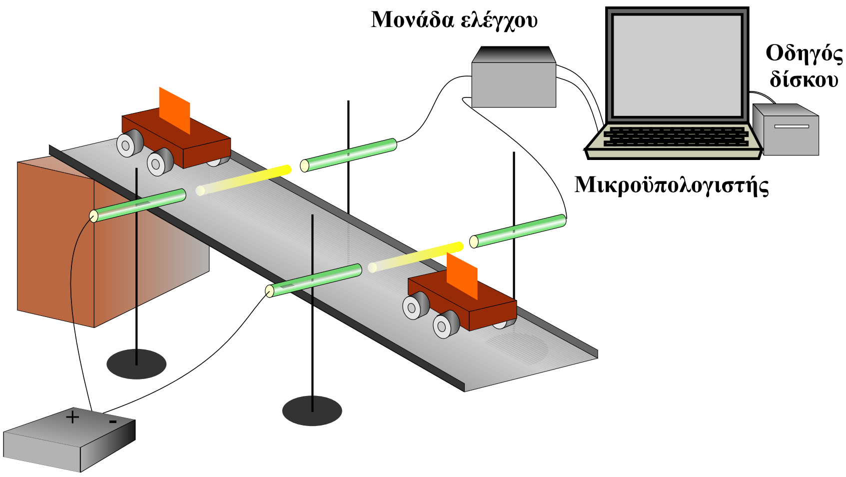
7.5 Μικροϋπολογιστής σε συνδυασμό με φωτοπύλες

Στη διάταξη της εικόνας 7.5.1 ο μικροϋπολογιστής μπορεί να μετρήσει το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να διανύσει το αμαξίδιο την απόσταση μεταξύ των δύο φωτοπυλών. Ο υπολογιστής είναι δυνατόν επίσης να προγραμματιστεί, ώστε να υπολογίσει και να εμφανίσει την τιμή της επιτάχυνσης στην οθόνη.

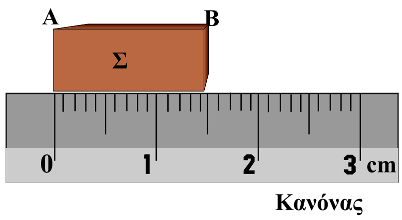


Εικόνα 7.5.1

8. ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ (ΣΦΑΛΜΑ) ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Καμία μέτρηση φυσικού μεγέθους δεν είναι απόλυτα ακριβής. Το αριθμητικό αποτέλεσμα κάθε μέτρησης είναι πάντοτε μια προσέγγιση. Η διαφορά (απόκλιση) του αριθμητικού αποτελέσματος μιας μέτρησης από την πραγματική τιμή που έχει το μέγεθος ονομάζεται **αβεβαιότητα (ή σφάλμα) της μέτρησης.**

Για να γίνουν ευκολότερα κατανοητά τα παραπάνω, ας θεωρήσουμε το σώμα Σ, του οποίου θέλουμε να βρούμε το μήκος (Εικ. 8.1).

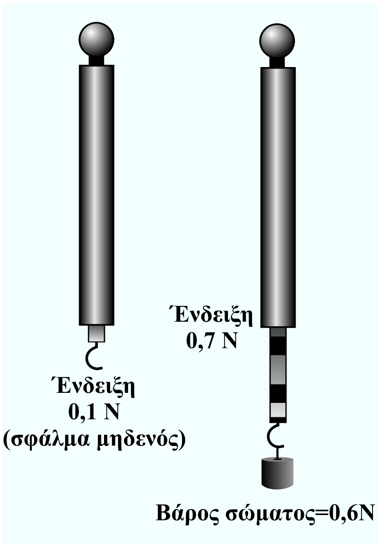


Εικόνα 8.1

Για το σκοπό αυτό τη μία άκρη Α του σώματος τη φέρνουμε σε επαφή με τη χαραγή μηδέν (0) του κανόνα και επιζητούμε να εκτιμήσουμε τη θέση κατά μήκος του κανόνα της άλλης άκρης Β. Η τεχνική της μέτρησης ενός μήκους καταλήγει πάντοτε στην εύρεση της θέσης μιας χαραγής κατά μήκος μιας υποδιαιρεμένης κλίμακας. Είναι φανερό ότι για να είναι η μέτρηση ακριβής πρέπει α) η μία άκρη Α να έρθει σε τέλεια σύμπτωση με το μηδέν της κλίμακας και β) η θέση της άκρης Β κατά μήκος του κανόνα να βρεθεί με τέλεια ακρίβεια. Είναι προφανές ότι και τα δύο δεν επιτυγχάνονται ακριβώς, άρα εισάγεται σφάλμα στη μέτρηση του μήκους του σώματος.

Το μήκος του σώματος βρίσκεται ίσο με 14,5mm χωρίς όμως να είμαστε βέβαιοι γι' αυτό. Εκείνο για το οποίο είμαστε βέβαιοι είναι ότι η ακριβής θέση της άκρης Β βρίσκεται μεταξύ 14 και 15mm. Αλλά δεν γνωρίζουμε, αν είναι 14,1 ή 14,2 ή 14,3 κτλ. Γι' αυτό είναι πιο σωστό να γράφουμε ως αποτέλεσμα το: (14,5 ± 0,5)mm.

Τα σφάλματα (αβεβαιότητες) μπορεί να οφείλονται είτε στη χρησιμοποιούμενη μέθοδο, είτε στην ατέλεια των οργάνων, είτε στην αδεξιότητα του παρατηρητή.



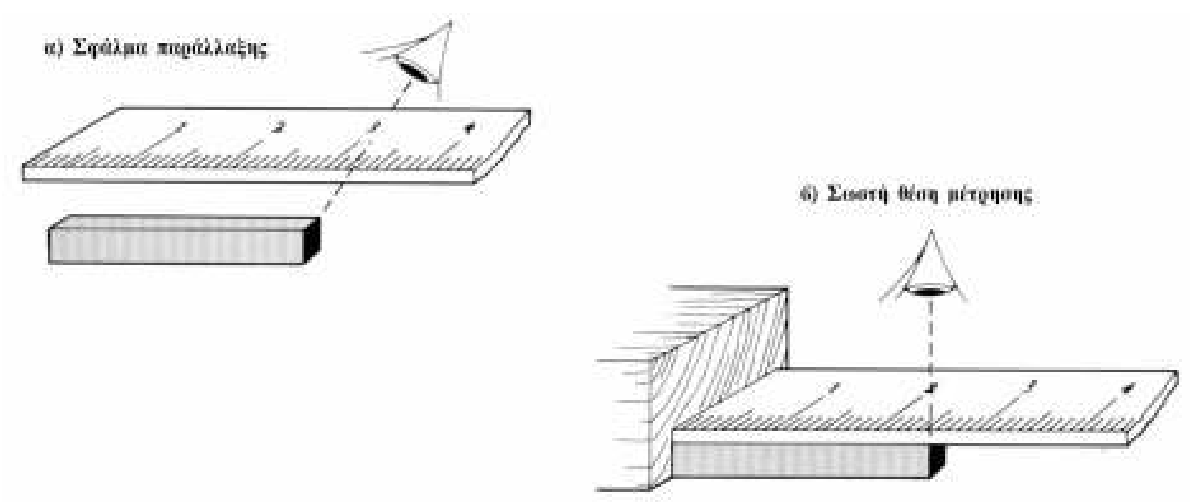
Εικόνα 8.2

Τα σφάλματα διακρίνονται σε συστηματικά και τυχαία.

Τα **συστηματικά σφάλματα** οφείλονται σε μόνιμη αιτία και επηρεάζουν το αποτέλεσμα της μέτρησης πάντοτε κατά τον ίδιο τρόπο. Συνήθως οφείλονται σε ατέλειες ή βλάβες των οργάνων μέτρησης. Έτσι, ένα όχι σωστά βαθμολογημένο θερμόμετρο, ανακριβή σταθμά, ή ένας ζυγός που ο δείκτης του δεν δείχνει το “μηδέν” της κλίμακας όταν οι δίσκοι του είναι κενοί, προκαλούν συστηματικά σφάλματα. Επίσης, αν ένα δυναμόμετρο χωρίς φόρτιση (χωρίς εξάσκηση δύναμης) δεν δείχνει το “μηδέν” της κλίμακάς του, τότε όλες οι μετρήσεις που γίνονται με αυτό θα περιέχουν συστηματικό “σφάλμα μηδενός”. Θα πρέπει να επιδιώκουμε τον προσδιορισμό του σφάλματος μηδενός όπου είναι δυνατόν και να προβαίνουμε σε διόρθωση της τιμής του μετρούμενου μεγέθους (Εικ. 8.2)

Τα **τυχαία σφάλματα** προέρχονται από όχι μόνιμη αιτία και επηρεάζουν το αποτέλεσμα ακανόνιστα (τυχαία). Αυτά οφείλονται είτε στην περιορισμένη ακρίβεια των οργάνων μέτρησης είτε στην αστάθεια των εξωτερικών συνθηκών που μπορούν να επηρεάσουν το πείραμα (όπως π.χ. η απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας στην διάρκεια του πειράματος) είτε στον παρατηρητή.

Τυχαίο σφάλμα είναι π.χ. το **σφάλμα παράλλαξης** (Εικ. 8.3α). Στην εικόνα 8.3β φαίνεται η σωστή θέση παρατήρησης.



Εικόνα 8.3

Στα τυχαία σφάλματα περιλαμβάνονται και τα **ακούσια λάθη παρατήρησης** και **γραφής.** Έτσι, ενώ μετράμε μήκος ίσο με 12mm, γράφουμε 12cm ή ενώ διαβάζουμε 35,2g γράφουμε 3,52g κτλ. Τα λάθη αυτά μπορούν να εξαλειφθούν, αν είμαστε προσεκτικοί.

Σε μια εργαστηριακή άσκηση μπορούμε να περιορίσουμε τα τυχαία σφάλματα στη μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους, αν το μετρήσουμε πολλές φορές και κατόπιν υπολογίσουμε τη μέση τιμή του (το μέσο όρο των τιμών του). Η μέση τιμή υπολογίζεται με την πρόσθεση όλων των τιμών των μετρήσεων και τη διαίρεση του αθροίσματος δια του αριθμού των μετρήσεων.

Για παράδειγμα, μετράμε 4 φορές το χρόνο που χρειάζεται ένα αμαξάκι για να διατρέξει μήκος 1m επάνω σε κεκλιμένο επίπεδο. Οι τιμές των διαδοχικών μετρήσεων του χρόνου είναι $t_1 = 1,4s$, $t_2 = 1,5s$, $t_3 = 1,6s$, $t_4 = 1,5s$.

Η μέτρηση του χρόνου κίνησης του αμαξιού είναι

$$t_\mu = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} = \frac{1,4 + 1,5 + 1,6 + 1,5}{4} s$$

$t_\mu = 1,5s$.

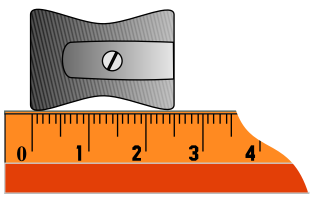
Η μέση τιμή που υπολογίζουμε με τον τρόπο αυτό δεν είναι η πραγματική (η ακριβής) τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Είναι όμως μία πολύ καλή προσέγγισή της. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μετρήσεων τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να βρίσκεται η μέση τιμή πλησιέστερα στην πραγματική τιμή.

9. ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΨΗΦΙΑ - ΣΤΡΟΓΓΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

9.1 Μετρήσεις και σημαντικά ψηφία

Η ακρίβεια κάθε μέτρησης περιορίζεται από την ακρίβεια του οργάνου μέτρησης, που δεν είναι ποτέ απόλυτα ακριβές (αξιόπιστο).

Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι μετράμε με βαθμολογημένο χάρακα το μήκος μιας μεταλλικής ξύστρας μολυβιών (Εικ. 9.1.1).



Εικόνα 9.1.1

Ο χάρακας έχει υποδιαιρέσεις ανά $\frac{1}{10}$ του εκατοστομέτρου (δηλαδή ανά ένα χιλιοστόμετρο). Με το χάρακα αυτό δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε αποστάσεις μικρότερες από ένα χιλιοστόμετρο. Η ακρίβεια που μας δίνει είναι 0,1cm. Βρίσκουμε έτσι, ότι η ξύστρα έχει μήκος 2,6cm.

Με ένα διαστημόμετρο (παράγραφος 3.3) μπορούμε να μετρήσουμε το μήκος ενός μικρού αντικειμένου με ακρίβεια 0,01cm. Χρησιμοποιώντας λοιπόν διαστημόμετρο βρίσκουμε ότι το μήκος της ξύστρας είναι 2,58cm.

Λέμε ότι η τιμή 2,6 έχει δύο σημαντικά ψηφία (2 και 6) ενώ η τιμή 2,58 έχει τρία σημαντικά ψηφία (2,5 και 8). Τα ψηφία του αριθμητικού αποτελέσματος μιας μέτρησης, για τα οποία είμαστε απόλυτα βέβαιοι (ότι είναι σωστά) ονομάζονται **σημαντικά ψηφία**.

Επίσης με έναν ημιαναλυτικό ζυγό που ζυγίζει με ακρίβεια $\frac{1}{10}$ του γραμμαρίου βρίσκουμε ότι η μάζα ενός αντικειμένου (π.χ. της ξύστρας) είναι 8,6g. Η τιμή αυτή έχει δύο σημαντικά ψηφία. Αν η ίδια μάζα υπολογιστεί με άλλο πιο ακριβή ζυγό που ζυγίζει με ακρίβεια $\frac{1}{100}$ του γραμμαρίου βρίσκουμε ως τιμή 8,63g. Τώρα η τιμή της μάζας της ξύστρας έχει τρία σημαντικά ψηφία (το 8, το 6 και το 0). Το τελευταίο ψηφίο είναι αρκετά σωστό και εγγυάται ότι τα δύο προηγούμενα ψηφία είναι σίγουρα σωστά.

9.2 Στρογγυλοποίηση αριθμητικού αποτελέσματος

Σε ένα αριθμητικό αποτέλεσμα που προέκυψε από τη μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους δεν πρέπει να γράφουμε περισσότερα ψηφία από όσα μας παρέχει η ακρίβεια του οργάνου (ή της μεθόδου). Πρέπει να αναγράφουμε μόνο εκείνα για τα οποία είμαστε βέβαιοι ότι είναι σωστά, δηλαδή τα σημαντικά ψηφία. Είναι προφανές ότι η αναγραφή πρόσθετων ψηφίων πέρα από τα σημαντικά δεν έχει καμία σημασία. Τα επιπλέον ψηφία όχι μόνο συνιστούν απώλεια χρόνου αλλά μπορούν να οδηγήσουν και σε παραπλάνηση εκείνους που τα χρησιμοποιούν και τα εμπιστεύονται.

Αυτό πρέπει να το έχουμε ιδιαίτερα υπόψη μας, όταν εκτελούμε αριθμητικές πράξεις με την αριθμομηχανή (υπολογιστή τσέπης ή κομπιουτεράκι). Στην οθόνη εμφανίζονται τότε 8 ή περισσότερα ψηφία, από τα οποία τα τελευταία δεξιά είναι χωρίς αξία. Είναι ανάγκη τέτοια αριθμητικά αποτελέσματα να τα στρογγυλοποιούμε στο πλησιέστερο δεκαδικό ψηφίο, ώστε όλα τα ψηφία να είναι σημαντικά στην απάντησή μας.

Ένας αριθμός στρογγυλοποιείται στον επιθυμητό αριθμό σημαντικών ψηφίων, αν παραλείψουμε ένα ή περισσότερα ψηφία από τα δεξιά.

Όταν το πρώτο (από τα δεξιά) ψηφίο που παραλείπεται είναι μεγαλύτερο του 5, τότε στο τελευταίο ψηφίο που απομένει προσθέτουμε τη μονάδα:

π.χ. ο αριθμός 3,1416 γίνεται 3,142. Όταν το πρώτο ψηφίο που παραλείπεται είναι μικρότερο του 5, τότε το τελευταίο ψηφίο παραμένει αμετάβλητο.

π.χ. ο αριθμός 3,142 γίνεται διαδοχικά 3,14, 3,1 και 3. Όταν το ψηφίο που παραλείπεται είναι ακριβώς 5, τότε προσθέτουμε τη μονάδα αν το τελευταίο ψηφίο είναι περιττό αλλιώς παραλείπεται.

π.χ. το μήκος 23,75cm γίνεται 23,8cm
το μήκος 23,65cm γίνεται 23,6cm
το μήκος 23,85cm γίνεται 23,8cm

Όταν πραγματοποιούμε προσθέσεις (ή αφαιρέσεις) πρέπει μετά την εκτέλεση της πράξης να στρογγυλοποιούμε το αποτέλεσμα. Κατά την πρόσθεση (ή την αφαίρεση) πρέπει το άθροισμα (ή η διαφορά) να διατηρήσει τόσα δεκαδικά ψηφία όσα ο αριθμός με τα λιγότερα δεκαδικά ψηφία.

Για παράδειγμα:

$$\begin{array}{r} 4{,}1 \\ 1{,}63 \\ 0{,}014 \\ \hline 5{,}744 \end{array}$$

Το αριθμητικό αυτό αποτέλεσμα στρογγυλοποιείται στον αριθμό 5,7 δηλαδή με ένα μόνο δεκαδικό ψηφίο.

Όταν πραγματοποιούμε πολλαπλασιασμούς ή διαιρέσεις, το αποτέλεσμα πρέπει να στρογγυλοποιείται έτσι, ώστε να περιέχει μόνο όσα σημαντικά ψηφία έχει ο λιγότερο ακριβής αριθμός.

π.χ. στον πολλαπλασιασμό 8,37 cm x 2,3 cm, το αποτέλεσμα πρέπει να δοθεί με δύο σημαντικά ψηφία.

Είναι $8{,}37cm \cdot 2{,}3cm = 19{,}251cm^2$ και μετά τη στρογγυλοποίηση το εξαγόμενο γράφεται $19cm^2$.

Σημείωση:

Υπάρχουν αριθμομηχανές που εκτός από τις αριθμητικές πράξεις πραγματοποιούν και στρογγυλοποιήσεις των αποτελεσμάτων.

10. ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

10.1 Πως κατασκευάζουμε μια γραφική παράσταση

Κατά τη μελέτη ενός φαινομένου στο εργαστήριο καταγράφουμε τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων και των μετρήσεών μας σε πίνακες. Οι πίνακες αυτοί μας δίνουν μία σειρά από πληροφορίες για την εξέλιξη του φαινομένου.

Μπορούμε να έχουμε μία απλή και παραστατική εικόνα της σχέσης (αλληλοεξάρτησης) δύο φυσικών μεγεθών, αν με βάση τον πίνακα τιμών κατασκευάσουμε την αντίστοιχη γραφική παράσταση. Για να κατασκευάσουμε τη γραφική παράσταση της σχέσης δύο φυσικών μεγεθών - μεταβλητών, εργαζόμαστε ως εξής:

Χαράσσουμε σε χαρτί, συνήθως χιλιοστομετρικό (μιλιμετρέ) δύο ημιευθείες κάθετες μεταξύ τους (τους άξονες συντεταγμένων). Στον οριζόντιο άξονα (άξονα των τετμημένων) τοποθετούμε την ανεξάρτητη μεταβλητή γράφοντας το όνομα (ή το σύμβολο) του φυσικού μεγέθους μαζί με την μονάδα στην οποία μετρήθηκε. Στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούμε την εξαρτημένη μεταβλητή.

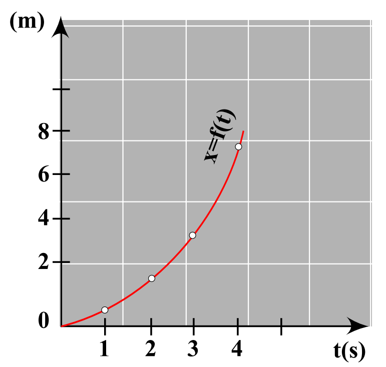
Βαθμονομούμε κατόπιν τους δύο άξονες. Θεωρούμε ως σημείο μηδέν για τον κάθε άξονα το σημείο τομής τους (αρχή των συντεταγμένων). Χωρίζουμε τον οριζόντιο άξονα σε ίσα διαστήματα έτσι, ώστε το καθένα να αντιπροσωπεύει τη μονάδα ή ίσο αριθμό μονάδων της ανεξάρτητης μεταβλητής. Σε κάθε υποδιαίρεση του άξονα σημειώνουμε την αντίστοιχη τιμή (αριθμό μονάδων μέτρησης) της ανεξάρτητης μεταβλητής. Έτσι επάνω στον οριζόντιο άξονα σχηματίζεται μία βαθμονομημένη κλίμακα. Όμοια εργαζόμαστε για να βαθμονομήσουμε τον κατακόρυφο άξονα.

Μετά τη βαθμονόμηση σημειώνουμε στο επίπεδο των αξόνων τα πειραματικά σημεία κατά το γνωστό από τα Μαθηματικά τρόπο. Σε κάθε ζεύγος τιμών του πίνακα μετρήσεων αντιστοιχεί ένα πειραματικό σημείο. Δια μέσου των σημειωμένων πειραματικών σημείων χαράσσουμε την καλύτερη γραμμή, δηλαδή την ομαλή γραμμή που προσεγγίζει περισσότερο τα σημεία ή διέρχεται από αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ

χρόνος t (s)	Απόσταση x (m)
0	0
1	0,5
2	2,0
3	4,5
4	8,0

Η γραφική παράσταση της απόστασης x συναρτήσει του χρόνου t σε μία ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση



<u>Σημείωση 1η</u>:

Επάνω σε κάθε άξονα σημειώνουμε τις τιμές της κλίμακας όχι όμως και τις τιμές των πειραματικών μετρήσεων.

<u>Σημείωση 2η</u>:

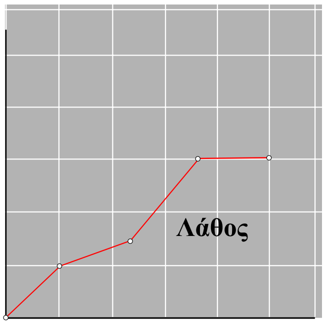
Η εκλογή των κλιμάκων για τους δύο άξονες πρέπει να είναι τέτοια, ώστε τα πειραματικά σημεία να καλύπτουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος από το χαρτί σχεδίασης.

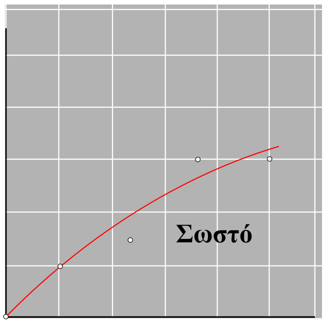
<u>Σημείωση 3η</u>:

Η κάθε υποδιαίρεση της κλίμακας στους άξονες πρέπει να είναι ίση ή ακέραιο πολλαπλάσιο των αριθμών 1,2,5,10.

Αυτή η επιλογή μας διευκολύνει να προσδιορίζουμε τα σημεία που αντιστοιχούν σε τιμές ενδιάμεσες από αυτές που έχουν σημειωθεί.

Σημείωση 4η:
Συνδέουμε τα πειραματικά σημεία με ομαλή γραμμή και όχι τεθλασμένη. Όταν δεν μπορούμε να φέρουμε ομαλή γραμμή που να διέρχεται από τα σημεία, τότε χαράσσουμε την ομαλή γραμμή που τα προσεγγίζει και τα κατανέμει ισόρροπα από τη μια και την άλλη πλευρά.





10.2 Γραφικές παραστάσεις μερικών απλών συναρτήσεων

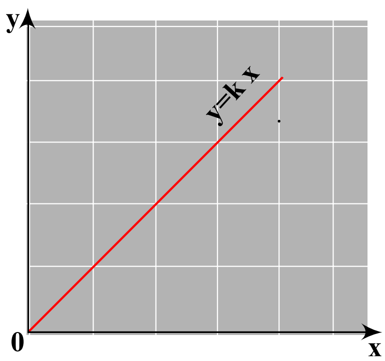
Γραφική παράσταση ευθέως αναλόγων ποσοτήτων
Στον ΠΙΝΑΚΑ φαίνεται ότι, όταν η μεταβλητή x (ανεξάρτητη μεταβλητή) διπλασιάζεται, τότε και η μεταβλητή y (εξαρτημένη μεταβλητή) διπλασιάζεται, όταν η x τριπλασιάζεται, τότε και η y τριπλασιάζεται κ.ο.κ. Λέμε ότι η y είναι ευθέως ανάλογη της x ή συμβολικά $y \propto x$.

Ισχύει $\frac{y}{x} = k$ όπου k είναι η σταθερά αναλογίας ή $y=kx$

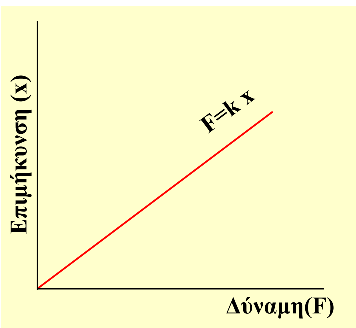
Για μία εξίσωση, όπως η $y=kx$, η γραφική παράσταση είναι ευθεία η οποία διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

ΠΙΝΑΚΑΣ

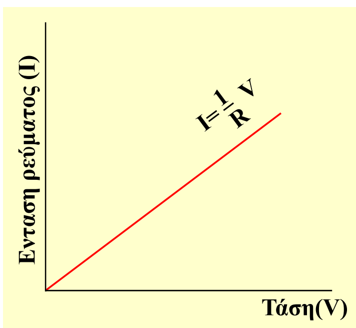
x	y
1	3
2	6
3	8
4	10



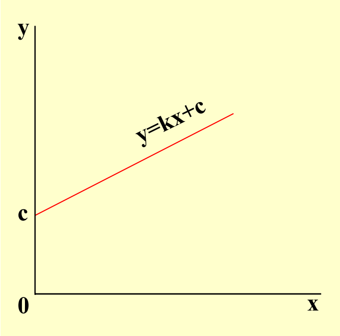
Παραδείγματα



Γραφική παράσταση της σχέσης μεταξύ δύναμης και επιμήκυνσης ελατηρίου (Νόμος του Hooke)



Γραφική παράσταση της σχέσης μεταξύ τάσης και έντασης ηλεκτρικού ρεύματος (Νόμος του Ohm).



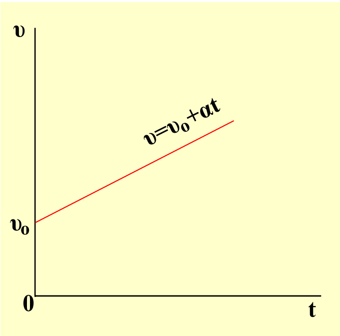
Γραφική παράσταση ποσοτήτων που μεταβάλλονται γραμμικά αλλά όχι ευθέως ανάλογα

Η σχέση μεταξύ των μεταβλητών x και y είναι

$$y = kx + c$$

όπου k και c είναι σταθερές ποσότητες.

Για τη συνάρτηση αυτή η γραφική παράσταση είναι ευθεία, η οποία δεν διέρχεται από την αρχή των αξόνων. Η αρχή της ευθείας είναι το σημείο (0, c)



Παράδειγμα

Στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με αρχική ταχύτητα $υ_0$ ισχύει η εξίσωση

$$υ = υ_0 + αt$$

όπου υ η ταχύτητα του κινητού κατά τη χρονική στιγμή t, $υ_0$ η αρχική του ταχύτητα και α η επιτάχυνσή του.

Η γραφική παράστασή της είναι ευθεία.

Η αρχή της ευθείας είναι το σημείο (0, $υ_0$).

Γραφική παράσταση αντιστρόφως αναλόγων ποσοτήτων

ΠΙΝΑΚΑΣ

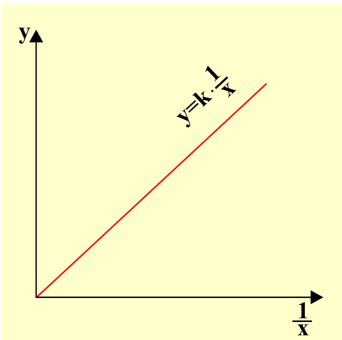
x	y
1	12
2	6
3	4
4	3

Στον ΠΙΝΑΚΑ φαίνεται ότι, όταν η μεταβλητή x διπλασιάζεται, τότε η y γίνεται η μισή, όταν η μεταβλητή x τριπλασιάζεται, τότε η y γίνεται το 1/3 κ.ο.κ. Λέμε ότι η y είναι αντιστρόφως ανάλογη της x ή συμβολικά $y \propto \frac{1}{x}$. Επειδή στις αντιστρόφως ανάλογες ποσότητες το γινόμενο δύο αντίστοιχων τιμών είναι σταθερό, μπορούμε να γράψουμε.

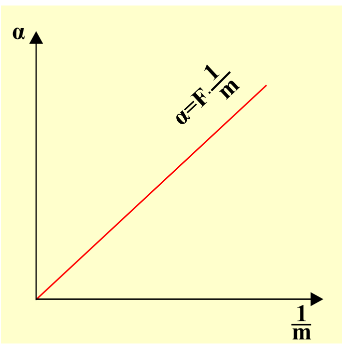
$$xy = k$$

όπου k είναι μία σταθερά

$$\text{ή } y = k\frac{1}{x}$$



Η γραφική παράσταση της y συναρτήσει της x είναι μία καμπύλη. Αν όμως θεωρήσουμε ως ανεξάρτητη μεταβλητή την ποσότητα $\frac{1}{x}$, τότε η γραφική παράσταση που θα προκύψει είναι ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

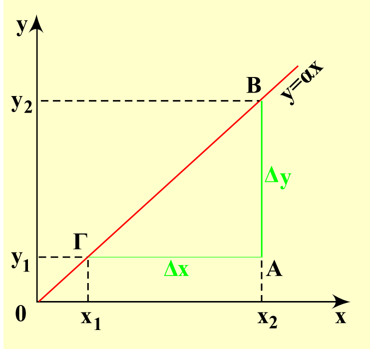


Παράδειγμα

Για σταθερή δύναμη F, η επιτάχυνση α που αποκτά ένα σώμα είναι αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του.

$$α = F\frac{1}{m}$$

10.3 Η κλίση της γραμμής σε μία γραφική παράσταση



Κλίση γραμμικής συνάρτησης

Ας θεωρήσουμε τη γραφική παράσταση μιας γραμμικής συνάρτησης π.χ. της $y = \alpha x$, η οποία είναι ευθεία.

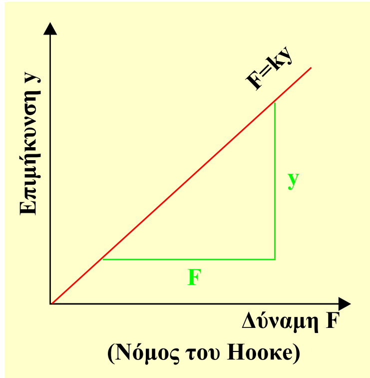
Για να βρούμε την κλίση της ευθείας, σχεδιάζουμε ένα μεγάλο ορθογώνιο τρίγωνο ΑΒΓ, όπως φαίνεται στην εικόνα. Βρίσκουμε τις τιμές των δύο κάθετων πλευρών του στις αντίστοιχες μονάδες των αξόνων.

$$AB = \Delta y = y_2 - y_1$$
$$\text{και } \Gamma A = \Delta x = x_2 - x_1$$

Υπολογίζουμε έπειτα την κλίση της γραφικής παράστασης από το λόγο των δύο αυτών πλευρών του τριγώνου

$$\text{Κλίση} = \frac{AB}{\Gamma A} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

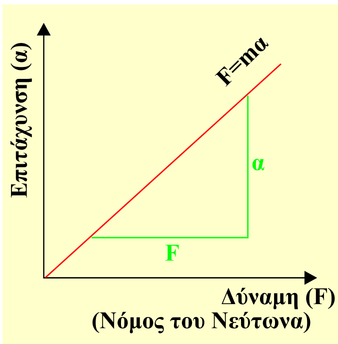
Φυσική σημασία της κλίσης σε γραφικές παραστάσεις



Η κλίση γραφικής παράστασης έχει σε πολλές περιπτώσεις κάποια φυσική σημασία: είναι ίση με την τιμή κάποιου φυσικού μεγέθους.

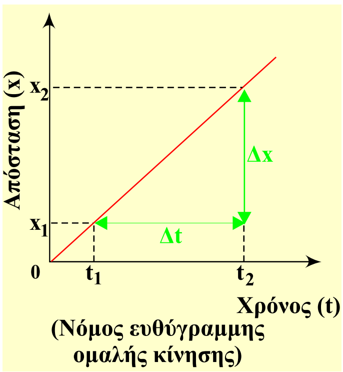
Η κλίση στη γραφική παράσταση της επιμήκυνσης συναρτήσει της δύναμης είναι ίση με το αντίστροφο της σταθεράς k του ελατηρίου

$$\frac{y}{F} = \frac{1}{k}$$



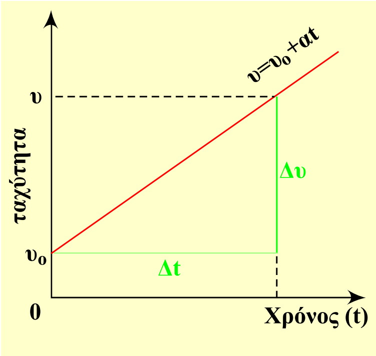
Η κλίση στη γραφική παράσταση της επιτάχυνσης συναρτήσει της δύναμης είναι ίση με το αντίστροφο της μάζας m του σώματος

$$\frac{\alpha}{F} = \frac{1}{m}$$



Η κλίση στη γραφική παράσταση της απόστασης συναρτήσει του χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση είναι ίση αριθμητικά με την ταχύτητα του κινητού

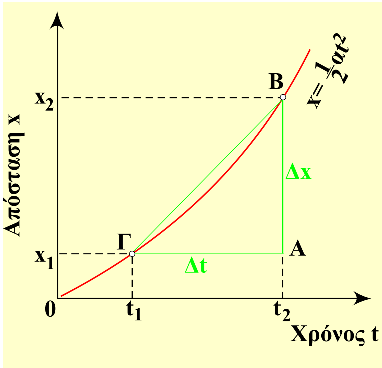
$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \upsilon$$



Η κλίση στη γραφική παράσταση της ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση είναι ίση αριθμητικά με την επιτάχυνση του κινητού

$$\frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = \frac{\upsilon - \upsilon_0}{t} = \alpha$$

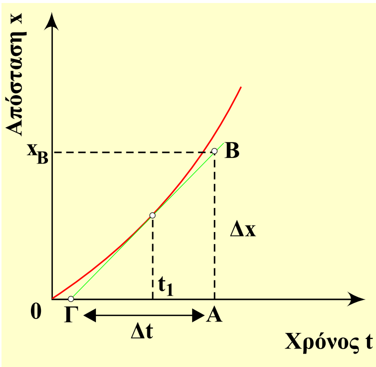
<u>Κλίση σε μη γραμμική συνάρτηση</u>



Όταν η γραφική παράσταση είναι καμπύλη γραμμή μπορούμε να υπολογίσουμε την κλίση της για δύο σημεία της ή για ένα.

Η κλίση στη γραφική παράσταση της απόστασης συναρτήσει του χρόνου για δύο σημεία της καμπύλης είναι ίση με την αριθμητική τιμή της μέσης ταχύτητας υ_μ του κινητού.

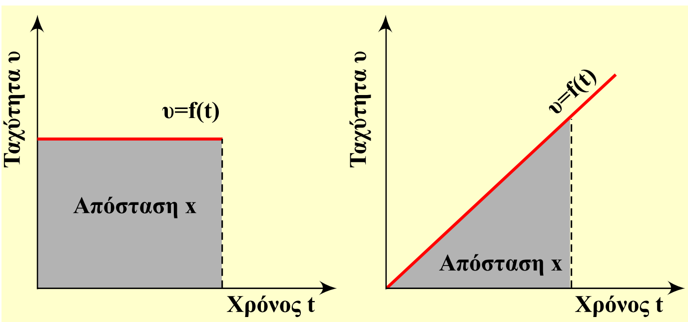
$$\frac{AB}{\Gamma A} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$



Η κλίση στη γραφική παράσταση της απόστασης συναρτήσει του χρόνου σε ένα σημείο (δηλαδή σε μια χρονική στιγμή t_1) βρίσκεται, αν φέρουμε την εφαπτομένη στο σημείο αυτό και σχηματίσουμε ένα ορθογώνιο τρίγωνο ΑΒΓ. Η κλίση της εφαπτομένης είναι ίση με την τιμή της στιγμιαίας ταχύτητας του κινητού.

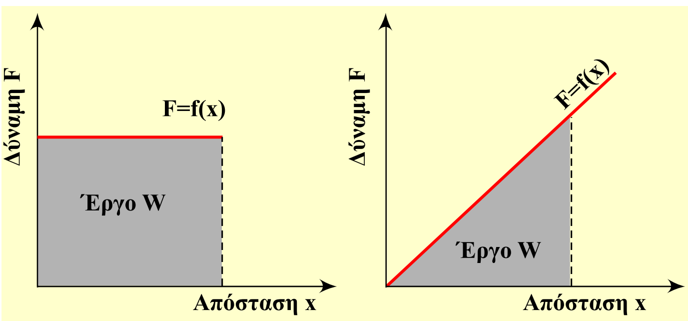
$$\frac{AB}{\Gamma A} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_B}{\Delta t} = \upsilon$$

10.4 Το εμβαδόν γραφικής παράστασης



Σε πολλές περιπτώσεις το εμβαδόν που ορίζεται από τη γραμμή της συνάρτησης y=f(x), από τον άξονα των τετμημένων και τα όρια μεταβολής της τετμημένης έχει αξιοσημείωτη φυσική σημασία.

Σε κάθε διάγραμμα το εμβαδόν είναι ίσο αριθμητικά με την απόσταση x που διήνυσε το κινητό.



Σε κάθε διάγραμμα το εμβαδόν είναι ίσο αριθμητικά με το έργο W που παρήγαγε η δύναμη F.