

## ΜΕΛΕΤΗ ΕΥΘ. ΟΜΑΛΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ( ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΗΣ )

### Α. ΣΤΟΧΟΙ

- Η ικανότητα συναρμολόγησης μιας απλής πειραματικής διάταξης.
- Η σύγκριση των πειραματικών δεδομένων με τις θεωρητικές προβλέψεις.

### Β. ΘΕΜΑ

- Η αποτύπωση της ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης ενός σώματος μέσω της ελεύθερης πτώσης πάνω σε χαρτοταινία με τη βοήθεια χρονομετρητή.
- Η μελέτη και εξαγωγή συμπερασμάτων από τη χαρτοταινία για την κίνηση όσον αφορά :
  - ✓ τη χρονική στιγμή, το χρονικό διάστημα, τη θέση του κινητού
  - ✓ την μετατόπιση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση του κινητού

### Γ. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Χρονομετρητής ( με κινητήρα ή ηλεκτρομαγνητικός )
- Χαρτοταινία
- Σώμα – κινητό, που θα εκτελέσει κίνηση ( βίδα, βιβλίο κ.λ.π. )
- Ορθοστάτης με απλό σύνδεσμο
- Παραλληλόγραμμη βάση
- Σφιγκτήρας τύπου G



### Δ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

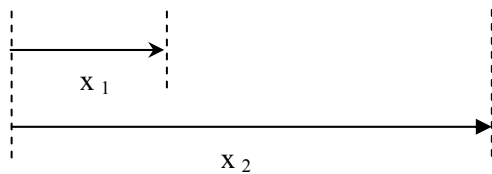
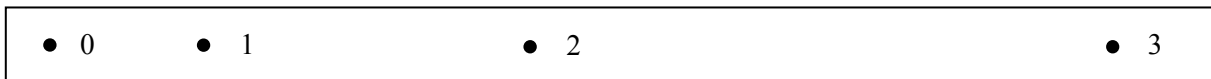
- Για την πραγματοποίηση και κατανόηση της άσκησης χρειάζονται οι παρακάτω γνώσεις από το σχολικό βιβλίο της Α' τάξης Γενικού Λυκείου :
  - ✓ Ενότητα 1.1.2 : Ο προσδιορισμός της θέσης ενός σωματίου
  - ✓ Ενότητα 1.1.3 : Οι έννοιες της χρονικής στιγμής, του συμβάντος και της χρονικής διάρκειας
  - ✓ Ενότητα 1.1.4 : Η μετατόπιση σωματίου πάνω σε άξονα
  - ✓ Ενότητα 1.1.7 : Η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας
  - ✓ Ενότητα 1.1.8 : Η έννοια της επιτάχυνσης στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση
  - ✓ Ενότητα 1.1.9 : Οι εξισώσεις θέσης και ταχύτητας ενός κινητού στην Ε.Ο.Μ. κίνηση
  - ✓ Ενότητα 1.2.7 : Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων

## E. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

### 1. ... Η ΧΑΡΤΟΤΑΙΝΙΑ :

- Παρατηρώντας τη χαρτοταινία βλέπουμε ίχνη (●) ανά διαστήματα, που τα αριθμούμε (0, 1, 2, 3, ...).
- Τα ίχνη στην αρχή έχουν μικρή απόσταση μεταξύ τους, βαθμιαία όμως οι αποστάσεις όλο και μεγαλώνουν.

$$\begin{array}{cccc} t_0 = 0 & t_1 & t_2 & t_3 \\ x_0 = \hat{\quad} & x_1 & x_2 & x_3 \end{array}$$



### 2. ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ

- **Χρονική στιγμή** ( $t$ ) είναι το μέγεθος που μας δείχνει πότε συμβαίνει ένα γεγονός :
  - ✓ η χρονική στιγμή δεν έχει διάρκεια
  - ✓ παράδειγμα χρονικής στιγμής είναι η έναρξη μιας κίνησης
- Κάθε ίχνος (0, 1, 2, 3, ...) πάνω στη χαρτοταινία αντιστοιχεί σε μία χρονική στιγμή  $t$  της κίνησης :  $t_0, t_1, t_2, \dots$
- **Μηδενικό χρόνο** ( $t_0 = 0$ ) λέμε τη χρονική στιγμή, που αρχίζει να συμβαίνει ένα φαινόμενο ή τη χρονική στιγμή που αρχίζουμε τις παρατηρήσεις μας.
- Το αρχικό ίχνος (0) αντιστοιχεί στην αρχή μέτρησης του χρόνου ( $t_0 = 0$ ) για την κίνηση.

### 3. ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ

- **Χρονικό διάστημα** ( $\Delta t$ ) είναι το μέγεθος που μας δείχνει πόσο διαρκεί ένα φαινόμενο.
- Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο ιχνών της χαρτοταινίας (χρονικών στιγμών) είναι ένα χρονικό διάστημα.
- Μεταξύ δύο διαδοχικών ιχνών μεσολαβεί ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα της κίνησης :

$$\Delta t = t_v - t_{v-1} = 1 \text{ tick} = \dots \text{ s}$$

- **1 tick** είναι το χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί :
  - ✓ μεταξύ δύο διαδοχικών ιχνών της χαρτοταινίας
  - ✓ στην περίοδο περιστροφής ή ταλάντωσης  $T$  ( ανάλογα με το μοντέλο ) του χρονομετρητή

- ΕΦΑΡΜΟΓΗ : Για συχνότητα περιστροφής ή ταλάντωσης  $f = 50 \text{ Hz}$  είναι :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} \text{ s} = 0,02 \text{ s}$$

άρα :

$$1 \text{ tick} = 1 T = 0,02 \text{ s}$$

- **ΣΗΜΕΙΩΣΗ** : Στις περιπτώσεις που χρειαζόμαστε ακρίβεια στην περίοδο του χρονομετρητή, πρέπει να ελέγχουμε την συχνότητά του με τη βοήθεια του στροβοσκοπίου, διαφορετικά μπορεί να προκύψουν μεγάλα σφάλματα στον υπολογισμό ενός μεγέθους.

#### 4. ΘΕΣΗ

- Κάθε ίχνος ( 0, 1, 2, 3, ... ) αντιστοιχεί σε μία **θέση**  $x$  του κινητού την αντίστοιχη χρονική στιγμή  $t$  της κίνησης :  $x_0, x_1, x_2, x_3, \dots$
- **Σημείο αναφοράς** είναι η αρχή μέτρησης των μετατοπίσεων για την κίνηση, που αντιστοιχεί στο αρχικό ίχνος ( 0 ) :  $x_0 = 0$

#### 5. ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ

- **Μετατόπιση** ( $\Delta x$ ) πάνω στην ευθεία της κίνησης του κινητού, είναι ένα διάνυσμα με αρχή την αρχική θέση του κινητού και τέλος την τελική του θέση.
- **Απόσταση** είναι το μήκος της τροχιάς, που διαγράφει το κινητό.
- Η μετατόπιση και η απόσταση ταυτίζονται στην ευθύγραμμη κίνηση σταθερής φοράς.
- Η απόσταση μεταξύ δύο ιχνών της χαρτοταινίας αντιστοιχεί στη μετατόπιση του κινητού στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα.

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Το αρχικό ίχνος ( 0 = σημείο αναφοράς ) αντιστοιχεί, όπως αναφέραμε :
  - ✓ αφενός στην αρχή μέτρησης του χρόνου ( $t_0 = 0$ )
  - ✓ αφετέρου στην αρχή μέτρησης των μετατοπίσεων ( $x_0 = 0$ )
- Το πρώτο ίχνος ( 1 ) μετά το αρχικό :
  - ✓ αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή  $t_1 = 1 \text{ tick} = 0,02 \text{ s}$
  - ✓ αντιστοιχεί στη θέση  $x_1$  που βρίσκεται το κινητό τη χρονική στιγμή  $t_1$
  - ✓ δείχνει το χρονικό διάστημα  $\Delta t$ , που πέρασε από την αρχή μέτρησης των χρόνων και είναι  $\Delta t = (1 - 0) \text{ tick} = 1 \text{ tick} = 0,02 \text{ s}$
  - ✓ δείχνει τη μετατόπιση  $\Delta x$  του κινητού από την αρχή μέτρησης των μετατοπίσεων  $x_0$  μέχρι τη θέση  $x_1$  και είναι  $\Delta x = x_1 - x_0 = x_1$
- Το δεύτερο ίχνος ( 2 ) μετά το αρχικό :
  - ✓ αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή  $t_2 = 2 \text{ tick} = 2 \cdot 0,02 \text{ s} = 0,04 \text{ s}$
  - ✓ αντιστοιχεί στη θέση  $x_2$  που βρίσκεται το κινητό τη χρονική στιγμή  $t_2$
  - ✓ δείχνει το χρονικό διάστημα  $\Delta t$ , που πέρασε από την χρονική στιγμή :
    - $t_0 = 0$  και που είναι :  $\Delta t = 2 - 0 = 2 \text{ tick} = 2 \cdot 0,02 \text{ s} = 0,04 \text{ s}$
    - $t_1 = 1 \text{ tick}$  και που είναι :  $\Delta t = 2 - 1 = 1 \text{ tick} = 1 \cdot 0,02 \text{ s} = 0,02 \text{ s}$
  - ✓ δείχνει τη μετατόπιση  $\Delta x$  του κινητού :
    - από την χρονική στιγμή  $t_0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_2$ , που είναι  $\Delta x = x_2 - x_0 = x_2$
    - από την χρονική στιγμή  $t_1$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_2$ , που είναι  $\Delta x = x_2 - x_1$

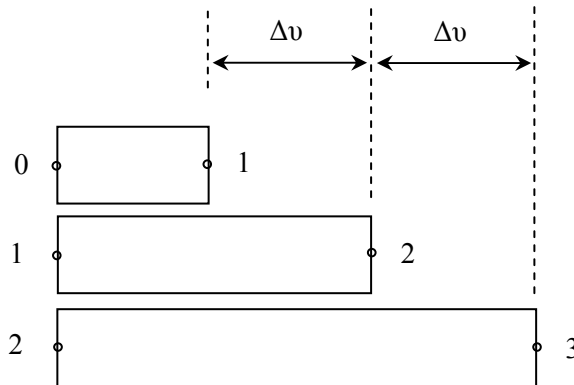
#### 6. ΤΑΧΥΤΗΤΑ

- **Μέση ταχύτητα** είναι το φυσικό μέγεθος, που προκύπτει σαν το πηλίκο της μετατόπισης προς την αντίστοιχη χρονική διάρκεια.
- Η μέση ταχύτητα  $v$  σε μία μετατόπιση  $\Delta x$  που αντιστοιχεί σε δύο διαδοχικά ίχνη της χαρτοταινίας, εκφράζεται αριθμητικά από τη μετατόπιση αυτή, η οποία αντιστοιχεί πάντα σε χρόνο  $\Delta t = 1 \text{ tick}$  :

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{1} = \overset{\text{αριθμ}}{\Delta x}$$

#### 7. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

- Η διαφορά μήκους μεταξύ δύο διαδοχικών κομματιών της χαρτοταινίας, (που αντιστοιχούν σε δύο διαδοχικές μέσες ταχύτητες), δίνει τη μεταβολή  $\Delta v$  της μέσης ταχύτητας στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα.



## 8. ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ

- Όλα τα  $\Delta y$  είναι ίσα και επειδή αντιστοιχούν σε χρόνο  $\Delta t = 1$  τικ, συμπεραίνουμε ότι :
  - ✓ Η επιτάχυνση  $a$  εκφράζεται αριθμητικά από κάθε κομμάτι  $\Delta y$  όταν  $\Delta t = 1$  τικ :

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{\Delta y}{1} = \Delta y$$

- ✓ η επιτάχυνση  $a = g$  της ελεύθερης πτώσης είναι σταθερή.

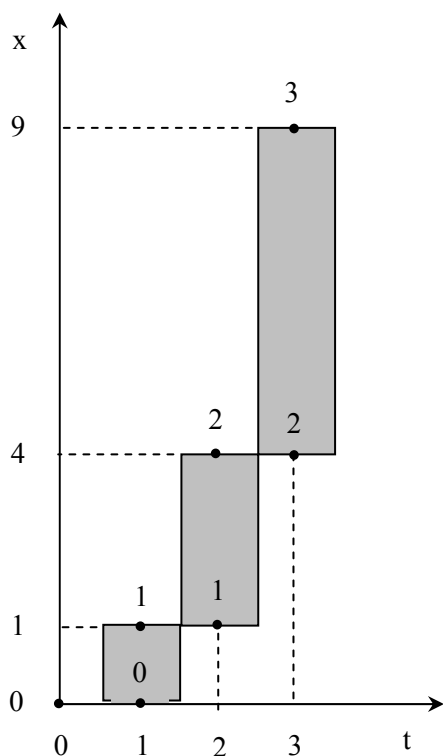
## ΣΤ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Στηρίζουμε κατάλληλα τον χρονομετρητή σε ορθοστάτη με βάση.
2. Περνάμε τη χαρτοταινία από τους οδηγούς (ειδικές υποδοχές) του χρονομετρητή και κάτω από το καρμπόν.
3. Στηρίζουμε στην άκρη της χαρτοταινίας το διαθέσιμο σώμα – κινητό.
4. Θέτουμε σε λειτουργία τον χρονομετρητή.
5. Αφήνουμε ελεύθερο το σώμα – κινητό να πέσει.
6. Πάνω στη χαρτοταινία έχει αποτυπωθεί η κίνηση της ελεύθερης πτώσης του σώματος.
7. Σημειώνουμε έντονα με το στυλό τα ίχνη για να φαίνονται καλύτερα.
8. Αναπαράγουμε τη χαρτοταινία σε δέκα (10) αντίτυπα με το στυλό.

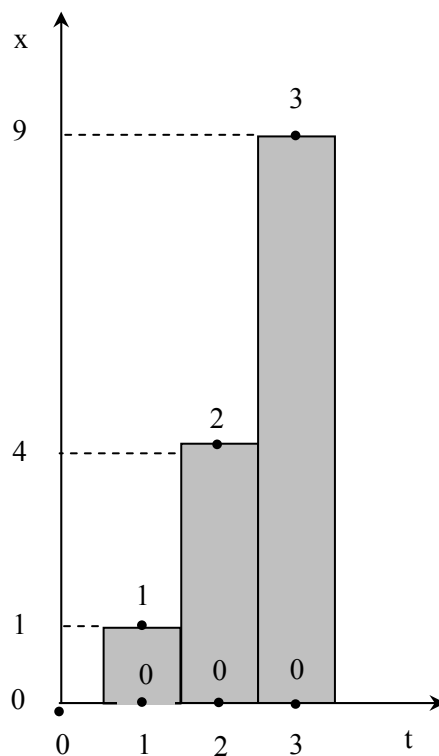
### 1. ΜΕΛΕΤΗ $x - t$ :

1. Σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο σύστημα αξόνων  $x - t$  πάνω σε μιλιμετρέ χαρτί.
2. Επεξεργαζόμαστε τη χαρτοταινία με μία από τις δύο μεθόδους για την κατασκευή του ραβδόγραμματος :
  - **Α' μέθοδος** (χρειάζεται 1 αντίτυπο της χαρτοταινίας, ραβδόγραμμα Εικόνα 1) :
    - ✓ κόβουμε τη χαρτοταινία ανά ένα ή δύο ή τρία ίχνη, ώστε τα κομμάτια να μην είναι πολύ μικρά (αν κόψουμε τη χαρτοταινία ανά δύο ίχνη, ο χρόνος είναι και αυτός διπλάσιος, αλλά πάντα σταθερός). Έτσι :
      - ✓ το πρώτο κομμάτι αντιστοιχεί στη μετατόπιση κατά τη χρονική διάρκεια  $0 \rightarrow 1$  τικ
      - ✓ το δεύτερο κομμάτι αντιστοιχεί στη μετατόπιση κατά τη χρονική διάρκεια  $1 \rightarrow 2$  τικ
      - ✓ κ.ο.κ.
  - **Β' μέθοδος** (χρειάζονται 10 αντίτυπα της χαρτοταινίας, ραβδόγραμμα Εικόνα 2) :
    - ✓ Αναπαράγουμε τη χαρτοταινία σε δέκα (10) αντίτυπα και κόβουμε από κάθε αντίτυπο ένα κομμάτι, που θα αντιστοιχεί σε δύο ή περισσότερα ίχνη, ώστε τα κομμάτια να μην είναι πολύ μικρά. Έτσι :
      - ✓ το πρώτο κομμάτι από το 1ο αντίτυπο αντιστοιχεί στη μετατόπιση κατά τη χρονική διάρκεια  $0 \rightarrow 1$  τικ
      - ✓ το δεύτερο κομμάτι από το 2ο αντίτυπο αντιστοιχεί στη μετατόπιση κατά τη χρονική διάρκεια  $0 \rightarrow 2$  τικ
      - ✓ κ.ο.κ.

3. Κολλάμε τα κομμάτια στο μιλιμετρέ χαρτί κατάλληλα ανάλογα με τη μέθοδο :
- Α' μέθοδος : στο τέλος του ενός κομματιού εφαρμόζει η αρχή του επόμενου
  - Β' μέθοδος : όλα τα κομμάτια έχουν κοινή αρχή
- όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες (1) και (2) :



Εικόνα 1

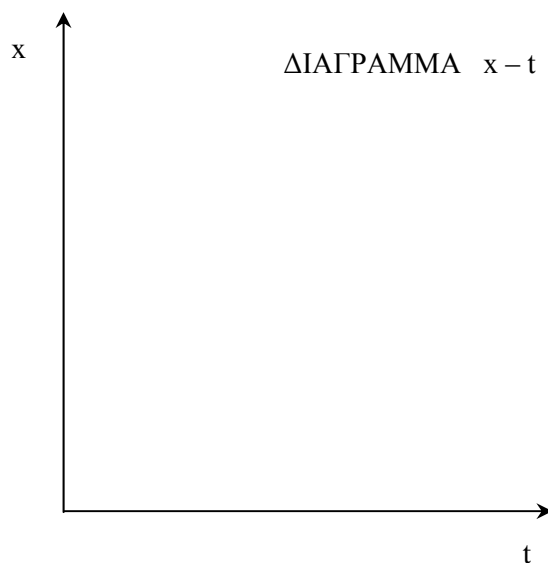


Εικόνα 2

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**

- Όπως βλέπουμε και από τα ραβδογράμματα, η μετατόπιση  $x$  είναι ανάλογη του τετραγώνου του χρόνου ( $x \propto t^2$ ).
- Για να φαίνεται καλύτερα το διάγραμμα μπορούμε να κολλάμε τις ταινίες αραιά, αλλά σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους.

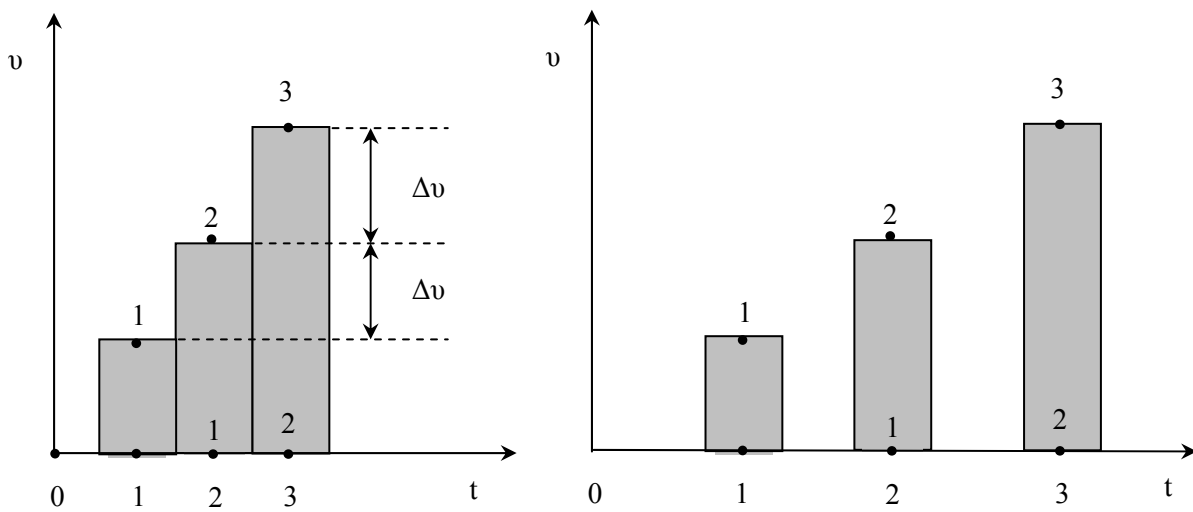
ΠΙΝΑΚΑΣ ( $x - t$ )		
A/A	t ( τικ ή s )	x ( cm )
1		
2		
3		
4		
5		



- Το πειραματικό διάγραμμα  $x - t$  με κομμάτια από τη χαρτοταινία φαίνεται στο τέλος ( ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ  $x - t$  ).

## 2. ΜΕΛΕΤΗ $v-t$ :

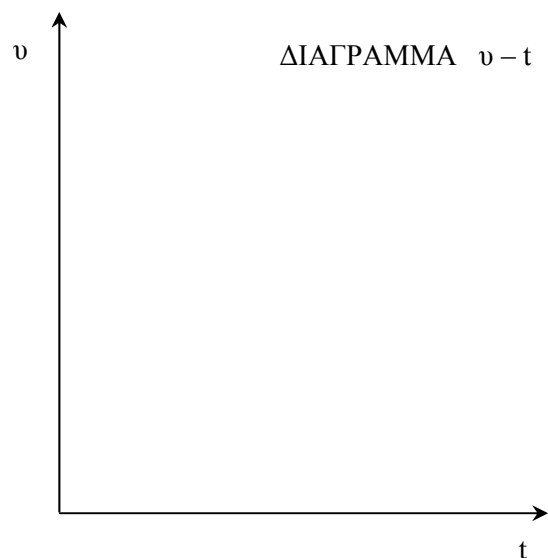
- Σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο σύστημα αξόνων  $v-t$  πάνω σε μιλιμετρέ χαρτί.
- Κόβουμε τη χαρτοταινία στα ίχνη (για να φαίνεται καλύτερα μπορούμε να κόψουμε τη χαρτοταινία ανά δύο ίχνη, οπότε ο χρόνος είναι και αυτός διπλάσιος, αλλά πάντα σταθερός)
  - ✓ Κάθε κομμάτι αντιστοιχεί στη μετατόπιση του κινητού κατά το αντίστοιχο χρονικό διάστημα (1 τικ), άρα κάθε κομμάτι εκφράζει τη μέση ταχύτητα στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα.
  - ✓ Το πρώτο κομμάτι αντιστοιχεί στη μετατόπιση κατά το χρονικό διάστημα  $0-1$  τικ και αντιστοιχεί στη μέση ταχύτητα  $s'$  αυτό το χρονικό διάστημα.
  - ✓ Το δεύτερο κομμάτι αντιστοιχεί στη μετατόπιση κατά το χρονικό διάστημα  $1-2$  τικ και αντιστοιχεί στη μέση ταχύτητα  $s''$  αυτό το χρονικό διάστημα.
  - ✓ Το τρίτο κομμάτι αντιστοιχεί στη μετατόπιση κατά το χρονικό διάστημα  $2-3$  τικ και αντιστοιχεί στη μέση ταχύτητα  $s'''$  αυτό χρονικό διάστημα κ.ο.κ.
- Κολλάμε τα κομμάτια στο μιλιμετρέ χαρτί (σε επαφή ή αραιά ανά ίσα διαστήματα), οπότε παίρνουμε τις παρακάτω εικόνες:



### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Όπως βλέπουμε και από το ραβδόγραμμα, η ταχύτητα  $v$  είναι ανάλογη του χρόνου  $t$ .
- Το πειραματικό διάγραμμα  $v-t$  με κομμάτια από τη χαρτοταινία φαίνεται στο τέλος (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ  $a-t$ ,  $v-t$ ).

ΠΙΝΑΚΑΣ ( $v-t$ )		
A/A	t ( τικ ή s )	v ( $\frac{cm}{\tauικ}$ ή $\frac{cm}{s}$ )
1		
2		
3		
4		
5		

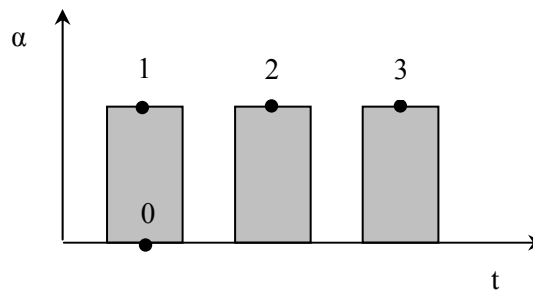
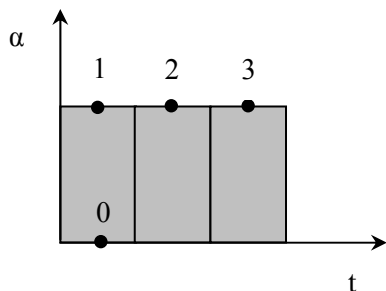


3. ΜΕΛΕΤΗ  $\alpha - t$ :

1. Σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο σύστημα αξόνων  $\alpha - t$  πάνω σε μιλιμετρέ χαρτί.
2. Κόβουμε τη χαρτοταινία στα ίχνη (για να φαίνεται καλύτερα μπορούμε να κόψουμε τη χαρτοταινία ανά δύο ίχνη, οπότε ο χρόνος είναι και αυτός διπλάσιος, αλλά πάντα σταθερός)

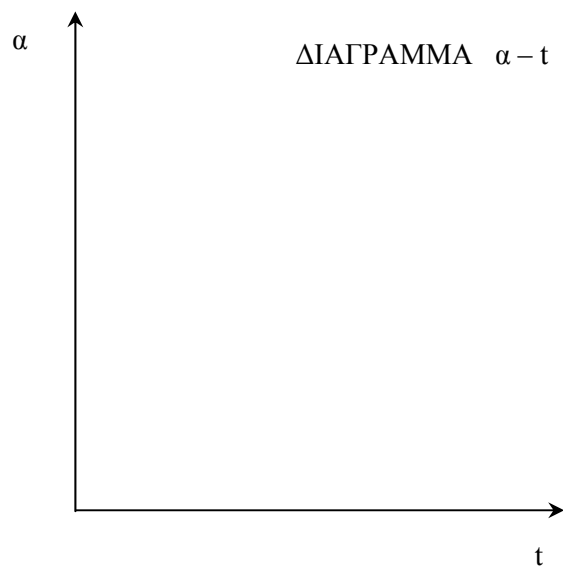
## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Κάθε κομμάτι της χαρτοταινίας, όπως αναφέραμε παραπάνω, εκφράζει τη μέση ταχύτητα του κινητού στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα.
- Κάθε κομμάτι διαφέρει από το προηγούμενό του κατά  $\Delta v_1 = \Delta v_2 = \dots = \Delta v$
- Κολλάμε τα κομμάτια στο μιλιμετρέ χαρτί (σε επαφή ή αραιά ανά ίσα διαστήματα), οπότε παίρνουμε τις παρακάτω εικόνες :



- Όπως βλέπουμε και από το ραβδόγραμμα, η επιτάχυνση  $\alpha = g$  της ελεύθερης πτώσης είναι σταθερή και ανεξάρτητη του χρόνου  $t$ .

ΠΙΝΑΚΑΣ ( $\alpha - t$ )		
A/A	t ( τικ ή s )	$\alpha$ ( $\frac{\text{cm}}{\text{τικ}^2}$ ή $\frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$ )
1		
2		
3		
4		
5		



- Το πειραματικό διάγραμμα  $\alpha - t$  με κομμάτια από τη χαρτοταινία φαίνεται στο τέλος ( ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ  $\alpha - t$ ,  $v - t$  ).

## Z. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι δηλώνει μια κουκίδα πάνω στη χαρτοταινία ;
2. Τι λέμε σημείο αναφοράς ;
3. Τι λέμε χρονική στιγμή και τι χρονικό διάστημα ;
4. Τι λέμε θέση και τι μετατόπιση του κινητού ;
5. Να βρεθεί το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να μετατοπιστεί το σώμα κατά 30 cm.
6. Πόσες κουκίδες υπάρχουν σε χρονικό διάστημα 1 s ;
7. Με ποια μορφή μαθηματικής συνάρτησης αντιστοιχεί το διάγραμμα :  
α)  $x - t$       β)  $v - t$       γ)  $\alpha - t$

8. Τι παριστάνει το μήκος της χαρτοταινίας μεταξύ δύο κουκίδων ;
9. Με τι αντιστοιχεί η μέση ταχύτητα του κινητού πάνω στη χαρτοταινία ;
10. Πώς μπορούμε να βρούμε τη μεταβολή της ταχύτητας του κινητού συγκρίνοντας δύο διαδοχικά κομμάτια της χαρτοταινίας ;
11. Με τι αντιστοιχεί η επιτάχυνση του κινητού πάνω στη χαρτοταινία ;

