



### ΟΔΗΓΙΕΣ:

1. Εκτός αν η εκφώνηση ορίζει διαφορετικά, οι απαντήσεις σε όλα τα ερωτήματα θα πρέπει να αναγραφούν στο **Φύλλο Απαντήσεων** που θα σας δοθεί μαζί με τις εκφωνήσεις.
2. Η επεξεργασία των θεμάτων θα γίνει γραπτώς σε φύλλα Α4 ή σε τετράδιο που θα σας δοθεί. Τα υλικά αυτά θα παραδοθούν στο τέλος της εξέτασης μαζί με το **Φύλλο Απαντήσεων**.
3. Όπου ζητούνται γραφήματα θα σχεδιαστούν στους ειδικούς χώρους του **Φύλλου Απαντήσεων**.

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### 1<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

**A.1.** Μικρή σφαίρα  $\Sigma_1$  εκτελεί πτώση στην ατμόσφαιρα, δεχόμενη αμελητέα αντίσταση, οπότε κινείται με επιτάχυνση  $\alpha_1$ . Δίσκος  $\Sigma_2$ , ίδιας μάζας με τη σφαίρα, εκτελεί πτώση στην ατμόσφαιρα, δεχόμενος μετρήσιμη αντίσταση σταθερού μέτρου, οπότε κινείται με επιτάχυνση  $\alpha_2$ . Συνδέουμε τα δύο σώματα με αβαρές και ανελαστικό νήμα και τα αφήνουμε να εκτελέσουν πτώση στην ατμόσφαιρα, τοποθετώντας το  $\Sigma_2$  ψηλότερα από το  $\Sigma_1$ , οπότε μετράμε την επιτάχυνση του συστήματος ίση προς  $\alpha_3$ . Θεωρώντας ότι η αντίσταση του αέρα που ασκείται στο  $\Sigma_2$  δεν άλλαξε λόγω της πρόσδεσής του στο  $\Sigma_1$ , να επιλέξετε τη σχέση που συνδέει τις τρεις επιταχύνσεις και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας:

- i)  $\alpha_2 < \alpha_1 < \alpha_3$    ii)  $\alpha_1 < \alpha_3 < \alpha_2$    iii)  $\alpha_2 < \alpha_3 = \alpha_1$    iv)  $\alpha_2 < \alpha_3 < \alpha_1$    v)  $\alpha_2 = \alpha_3 < \alpha_1$

**A.2.** Γνωρίζουμε ότι τα αυτοκίνητα έχουν μια τελική ταχύτητα όπως λέμε, δηλαδή μια μέγιστη ταχύτητα την οποία δεν μπορούν να υπερβούν όταν κινούνται σε οριζόντιο δρόμο, οσοδήποτε και αν πατάμε το γκάζι. Ποια από τις επόμενες προτάσεις περιγράφει σωστά την πτώση ενός σώματος μέσα στην ατμόσφαιρα; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

- i) Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.
- ii) Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη επιταχυνόμενη κίνηση.
- iii) Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με επιτάχυνση  $g$ .
- iv) Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με επιτάχυνση  $a < g$ .
- v) Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση, αρχικά ομαλή και κατόπιν ομαλά επιταχυνόμενη με επιτάχυνση  $a < g$ .
- vi) Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση, αρχικά ομαλά επιταχυνόμενη με επιτάχυνση  $a = g$  και κατόπιν ομαλή.
- vii) Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση, αρχικά ομαλά επιταχυνόμενη με επιτάχυνση  $a < g$  και κατόπιν ομαλή.
- viii) Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση, αρχικά επιταχυνόμενη και κατόπιν ομαλή.
- ix) Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση, αρχικά επιταχυνόμενη και κατόπιν επιβραδυνόμενη.

#### 2<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

**B.1.** Ένα σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με ταχύτητα  $v_0$  τη στιγμή  $t_0 = 0$  και επιτάχυνση  $\alpha$ . Αν τη στιγμή  $t_1$  η ταχύτητά του γίνεται  $v_1$ , να αποδείξετε ότι η μέση ταχύτητα του σώματος για το χρονικό διάστημα  $t_1 - t_0$  είναι ίση με το μέσο όρο των  $v_0$  και  $v_1$ .



**B.2.** Ένα σώμα διέρχεται τη στιγμή  $t_0 = 0$  με θετική ταχύτητα  $v_0$  από το σημείο  $O$  του συστήματος αναφοράς έχοντας επιτάχυνση  $\alpha$ , αντίρροπη της ταχύτητάς του. Υπολογίστε τη μέση ταχύτητά του:

**B.2.1.**  $v_{\mu 1}$  μεταξύ του σημείου  $O$  και του πιο απομακρυσμένου προς τα δεξιά σημείου της κίνησής του,

**B.2.2.**  $v_{\mu 2}$  μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης διέλευσής του από το σημείο  $O$ .

**B.3.** Αυτοκίνητο  $A_1$  διέρχεται τη χρονική στιγμή  $0$  από το σημείο  $x_{01} = 20 \text{ m}$ , με ταχύτητα  $v_{01} = 10 \text{ m/s}$  και σταθερή επιτάχυνση  $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$ . Την ίδια χρονική στιγμή άλλο αυτοκίνητο  $A_2$  διέρχεται από το σημείο  $x_{02} = 0$  κινούμενο με ταχύτητα  $v_{02} = 18 \text{ m/s}$ . Θέλουμε τα αυτοκίνητα ακριβώς (δηλ. οριακά) να κατορθώσουν να αποφύγουν τη σύγκρουση.

**B.3.1.** Να βρείτε τη χρονική στιγμή  $t_{ελ}$  που ελαχιστοποιείται η απόσταση μεταξύ των  $A_1$  και  $A_2$ .

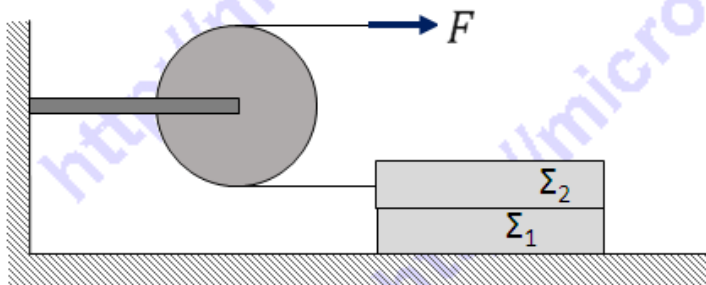
**B.3.2.** Να βρείτε την επιτάχυνση  $a_2$  του  $A_2$  ώστε να επιτευχθεί αυτό.

**B.3.3.** Τεκμηριώστε την άποψη ότι παρά την ελαχιστοποίηση της μεταξύ τους απόστασης, τα  $A_1$  και  $A_2$  δε συγκρούονται.

**B.3.4.** Να σχεδιαστούν οι γραφικές παραστάσεις των θέσεων των δύο κινητών ως προς το χρόνο στο ίδιο σύστημα αξόνων  $x - t$  από τη χρονική στιγμή  $0$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $2 \cdot t_{ελ}$ . Να χρησιμοποιήσετε το διαθέσιμο χώρο στο φύλλο απαντήσεων.

### 3<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

Για τη διάταξη του σχήματος είναι γνωστό ότι στο ανελαστικό, αβαρές νήμα ασκείται δύναμη  $F = 10 \text{ N}$ , τα δύο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  έχουν μάζες  $m_1 = m_2 = 1 \text{ kg}$ , το δάπεδο είναι λείο, ενώ μεταξύ των δύο σωμάτων υπάρχει συντελεστής στατικής τριβής  $\mu_{στ} = 0,8$ , με αποτέλεσμα τα σώματα να κινούνται χωρίς να ολισθαίνει το ένα ως προς το άλλο, ενώ η τροχαλία είναι αβαρής και μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβές.



**Γ.1.** Να υπολογίσετε την επιτάχυνση  $\alpha$  των δύο σωμάτων.

**Γ.2.** Να βρείτε το μέτρο της δύναμης, έστω  $F_1$ , που επιταχύνει το σώμα  $\Sigma_1$ .

**Γ.3.** Ποια είναι η μέγιστη τιμή  $F_{max}$  που μπορεί να πάρει το μέτρο της δύναμης  $F$ , ώστε το  $\Sigma_1$  να μην ολισθαίνει ως προς το  $\Sigma_2$ ;

**Γ.4.** Κάποια στιγμή καταργείται η δύναμη  $F$ . Να βρείτε το μέτρο της στατικής τριβής  $T_{στ}$  μεταξύ των  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$ .

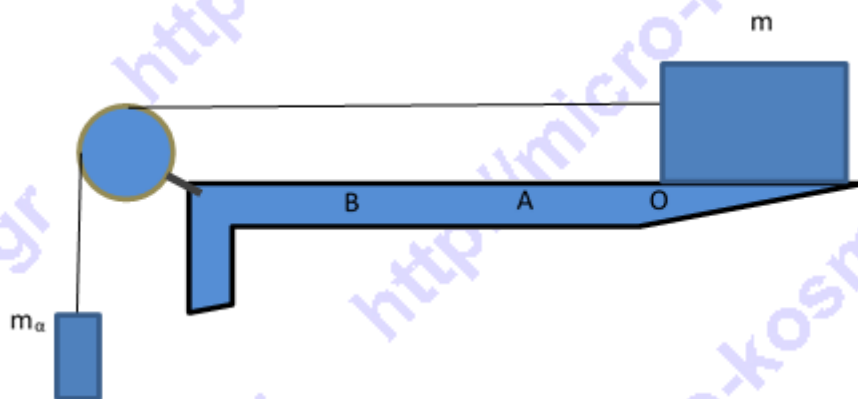
Δίνεται  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Ομάδα μαθητών της Α Λυκείου πραγματοποίησε στο σχολικό εργαστήριο Φυσικής μία άσκηση που είχε ως στόχο την πειραματική επαλήθευση του 2<sup>ου</sup> νόμου του Newton.



Στην πειραματική διάταξη, όπως φαίνεται στο σχήμα, οι μαθητές χρησιμοποίησαν σώματα μαζών  $m_\alpha$  και  $m$  αντίστοιχα, τα οποία συνδέονται με νήμα μη εκτατό και πολύ μικρής μάζας, που, στο πλαίσιο του πειράματος, θεωρήθηκε αμελητέα. Το νήμα περνά από τροχαλία επίσης αμελητέας μάζας (Κάνοντας την προσέγγιση της πολύ ελαφριάς τροχαλίας, θεωρούμε ότι οι δυνάμεις που ασκεί το νήμα στα δύο σώματα έχουν το ίδιο μέτρο).



Το σώμα μάζας  $m$  κινείται πάνω σε μια οριζόντια αεροτροχιά, οπότε πρακτικά θεωρούμε ότι κινείται χωρίς τριβές. Το μήκος του σώματος στη διεύθυνση της κίνησής του μετρήθηκε και η τιμή του βρέθηκε ίση με  $L = (0,128 \pm 0,001) m$ .

Οι μαθητές άφησαν το σύστημα ελεύθερο να κινηθεί, προσέχοντας το σώμα μάζας  $m$  να ξεκινά από θέση  $O$  που βρίσκεται πιο δεξιά σε σχέση με τη θέση  $A$ . Στις θέσεις  $A$ ,  $B$  είχαν τοποθετηθεί φωτοπύλες. Οι φωτοπύλες είναι όργανα μέτρησης συνδεδεμένα με υψηλής ακρίβειας χρονόμετρο, που καταγράφουν το χρονικό διάστημα  $\Delta t_1$  που απαιτείται για να διέλθει το σώμα μάζας  $m$  από τη θέση  $A$ ,  $\Delta t_2$  το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να διέλθει από τη θέση  $B$  και τέλος το χρονικό διάστημα  $\Delta t_3$ , που είναι ο χρόνος κίνησης του σώματος μάζας  $m$  μεταξύ των θέσεων  $A$  και  $B$ . Αξίζει να σημειωθεί ότι οι φωτοπύλες έχουν διάφορους τρόπους λειτουργίας: με έναν από αυτούς μετράται και καταγράφεται το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να διέλθει το σώμα από καθεμία από αυτές (μετρήσεις  $\Delta t_1$  και  $\Delta t_2$ ), ενώ χρησιμοποιώντας έναν δεύτερο τρόπο λειτουργίας μετρούν το χρόνο κίνησης μεταξύ των θέσεων που έχουν τοποθετηθεί (μέτρηση  $\Delta t_3$ ).

**Δ.1.** Να αποδείξετε, εφαρμόζοντας τον 2ο νόμο του Newton για την κίνηση των δύο σωμάτων, ότι η επιτάχυνση του συστήματος δίνεται από την σχέση:

$$\alpha = \frac{w_\alpha}{m+m_\alpha} \quad (1)$$

όπου  $w_\alpha$  το βάρος του σώματος μάζας  $m_\alpha$ .



**Δ.2.** Ονομάζουμε  $v_1$  και  $v_2$  τη μέση τιμή της ταχύτητας διέλευσης του σώματος μάζας  $m$  από τις δύο φωτοπύλες που βρίσκονται στις θέσεις Α, Β και τις υπολογίζουμε σύμφωνα με τις εξισώσεις:

$$v_1 = \frac{L}{\Delta t_1} \quad (2) \quad v_2 = \frac{L}{\Delta t_2} \quad (3)$$

Να αποδείξετε, με τη βοήθεια των εξισώσεων της ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης, ότι η επιτάχυνση του συστήματος μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t_3 - \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{2}} \quad (4)$$

**Δ.3.** Στο συγκεκριμένο πείραμα στο σώμα μάζας  $m$  είναι προσαρμοσμένα μικρά βαρίδια τα οποία μπορούν να αφαιρούνται από αυτό και να προσκολλώνται στο σώμα μάζας  $m_\alpha$  ώστε το άθροισμα των μαζών  $m + m_\alpha$  να είναι σταθερό. Όλες οι μάζες ζυγίζονται με ζυγαριά ακριβείας ενός δεκάτου του γραμμαρίου ( $\pm 0,1g$ ). Το πείραμα επαναλήφθηκε 5 φορές προσθέτοντας μάζα στο  $m_\alpha$  και αφαιρώντας μάζα από το  $m$  ώστε το άθροισμα  $m + m_\alpha$  να είναι σταθερό. Τα δεδομένα των μετρήσεων καταγράφηκαν στον πίνακα μετρήσεων και υπολογισμών που θα βρείτε στο φύλλο απαντήσεων.

Να συμπληρώσετε τον πίνακα αυτό χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (2), (3) για τα  $v_1$  και  $v_2$ , τη σχέση (4) για τις τιμές της επιτάχυνσης  $a$  καθώς και τη στήλη με τις τιμές του  $w_\alpha$  αν δίνεται ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας στον τόπο διεξαγωγής του πειράματος ήταν  $g = 9,81m/s^2$ .

**Δ.4.** Με τις τιμές του πίνακα να κάνετε τη γραφική παράσταση της σχέσης  $a = f(w_\alpha)$ . Να εξηγήσετε με τη βοήθεια της σχέσης (1), γιατί η γραφική παράσταση αναμένεται θεωρητικά να είναι ευθεία. Στη συνέχεια να υπολογίσετε από τη γραφική παράσταση την κλίση της ευθείας που προέκυψε από τις πειραματικές τιμές.

**Δ.5.** Να υπολογίσετε την θεωρητική τιμή της κλίσης με βάση την σχέση (1) και στη συνέχεια το % σχετικό σφάλμα στην κλίση της ευθείας που υπολογίσατε στο ερώτημα Δ.4., σε σχέση με την θεωρητική τιμή.

Δίνεται:

$$\% \text{ σχετικό σφάλμα} = \frac{|\text{θεωρητική τιμή} - \text{πειραματική τιμή}|}{\text{θεωρητική τιμή}} \times 100\% \quad (5)$$

**Καλή Επιτυχία**





## ΦΥΛΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### 1<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

A.1. Σωστή είναι η σχέση: .....

Αιτιολόγηση.....

.....

.....

.....

A.2. Σωστή είναι η πρόταση: .....

Αιτιολόγηση:.....

.....

.....

#### 2<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

B.1. Απόδειξη

.....

.....

.....

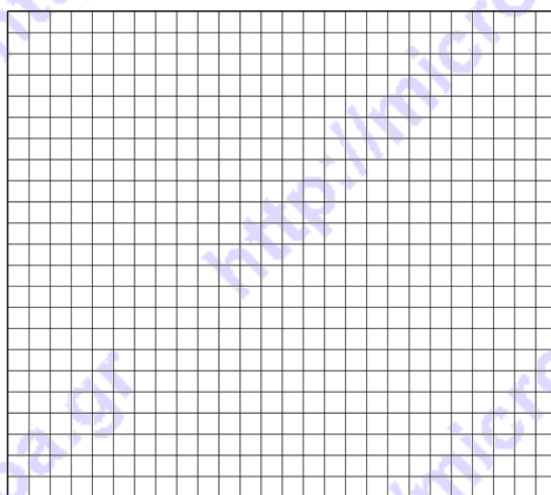
.....

B.2.1.  $v_{\mu 1} = \dots\dots\dots$  B.2.2.  $v_{\mu 2} = \dots\dots\dots$  B.3.1.  $t_{ελ} = \dots\dots\dots$  B.3.2.  $a_2 = \dots\dots\dots$

B.3.3. Τα A<sub>1</sub> και A<sub>2</sub> δεν θα συγκρουστούν επειδή .....



B.3.4.



3<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

Γ.1.  $\alpha = \dots\dots\dots$  Γ.2.  $F_1 = \dots\dots\dots$  Γ.3.  $F_{max} = \dots\dots\dots$  Γ.4.  $T_{στ} = \dots\dots\dots$

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Δ.1. Απόδειξη

.....  
.....  
.....  
.....

Δ.2. Απόδειξη

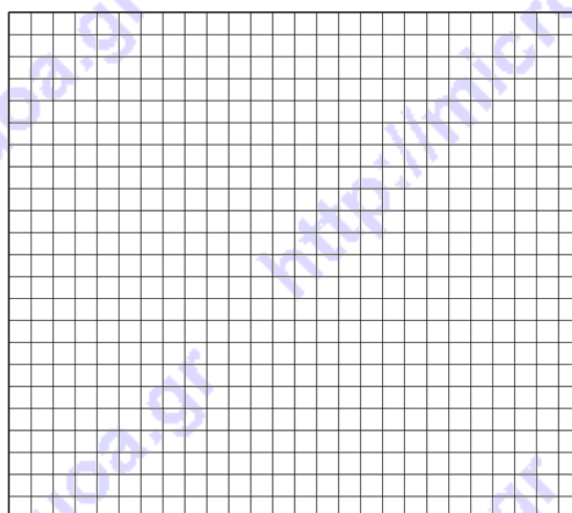
.....  
.....



**Δ.3.** Πίνακας μετρήσεων και υπολογισμών

A/A	$m(\text{Kg})$	$m_a(\text{Kg})$	$\Delta t_1(\text{s})$	$\Delta t_2(\text{s})$	$\Delta t_3(\text{s})$	$v_1(\text{m/s})$	$v_2(\text{m/s})$	$a(\text{m/s}^2)$	$w_a(\text{N})$
1	0,227	0,002	0,831	0,553	2,001				
2	0,217	0,012	0,385	0,161	0,938				
3	0,207	0,022	0,324	0,122	0,799				
4	0,197	0,032	0,257	0,098	0,663				
5	0,187	0,042	0,241	0,090	0,594				

**Δ.4.**



Εξήγηση:.....

.....

.....

Κλίση από τη γραφική παράσταση =.....

**Δ.5.** Κλίση από τη σχέση (1) =..... % σχετικό σφάλμα =.....



## Συνοπτικές Απαντήσεις

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### 1<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

**A.1.** Το  $\Sigma_1$  εκτελεί ελεύθερη πτώση άρα κινείται με επιτάχυνση μέτρου:

$$a_1 = \frac{w_1}{m_1} = g \quad (1)$$

Το  $\Sigma_2$  δέχεται το βάρος του και την αντίρροπη αντίσταση  $A$  του αέρα, συνεπώς η επιτάχυνσή του είναι:

$$a_2 = \frac{w_2 - A}{m_2} = g - \frac{A}{m_2} < g \quad (2)$$

Όταν τα δύο σώματα πέφτουν μαζί, δεμένα με το νήμα, το σύστημα έχει επιτάχυνση

$$a_3 = \frac{w_1 + w_2 - A}{m_1 + m_2} = \frac{w_1 + w_2}{m_1 + m_2} - \frac{A}{m_1 + m_2} = g - \frac{A}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

Όμως

$$\begin{aligned} m_2 < m_1 + m_2 &\Rightarrow \frac{1}{m_2} > \frac{1}{m_1 + m_2} \Rightarrow \frac{A}{m_2} > \frac{A}{m_1 + m_2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow -\frac{A}{m_2} < -\frac{A}{m_1 + m_2} \Rightarrow g - \frac{A}{m_2} < g - \frac{A}{m_1 + m_2} \end{aligned}$$

Δηλ.

$$a_2 < a_3$$

Εξ άλλου, από τη σύγκριση των (1) και (3) προκύπτει

$$a_3 < a_1$$

Τελικά λοιπόν ισχύει:

$$a_2 < a_3 < a_1$$

Δηλ. σωστή είναι η σχέση iv.

**A.2.** Αφού τα αυτοκίνητα δε μπορούν να αποκτήσουν οσοδήποτε μεγάλη ταχύτητα ανεξάρτητα από τη δύναμη  $F$  που τα κινεί, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι υπάρχει





κάποια άλλη δύναμη (συγκεκριμένα, η αντίσταση  $A$  από τον αέρα) που (αρχικά υποθέτουμε ότι) είναι αντίρροπη της  $F$ . Όταν μεγιστοποιείται η ταχύτητα του αυτοκινήτου η επιτάχυνσή του μηδενίζεται, άρα θα πρέπει η  $A$  να γίνεται αντίθετη της  $F$ . Αυτό σημαίνει ότι η  $A$  μεγαλώνει καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του σώματος. Το ίδιο θα ισχύει και για ένα σώμα μάζας  $m$  που πέφτει στην ατμόσφαιρα, όπου τώρα το ρόλο της  $F$  παίζει το βάρος  $w$ . Η εφαρμογή του δεύτερου νόμου του Newton μας δίνει  $a = \frac{w-A}{m}$  με το μέτρο της  $A$  να αυξάνεται, δηλαδή μια διαρκώς μειούμενη επιτάχυνση. Συνεπώς το σώμα αρχικά εκτελεί ευθύγραμμη επιταχυνόμενη (όχι ομαλά) κίνηση. Όταν οι δύο δυνάμεις εξισωθούν τότε η ταχύτητα σταθεροποιείται και η κίνηση γίνεται ευθύγραμμη ομαλή.

Άρα σωστή είναι η πρόταση **viii**.

## 2<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

**B.1.** 
$$v_{\mu} = \frac{x}{t} = \frac{v_0 t + \frac{1}{2} a t^2}{t} = v_0 + \frac{1}{2} a t = \frac{2v_0 + a t}{2} = \frac{v_0 + (v_0 + a t)}{2} = \frac{v_0 + v_1}{2}$$

**B.2.** Από την εφαρμογή του τύπου που αποδείξαμε στο πρώτο ερώτημα προκύπτει ότι η ζητούμενη μέση ταχύτητα είναι  $v_0/2$  και στις δύο περιπτώσεις.

**B.3.1.** Οι εξισώσεις κίνησης του πρώτου σώματος είναι:

$$x_1 = 20 + 10t + t^2$$

και

$$v_1 = 10 + 2t$$

Αντίστοιχα, για το δεύτερο σώμα έχουμε:

$$x_2 = 18t + \frac{1}{2} a_2 \cdot t^2$$

και

$$v_2 = 18 + a_2 \cdot t$$

Ελαχιστοποίηση της μεταξύ τους απόστασης ισοδυναμεί με:

$$x_1 = x_2 \Rightarrow 20 + 10t + t^2 = 18t + \frac{1}{2} a_2 \cdot t^2$$

Για να αποφύγουν να έρθουν σε επαφή πρέπει στη θέση αυτή να ισχύει:

$$v_1 = v_2 \Rightarrow 10 + 2t = 18 + a_2 \cdot t \Rightarrow a_2 \cdot t = 2t - 8$$

Αντικαθιστώντας στην προηγούμενη σχέση έχουμε:

$$20 + 10t + t^2 = 18t + \frac{1}{2} (2t - 8)t \Rightarrow 20 + t^2 = 8t + t^2 - 4t \Rightarrow 20 = 4t \Rightarrow \\ \Rightarrow t = 5s$$

**B.3.2.** Από το ίδιο σύστημα εξισώσεων έχουμε ακόμη:

$$a_2 = 0,4m/s^2$$

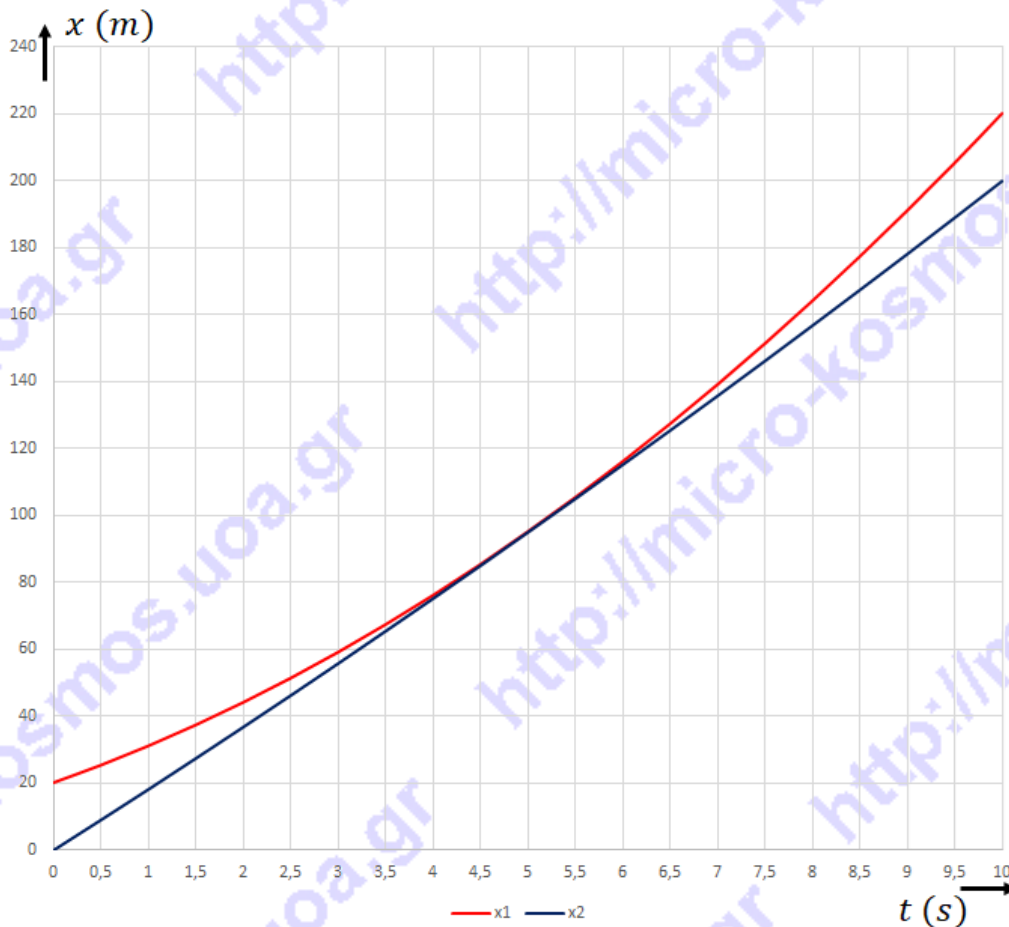
**B.3.3.** Το ότι τα αυτοκίνητα θα αποφύγουν τη σύγκρουση τεκμηριώνεται από το ότι εκείνη τη χρονική στιγμή έχουν κοινή ταχύτητα, αλλά το  $A_2$  έχει μικρότερη επιτάχυνση από το  $A_1$ , άρα αμέσως μετά τη στιγμή  $t_{ελ}$  η απόσταση μεταξύ τους θα αρχίσει να μεγαλώνει, που σημαίνει ότι αποφεύγουν τη σύγκρουση.



Β.3.4. Συμπληρώνουμε τον πίνακα τιμών με βάση τα αριθμητικά δεδομένα:

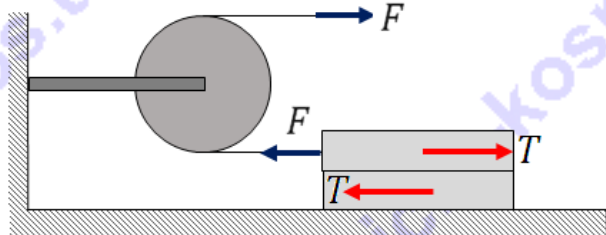
$t$ (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x_1$ (m)	20	31	44	59	76	95	116	139	164	191	220
$x_2$ (m)	0	18,2	36,8	55,8	75,2	95	115	136	157	178	200

Η ζητούμενη γραφική παράσταση δίνεται στο επόμενο σχήμα:



### 3<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

Γ.1. Εφόσον η τροχαλία είναι αβαρής, περιστρέφεται χωρίς τριβές και το νήμα είναι ανελαστικό και αβαρές, η δύναμη  $F$  ασκείται στο σημείο πρόσδεσης του νήματος στο





σώμα  $\Sigma_2$ . Αφού τα δύο σώματα κινούνται χωρίς να ολισθαίνει το ένα ως προς το άλλο, μπορούμε να εφαρμόσουμε τον δεύτερο νόμο του Newton για το σύστημα των δύο σωμάτων, οπότε προκύπτει:

$$\Sigma F = (m_1 + m_1)\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{\Sigma F}{m_1 + m_1} \Rightarrow \alpha = \frac{10\text{N}}{(1 + 1)\text{kg}} \Rightarrow \alpha = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Γ.2. Καθώς το  $\Sigma_2$  δέχεται τη δύναμη  $F$ , τείνει να ολισθήσει προς τα αριστερά ως προς το  $\Sigma_1$ , συνεπώς το  $\Sigma_1$  ασκεί στατική τριβή, έστω  $T$ , στο  $\Sigma_2$ , που έχει φορά προς τα δεξιά (δράση). Με βάση τον τρίτο νόμο του Newton, το  $\Sigma_1$  δέχεται από το  $\Sigma_2$  την  $T$  (αντίδραση), που έχει φορά προς τα αριστερά. Εφαρμόζοντας το δεύτερο νόμο του Newton μόνο για το  $\Sigma_1$ , έχουμε:

$$\Sigma F = m_1\alpha \Rightarrow T = m_1\alpha \Rightarrow T = 1\text{kg} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Rightarrow T = 5\text{N}$$

Γ.3. Το  $\Sigma_1$  επιταχύνεται υπό την επίδραση της στατικής τριβής, για την οποία ισχύει:

$$T \leq \mu \cdot N$$

Για τα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  είναι:

$$N = m_2 \cdot g$$

Συνδυάζοντας τις δύο σχέσεις έχουμε:

$$T \leq \mu \cdot m_2 \cdot g$$

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν στο προηγούμενο ερώτημα προκύπτει

$$m_1\alpha \leq \mu \cdot m_2 \cdot g$$

Όμως

$$\alpha = \frac{F}{m_1 + m_1}$$



Δηλαδή

$$m_1 \frac{F}{m_1 + m_1} \leq \mu \cdot m_2 \cdot g \Rightarrow F \leq \frac{\mu \cdot m_2 \cdot g \cdot (m_1 + m_1)}{m_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F \leq 16N$$

Από την έκφραση αυτή συμπεραίνουμε λοιπόν ότι:

$$F_{max} = 16N$$

**Γ.4.** Όταν καταργείται η δύναμη  $F$ , το σύστημα κινείται ευθύγραμμα και ομαλά (τουλάχιστον μέχρι να προσκρούσει στην τροχαλία), έχοντας την ταχύτητα που ανέπτυξε για το διάστημα της επιταχυνόμενης κίνησής του. Το  $\Sigma_2$  δεν τείνει πλέον να ολισθήσει ως προς το  $\Sigma_1$ , άρα η στατική τριβή μεταξύ τους μηδενίζεται, δηλ., μετά την κατάργηση της  $F$  ισχύει:

$$T_{\sigma\tau} = 0$$

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

**Δ.1.** Αν είναι  $T$  το μέτρο της δύναμης από το νήμα στα σώματα, η εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> νόμου του Newton για τα δύο σώματα δίνει:

Για το σώμα μάζας  $m$ :  $T = ma$

Για το σώμα μάζας  $m_\alpha$ :  $w_\alpha - T = m_\alpha a$

Με απαλοιφή του  $T$  από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει η (1).

**Δ.2.** Αν ονομάσουμε  $v_{01}$  και  $v_{02}$  τις ταχύτητες που έχει το σώμα μάζας  $m$  όταν εισέρχεται στις φωτοπύλες A, B αντίστοιχα, τότε έχουμε τις σχέσεις

$$L = v_{01} \Delta t_1 + \frac{1}{2} a \Delta t_1^2 \quad (I), \quad L = v_{02} \Delta t_2 + \frac{1}{2} a \Delta t_2^2 \quad (II) \quad \text{και} \quad v_{02} = v_{01} + a \Delta t_3 \quad (III)$$

Ξεκινώντας από την (I) :  $v_{01} = \frac{L}{\Delta t_1} - \frac{1}{2} a \Delta t_1$ , και επειδή,  $v_1 = \frac{L}{\Delta t_1}$ , προκύπτει,

$v_{01} = v_1 - \frac{1}{2} a \Delta t_1$  (A). Ξεκινώντας από τη (II) και με χρήση της  $v_2 = \frac{L}{\Delta t_2}$  οδηγούμαστε στην

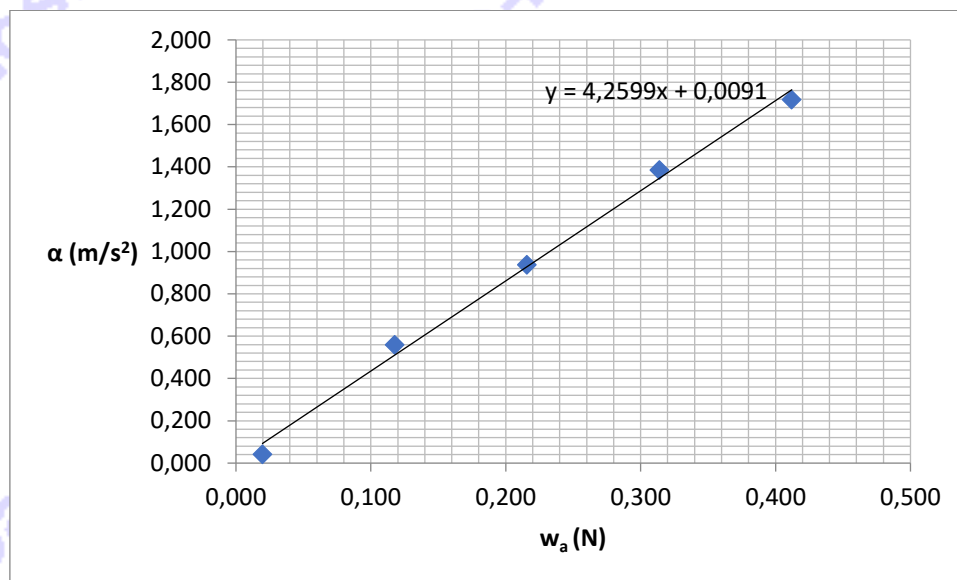
$v_{02} = v_2 - \frac{1}{2} a \Delta t_2$  (B). Αντικαθιστώντας τις (A) και (B) στην (III), προκύπτει η ζητούμενη σχέση (4).

**Δ.3.**

A/A	$m$ (Kg)	$m_\alpha$ (Kg)	$\Delta t_1$ (s)	$\Delta t_2$ (s)	$\Delta t_3$ (s)	$v_1$ (m/s)	$v_2$ (m/s)	$\alpha$ (m/s <sup>2</sup> )	$w_\alpha$ (N)
1	0,227	0,002	0,831	0,553	2,001	0,154	0,231	0,042	0,020
2	0,217	0,012	0,385	0,161	0,938	0,332	0,795	0,560	0,118
3	0,207	0,022	0,324	0,122	0,799	0,395	1,049	0,937	0,216
4	0,197	0,032	0,257	0,098	0,663	0,498	1,306	1,385	0,314
5	0,187	0,042	0,241	0,090	0,594	0,531	1,422	1,719	0,412



Δ.4.



Από την σχέση (1) έχουμε ότι η επιτάχυνση  $\alpha$  είναι ανάλογη του βάρους  $w_\alpha$ , δεδομένου ότι η ποσότητα  $1/(m + m_\alpha)$  είναι σταθερή. Άρα, η γραφική παράσταση της σχέσης  $\alpha = f(w_\alpha)$  αναμένουμε να είναι ευθεία με κλίση  $1/(m + m_\alpha)$ .

Η κλίση είναι  $4,26 \text{ Kg}^{-1}$

Δ.5. Από τη σχέση (1) έχουμε ότι η κλίση είναι  $(1/0,229) \text{ Kg}^{-1} = 4,37 \text{ Kg}^{-1}$

Και το ζητούμενο σφάλμα  $(4,37 - 4,26)/4,37 = 0,025$  ή 2,5%.