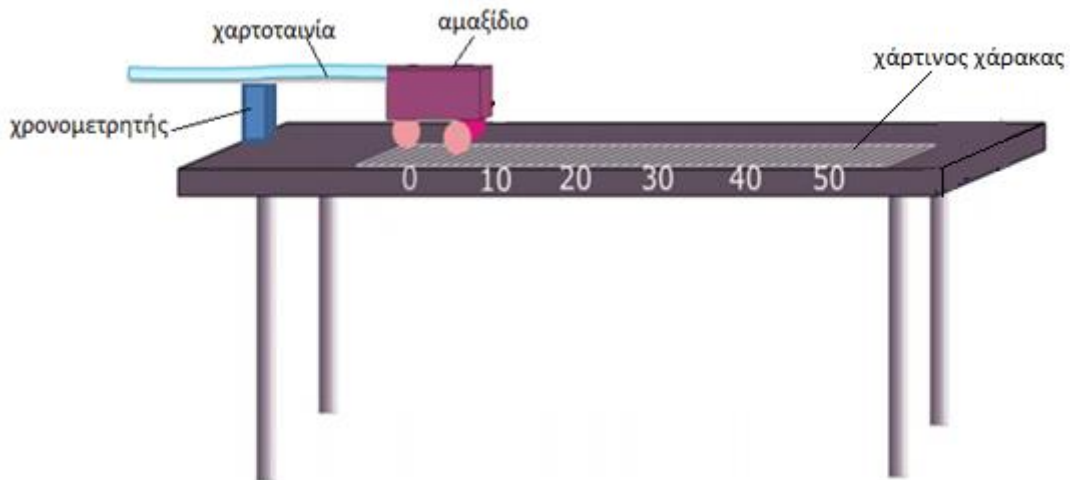


ΦΥΣΙΚΗ Α΄ ΛΥΚΕΙΟΥ
ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ: ΜΕΛΕΤΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΔΙΑΔΟΧΙΚΩΝ
ΚΙΝΗΣΕΩΝ

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 3,5m. 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.



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 μιλιομέτρε
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 3,5m 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.

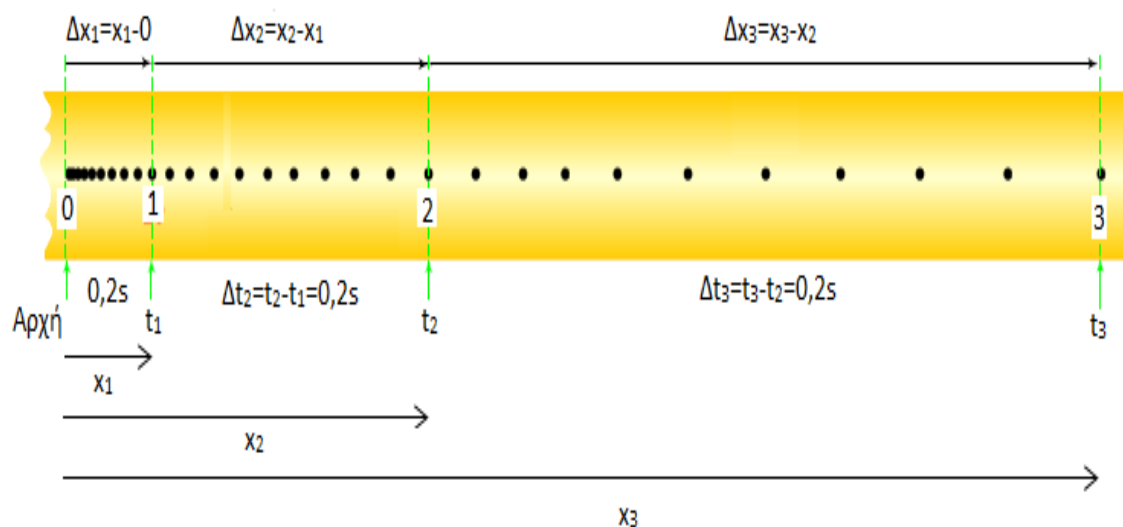
β) Έθεσαν το χρονομετρητή σε λειτουργία επιλέγοντας ως συχνότητα καταγραφής 50Hz.

γ) Πάτησαν το κουμπί εκκίνησης (ON) στο αμαξίδιο και το άφησαν να κινηθεί.

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 σε ένα αρχικό κομμάτι της χαρτοταινίας.



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 στιγμοαποστάσεις.

5.

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

α) Η 1^η στήλη περιέχει τον αύξοντα αριθμό των έντονων κουκίδων που σημείωσαν στη χαρτοταινία.

β) Η 2^η 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^η 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^η 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^η 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^η 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^{ης} στήλης .

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

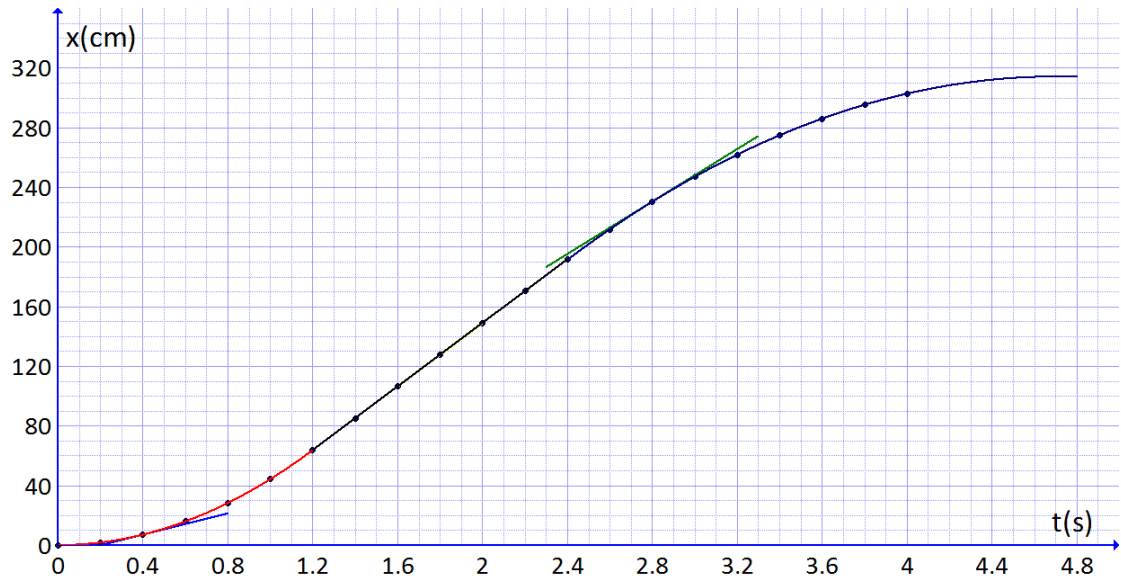
Παρατήρηση: Η μέση επιτάχυνση ενός κινητού σε ένα χρονικό διάστημα μιας ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης, συμπίπτει με τη στιγμιαία επιτάχυνση του κινητού στο μέσο του χρονικού διαστήματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

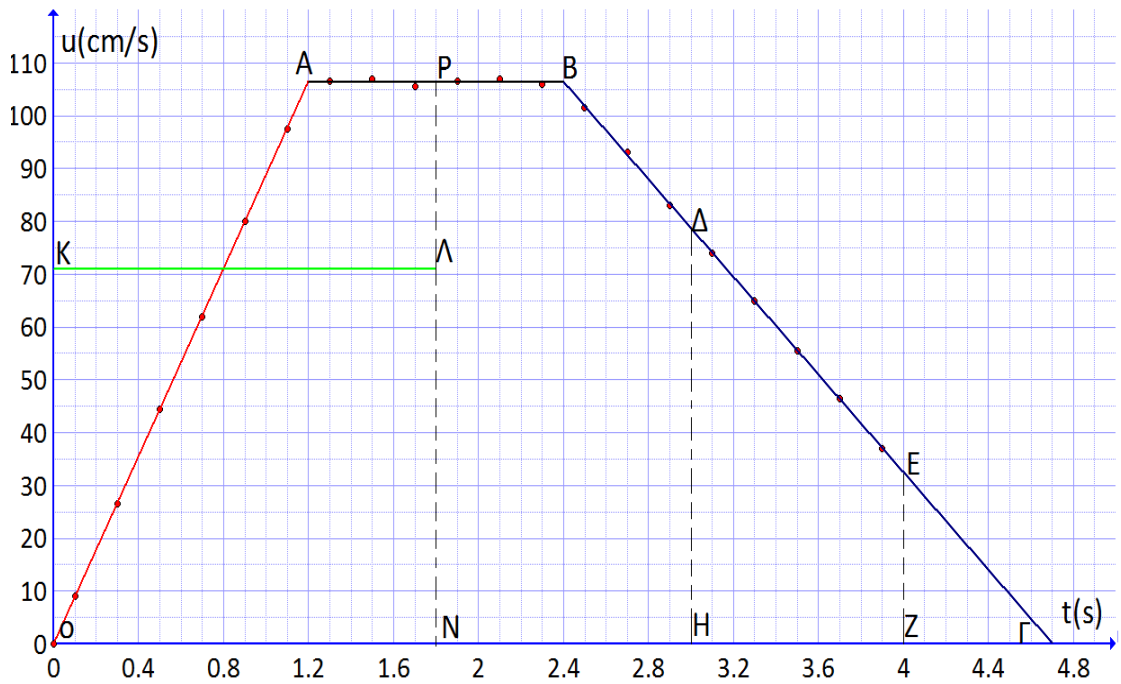
1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η	7 ^η	8 ^η
αριθμός κουκίδας	t(s)	Δt(s)	x(cm)	Δx(cm)	u=Δx/Δt (cm/s)	Δu(cm/s)	α=Δu/0,2 (cm/s ²)
0	t ₀ =0		x ₀ =0		0		
	0,1				9		
1	t ₁ =0,2	0,2	x ₁ =1,8	1,8			87,5
	0,3				26,5	17,5	
2	t ₂ =0,4	0,2	x ₂ =7,1	5,3			90
	0,5				44,5	18	
3	t ₃ =0,6	0,2	x ₃ =16	8,9			87,5
	0,7				62	17,5	
4	t ₄ =0,8	0,2	x ₄ =28,4	12,4			90
	0,9				80	18	
5	t ₅ =1,0	0,2	x ₅ =44,4	16			87,5
	1,1				97,5	17,5	
6	t ₆ =1,2	0,2	x ₆ =63,9	19,5			45
	1,3				106,5	9	
7	t ₇ =1,4	0,2	x ₇ =85,2	21,3			2,5
	1,5				107	0,5	
8	t ₈ =1,6	0,2	x ₈ =106,6	21,4			-7,5
	1,7				105,5	-1,5	
9	t ₉ =1,8	0,2	x ₉ =127,7	21,1			5
	1,9				106,5	1	
10	t ₁₀ =2	0,2	x ₁₀ =149	21,3			2,5
	2,1				107	0,5	
11	t ₁₁ =2,2	0,2	x ₁₁ =170,4	21,4			-5

	2,3				106	-1	
12	$t_{12}=2,4$	0,2	$x_{12}=191,6$	21,2			-22,5
	2,5				101,5	-4,5	
13	$t_{13}=2,6$	0,2	$x_{13}=211,9$	20,3			-42,5
	2,7				93	-8,5	
14	$t_{14}=2,8$	0,2	$x_{14}=230,5$	18,6			-50
	2,9				83	-10	
15	$t_{15}=3$	0,2	$x_{15}=247,1$	16,6			-45
	3,1				74	-9	
16	$t_{16}=3,2$	0,2	$x_{16}=261,9$	14,8			-45
	3,3				65	-9	
17	$t_{17}=3,4$	0,2	$x_{17}=274,9$	13			-47,5
	3,5				55,5	-9,5	
18	$t_{18}=3,6$	0,2	$x_{18}=286$	11,1			-45
	3,7				46,5	-9	
19	$t_{19}=3,8$	0,2	$x_{19}=295,3$	9,3			-47,5
	3,9				37	-9,5	
20	$t_{20}=4$	0,2	$x_{20}=302,7$	7,4			

6. Σε χαρτί μιλιμετρέ, σχεδιάστε με βάση τα πειραματικά σημεία του πίνακα 1, τα διαγράμματα θέσης-χρόνου(x-t), ταχύτητας-χρόνου(u-t) και επιτάχυνσης-χρόνου(α-t).



Διάγραμμα x-t



Διάγραμμα u-t



Διάγραμμα α-t

7. Να χαρακτηρίσετε το είδος της κίνησης του αμαξιδίου στα εξής χρονικά διαστήματα:

- Από 0 έως 1,2s

Απ.

Ε.Ο.Επιτ.Κ με $u_{αρχ}=0$ και μέτρο επιτάχυνσης $α_1=88,5cm/s^2$.

- Από 1,2s έως 2,4s

Απ.

Ε.Ο.Κ. με $u=106,4cm/s$

- Από 2,4s έως 4s

Απ.

Ε.Ο.Επιβ.Κ. με $u_{αρχ}=106,4cm/s$ και μέτρο επιβράδυνσης $α_3=46,7cm/s^2$.

8.

α) Από το διάγραμμα x-t να υπολογίσετε την ταχύτητα του αμαξιδίου τις χρονικές στιγμές $t_2=0,4s$, $t_9=1,8s$ και $t_{14}=2,8s$.

Απ.

Την $t_2=0,4s$ $u_2= \Delta x/\Delta t=35,52cm/s$.

Την $t_9=1,8s$ $u_9= \Delta x/\Delta t=106,5cm/s$.

Την $t_{14}=2,8s$ $u_{14}= \Delta x/\Delta t=87,92cm/s$.

β) Να συγκρίνετε τις τιμές της ταχύτητας του ερωτήματος 8α με αυτές που προκύπτουν από το διάγραμμα u-t. Τι παρατηρείτε;

Απ.

Την $t_2=0,4s$ $u_2=35,6cm/s$.

Την $t_9=1,8s$ $u_9=106,4cm/s$.

Την $t_{14}=2,8s$ $u_{14}=87,8cm/s$.

Για τις συγκεκριμένες χρονικές στιγμές η απόκλιση μεταξύ των τιμών των ταχυτήτων όπως προκύπτουν στα ερωτήματα 8α και 8β, είναι πολύ μικρή στα πλαίσια των πειραματικών σφαλμάτων.

9.

α) Από το διάγραμμα u-t να υπολογίσετε την επιτάχυνση (ή επιβράδυνση) του αμαξιδίου τις χρονικές στιγμές $t_3=0,6s$, $t_{10}=2s$ και $t_{16}=3,2s$.

Απ.

Την $t_3=0,6s$ $a_3= \Delta u/\Delta t=88,8cm/s^2$.

Την $t_{10}=2s$ $a_{10}= \Delta u/\Delta t=0$.

Την $t_{16}=3,2s$ $a_{16}= \Delta u/\Delta t=-46,2cm/s^2$.

β) Να συγκρίνετε τις τιμές της επιτάχυνσης (ή επιβράδυνσης) του ερωτήματος 9α με αυτές που προκύπτουν από το διάγραμμα a-t. Τι παρατηρείτε;

Την $t_3=0,6s$ $a_3=88,5cm/s^2$.

Την $t_{10}=2s$ $a_{10}=-0,5cm/s^2$.

Την $t_{16}=3,2s$ $a_{16}=-46,7cm/s^2$.

Για τις συγκεκριμένες χρονικές στιγμές η απόκλιση μεταξύ των τιμών των επιταχύνσεων όπως προκύπτουν στα ερωτήματα 9α και 9β, είναι πολύ μικρή στα πλαίσια των πειραματικών σφαλμάτων.

10.

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

Απ.

Στο διάγραμμα u-t προεκτείνουμε την ευθεία που αντιστοιχεί στην Ε.Ο.Επιβ.Κ μέχρι αυτή να τμήσει τον άξονα του χρόνου. Τη χρονική στιγμή $t_{ολ.}=4,7s$ 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.

$$E_{(OABΓ)} = \frac{(4,7 + 1,2) \cdot 106,4}{2} = 313,88cm = S_{ολ.}$$

11. Πόσο διάστημα διανύει το αμαξίδιο κατά το 4^ο δευτερόλεπτο της κίνησής του;

Απ.

$$E_{(\Delta EZH)} = \frac{(78,6 + 32,6) \cdot 1}{2} = 55,6 \text{ cm}$$

12. Από το διάγραμμα α-t να υπολογίσετε τη μεταβολή της ταχύτητας του αμαξιδίου από τη χρονική στιγμή $t_{14}=2,8\text{s}$ έως τη χρονική στιγμή $t_{17}=3,4\text{s}$.

Απ.

$$|\Delta u| = E_{(AB\Gamma\Delta)} = (3,4 - 2,8) \cdot |-46,7| = 28,02 \text{ cm/s}$$

13. Τη χρονική στιγμή $t_0=0$ ένα δεύτερο αμαξίδιο περνά από τη θέση $x_0=0$ εκτελώντας Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση ταχύτητας μέτρου v . Αν τα δυο αμαξίδια συναντώνται τη χρονική στιγμή $1,8\text{s}$, να υπολογίσετε την ταχύτητα v .

Απ.

Για τη χρονική στιγμή $t_9=1,8\text{s}$ που συναντιούνται τα δυο κινητά ισχύει:

$$E_{(OK\Lambda N)} = E_{(OAPN)} \Rightarrow v \cdot 1,8 = \frac{[1,8 + (1,8 - 1,2)] \cdot 106,4}{2} \Rightarrow v = 70,93 \text{ cm/s}$$

14. Να γράψετε την εξίσωση της ταχύτητας και την εξίσωση της κίνησης σε καθένα από τα παρακάτω χρονικά διαστήματα:

- Από 0 έως $1,2\text{s}$

$$a = \frac{\Delta u}{\Delta t} \Rightarrow u - 0 = a \cdot (t - 0) \Rightarrow u = 88,5 \cdot t \quad (u \text{ σε cm/s και } t \text{ σε s}) \quad (1)$$

$$x = \text{Εμβαδό} = \frac{1}{2} \cdot t \cdot u = \frac{1}{2} \cdot t \cdot 88,5 \cdot t \Rightarrow x = \frac{1}{2} \cdot 88,5 \cdot t^2 \quad (x \text{ σε cm και } t \text{ σε s}) \quad (2)$$

- Από $1,2\text{s}$ έως $2,4\text{s}$

$$u = 106,4 = \text{σταθ.} \quad (u \text{ σε cm/s}) \quad (3)$$

$$u = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow x - x_6 = u \cdot (t - t_6) \Rightarrow x = 63,9 + 106,4 \cdot (t - 1,2) \quad (x \text{ σε cm και } t \text{ σε s}) \quad (4)$$

- Από 2,4s έως 4s

$$-\alpha = \frac{\Delta u}{\Delta t} \Rightarrow u - u_{12} = -\alpha \cdot (t - t_{12}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u = 106,4 - 46,7 \cdot (t - 2,4) \quad (u \text{ σε cm/s και } t \text{ σε s}) \quad (5)$$

$$\Delta x = \text{Εμβαδόν} = \frac{(u_{12} + u) \cdot (t - t_{12})}{2} \Rightarrow x = 191,6 + \frac{[(106,4 + 106,4 - 46,7 \cdot (t - 2,4))] \cdot (t - 2,4)}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = -23,35 \cdot t^2 + 218,48 \cdot t - 198,26 \quad (x \text{ σε cm και } t \text{ σε s}) \quad (6)$$