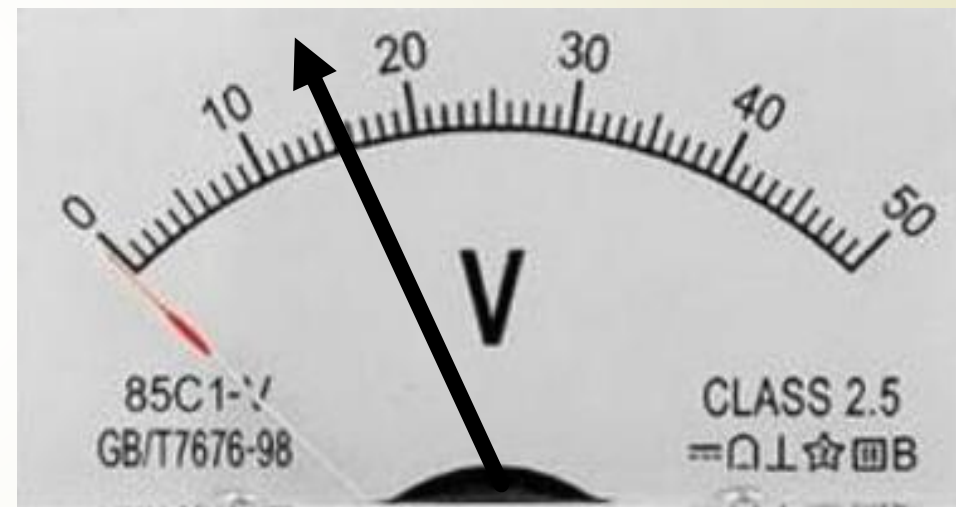
**Συνήθως ως σφάλμα της μέτρησης θεωρούμε το
σφάλμα ανάγνωσης του οργάνου
(που είναι το μικρότερο μέγεθος που μπορούμε
να μετρήσουμε με αυτό το όργανο)**

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

12

Αν το όργανο είναι

- **Αναλογικό** (με γραμμούλες)
το σφάλμα είναι το μισό της ελάχιστης υποδιαίρεσης
ή ολόκληρη η ελάχιστη υποδιαίρεση (κατ' εκτίμηση).



- **Ψηφιακό** (με οθόνη)
το σφάλμα είναι μία μονάδα στο τελευταίο ψηφίο της
ένδειξής του

ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ – ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ

13

Σε μία μέτρηση υπάρχει πιθανότητα το τυχαίο σφάλμα να είναι υψηλό (π.χ. λόγω του χρόνου αντίδρασης του παρατηρητή) και να χρειαστεί να επαναλάβουμε την μέτρηση πολλές φορές για να το μειώσουμε.

Σε αυτή την περίπτωση η αβεβαιότητα δεν προέρχεται κυρίως από το σφάλμα ανάγνωσης του οργάνου.

Όταν έχουμε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις η πιο πιθανή τιμή για το φυσικό μέγεθος x είναι η μέση τιμή των μετρήσεων και ως σφάλμα της, παίρνουμε την **τυπική απόκλιση της μέσης τιμής (τυπικό σφάλμα)**

$$\delta x = \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

ΔΙΑΔΟΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

14

Συχνά το μέγεθος που μας ενδιαφέρει δεν μετριέται απευθείας αλλά υπολογίζεται έμμεσα, από τις μετρήσεις άλλων μεγεθών.

πχ. η τιμή της ταχύτητας U προκύπτει μέσω των μετρήσεων της απόστασης S και του χρόνου t
 $U=S/t$

Σε αυτή την περίπτωση το σφάλμα υπολογισμού της ταχύτητας δU προκύπτει από τα σφάλματα μέτρησης της απόστασης δS και του χρόνου δt μέσω του γενικού τύπου

$$\sigma_{\bar{f}} = \delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial u} \delta u\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial v} \delta v\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial \omega} \delta \omega\right)^2 + \dots}$$

(για την $f(u, v, \omega)$ που έχει 3 ή και περισσότερες μεταβλητές)

ΔΙΑΔΟΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

15

Για απλές μορφές συναρτήσεων υπάρχουν έτοιμοι τύποι με υπολογισμένες τις μερικές παραγώγους

Συνάρτηση f	Τυπική απόκλιση της μέσης τιμής
Γενική Σχέση $f = f(u, v, \omega, \dots)$	$\delta f = \sigma_{\bar{f}} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial u} \delta u\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial v} \delta v\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial \omega} \delta \omega\right)^2 + \dots}$
Αθροισμα $f = u + v$	$\delta f = \sqrt{\delta u^2 + \delta v^2}$
Διαφορά $f = u - v$	$\delta f = \sqrt{\delta u^2 + \delta v^2}$
Γενικά $f = u \pm v \pm \omega \pm \dots$	$\delta f = \sqrt{\delta u^2 + \delta v^2 + \delta \omega^2 \pm \dots}$
Πολλ. με σταθερά $f = ku$	$\delta f = k \delta u$
Γινόμενο $f = uv$	$\delta f = \bar{u}\bar{v} \sqrt{\left(\frac{\delta u}{\bar{u}}\right)^2 + \left(\frac{\delta v}{\bar{v}}\right)^2}$
Λόγος $f = \frac{u}{v}$	$\delta f = \frac{\bar{u}}{\bar{v}} \sqrt{\left(\frac{\delta u}{\bar{u}}\right)^2 + \left(\frac{\delta v}{\bar{v}}\right)^2}$
Δύναμη $f = u^a$	$\delta f = a (\bar{u})^{a-1} \delta u$
Λογάριθμος $f = \ln u$	$\delta f = \frac{\delta u}{u}$
Εκθετικό $f = e^u$	$\delta f = e^{\bar{u}} \delta u$

ΔΙΑΔΟΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

16

ΠΡΟΣΟΧΗ!

Για να βρούμε το σφάλμα ενός υπολογισμού
πχ $U=S/t$

ΠΟΤΕ ΔΕΝ ΚΑΝΟΥΜΕ ΠΡΑΞΕΙΣ ΜΕ ΤΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ!

$$\cancel{\delta U = \delta S / \delta t}$$

ΠΑΝΤΑ χρησιμοποιούμε τον τύπο με τις μερικές παραγώγους!

$$\delta U = \frac{S}{t} \sqrt{\left(\frac{\delta S}{S}\right)^2 + \left(\frac{\delta t}{t}\right)^2}$$

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

17

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων πρέπει πάντα να παρουσιάζονται στη μορφή

(Φυσικό μέγεθος)=(τιμή μέτρησης) $\pm$ (σφάλμα ανάγνωσης) (Μονάδα)

(Φυσικό μέγεθος)=(μέση τιμή) $\pm$ (τυπική απόκλιση μέσης τιμής) (Μονάδα)

πχ : $V=3,68\pm0,01$ Volt

**ΔΕΝ ΞΕΧΝΑΜΕ ΠΟΤΕ ΤΙΣ
ΜΟΝΑΔΕΣ!!!**

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

18

Σημαντικά Ψηφία: όλα τα ψηφία εκτός από τα συνεχόμενα μηδενικά στην αρχή του αριθμού αν είναι δεκαδικός

Πίνακας III

Παραδείγματα αριθμών με διαφορετικό αριθμό σημαντικών ψηφίων

Αριθμός σημαντικών ψηφίων			
1	2	3	4
2	15	100	2400
0,3	0,18	0,243	0,8900
0,004	0,020	0,00140	0,03051
4×10^{-3}	$2,0 \times 10^{-3}$	$1,40 \times 10^{-3}$	$3,401 \times 10^{-2}$
8×10^7	$0,99 \times 10^6$	$4,05 \times 10^9$	$1,300 \times 10^6$

Δεν ταυτίζονται με τα δεκαδικά

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

19

Κανόνες παρουσίασης τελικού αριθμητικού αποτελέσματος

- 1) Δεν κρατάμε όλα τα ψηφία που βγάζει το κομπιουτεράκι μας. Κάνουμε στρογγυλοποίηση της τιμής.
- 2) Ξεκινάμε στρογγυλοποιώντας το σφάλμα. Το τελικό σφάλμα δίνεται με **ένα σημαντικό** ψηφίο.
- 3) Η τιμή δίνεται με την ίδια ακρίβεια με την οποία δόθηκε το σφάλμα (δηλαδή **με ίσο αριθμό δεκαδικών** ψηφίων).

Οπότε γίνεται στρογγυλοποίηση και της τιμής ώστε η τιμή και το σφάλμα να έχουν **ίσα δεκαδικά** ψηφία,.

Παραδείγματα:

$$\begin{array}{l} 3,1 \pm 0,3 \\ 4,20 \pm 0,13 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 128 \pm 7 \\ 43,3 \pm 2,4 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} (4,1 \pm 0,4) \times 10^6 \\ (8,12 \pm 0,22) \times 10^5 \end{array}$$

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

20

Στρογγυλοποίηση αριθμών

Κανόνες στρογγυλοποίησης:

α) Αν το ψηφίο που θα παραλείψουμε είναι μικρότερο του 5 τότε δεν πειράζουμε το ψηφίο που θα μείνει τελευταίο.

Για παράδειγμα $892400 \rightarrow 892000$ ή $456,2947 \rightarrow 456,29$

β) Αν το ψηφίο που θα παραλείψουμε είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 5, τότε αυξάνουμε κατά 1 το ψηφίο που θα μείνει τελευταίο.

Για παράδειγμα $892600 \rightarrow 893000$ ή $456,29673 \rightarrow 456,30$

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

21

Στρογγυλοποίηση αριθμών

Δεν κρατάμε όλα τα ψηφία που δίνει το κουμπιουτεράκι μας!

Κανόνες στρογγυλοποίησης:

- Αν γνωρίζουμε το σφάλμα, κρατάμε ένα σημαντικό ψηφίο για το σφάλμα και στρογγυλοποιούμε την τιμή ώστε να έχει την ίδια ακρίβεια
- Αν δεν γνωρίζουμε το σφάλμα, φροντίζουμε να κρατήσουμε μόνο 2-3 σημαντικά ψηφία της τιμής του μεγέθους

Πχ. $3,57823579 \text{ m/s}$ γίνονται $3,58 \text{ m/s}$

Στρογγυλοποίηση αριθμών

Όταν έχουμε διαδοχικούς υπολογισμούς μεγεθών (το ένα μέγεθος υπολογίζεται με χρήση του προηγούμενου),

κάθε αποτέλεσμα το καταγράφουμε μεν στρογγυλοποιημένο για να γίνει η ορθή παρουσίασή του

όμως για να αποφεύγεται η συσσώρευση σφαλμάτων από τις διαδοχικές στρογγυλοποιήσεις όταν το χρησιμοποιούμε για τον επόμενο υπολογισμό χρησιμοποιούμε περισσότερα ψηφία του.

ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

23

- **Γίνονται απαραίτητα σε μιλλιμετρέ χαρτί**
- Αναγράφουμε στους άξονες τα μεγέθη και τις μονάδες τους.
- Επιλέγουμε κατάλληλη βαθμονόμηση αξόνων ώστε να καλύπτεται όλο το A4 (όσο είναι δυνατόν)
- Η βαθμονόμηση των αξόνων πρέπει να ακολουθεί τον κανόνα:
Κάθε cm του μιλλιμετρέ πρέπει να αντιστοιχεί σε 1, 2 ή 5 μονάδες ή αντίστοιχα πολλαπλάσια μιας δύναμης του 10 (πχ $1 \cdot 10^3$ ή 0,02 ή $5 \cdot 10^{-4}$)

ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

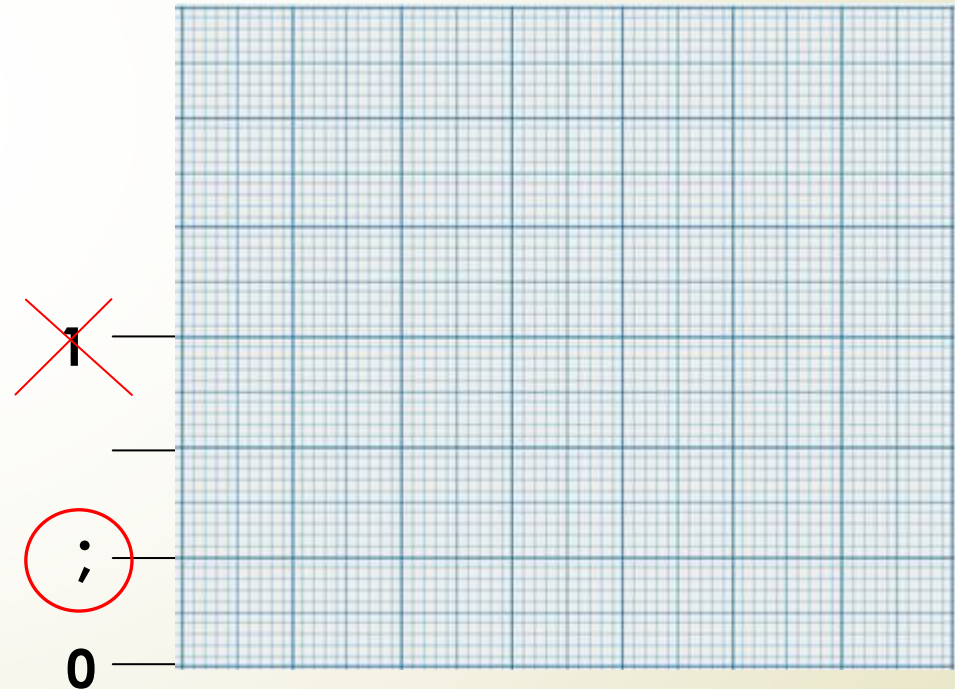
24

➤ Η βαθμονόμηση των αξόνων πρέπει να ακολουθεί τον κανόνα:

Κάθε **1 cm** του μιλλιμετρέ πρέπει να αντιστοιχεί σε 1, 2 ή 5 μονάδες ή αντίστοιχα πολλαπλάσια μιας δύναμης του 10 (πχ $1 \cdot 10^3$ ή 0,02 ή $5 \cdot 10^{-4}$)

ΠΡΟΣΟΧΗ: Σε κάθε περίπτωση επιβάλλεται η ελάχιστη υποδιαίρεση του μιλλιμετρέ να είναι ακέραιος αριθμός!

Βαθμονόμηση στο 1 cm
όχι στα 3 cm!



ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

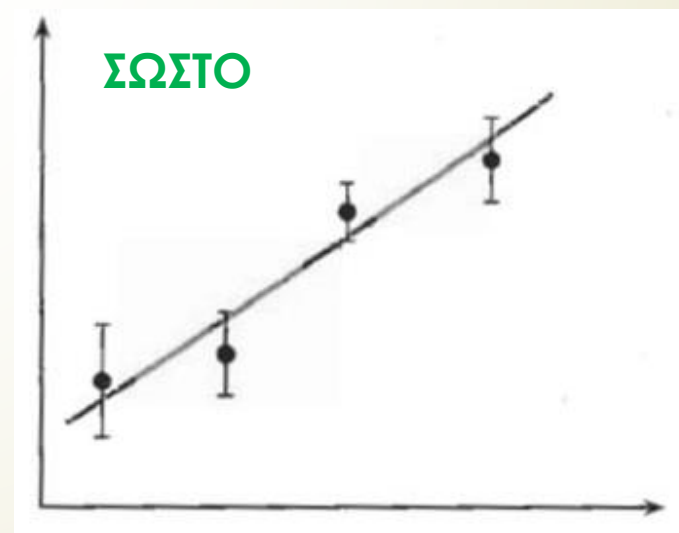
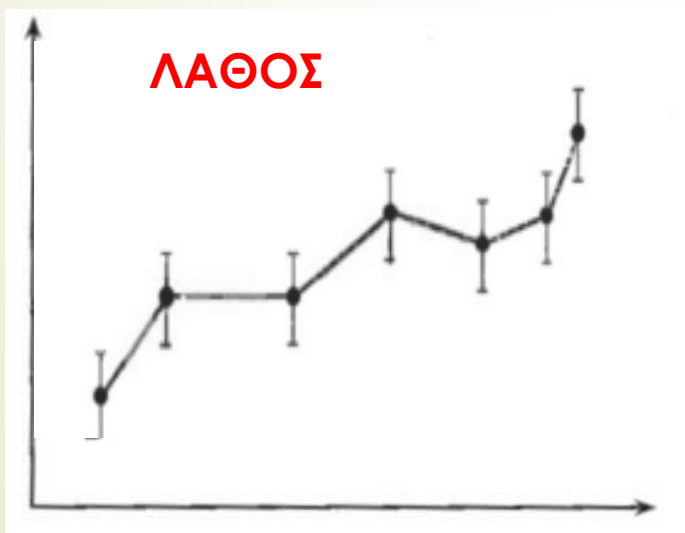
25

- Δεν κάνουμε πράξεις και υπολογισμούς πάνω στο μιλλιμετρέ
- Δεν φέρνουμε διακεκομμένες γραμμές στα πειραματικά σημεία.
- Δεν γράφουμε τις πειραματικές τιμές στους άξονες, κάνουμε μόνο τη βαθμονόμηση των αξόνων.
- Δεν χρειάζεται να έχουμε την ίδια βαθμονόμηση και στους δύο άξονες.
- Δεν χρειάζεται η βαθμονόμηση να ξεκινάει από το μηδέν.

ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

Χάραξη καμπύλης

- Βαθμονομούμε σωστά τους άξονες και τοποθετούμε τα πειραματικά σημεία
- Αν η μορφή της καμπύλης είναι γνωστή από τη θεωρία τότε θεωρείται δεδομένη (πχ. Ευθεία που περνά από την αρχή των αξόνων)
- ΔΕΝ ΕΝΩΝΟΥΜΕ ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ με ευθύγραμμα τμήματα, αλλά χαράζουμε την καμπύλη (ή την ευθεία) ομαλά.

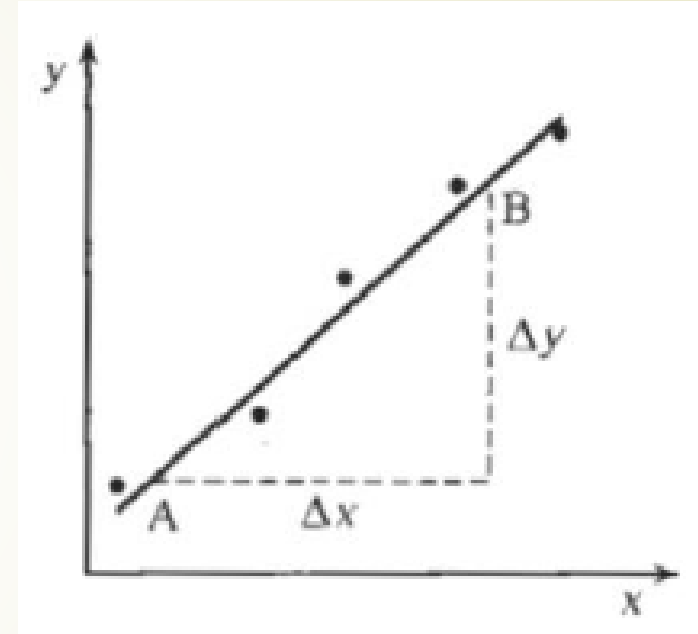


ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

27

Υπολογισμός κλίσης ευθείας με τη γραφική μέθοδο

- Αφού βαθμονομήσουμε σωστά τους άξονες και τοποθετήσουμε τα πειραματικά σημεία, χαράζουμε την κατ' εκτίμηση καλύτερη ευθεία που περνάει από αυτά (αφήνοντας όσο το δυνατό ίσο αριθμό σημείων εκατέρωθεν)
- Επιλέγουμε δύο **ΜΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ** ΣΗΜΕΙΑ A και B που να απέχουν αρκετά
- Αν οι συντεταγμένες των σημείων είναι (x_A, y_A) (x_B, y_B) τότε η κλίση είναι



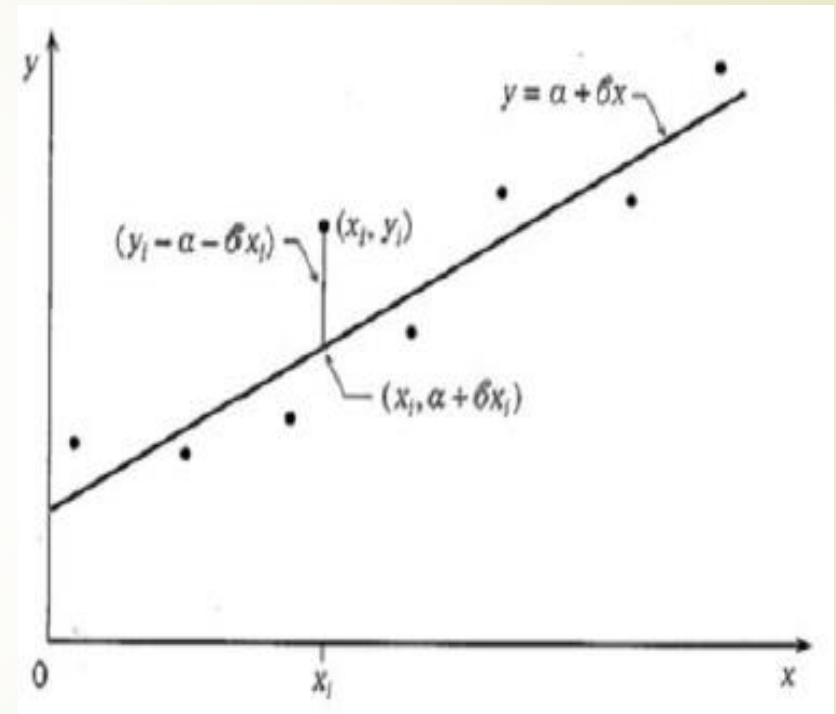
$$\beta = \frac{dy}{dx} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

28

Υπολογισμός κλίσης ευθείας με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων

- Αφού βαθμονομήσουμε σωστά τους άξονες τοποθετούμε τα πειραματικά σημεία
- Υπολογίζουμε μέσω των τύπων τους συντελεστές **a** και **β** της εξίσωσης **$y=a+\beta x$** που είναι η καλύτερη ευθεία (και τα σφάλματά τους δa και $\delta \beta$)
- Η κλίση της ευθείας είναι $\beta \pm \delta \beta$
- Για να σχεδιάσουμε την ευθεία υπολογίζουμε 2 σημεία που να επαληθεύουν την εξίσωση **$y=a+\beta x$** τα σημειώνουμε στη γραφική και τα ενώνουμε



Για κάθε απορία σας είμαι στη διάθεσή σας
Γραφείο 310 3^{ος} όροφος κτήριο Φυσικής
aldimakop@gmail.com

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!