

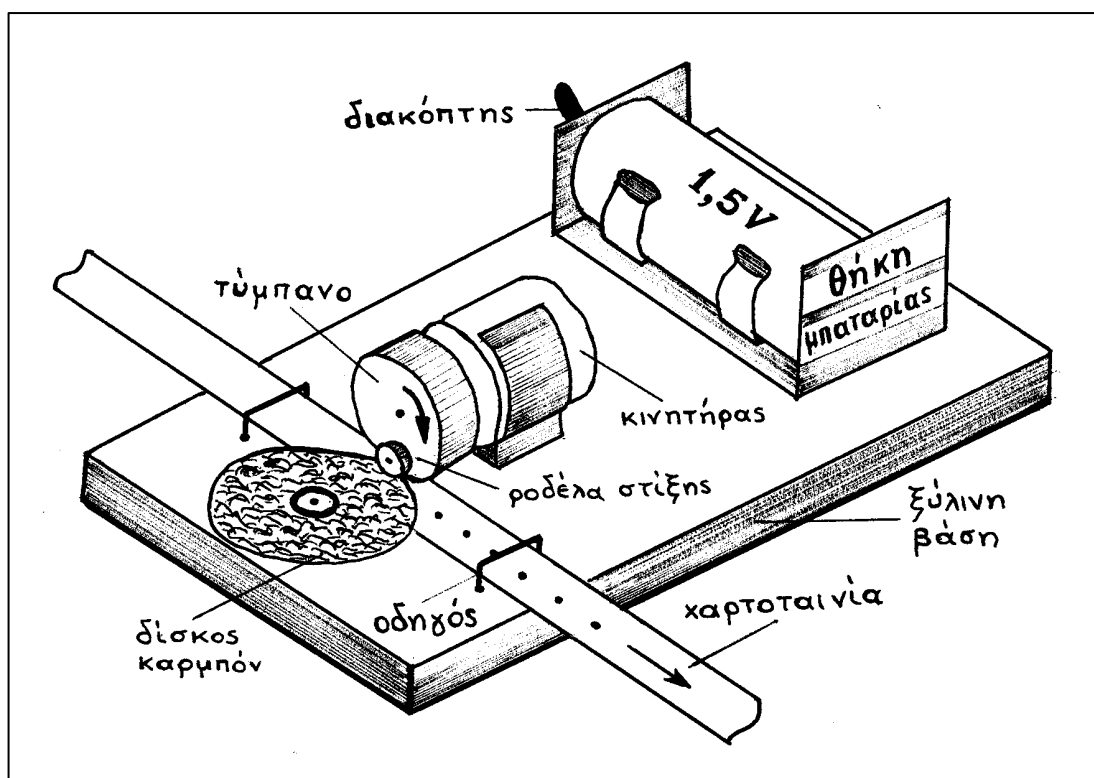
ΧΡΟΝΟΜΕΤΡΗΤΗΣ

ΒΑΣΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΣΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟΜΕΤΡΗΤΗ

Τι είναι ο χρονομετρητής ;

- Ο χρονομετρητής :
 - ✓ αξιοποιείται στους εργαστηριακούς οδηγούς της Γ' Γυμνασίου και της Α' Εν. Λυκείου
 - ✓ είναι μια απλή συσκευή για την πειραματική μελέτη των κινήσεων
 - ✓ αποτελεί απαραίτητη συσκευή στην πραγματοποίηση των περισσότερων εργαστηριακών ασκήσεων
 - ✓ μας εξυπηρετεί στην παραγωγή της αναπαράστασης μιας κίνησης με εγγραφές (τελίτσες) σε ίσα χρονικά διαστήματα



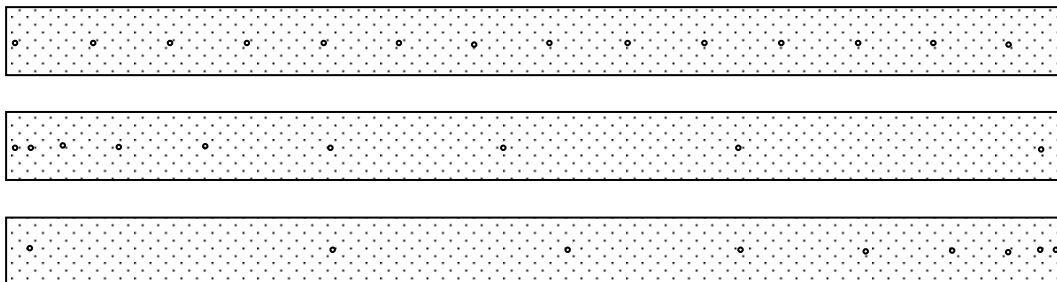
- Στα νέα εργαστήρια των Εν. Λυκείων έχουν σταλεί οι ηλεκτρομαγνητικοί χρονομετρητές με ακίδα, η οποία γράφει σε αυτογραφική ταινία. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει μπορούμε να τον αγοράσουμε ή να τον κατασκευάσουμε.

Κατασκευή του χρονομετρητή με κινητήρα

- Αποτελείται από μία ξύλινη βάση, πάνω στην οποία στερεώνεται ένας ηλεκτρικός κινητήρας (βλέπε σχήμα).
- Στον άξονα του κινητήρα είναι προσαρμοσμένος ένας πλαστικός ή ξύλινος δίσκος (τύμπανο).
- Πάνω στο δίσκο (τύμπανο) σε ένα σημείο της περιφέρειάς του είναι στερεωμένη μια μικρή ροδέλα στίξης.
- Σε δύο κατάλληλες θέσεις βρίσκονται οι οδηγοί της χαρτοταινίας, οι οποίοι την κρατούν κατά την κίνησή της κάτω από το τύμπανο με τη ροδέλα στίξης.
- Η τροφοδοσία γίνεται από μια μπαταρία (1,5 V) μέσα σε κατάλληλη θήκη, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει και ο διακόπτης λειτουργίας.
- Παρελκόμενα του χρονομετρητή είναι ένας δίσκος φελλού, ένα κυκλικό κομμάτι καρμπόν, μια καρφίτσα για στερέωση του καρμπόν και η χαρτοταινία.

Λειτουργία του χρονομετρητή

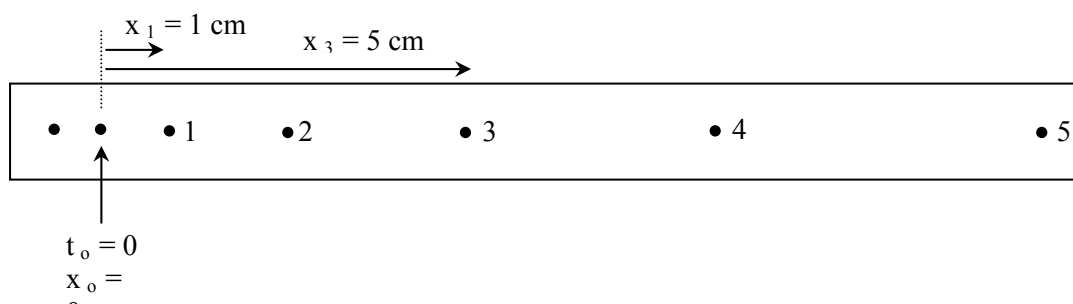
- Περνάμε τη χαρτοταινία μέσα στους οδηγούς και κάτω από το καρμπόν.
- Θέτουμε σε λειτουργία το χρονομετρητή και σύρουμε τη χαρτοταινία.
- Σε κάθε περιστροφή του τύμπανου αποτυπώνεται μια κουκίδα στη χαρτοταινία από τη ροδέλα στίξης.
- Οι κουκίδες αποτυπώνονται σε ίσα χρονικά διαστήματα, που θα τα ονομάζουμε "τικ".
- Αν η μπαταρία είναι καινούρια η συχνότητα περιστροφής του τύμπανου είναι 50 Hz και το 1 τικ αντιστοιχεί σε $1 / 50 \text{ s} = 0,02 \text{ s}$.



ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΞΑΣΚΗΣΗ ΜΕ ΧΡΟΝΟΜΕΤΡΗΤΕΣ

1. Τυχαία κίνηση του χεριού

- Ο καθηγητής παρουσιάζει τους χρονομετρητές και αφήνει για λίγο τους μαθητές να εξοικειωθούν με τη συσκευή.
- Κάθε μαθητής παίρνει ένα κομμάτι χαρτοταινία και αποτυπώνει μια τυχαία κίνηση του χεριού του, που στη συνέχεια θα γίνει η μελέτη αυτής της κίνησης.
- Πάνω στη χαρτοταινία ορίζεται το χωροχρονικό σύστημα αναφοράς όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα :



α) Θέση : από τη χαρτοταινία κατασκευάζουμε τον πίνακα θέσης – χρόνου με μονάδες 1cm και 1τικ αντίστοιχα :

ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΣΗΣ – ΧΡΟΝΟΥ									
χρόνος t → τικ	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
θέση x → cm	-1	0	1	2,5	5	8	10	12	13

β) Ταχύτητα : από τις τιμές του πίνακα x – t μπορούμε να υπολογίσουμε τη μέση ταχύτητα v_3 από 1 – 3 τικ :

$$v_3 = \frac{x_3 - x_1}{t_3 - t_1} = \frac{(5 - 1) \text{ cm}}{(3 - 1) \text{ τικ}} = 2 \frac{\text{cm}}{\text{τικ}}$$

- Η μέση ταχύτητα v_3 αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια 2 τικ ή 0,04 s.
- Αν η χρονική αυτή διάρκεια θεωρηθεί πολύ μικρή ($\Delta t \rightarrow 0$), τότε η μέση ταχύτητα v_3 , που υπολογίστηκε από 1 – 3 τικ είναι μια πολύ καλή προσέγγιση της στιγμιαίας ταχύτητας στο μέσο του χρονικού διαστήματος, δηλαδή στο 2^ο τικ.
- Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία μπορούμε να υπολογίσουμε την στιγμιαία ταχύτητα σε οποιοδήποτε τικ και έτσι μπορούμε να έχουμε τον πίνακα ταχύτητας – χρόνου.

γ) Επιτάχυνση : από τις τιμές του πίνακα v – t μπορούμε να υπολογίσουμε τη μέση επιτάχυνση a_3 από 1 – 3 τικ :

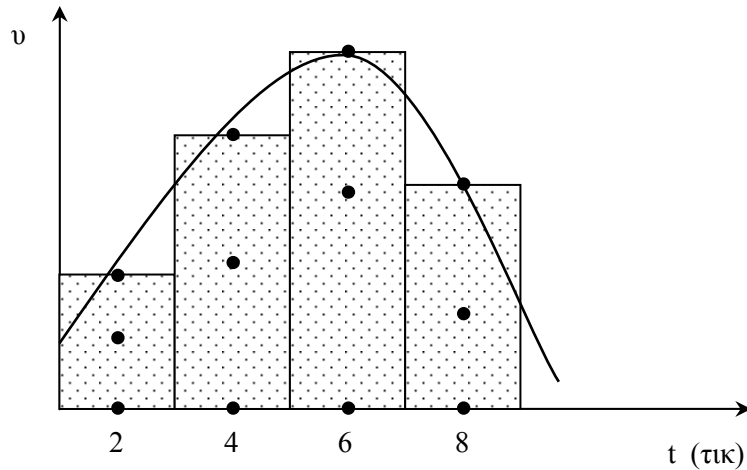
$$a_3 = \frac{v_3 - v_1}{t_3 - t_1} = \frac{(2,75 - 1,25) \text{ cm/τικ}}{(3 - 1) \text{ τικ}} = 0,75 \frac{\text{cm}}{\text{τικ}^2}$$

- Η μέση επιτάχυνση a_3 αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια 2 τικ ή 0,04 s.
- Αν η χρονική αυτή διάρκεια θεωρηθεί πολύ μικρή ($\Delta t \rightarrow 0$), τότε η μέση επιτάχυνση a_3 , που υπολογίστηκε από 1 – 3 τικ είναι μια πολύ καλή προσέγγιση της στιγμιαίας επιτάχυνσης στο μέσο του χρονικού διαστήματος, δηλαδή στο 2^ο τικ.
- Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία μπορούμε να υπολογίσουμε την στιγμιαία επιτάχυνση σε οποιοδήποτε τικ και έτσι μπορούμε να έχουμε τον παρακάτω πίνακα επιτάχυνσης – χρόνου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΣΗΣ, ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ, ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ – ΧΡΟΝΟΥ									
χρόνος $t \rightarrow$ τικ	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
θέση $x \rightarrow$ cm	-1	0	1	2,5	5	8	10	12	13
ταχύτητα $v \rightarrow \frac{\text{cm}}{\text{τικ}}$		1	1,25	2	2,75	2,5	2	1,5	
επιτάχυνση $a \rightarrow \frac{\text{cm}}{\text{τικ}^2}$			0,5	0,75	0,25	-0,375	-0,5		

Παρατηρήσεις

- Παρατηρούμε ότι δεν μπορούμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση στο 0 τικ γιατί δεν προβλέψαμε να κρατήσουμε τη θέση στο - 2 τικ.
- Τα πράγματα πλέον παίρνουν το δρόμο τους. Κατασκευάζουμε τις γραφικές παραστάσεις κ.λ.π. ...
- Αν κόψουμε τη χαρτοταινία σε κομμάτια που να αντιστοιχούν σε ίσα χρονικά διαστήματα π.χ. σε 2 τικ, τα τοποθετήσουμε το ένα δίπλα στο άλλο κατακόρυφα και ενώσουμε τις κουκίδες, που υπάρχουν στο πάνω άκρο των κομματιών, θα προκύψει το διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου όπως φαίνεται παρακάτω :



2. Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

- Η μελέτη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης γίνεται με τον ίδιο τρόπο.
- Μια καλή τέτοια κίνηση μπορεί να επιτευχθεί στον αεροδιάδρομο ή με καρτσάκι.

3. Ευθ. ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση

- Η ευθ. ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση μπορεί να γίνει :
 - ✓ είτε με καρτσάκι που έλκεται μέσω νήματος και τροχαλίας από βαράκι
 - ✓ είτε σε κεκλιμένο επίπεδο
 - ✓ είτε με την ελεύθερη πτώση

4. Ελεύθερη πτώση

- Τοποθετούμε κατακόρυφα το χρονομετρητή και στη χαρτοταινία κολλάμε ένα βαράκι.
- Αυτό που χρειάζεται προσοχή είναι όχι τόσο η τελική τιμή του g , αλλά να ανακαλύψουν οι μαθητές ότι η ελεύθερη πτώση είναι κίνηση ομαλά επιταχυνόμενη.
- Για να προκύψει τιμή δεκτή για το g , πρέπει να είναι σωστή η συχνότητα του χρονομετρητή. Αρκεί ένα λάθος συχνότητας 2 Hz για να εκτοξεύσει την τιμή του g κοντά στο 25 m/s^2 !
- Η μέτρηση της συχνότητας του χρονομετρητή μπορεί να γίνει μόνο με τη βοήθεια του στροβοσκοπίου.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Στην εργασία των μαθητών με τη χαρτοταινία είναι πιθανό να παρατηρηθούν τα εξής :
 - ✓ μεγάλη δυσκολία στη χρήση του χάρακα
 - ✓ ταυτίζουν το "σχεδόν ίσα" με το "ίσα" στην διαδικασία μέτρησης του μήκους
 - ✓ κατανοούν εύκολα το "γρήγορα" ή "αργά", ενώ δυσκολεύονται να υπολογίσουν από τον πίνακα μετρήσεων την ταχύτητα
 - ✓ συγχέουν την χρονική διάρκεια με τη χρονική στιγμή (ένδειξη 4 τικ και χρονική στιγμή 4 τικ).
 - ✓ συγχέουν τις έννοιες θέση και μετατόπιση
- Στην κατασκευή μιας γραφικής παράστασης παρατηρούνται διάφορες δυσκολίες στους μαθητές, αλλά με την καθοδήγηση του καθηγητή τα καταφέρνουν :
 - ✓ δυσκολεύονται στην επιλογή κατάλληλης κλίμακας
 - ✓ δυσκολεύονται στην κατασκευή και κατανόηση της γραφικής παράστασης σε ένα απλό χαρτί, ενώ στο μιλιμετρέ χαρτί :
 - αφενός κατασκευάζουν ευκολότερα τη γραφική παράσταση
 - αφετέρου τα πράγματα γίνονται πιο εύκολα όταν κολληθεί πάνω η ταινία
 - ✓ συγχέουν την γεωμετρία της κίνησης με την κλίση της γραφικής παράστασης
- Τελικά οι μαθητές :
 - ✓ επινοούν τρόπους για την καλύτερη επιτυχία των πειραμάτων
 - ✓ αποκτούν την ικανότητα να διαβάζουν τις γραφικές παραστάσεις
 - ✓ προσπαθώντας να ενώσουν τα σημεία της γραφικής παράστασης, καταλαβαίνουν και την έννοια του σφάλματος στις μετρήσεις
- Όσον αφορά την επιτάχυνση :
 - ✓ η έννοια της επιτάχυνσης κατανοείται δύσκολα στο Γυμνάσιο (κατά το πλείστον μηχανικά)
 - ✓ πριν το πείραμα για την ελεύθερη πτώση η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών (πάνω από το 90%) υποστηρίζει ότι η ελεύθερη πτώση είναι «μια γρήγορη Ε.Ο.Κ.», αλλά παρατηρώντας απλά τη χαρτοταινία, πείθονται όλοι ότι πρόκειται για ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση
 - ✓ με την επεξεργασία της χαρτοταινίας βρίσκουν και την τιμή της επιτάχυνσης
 - ✓ η επιτάχυνση της βαρύτητας υπολογίζεται σε cm/tic^2 , οπότε για να μετατραπεί σε m/s^2 θα πρέπει να γίνει μέτρηση του τικ και άρα της συχνότητας περιστροφής του χρονομετρητή. Καλή μέτρηση συχνότητας μπορεί να γίνει μόνο εκείνη τη στιγμή με τη βοήθεια στροβοσκοπίου.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

- Καταλήγοντας συμπεραίνουμε ότι ο χρονομετρητής είναι μία συσκευή :
 - ✓ κατάλληλη για την πειραματική μελέτη των κινήσεων στη Γ΄ τάξη Γυμνασίου και Α΄ τάξη Λυκείου
 - ✓ απλή και ταυτόχρονα ένα πολυδύναμο όργανο, αφού μας εξυπηρετεί στην πειραματική μελέτη ενός μεγάλου φάσματος φαινομένων
 - ✓ που η ένταξή του στη σημερινή σχολική πρακτική απαιτείται να γίνει προσεκτικά μέσα από το προτεινόμενο και δοκιμασμένο πειραματικό πρόγραμμα
- Τα προτεινόμενα πειράματα εισάγονται για να διευκολυνθούν οι μαθητές :
 - ✓ στην κατανόηση εννοιών (χωροχρονικό σύστημα αναφοράς)
 - ✓ στην οικοδόμηση εννοιών / μεγεθών (ταχύτητα, επιτάχυνση)
 - ✓ στη μελέτη των νόμων (ευθύγρ. ομαλή, ελεύθερη πτώση κ.λ.π.)
- « Η γνώση χωρίς τη μέθοδο απόκτησής της δεν είναι τίποτα παραπάνω από μηχανική απομνημόνευση ». Μέχρι πρόσφατα πιστεύαμε ότι η Μηχανική μπορεί να διδαχθεί στο σχολείο μόνο θεωρητικά (κιμωλιοπίνακας, λύση προβλημάτων). Πρόκειται για έναν ευρέως διαδεδομένο μύθο. Από τη στιγμή που εμφανίστηκε στη σχολική τάξη ο χρονομετρητής, δεν δικαιούμαστε να συνεχίζουμε τη διδασκαλία στον πίνακα.
- Αξίζει να θυμίσουμε ότι η Φυσική δεν αποτελείται μόνο από :
 - ✓ έννοιες (υλικό σημείο, σύστημα αναφοράς, ...)
 - ✓ μεγέθη (ταχύτητα, επιτάχυνση, δύναμη, ...)
 - ✓ και νόμους ($F = m a$, ...)
 αλλά στη διαδικασία μάθησης αξιοποιούμε και ποικίλες αναπαραστάσεις όπως για παράδειγμα :
 - ✓ πίνακες τιμών
 - ✓ πράξεις μεταξύ διανυσμάτων
 - ✓ στροβοσκοπική αναπαράσταση (ιχνηλασία)
 - ✓ γραφικές παραστάσεις
 - ✓ διαγράμματα, σκίτσα, φωτογραφίες
 - ✓ κ.λ.π.
- Το πιο σημαντικό είναι αυτό που ονομάζουμε πεδίο εμπειρικής αναφοράς :
 - ✓ Ο καθηγητής είναι αυτός που επιλέγει ή επινοεί τα στοιχεία εμπειρικής αναφοράς, έτσι ώστε να δημιουργηθεί μέσα στην τάξη ένα ευνοϊκό περιβάλλον μάθησης
 - ✓ Ο καθηγητής αντλεί τα στοιχεία εμπειρικής αναφοράς από την προσωπική του εμπειρία, αλλά και από τις συζητήσεις του με άλλους συναδέλφους, που έχουν παρόμοιες ανησυχίες.
- Εκτός από το πεδίο εμπειρικής αναφοράς είναι απαραίτητο να σκεφτούμε ένα πεδίο ερωτημάτων, δηλαδή ένα σύνολο ερωτήσεων που θα θέσουμε στους μαθητές για κάποιο σκοπό, με πιο σημαντικές τις ερωτήσεις που αναφέρονται σε :
 - ✓ πρόβλεψη
 - ✓ εξήγηση
 - ✓ γενίκευση
 Ερεθίσματα των ερωτήσεών μας μπορεί να είναι :
 - ✓ πειράματα
 - ✓ διαγράμματα
 - ✓ φωτογραφίες
 - ✓ γκραβούρες κ.λ.π.
 κατά προτίμηση σε διαφάνειες ή φωτοτυπίες.