

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ - ΣΕΜΦΕ – ΕΜΠ

Φυσική Ι (Μηχανική) και εργαστήριο

ακαδ.έτος: 2023-2024

Υπεύθυνη εργαστηρίου:

Άλκηστη Δημακοπούλου

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

2

Βιβλιογραφία

Ανάλυση και παρουσίαση πειραματικών αποτελεσμάτων
(Σφάλματα)

http://www.physics.ntua.gr/ergasthria/askhseis_ergasthrion/analysis_parousiash_sfalmata.pdf

Εργαστηριακοί οδηγοί ασκήσεων

http://www.physics.ntua.gr/gr/ergasthriakoi_odhgoi.htm

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

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

4

Μέτρηση: ο καθορισμός ενός μεγέθους σε σχέση με μία ορισμένη 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 = | μέτρηση – πραγματική τιμή |

Σφάλμα

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

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

5

Σφάλμα

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

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

6

Τυχαία (ή στατιστικά) Σφάλματα:

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

Συστηματικά Σφάλματα:

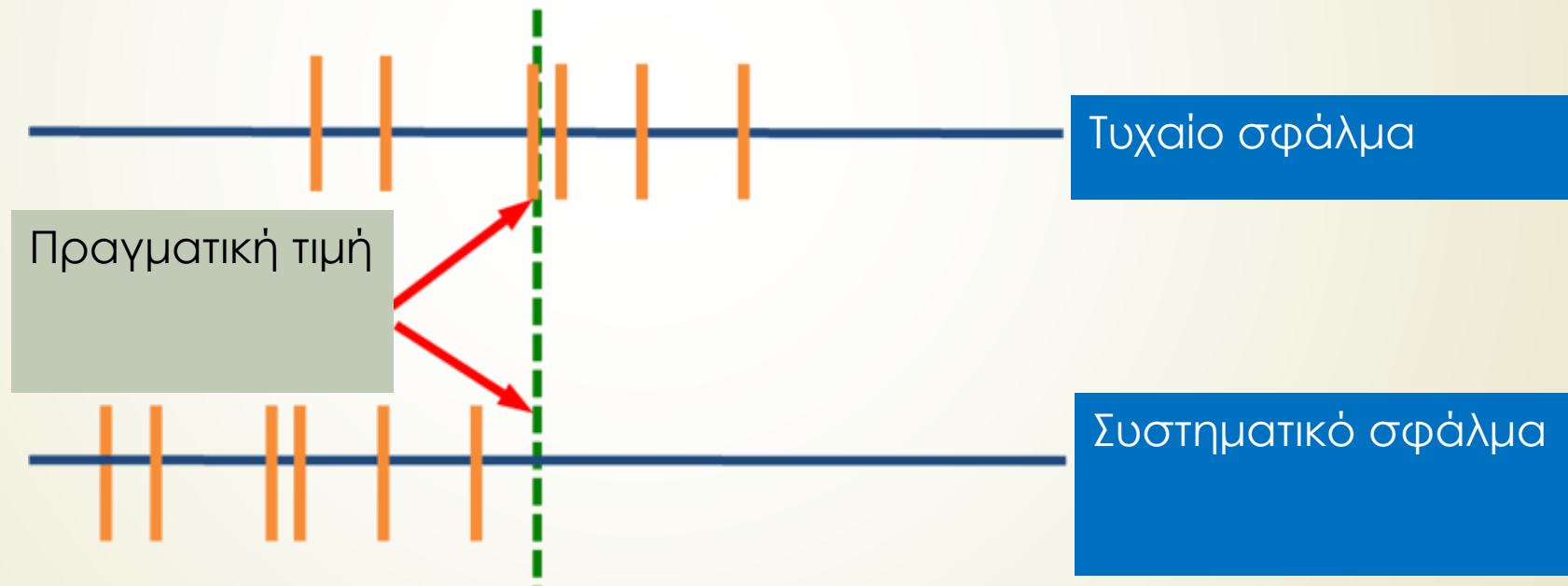
- Σφάλμα μηδενός
- Σφάλμα που οφείλεται σε ελαττωματικό όργανο
- Σφάλμα που οφείλεται σε λανθασμένο σχεδιασμό του πειράματος.
- Σφάλμα που οφείλεται σε λάθος βαθμονόμηση του οργάνου κ.α.

ΕΙΔΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

7

Τυχαία Σφάλματα: Δεν έχουν συγκεκριμένο πρόσημο

Συστηματικά Σφάλματα: Έχουν συγκεκριμένο πρόσημο

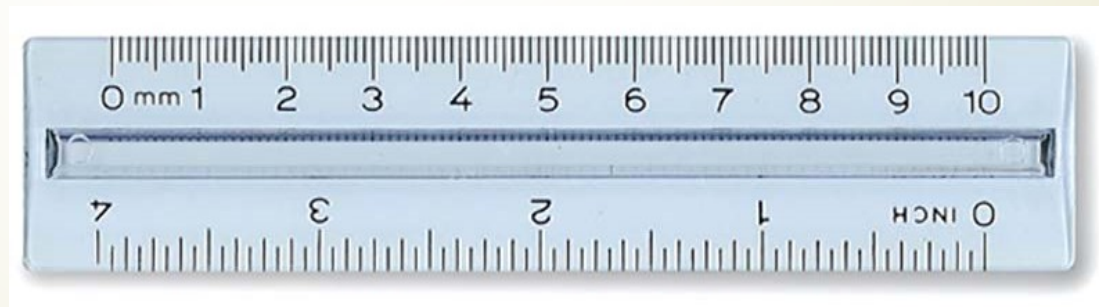


ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

8

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

9

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

ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ – ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ

10

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 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

11

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

πχ. η τιμή μιας αντίστασης R προκύπτει μέσω των μετρήσεων τάσης V και έντασης I του ρεύματος που τη διαρρέει

$$R=V/I$$

Σε αυτή την περίπτωση το σφάλμα υπολογισμού της αντίστασης δR προκύπτει από τα σφάλματα μέτρησης της τάσης δV και της έντασης δI μέσω του τύπου

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

ΔΙΑΔΟΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

12

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 $f = e^u$	$\delta f = e^{\bar{u}} \delta u$

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

13

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων πρέπει πάντα να παρουσιάζονται στη μορφή

(Φυσικό μέγεθος) = (τιμή μέτρησης) ± (σφάλμα ανάγνωσης) (Μονάδα)

(Φυσικό μέγεθος) = (μέση τιμή) ± (τυπική απόκλιση μέσης τιμής) (Μονάδα)

πχ : $V = 3,68 \pm 0,01 \text{ Volt}$

**ΔΕΝ ΞΕΧΝΑΜΕ ΠΟΤΕ ΤΙΣ
ΜΟΝΑΔΕΣ!!!**

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

14

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

15

Κανόνες παρουσίασης τελικού αριθμητικού αποτελέσματος

- 1) Το τελικό σφάλμα δίνεται με **ένα σημαντικό** ψηφίο
- 2) Η τιμή δίνεται με την ίδια ακρίβεια με την οποία δόθηκε το σφάλμα

Πρέπει η τιμή και το σφάλμα να έχουν **ίσα δεκαδικά** ψηφία, οπότε γίνεται στρογγυλοποίηση της τιμής

Παραδείγματα:

$3,1 \pm 0,3$	128 ± 7	$(4,1 \pm 0,4) \times 10^6$
$4,20 \pm 0,13$	$43,3 \pm 2,4$	$(8,12 \pm 0,22) \times 10^5$

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

16

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

17

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 περιστέρια γίνονται 3,58 περιστέρια

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.

Γραφικές παραστάσεις

19

- **Απαραίτητα σε μιλλιμετρέ χαρτί**
- Πρέπει να καλύπτουν 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 $5 \cdot 10^{-4}$)

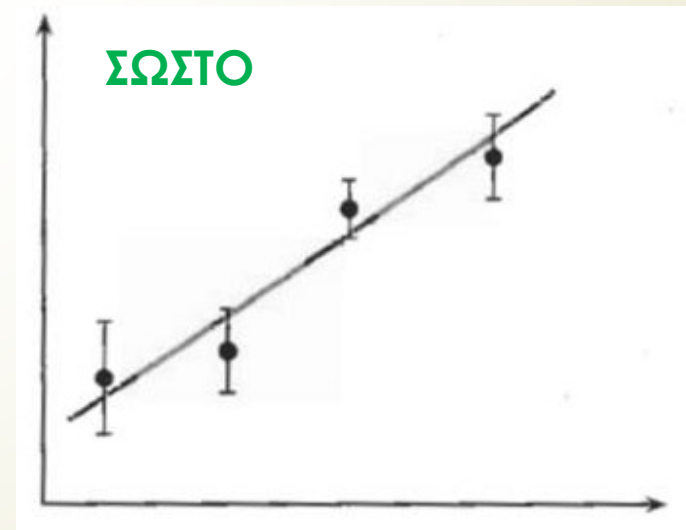
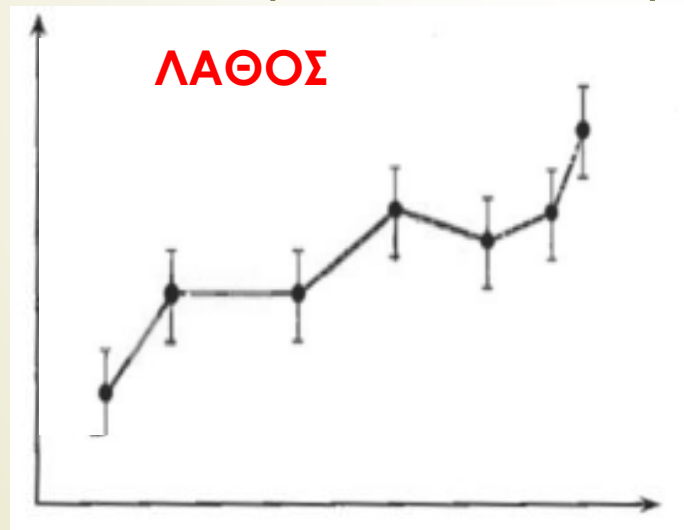
(ΠΡΟΣΟΧΗ: Σε κάθε περίπτωση επιβάλλεται η ελάχιστη υποδιαίρεση του μιλλιμετρέ να είναι ακέραιος αριθμός! Όχι μονάδα στα 3 cm!)

- Πρέπει να αναγράφονται στους άξονες τα μεγέθη και οι μονάδες τους
- Δεν γράφουμε στους άξονες τις πειραματικές τιμές!

Γραφικές παραστάσεις

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 αλλά χαράζουμε την καμπύλη (ή την ευθεία) ομαλά

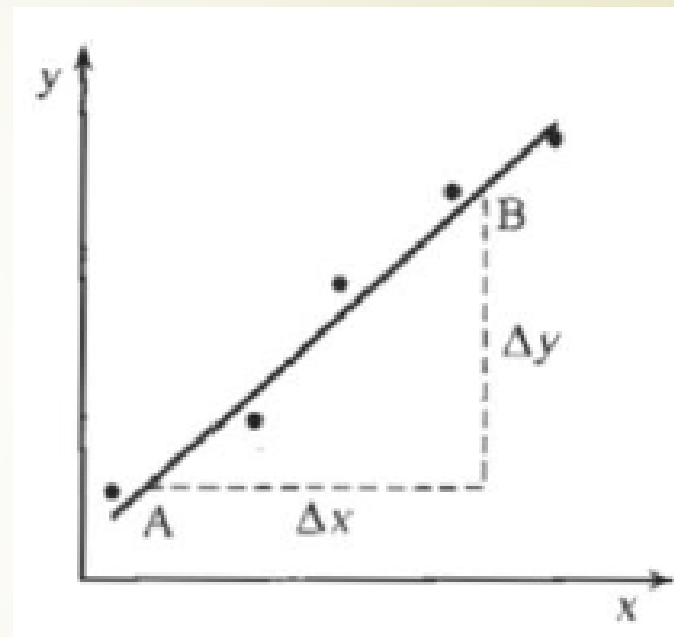


Γραφικές παραστάσεις

21

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



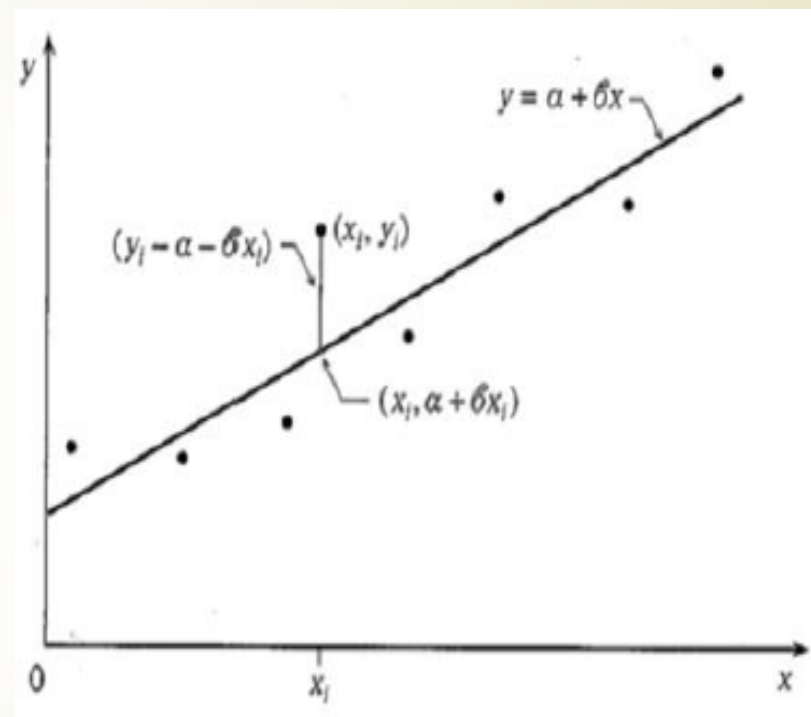
$$\beta = \frac{dy}{dx} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

Γραφικές παραστάσεις

22

Υπολογισμός κλίσης ευθείας με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων

- Αφού βαθμονομήσουμε σωστά τους άξονες τοποθετούμε τα πειραματικά σημεία
- Υπολογίζουμε μέσω των τύπων τους συντελεστές α και β της εξίσωσης $y = \alpha + \beta x$ που είναι η καλύτερη ευθεία (και τα σφάλματά τους $\delta\alpha$ 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 $y = \alpha + \beta x$ 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!