ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ ΣΕ ΜΙΑ ΕΚΡΗΞΗ

Α. ΣΤΟΧΟΙ

- Η ικανότητα συναρμολόγησης μιας απλής πειραματικής διάταξης.
- Η χρήση του αλφαδιού για οριζοντίωση του τραπεζιού.
- Η ζύγιση μαζών με ηλεκτρονικό ζυγό.
- Η γνωριμία με τις εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις.
- Η άμεση αντίληψη και αισθητοποίηση της έννοιας του μονωμένου συστήματος.
- Η σύγκριση των πειραματικών δεδομένων με τις θεωρητικές προβλέψεις.

Β. ΘΕΜΑ

- Η επαλήθευση ότι δύο σώματα που αρχικά είναι ακίνητα και σε επαφή, μετά από μία ξαφνική αμοιβαία ώθηση – «έκρηξη» απομακρύνονται με αντίθετες ορμές.
- Η διαπίστωση ότι η ορμή ενός μονωμένου συστήματος σωμάτων διατηρείται σταθερή.

Γ. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Ζεύγος εργαστηριακών αμαξιδίων (το ένα από τα δύο φέρει έμβολο)
- Δύο μεταλλικές μάζες
- Δύο ξύλινα εμπόδια (πήχεις αρκετού πάχους, μισού περίπου μέτρου το καθένα)
- Τέσσερις σφιγκτήρες (τύπου G)
- Κανόνας 1 m ή πτυσσόμενο μέτρο
- Ζυγός
- Αεροστάθμη (αλφάδι)

Δ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- Για την πραγματοποίηση και κατανόηση της άσκησης χρειάζονται οι παρακάτω γνώσεις από το σχολικό βιβλίο της Α΄ τάξης Γενικού Λυκείου :
  - ✓ Ενότητα 2.1.1 : Η έννοια του συστήματος. Εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις
  - ✓ Ενότητα 2.1.2 : Το φαινόμενο της κρούσης
  - ✓ Ενότητα 2.1.3 : Η έννοια της ορμής
  - ✓ Ενότητα 2.1.4 : Η δύναμη και η μεταβολή της ορμής
  - ✓ Ενότητα 2.1.5 : Η αρχή διατήρησης της ορμής
  - ✓ Ενότητα 2.1.7 : Εφαρμογές της διατήρησης της ορμής (σύστημα ελατήριο – μάζα)

Ε. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

1. Η θεωρία

- Τα δύο αμαξίδια, τα οποία αλληλεπιδρούν και εξετάζονται ως ενιαίο σύνολο σωμάτων, αποτελούν ένα σύστημα σωμάτων. Οι δυνάμεις που ασκεί το κάθε αμαξίδιο στο άλλο, επειδή είναι δυνάμεις που ασκούνται από ένα σώμα του συστήματος σε άλλο σώμα του συστήματος, ονομάζονται **εσωτερικές** δυνάμεις.
- Επάνω σε κάθε αμαξίδιο ασκούνται και δυνάμεις από σώματα που δεν ανήκουν στο σύστημα. Έτσι σε κάθε αμαξίδιο εξασκείται το βάρος του που προέρχεται από τη Γη και η κατακόρυφη αντίδραση προς τα επάνω από το τραπέζι. Οι δυνάμεις αυτές ονομάζονται **εξωτερικές** και επειδή στην περίπτωση αυτή είναι αντίθετες, αλληλοεξουδετερώνονται.

- Στο σύστημα των δύο αμαξιδίων, η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων είναι μηδέν. Ένα τέτοιο σύστημα ονομάζεται **μονωμένο**.
- Η ολική ορμή ενός συστήματος είναι ίση με το διανυσματικό άθροισμα των ορμών των σωμάτων που το αποτελούν.

2. Το *πείραμα*

- Τα δύο αμαξίδια της εικόνας είναι αρχικώς ακίνητα και βρίσκονται σε επαφή. Το ένα από αυτά φέρει έμβολο που συνδέεται με ένα συμπιεσμένο ελατήριο. Αν το συμπιεσμένο ελατήριο αφεθεί απότομα ελεύθερο, το έμβολο θα εκτιναχθεί προς τα έξω και θα προκαλέσει ξαφνική αμοιβαία ώθηση – «έκρηξη». Με την αμοιβαία αυτή ώθηση, τα δύο αμαξίδια θα αποχωριστούν και θα κινηθούν προς αντίθετες κατευθύνσεις.
- Οι ορμές των αμαξιδίων μετά την έκρηξη έχουν αντίθετες κατευθύνσεις και τα μέτρα τους είναι :

$$p_1 = m_1 \upsilon_1 \quad \text{και} \quad p_2 = m_2 \upsilon_2$$

- Για μία κατάλληλη θέση εκκίνησης, τα αμαξίδια φθάνουν ταυτόχρονα στα ξύλινα εμπόδια. Στην περίπτωση αυτή, οι αποστάσεις x_1 και x_2 διανύονται από τα δύο αμαξίδια στο ίδιο χρονικό διάστημα t, οπότε τα αμαξίδια έχουν αντίστοιχα :
  - ✓ ταχύτητες :

$$\upsilon_1 = \frac{x_1}{t} \quad \text{και} \quad \upsilon_2 = \frac{x_2}{t}$$

  - ✓ ορμές :

$$p_1 = m_1 \frac{x_1}{t} \quad \text{και} \quad p_2 = m_2 \frac{x_2}{t}$$

- Για να δείξουμε ότι $p_1 = p_2$ αρκεί να δείξουμε ότι $m_1 x_1 = m_2 x_2$.

ΣΤ. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Δοκιμή του μηχανισμού εκτίναξης του εμβόλου του αμαξιδίου

- Κρατάμε σταθερά με το ένα χέρι το απλό αμαξίδιο m_1 πάνω στο τραπέζι και σε επαφή με το εμβολοφόρο αμαξίδιο m_2. Πιέζουμε το έμβολο προς τα μέσα μέχρις ότου συγκρατηθεί στην πρώτη ή στη δεύτερη εγκοπή.
- Αφήνουμε ελεύθερα τα αμαξίδια στο τραπέζι και χτυπάμε ελαφρά και απότομα τον πίρο προς τα κάτω (με στερεό αντικείμενο, λ.χ. σφυρί, μεταλλική μάζα) για να ελευθερώσουμε το έμβολο. (Προσέχουμε, ώστε τα δάκτυλά μας να είναι μακριά από το έμβολο).

Προετοιμασία του πειράματος

- Στερεώνουμε με σφιγκτήρες τα ξύλινα εμπόδια των αμαξιδίων στις άκρες του τραπεζιού, ώστε να είναι παράλληλα μεταξύ τους.
- Οριζοντιώνουμε το τραπέζι με τη βοήθεια της αεροστάθμης, χρησιμοποιώντας διπλωμένα κομμάτια χαρτιού κάτω από κάποια πόδια του τραπεζιού. (Η οριζοντίωση είναι ουσιώδης για την επιτυχία του πειράματος).

Ζ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

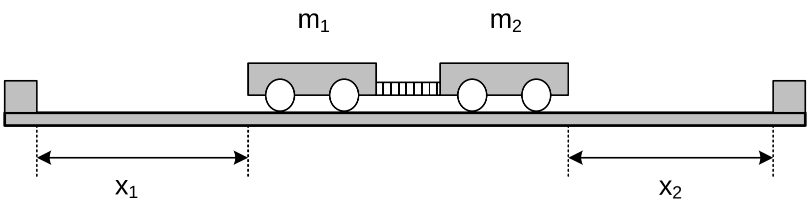
Λήψη μετρήσεων

1. Ζυγίζουμε τα δύο αμαξίδια μαζών m_1 , m_2 και τις δύο μεταλλικές μάζες M_1 και M_2 και καταχωρούμε τις αντίστοιχες τιμές τους στον ΠΙΝΑΚΑ 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			
ΣΩΜΑ	**ΜΑΖΑ**		
Αμαξίδιο απλό	m_1		g
Αμαξίδιο με έμβολο	m_2		g
Μεταλλική μάζα 1	M_1		g
Μεταλλική μάζα 2	M_2		g

ΠΕΙΡΑΜΑ 1

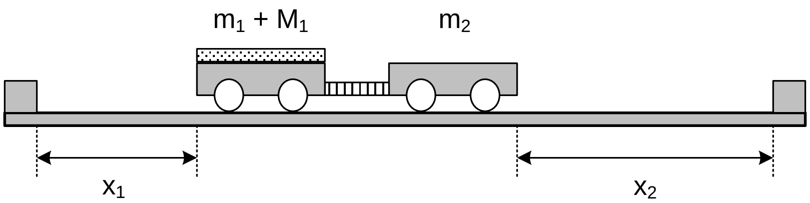
2. Πιέζουμε το έμβολο προς τα μέσα και οπλίζουμε το μηχανισμό εκτίναξης στην πρώτη ή στη δεύτερη εγκοπή. Τοποθετούμε στη μέση περίπου του τραπεζιού τα δύο αμαξίδια αντιμέτωπα και σε επαφή μεταξύ τους. Φροντίζουμε ώστε τα αμαξίδια να είναι ευθυγραμμισμένα και κάθετα στα δύο παράλληλα εμπόδια.
3. Χτυπάμε τον πίρο εκτίναξης του εμβόλου. Αν τα αμαξίδια δεν φτάνουν ταυτόχρονα στα ξύλινα εμπόδια μετακινούμε κατάλληλα το σημείο εκκίνησης και επαναλαμβάνουμε. Έπειτα από μερικές δοκιμές, προσδιορίζουμε τη θέση εκκίνησης, από την οποία τα δύο αμαξίδια θα χρειαστούν τον ίδιο χρόνο για να φθάσουν στα εμπόδια (σημειώνουμε πάνω στο τραπέζι τη θέση με το μολύβι).



4. Μετράμε τις αποστάσεις x_1 και x_2 των αμαξιδίων από τα ξύλινα εμπόδια, για τις οποίες τα αμαξίδια φθάνουν ταυτόχρονα στα εμπόδια και τις καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2

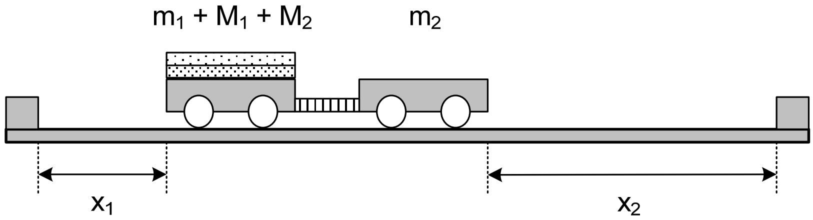
5. Φορτώνουμε στο απλό αμαξίδιο την μία μεταλλική μάζα M_1 .



6. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 2 – 4, με συνολική μάζα του απλού αμαξιδίου $m_1 + M_1$ και καταχωρούμε τις αντίστοιχες αποστάσεις x_1 και x_2 στον ΠΙΝΑΚΑ 2.

ΠΕΙΡΑΜΑ 3

7. Τοποθετούμε στο απλό αμαξίδιο μαζί με τη μάζα M_1 και τη δεύτερη μεταλλική μάζα M_2 .



8. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 2 – 4, με συνολική μάζα του απλού αμαξιδίου $m_1 + M_1 + M_2$ και καταχωρούμε τις αντίστοιχες αποστάσεις x_1 και x_2 στον ΠΙΝΑΚΑ 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ						
ΠΕΙΡΑΜΑ	ΑΠΛΟ ΑΜΑΞΙΔΙΟ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ x_1		ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟ ΑΜΑΞΙΔΙΟ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ x_2	
1	m_1		cm	m_2		cm
2	$m_1 + M_1$		cm	m_2		cm
3	$m_1 + M_1 + M_2$		cm	m_2		cm

Επεξεργασία μετρήσεων

1. Υπολογίζουμε τα γινόμενα $m_1 \cdot x_1$ και $m_2 \cdot x_2$ του 1ου πειράματος και τα καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
2. Υπολογίζουμε τα γινόμενα $(m_1 + M_1) \cdot x_1$ και $m_2 \cdot x_2$ του 2ου πειράματος και τα καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
3. Υπολογίζουμε τα γινόμενα $(m_1 + M_1 + M_2) \cdot x_1$ και $m_2 \cdot x_2$ του 3ου πειράματος και τα καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ						
ΠΕΙΡΑΜΑ	ΑΠΛΟ ΑΜΑΞΙΔΙΟ			ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟ ΑΜΑΞΙΔΙΟ		
1	$m_1 \cdot x_1$		$kg \cdot m$	$m_2 \cdot x_2$		$kg \cdot m$
2	$(m_1 + M_1) \cdot x_1$		$kg \cdot m$	$m_2 \cdot x_2$		$kg \cdot m$
3	$(m_1 + M_1 + M_2) \cdot x_1$		$kg \cdot m$	$m_2 \cdot x_2$		$kg \cdot m$

4. Συγκρίνουμε τα γινόμενα του 1ου πειράματος και συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 1.
5. Διατυπώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 2 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.
6. Συγκρίνουμε τα γινόμενα του 2ου πειράματος και συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 3.
7. Διατυπώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 4 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.
8. Συγκρίνουμε τα γινόμενα του 3ου πειράματος και συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 5.
9. Διατυπώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 6 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.

<table>
<tr><th colspan="2">ΠΙΝΑΚΑΣ 4 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</th></tr>
<tr><td>ΠΕΙΡΑΜΑ</td><td>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</td></tr>
<tr><td>1</td><td>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 1 :
Ισχύει : $m_1 x_1$ …….. $m_2 x_2$
δηλαδή : $m_1 x_1 / t$ …….. $m_2 x_2 / t$
άρα : p_1 …….. p_2
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 2 :
Οι ορμές των αμαξιδίων μετά την «έκρηξη» έχουν μέτρο <u>ίσο</u> / <u>άνισο</u>, άρα η ολική ορμή του συστήματος μετά την «έκρηξη» είναι <u>μηδενική</u> / <u>μη μηδενική</u>, οπότε τελικά συμπεραίνουμε ότι η ολική ορμή του συστήματος <u>διατηρείται</u> / <u>δεν διατηρείται</u>.</td></tr>
<tr><td>2</td><td>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 3 :
Ισχύει : $(m_1 + M_1) x_1$ …….. $m_2 x_2$
δηλαδή : $(m_1 + M_1) x_1 / t$ …….. $m_2 x_2 / t$
άρα : p_1 …….. p_2
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 4 :
Οι ορμές των αμαξιδίων μετά την «έκρηξη» έχουν μέτρο <u>ίσο</u> / <u>άνισο</u>, άρα η ολική ορμή του συστήματος μετά την «έκρηξη» είναι <u>μηδενική</u> / <u>μη μηδενική</u>, οπότε τελικά συμπεραίνουμε ότι η ολική ορμή του συστήματος <u>διατηρείται</u> / <u>δεν διατηρείται</u>.</td></tr>
<tr><td>3</td><td>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 5 :
Ισχύει : $(m_1 + M_1 + M_2) x_1$ …….. $m_2 x_2$
δηλαδή : $(m_1 + M_1 + M_2) x_1 / t$ …….. $m_2 x_2 / t$
άρα : p_1 …….. p_2
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 6 :
Οι ορμές των αμαξιδίων μετά την «έκρηξη» έχουν μέτρο <u>ίσο</u> / <u>άνισο</u>, άρα η ολική ορμή του συστήματος μετά την «έκρηξη» είναι <u>μηδενική</u> / <u>μη μηδενική</u>, οπότε τελικά συμπεραίνουμε ότι η ολική ορμή του συστήματος <u>διατηρείται</u> / <u>δεν διατηρείται</u>.</td></tr>
</table>

Η. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Το σύστημα των δύο αμαξιδίων είναι μονωμένο ; Δικαιολογούμε την απάντησή μας.
2. Έχοντας ως δεδομένο, ότι η ορμή είναι διανυσματικό μέγεθος, μπορούμε να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα για την ολική ορμή του συστήματος πριν και μετά την «έκρηξη» ;
3. Η ορμή του κάθε αμαξιδίου είναι ίδια πριν και μετά την «έκρηξη» ;