

**ΦΥΣΙΚΗ Α΄ ΛΥΚΕΙΟΥ**  
**ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ: ΜΕΛΕΤΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗΣ ΟΜΑΛΑ**  
**ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΟΜΕΝΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ**

**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ - ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ**

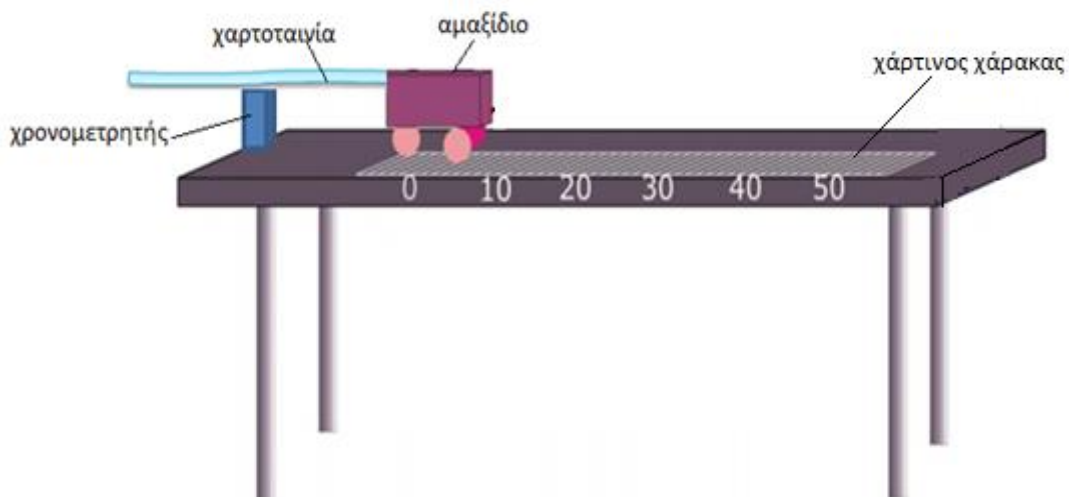
**Περιγραφή πειραματικής διάταξης:**

Το αμαξίδιο που φαίνεται στο σχήμα 1 και χρησιμοποιείται στο πείραμα, μπορεί να κινείται ευθύγραμμα πάνω στον εργαστηριακό πάγκο. Προκειμένου να μελετήσουμε την κίνηση του αμαξιδίου, κολλάμε με σελοτέιπ στο πίσω μέρος του ειδική χαρτοταινία μήκους περίπου 1m. Το άλλο άκρο της χαρτοταινίας τοποθετείται στην ειδική υποδοχή του ηλεκτρικού χρονομετρητή. Κατά την ευθύγραμμη κίνηση του αμαξιδίου η ακίδα του χρονομετρητή καταγράφει σημεία (κουκίδες) πάνω στη χαρτοταινία σε ίσα χρονικά διαστήματα. Από τα «αποτυπώματα» της κίνησης πάνω στη χαρτοταινία μπορεί να μελετηθεί η κίνηση του αμαξιδίου. Επίσης, προκειμένου να μετρηθούν αποστάσεις πάνω στη χαρτοταινία, στον εργαστηριακό πάγκο είναι κολλημένος ένας χάρτινος χάρακας.

Εάν το αμαξίδιο τοποθετηθεί ακριβώς μπροστά από το χρονομετρητή στη θέση  $x_0=0$  και τη χρονική στιγμή  $t_0=0$  του δοθεί μια αρχική ταχύτητα  $u_0$ , τότε θα εκτελέσει Ευθύγραμμη Ομαλά Επιβραδυνόμενη Κίνηση με μέτρο επιβράδυνσης  $a$  και θα ισχύουν οι εξισώσεις:

$$u = u_0 - a \cdot t \quad (1)$$

$$x = u_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad (2)$$



*Σχήμα 1: Πειραματική διάταξη.*

Για να πραγματοποιηθεί η πειραματική διάταξη καθώς και οι αντίστοιχες δραστηριότητες απαιτούνται τα εξής όργανα και υλικά:

1. Εργαστηριακός πάγκος
2. Εργαστηριακό αμαξίδιο
3. Ηλεκτρικός χρονομετρητής
4. Χαρτοταινία ειδική για χρονομετρητή
5. Χάρτινος χάρακας
6. Χαρτί μιλιμετρέ
7. Αριθμομηχανή
8. Μολύβι και γόμα

### Δραστηριότητες:

Οι μαθητές μιας τετραμελούς ομάδας εργασίας, προκειμένου να μελετήσουν την κίνηση του αμαξιδίου της παραπάνω πειραματικής διάταξης, εκτέλεσαν τις επόμενες δραστηριότητες και έλαβαν τις πειραματικές μετρήσεις που είναι καταχωρημένες στον πίνακα 1.

1. Έκοψαν 1m περίπου χαρτοταινίας και με σελοτέιπ κολλήσαν το ένα άκρο της στο πίσω μέρος του αμαξιδίου. Το άλλο άκρο της χαρτοταινίας το πέρασαν από την ειδική υποδοχή του χρονομετρητή.

2.

α) Τοποθέτησαν το αμαξίδιο ακριβώς μπροστά από το χρονομετρητή.

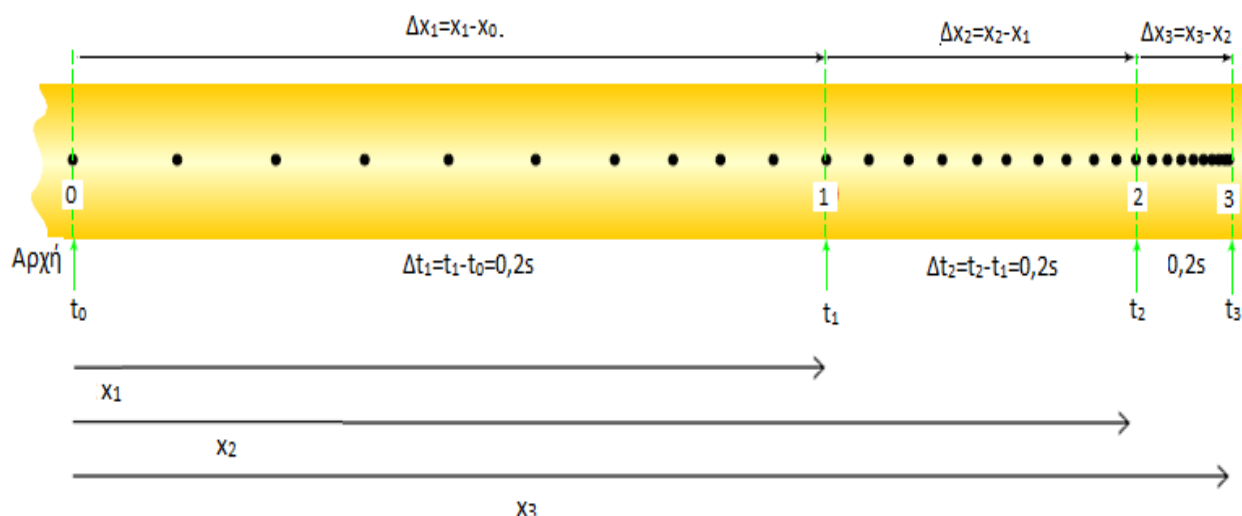
β) Έθεσαν το χρονομετρητή σε λειτουργία επιλέγοντας ως συχνότητα καταγραφής 50Hz.

γ) Εκτόξευσαν οριζόντια το αμαξίδιο με μια αρχική ταχύτητα  $u_0$ .

δ) Όταν το αμαξίδιο σταμάτησε να κινείται διέκοψαν τη λειτουργία του χρονομετρητή.

ε) Αφαίρεσαν τη χαρτοταινία από το αμαξίδιο.

3. Στη χαρτοταινία ήταν πλέον αποτυπωμένες κουκίδες (στιγμές) οι οποίες απέχουν χρονικά μεταξύ τους 0,02s (αφού η συχνότητα λειτουργίας του χρονομετρητή είναι  $f=50\text{Hz}$  δηλαδή  $T=0,02\text{s}$ ). Το παρακάτω σχήμα 2 δείχνει ποιοτικά τον τρόπο με τον οποίο αποτυπώθηκαν οι κουκίδες στη χαρτοταινία.



Σχήμα 2: Χαρτοταινία με κουκίδες.

4. Με βάση το σχήμα 2, οι μαθητές επεξεργάστηκαν τη χαρτοταινία που έλαβαν από την κίνηση του αμαξιδίου ως εξής:

- α) Σημείωσαν έντονα στη χαρτοταινία την πρώτη κουκίδα και την ονόμασαν κουκίδα μηδέν.
- β) Στη συνέχεια απαρίθμησαν τις επόμενες δέκα κουκίδες κατά μήκος της ταινίας και σημείωσαν έντονα την δέκατη κουκίδα, στην οποία απέδωσαν τον αριθμό 1.
- γ) Συνέχισαν με τον ίδιο τρόπο χωρίζοντας όλες τις επόμενες κουκίδες σε ομάδες με δέκα στιγμιοαποστάσεις.

5.

Οι μαθητές συμπλήρωσαν τις 4 πρώτες στήλες του παρακάτω πίνακα 1, ακολουθώντας τις εξής οδηγίες:

α) Η 1<sup>η</sup> στήλη περιέχει τον αύξοντα αριθμό των έντονων κουκίδων που σημείωσαν στη χαρτοταινία.

β) Η 2<sup>η</sup> στήλη περιέχει τη χρονική στιγμή που αντιστοιχεί σε κάθε έντονη κουκίδα δεδομένων ότι:

- Η κουκίδα 0 αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή  $t_0=0$ .
- Από “τικ” σε “τικ” του χρονομετρητή μεσολαβεί χρονικό διάστημα  $0,02s$
- Οι σημειούμενες έντονες κουκίδες είναι ανά δέκα στιγμιοαποστάσεις, οπότε το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από έντονη σε έντονη κουκίδα είναι  $10 \times 0,02s = 0,2s$ .

γ) Η 3<sup>η</sup> στήλη περιέχει το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δυο διαδοχικών έντονων κουκίδων δηλαδή,  $\Delta t_1=t_1-t_0$ ,  $\Delta t_2=t_2-t_1$ ,  $\Delta t_3=t_3-t_2$  κ.ο.κ.

δ) Η 4<sup>η</sup> στήλη περιέχει τη θέση στην οποία βρίσκεται κάθε έντονη κουκίδα (και επομένως και το αμαξίδιο), λαμβάνοντας ως θέση  $x_0=0$  τη θέση της κουκίδας 0. Άρα μετρώντας με το χάρτινο χάρακα τη θέση κάθε έντονης κουκίδας, οι μαθητές συμπλήρωσαν την 4<sup>η</sup> στήλη.

#### **Και από εδώ και πέρα εσείς!**

Συμπληρώστε τις υπόλοιπες στήλες του πίνακα 1 σύμφωνα με τις παρακάτω οδηγίες και εκτελέστε όλες τις επόμενες δραστηριότητες.

ε) Συμπληρώστε την 5η στήλη που περιέχει τις μετατοπίσεις του αμαξιδίου, λαμβάνοντας υπόψη ότι  $\Delta x_1=x_1-x_0$ ,  $\Delta x_2=x_2-x_1$ ,  $\Delta x_3=x_3-x_2$  κ.ο.κ.

στ) Εφαρμόζοντας τον τύπο της μέσης ταχύτητας  $u=\Delta x/\Delta t$ , συμπληρώστε την 6<sup>η</sup> στήλη.

Παρατήρηση: Η μέση ταχύτητα ενός κινητού σε ένα χρονικό διάστημα μιας ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης, συμπίπτει με τη στιγμιαία ταχύτητα του κινητού στο μέσο του χρονικού διαστήματος.

ζ) Συμπληρώστε την 7η στήλη που περιέχει τις μεταβολές ταχύτητας του αμαξιδίου. Η συμπλήρωση να γίνει με την ίδια λογική που ακολουθήσατε για συμπλήρωση της 5<sup>ης</sup> στήλης.

η) Εφαρμόζοντας τον τύπο της μέσης επιτάχυνσης  $a=\Delta u/\Delta t$ , συμπληρώστε την 8<sup>η</sup> στήλη.

Παρατήρηση: Η μέση επιτάχυνση ενός κινητού σε ένα χρονικό διάστημα μιας ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης, συμπίπτει με τη στιγμιαία επιτάχυνση του κινητού στο μέσο του χρονικού διαστήματος.

θ) Βρείτε το μέσο όρο των τιμών της στήλης 8 και συμπληρώστε στον πίνακα 1 το αντίστοιχο κελί.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1**

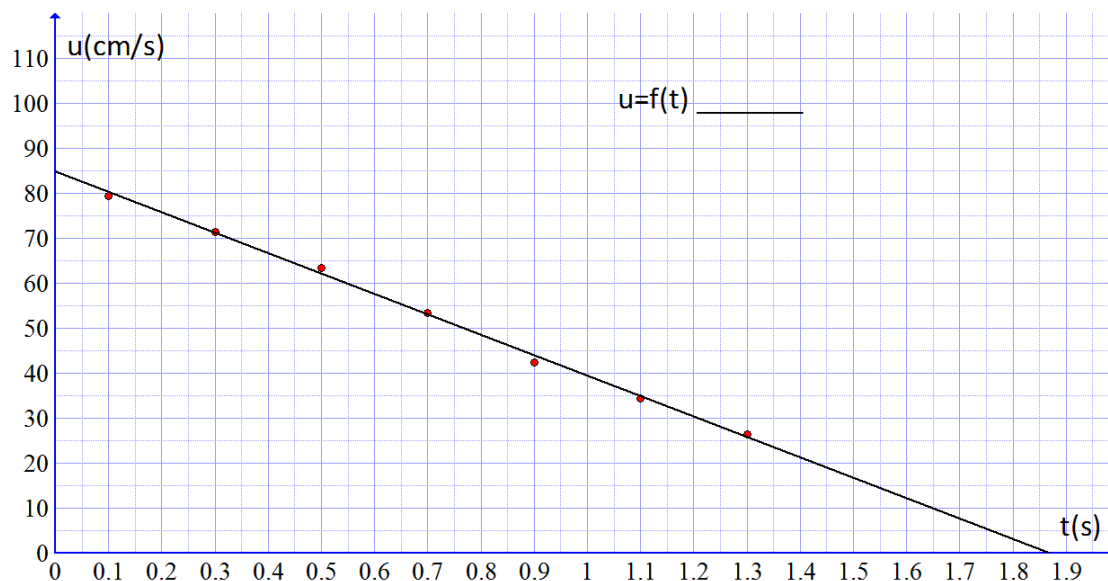
1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	3 <sup>η</sup>	4 <sup>η</sup>	5 <sup>η</sup>	6 <sup>η</sup>	7 <sup>η</sup>	8 <sup>η</sup>
αριθμός κουκίδας	t(s)	Δt(s)	x(cm)	Δx(cm)	u=Δx/Δt (cm/s)	Δu(cm/s)	α=Δu/0,2 (cm/s <sup>2</sup> )
0	t <sub>0</sub> =0		x <sub>0</sub> =0		-		
	0,1				79,5		
1	t <sub>1</sub> =0,2	0,2	x <sub>1</sub> =15,9	15,9			-40
	0,3				71,5	-8	
2	t <sub>2</sub> =0,4	0,2	x <sub>2</sub> =30,2	14,3			-40
	0,5				63,5	-8	
3	t <sub>3</sub> =0,6	0,2	x <sub>3</sub> =42,9	12,7			-50
	0,7				53,5	-10	
4	t <sub>4</sub> =0,8	0,2	x <sub>4</sub> =53,6	10,7			-55
	0,9				42,5	-11	
5	t <sub>5</sub> =1,0	0,2	x <sub>5</sub> =62,1	8,5			-40
	1,1				34,5	-8	
6	t <sub>6</sub> =1,2	0,2	x <sub>6</sub> =69	6,9			-40
	1,3				26,5	-8	
7	t <sub>7</sub> =1,4	0,2	x <sub>7</sub> =74,3	5,3			
							M.O.= - 44,17

**6.**

α) Σε χαρτί μιλιμετρέ, σχεδιάστε δύο κάθετους άξονες έτσι ώστε ο οριζόντιος άξονας να αφορά στο χρόνο t(s) και ο κατακόρυφος στην ταχύτητα u(cm/s) του σώματος. Επιλέγοντας τις κατάλληλες κλίμακες τοποθετήστε τα πειραματικά σημεία (t,u), σύμφωνα με τις τιμές των στηλών 2 και 6 του πίνακα 1.

Παρατήρηση:

Σχεδιάστε τη γραμμή της γραφικής παράστασης όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σύνολο των πειραματικών σημείων (η καλύτερη γραμμή).



β) Στο διάγραμμα u-t υπολογίστε την κλίση της γραμμής της γραφικής παράστασης  $u=f(t)$ .

Απ.

$$\text{Κλίση} = \Delta u / \Delta t = -45,4 \text{ cm/s}^2$$

γ) Ποια είναι η φυσική σημασία της κλίσης της γραμμής στο διάγραμμα u-t και σε ποιο φυσικό μέγεθος αντιστοιχεί;

Απ.

$$\text{Κλίση} = \Delta u / \Delta t = \alpha$$

Η κλίση εκφράζει το ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας που ως φυσικό μέγεθος είναι η επιτάχυνση.

Παρατήρηση!

Στην Ε.Ο.Επιβ.Κ. το μέγεθος  $\alpha$  σε αρκετά βιβλία Φυσικής αναφέρεται και ως επιβράδυνση, παρόλο που ως μέγεθος δεν υφίσταται.

δ) Συγκρίνετε την τιμή της κλίσης με το μέσο όρο των τιμών της 8<sup>ης</sup> στήλης του πίνακα 1. Τι παρατηρείτε;

Απ.

Στα πλαίσια των πειραματικών σφαλμάτων, η απόκλιση μεταξύ των δύο τιμών είναι μικρή.

ε) Από το διάγραμμα u-t να βρείτε την αρχική ταχύτητα  $u_0$  του αμαξιδίου.

Απ.

Προεκτείνουμε την ευθεία που έχουμε χαράξει μέχρι να τμήσει τον άξονα της ταχύτητας. Άρα για  $t_0=0$  είναι  $u_0=84,8 \text{ cm/s}$ .

στ) Να γράψετε την εξίσωση της γραφικής παράστασης του διαγράμματος u-t (εξίσωση ταχύτητας).

Απ.

$$u=84,8-45,4t \text{ (} u \text{ σε cm/s και } t \text{ σε s)}$$

ζ) Πως ονομάζεται η κίνηση του αμαξιδίου;

Απ.

Ευθύγραμμη Ομαλά Επιβραδυνόμενη Κίνηση με αρχική ταχύτητα  $u_0=84,8\text{cm/s}$  και μέτρο επιβράδυνσης  $\alpha=45,4\text{cm/s}^2$ .

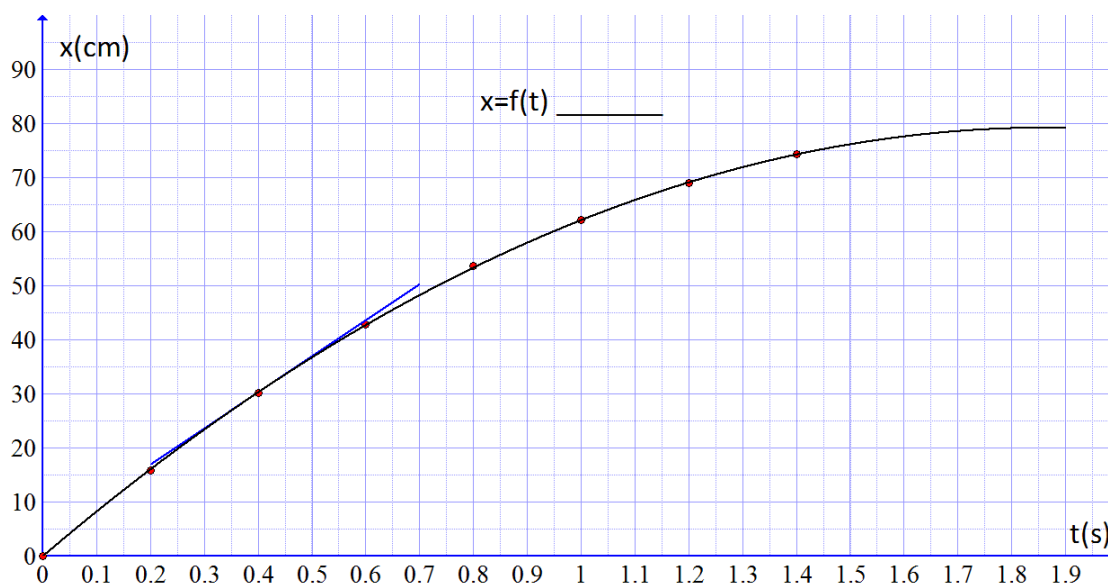
7.

α) Σε χαρτί μιλιμετρέ, σχεδιάστε δύο κάθετους άξονες έτσι ώστε ο οριζόντιος άξονας να αφορά στο χρόνο t(s) και ο κατακόρυφος στη θέση x(cm) του σώματος. Επιλέγοντας τις κατάλληλες κλίμακες τοποθετήστε τα πειραματικά σημεία (t,x), σύμφωνα με τις τιμές των στηλών 2 και 4 του πίνακα 1.

Παρατήρηση:

Σχεδιάστε τη καμπύλη της γραφικής παράστασης x-t λαμβάνοντας υπόψη:

- Ότι είναι της μορφής που περιγράφεται από τη σχέση (2).
- Ότι διέρχεται από το μηδέν και όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σύνολο των πειραματικών σημείων (η καλύτερη καμπύλη).



β) Να γράψετε την εξίσωση της γραφικής παράστασης του διαγράμματος x-t (εξίσωση κίνησης).

Απ.

$$x = 84,8 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 45,4 \cdot t^2 \text{ (} x \text{ σε cm και } t \text{ σε s)}$$

8.

α) Υπολογίστε την κλίση της καμπύλης στο διάγραμμα x-t που αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή  $t_1=0,4s$ . Ποια είναι η φυσική σημασία της κλίσης και σε ποιο φυσικό μέγεθος αντιστοιχεί;

Απ.

$$\text{Κλίση} = \Delta x / \Delta t = 66,64 \text{ cm/s}$$

*Η κλίση εκφράζει το ρυθμό μεταβολής της θέσης που ως φυσικό μέγεθος είναι η ταχύτητα.*

β) Συγκρίνετε τη κλίση που υπολογίσατε, με την τιμή της ταχύτητας τη χρονική στιγμή  $t_1=0,4s$  όπως προκύπτει από το διάγραμμα u-t . Τι παρατηρείτε;

Απ.

*Από το διάγραμμα u-t προκύπτει ότι τη χρονική στιγμή  $t_1=0,4s$  η ταχύτητα είναι  $u_1=66,6 \text{ cm/s}$ . Η απόκλιση μεταξύ των τιμών  $66,64 \text{ cm/s}$  και  $66,6 \text{ cm/s}$  είναι πολύ μικρή στα πλαίσια των πειραματικών σφαλμάτων.*

γ) Συνοψίζοντας τα συμπεράσματά σας, συμπληρώστε τις λέξεις στην παρακάτω πρόταση:

«Σε μια Ευθύγραμμη Ομαλά Επιβραδυνόμενη Κίνηση, η ...κλίση... της καμπύλης στο διάγραμμα x-t εκφράζει την ...ταχύτητα...»

9.

α) Με βάση το διάγραμμα x-t υπολογίστε τη μετατόπιση  $\Delta x$  του αμαξιδίου από τη χρονική στιγμή  $t_1=0,5s$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2=0,7s$ .

Απ.

$$\text{Για } t_1=0,5s \text{ αντιστοιχεί } x_1=36,57 \text{ cm}$$

$$\text{Για } t_2=0,7s \text{ αντιστοιχεί } x_2=48,06 \text{ cm}$$

$$\text{Άρα σε } \Delta t=0,2s \text{ αντιστοιχεί } \Delta x=11,49 \text{ cm.}$$

β) Με βάση το διάγραμμα u-t , υπολογίστε το εμβαδό που περικλείεται μεταξύ του άξονα του χρόνου (από  $t_1=0,5s$  έως  $t_2=0,7s$ ) και της ευθείας που παριστάνει την ταχύτητα.

Απ.

$$\text{Για } t_1=0,5s \text{ αντιστοιχεί } u_1=62,1 \text{ cm/s}$$

$$\text{Για } t_2=0,7s \text{ αντιστοιχεί } u_2=53 \text{ cm/s}$$

Άρα:

$$E = \frac{(62,1 + 53) \cdot 0,2}{2} = 11,51 \text{ cm}$$

γ) Τι παρατηρείτε από τους δυο παραπάνω υπολογισμούς;

Απ.

*Στο διάγραμμα u-t το εμβαδό που περικλείεται μεταξύ του άξονα του χρόνου και της ευθείας που παριστάνει την ταχύτητα, ισούται με τη μετατόπιση.*

δ) Συνοψίζοντας τα συμπεράσματά σας, συμπληρώστε τις λέξεις στην παρακάτω πρόταση:

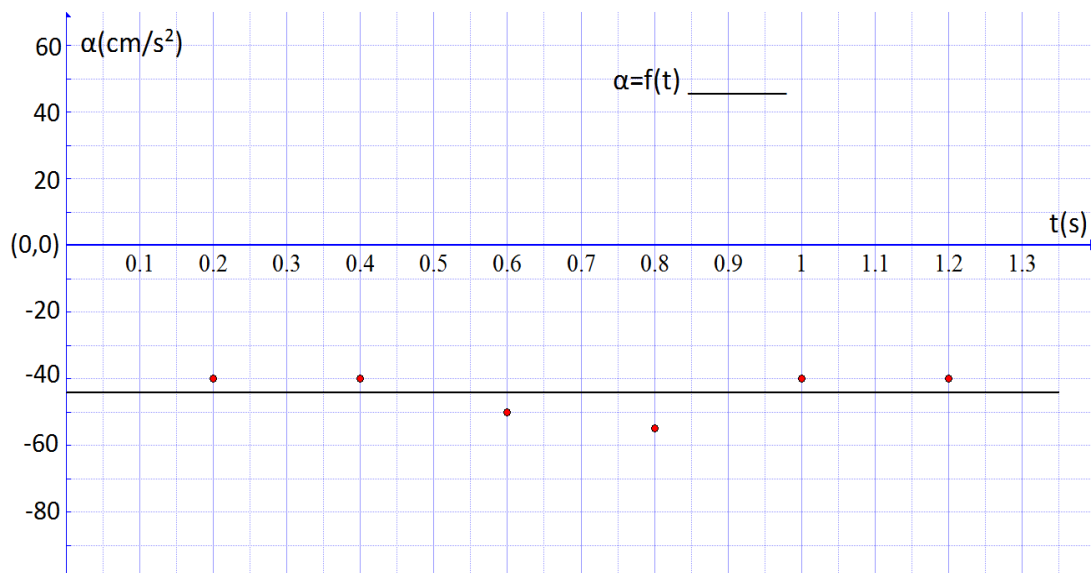
«Σε μια Ευθύγραμμη Ομαλά Επιβραδυνόμενη Κίνηση το ...εμβαδό... που περικλείεται μεταξύ του άξονα του χρόνου και της ευθείας που παριστάνει την ταχύτητα στο διάγραμμα  $u-t$ , εκφράζει τη ...μετατόπιση... .»

10.

α) Σε χαρτί μιλιμετρέ, σχεδιάστε δύο κάθετους άξονες έτσι ώστε ο οριζόντιος άξονας να αφορά στο χρόνο  $t(s)$  και ο κατακόρυφος στην επιβράδυνση  $a$  του σώματος. Επιλέγοντας τις κατάλληλες κλίμακες τοποθετήστε τα πειραματικά σημεία  $(t,a)$ , σύμφωνα με τις τιμές των στηλών 2 και 8 του πίνακα 1.

Παρατήρηση:

Σχεδιάστε τη γραμμή της γραφικής παράστασης όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σύνολο των πειραματικών σημείων (η καλύτερη γραμμή) και λαμβάνοντας υπόψη για την επιβράδυνση το μέσο όρο της στήλης 8



β) Να γράψετε την εξίσωση της γραφικής παράστασης του διαγράμματος  $a-t$ .

Απ.

$a = -44,17$  (όπου  $a$  σε  $cm/s^2$ )

11.

α) Με βάση το διάγραμμα  $u-t$  υπολογίστε τη μεταβολή της ταχύτητας  $\Delta u$  του αμαξιδίου από τη χρονική στιγμή  $t_1=0,6s$  έως τη χρονική στιγμή  $t_2=0,8s$ .

Απ.

Για  $t_1=0,6s$  αντιστοιχεί  $u_1=57,5cm/s$

Για  $t_2=0,8s$  αντιστοιχεί  $u_2=48,5cm/s$

Άρα σε  $\Delta t=0,2s$  αντιστοιχεί  $\Delta u=-9cm/s$ .



β) Με βάση το διάγραμμα α-t υπολογίστε το εμβαδό που περικλείεται μεταξύ του άξονα του χρόνου (από  $t_1=0,6s$  έως  $t_2=0,8s$ ) και της ευθείας που παριστάνει την επιτάχυνση.

Απ.

Για  $t_1=0,6s$  αντιστοιχεί  $\alpha=-44,17cm/s^2$

Για  $t_2=0,8s$  αντιστοιχεί  $\alpha=-44,17cm/s^2$

Άρα  $E=(0,8-0,6) \cdot (-44,17)=8,83cm/s$

γ) Τι παρατηρείτε από τους δυο παραπάνω υπολογισμούς;

Απ.

Στο διάγραμμα α-t το εμβαδό που περικλείεται μεταξύ του άξονα του χρόνου και της ευθείας που παριστάνει την επιτάχυνση, ισούται με τη μεταβολή της ταχύτητας.

δ) Συνοψίζοντας τα συμπεράσματά σας, συμπληρώστε τις λέξεις στην παρακάτω πρόταση:

«Σε μια Ευθύγραμμη Ομαλά Επιβραδυνόμενη Κίνηση το ...εμβαδό... που περικλείεται μεταξύ του άξονα του χρόνου και της ευθείας που παριστάνει την επιτάχυνση στο διάγραμμα α-t, εκφράζει τη ...μεταβολή... της ...ταχύτητας... .»

**12.**

α) Σε πόσο χρόνο σταματάει το αμαξίδιο από τη χρονική στιγμή  $t_0=0$  που ξεκινάει;

Απ.

Στο διάγραμμα u-t προεκτείνουμε την ευθεία μέχρι αυτή να τμήσει τον άξονα του χρόνου. Τη χρονική στιγμή  $t_{ολ}=1,87s$  η ταχύτητα του αμαξιδίου είναι μηδέν, άρα τότε σταματάει.

β) Πόσο είναι το διάστημα που διανύει το αμαξίδιο μέχρι να σταματήσει, από τη χρονική στιγμή  $t_0=0$  που ξεκινάει;

Απ.

$$E_{(OAB)} = \frac{1,87 \cdot 84,8}{2} = 79,29cm = x_{ολ}$$

**13.**

α) Από τις εξισώσεις (1) και (2) της θεωρίας να δείξετε ότι ο χρόνος που χρειάζεται για να σταματήσει το αμαξίδιο από τη χρονική στιγμή  $t_0=0$  που ξεκινάει δίνεται από τη σχέση:

$$t_{ολ} = \frac{u_0}{\alpha} \quad (3)$$

ενώ το διάστημα που διανύει δίνεται από τη σχέση:

$$x_{ολ} = \frac{u_0^2}{2 \cdot \alpha} \quad (4)$$

β) Κάνοντας αντικατάσταση των μεγεθών  $u_0$  και  $a$  στις σχέσεις (3) και (4) επαληθεύστε την ορθότητά τους.

*Απ.*

$$t_{ολ}=1,87s$$

$$x_{ολ}=79,19cm$$

*Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με τα αποτελέσματα της ερώτησης 12, επαληθεύεται η ορθότητα των σχέσεων (3) και (4) στα πλαίσια των πειραματικών σφαλμάτων.*