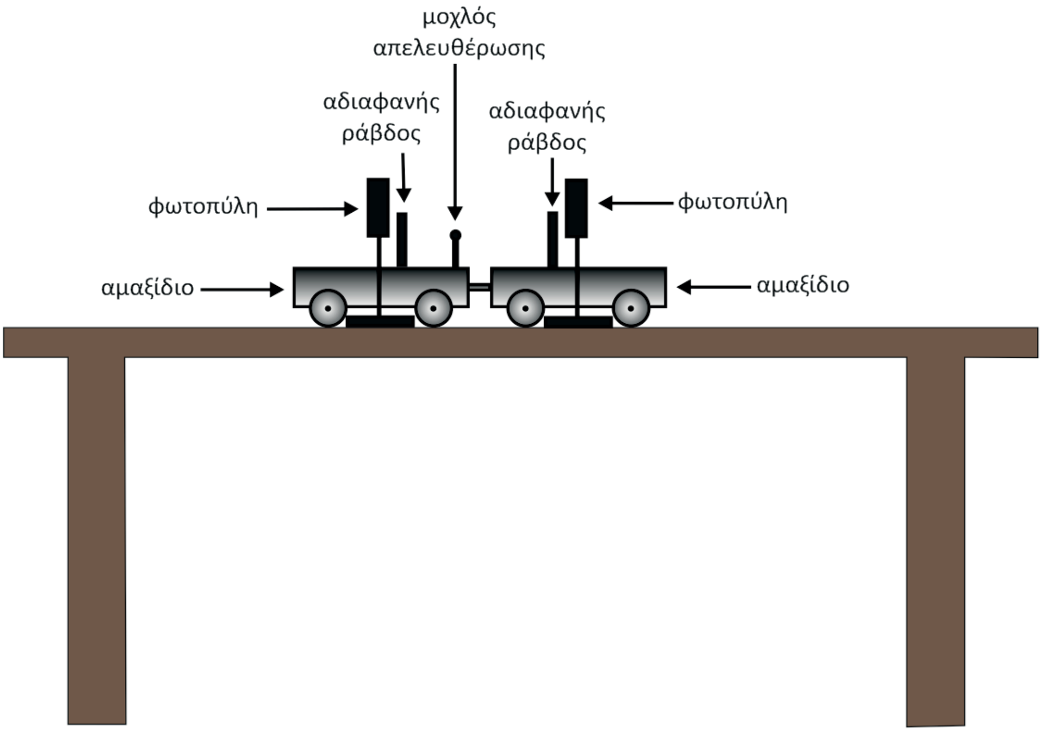
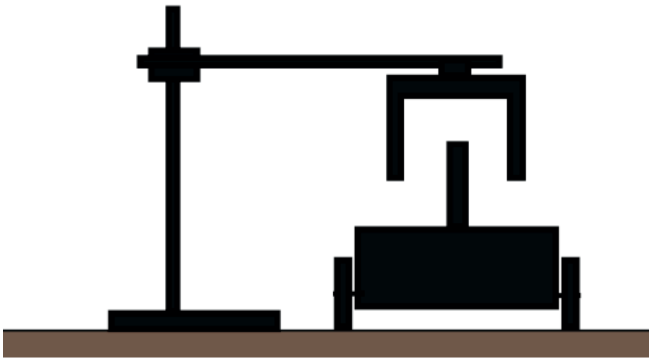
Διατήρηση ορμής στη διάσπαση

Η πειραματική διάταξη φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Λεπτομέρεια της διάταξης (η εμπρός όψη)



Χρησιμοποιούμε δυο αμαξίδια από τα οποία το ένα φέρει έμβολο που συνδέεται με ελατήριο και μοχλό απελευθέρωσης του συμπιεσμένου ελατηρίου. Με τσιχλόκολα προσαρμόσαμε κατακόρυφα σε κάθε αμαξίδιο ένα αδιαφανή κυλινδρικό σωλήνα γνωστής (μικρής) διαμέτρου. Στα δύο άκρα του τραπεζιού βάλαμε κατάλληλα εμπόδια για να μη πέφτουν τα αμαξίδια από το τραπέζι μετά την απελευθέρωση του συμπιεσμένου ελατηρίου. Χρησιμοποιούμε επίσης τον ηλεκτρονικό χρονομετρητή συνδεδεμένο με δύο φωτοπύλες μέσα από τις οποίες θα περάσει ο κατακόρυφος

κύλινδρος του κάθε αμαξιδίου. Οι δύο φωτοπύλες με κατάλληλη διάταξη τοποθετούνται κατακόρυφες σε πολύ μικρή απόσταση από κάθε αδιαφανή κύλινδρο, με τα αμαξίδια σε επαφή και το ελατήριο συσπειρωμένο και ασφαλισμένο. Όταν απελευθερώσουμε το ελατήριο τα αμαξίδια εκτινάσσονται και ο χρονομετρητής (ρυθμισμένος σε τρόπο λειτουργίας F1 σύμφωνα με το εγχειρίδιό του) μετράει τη χρονική διάρκεια της διέλευσης κάθε αδιαφανούς ράβδου από τη φωτοπύλη. Αφού γνωρίζουμε τη διάμετρο κάθε αδιαφανούς ράβδου, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε τη μέση ταχύτητα κάθε μιας κατά τη διέλευσή της από τη φωτοπύλη. Κατά τα γνωστά αυτή η μέση ταχύτητα ισούται με τη στιγμιαία ταχύτητα κάθε αμαξιδίου όταν η αδιαφανής ράβδος διέρχεται από το μέσο της αντίστοιχης φωτοπύλης.
Ώστε, οι ταχύτητες των δύο αμαξιδίων μετά τη διάσπαση είναι:

$$\upsilon_1 = \frac{d}{\Delta t_1} \quad \kappa\alpha\iota \quad \upsilon_2 = \frac{d}{\Delta t_2},$$

όπου d το πάχος κάθε αδιαφανούς κυλίνδρου.

Αλλά στο πολύ μικρό χρονικό διάστημα που διαρκεί η διάσπαση, το σύστημα των αμαξιδίων μπορεί θα θεωρηθεί απομωνομένο, οπότε ισχύει:

$$\vec{p}_{\alpha\rho\chi.} = \vec{p}_{\tau\varepsilon\lambda.} \Rightarrow \vec{0} = m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2$$

δηλ. κατά μέτρο $\dfrac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \dfrac{m_2}{m_1} \Rightarrow \dfrac{\frac{d}{\Delta t_1}}{\frac{d}{\Delta t_2}} = \dfrac{m_2}{m_1}$

και τελικά: $\dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$ (1)

Την ισχύ της σχέσης (1), επιχειρούμε να διαπιστώσουμε στο συγκεκριμένο πείραμα.

Πειραματική διαδικασία

Αρχικά ζυγίσαμε κάθε αμαξίδιο (με την αδιαφανή ράβδο προσκολλημένη πάνω του), καθώς και διάφορα βαράκια που θα τοποθετήσουμε πάνω στα αμαξίδια αλλάζοντας τη συνολική τους μάζα ώστε να εκτελέσουμε το πείραμα με διάφορες τιμές των δύο μαζών. Χρησιμοποιήσαμε το ζυγό τριπλής φάλαγγας και ζυγίσαμε πέντε διαδοχικές φορές κάθε σώμα, μηδενίζοντας μετά από κάθε μέτρηση τις κλίμακες του ζυγού. Οι μέσες τιμές των μετρήσεων για κάθε σώμα, υπολογίστηκαν:

- αμαξίδιο Α : 603,7 g
- αμαξίδιο Β : 515,8 g
- μεταλλική πλάκα 1 : 582,1 g
- μεταλλική πλάκα 2 : 593,8 g
- μεταλλική πλάκα 3 : 584,2 g
- μεταλλικός κύλινδρος : 201,1 g

Στη συνέχεια στερεώσαμε στο αμαξίδιο Α τη μεταλλική πλάκα 1 και στο αμαξίδιο Β τη μεταλλική πλάκα 2, ώστε η συνολική τους μάζα να γίνει 1185,1 g και 1109,6 g αντίστοιχα. Οι δύο πλάκες στερεώθηκαν τυλίγοντάς τες με σελοτέιπ γύρω από κάθε αμαξίδιο ώστε να μη κινούνται λόγω αδράνειας πάνω στα αντίστοιχα αμαξίδια κατά τη διάσπαση. Τοποθετήσαμε τα δύο αμαξίδια στις θέσεις τους ώστε οι δύο κατακόρυφοι αδιαφανείς κύλινδροι να απέχουν πολύ λίγο (2-3 mm συνολική απόσταση) από κάθε φωτοπύλη. Θέσαμε τον ηλεκτρονικό χρονομετρητή σε κατάσταση λειτουργίας F1, και πιέσαμε το μοχλό απελευθέρωσης του ελατηρίου του αμαξιδίου Α. Σημειώσαμε τις μετρήσεις (χρόνοι διέλευσης των κατακόρυφων αδιαφανών κυλίνδρων από τις φωτοπύλες) και επαναλάβαμε τη διαδικασία συνολικά πέντε φορές. Στη συνέχεια και για να ελαχιστοποιήσουμε τα σφάλματα λόγω τυχόν κακής οριζοντίωσης του τραπεζιού ανταλλάξαμε τις θέσεις των δύο αμαξιδίων και πήραμε ακόμη πέντε μετρήσεις. Οι μετρήσεις που λάβαμε έχουν ως εξής:

m_α (g)	m_β (g)	Δt_α (s)	Δt_β (s)	$\frac{\Delta t_\alpha}{\Delta t_\beta}$
1185,1	1109,6	0,0223	0,0217	1,0276
		0,0227	0,0221	1,0271
		0,0230	0,0222	1,0360
		0,0224	0,0221	1,0136
		0,0225	0,0222	1,0135
		0,0232	0,0212	1,0943
		0,0231	0,0212	1,0896
		0,0234	0,0216	1,0835
		0,0233	0,0211	1,1043
		0,0233	0,0210	1,1095

Ο λόγος των μαζών έχει τιμή: $\frac{m_\alpha}{m_\beta} = \frac{1185,1}{1109,6} = 1,0680$, ενώ η μέση τιμή του λόγου των χρόνων διέλευσης έχει τιμή: $\frac{\Delta t_\alpha}{\Delta t_\beta} = 1,0599$. Παρουσιάζουν δηλ. απόκλιση μικρότερη από 1%.

Να τονίσουμε εδώ πως επειδή οι μάζες των δύο αμαξιδίων είναι παραπλήσιες, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ορθή καταγραφή των χρόνων διέλευσης από τις φωτοπύλες. Η πρώτη τιμή που επιστέφει ο χρονομετρητής αφορά το αμαξίδιο που κάθε φορά περνάει πρώτο από τη φωτοπύλη. Εξασφαλίσαμε την ορθότητα της ανάγνωσης των χρόνων μοιράζοντας άνισα την πολύ μικρή απόσταση μεταξύ των δύο φωτοπυλών και των αντίστοιχων αδιαφανών κυλίνδρων ώστε να γνωρίζουμε ποιο αμαξίδιο περνάει πρώτο από τη φωτοπύλη. Επειδή αυτή η απόσταση ήταν πολύ μικρή θεωρήσαμε το αντίστοιχο σφάλμα των μετρήσεων πολύ μικρό.

Επαναλάβαμε το πείραμα, αλλάζοντας τις μάζες των αμαξιδίων, προσθέτοντας ή αφαιρώντας βάρη σ’ αυτά. Το γενικό συμπέρασμα είναι πως όσο μεγαλώνει είναι η μάζα των αμαξιδίων ή η διαφορά μαζών τους, τόσο μεγαλώνει και η σχετική απόκλιση του λόγου των μαζών και του λόγου των χρόνων διέλευσης. Συγκεκριμένα:

- Με μάζες αμαξιδίων 1109,6 g και 804,8 g η σχετική απόκλιση ήταν περίπου 3,5%.
- Με μάζες αμαξιδίων 1185,1 g και 1693,8 g η σχετική απόκλιση ήταν περίπου 5,5%.

Πιθανή αιτία των μεγαλύτερων αποκλίσεων είναι η δράση της τριβής κατά την κίνηση των αμαξιδίων, παρά το γεγονός ότι η απόσταση που κάθε αμαξίδιο διανύει μέχρι να περάσει ο κατακόρυφος κύλινδρος από τη φωτοπύλη δεν είναι μεγαλύτερη από 2 cm. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα αυτό, αφού στην τρίτη εκδοχή του πειράματος που δοκιμάσαμε (όταν χρησιμοποιήσαμε αμαξίδιο μάζας 1693,8 g) το βαρύτερο αμαξίδιο σταμάτησε προτού καν διανύσει την απόσταση των 50 περίπου cm που το χώριζε από το εμπόδιο στην άκρη του τραπεζιού.

Συμπερασματικά, πρόκειται για ένα πείραμα που, με τη διάταξη τουλάχιστον που χρησιμοποιήσαμε, απαιτεί ιδιαίτερα μεγάλη προσοχή κατά την εκτέλεση για να πετύχουμε επιβεβαίωση της διατήρησης της ορμής με αποκλίσεις μικρότερες του 5%.

ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Διατήρηση της ορμή στη διάσπαση

Μάζα αμαξιδίου Α m_{α} (g)	Μάζα αμαξιδίου Β m_{β} (g)	Μεταλλική πλάκα 1 m_1 (g)	Μεταλλική πλάκα 2 m_2 (g)	Μεταλλική πλάκα 3 m_3 (g)	Μεταλλικός κύλινδρος m_4 (g)

Μέσες τιμές μαζών

Μάζα αμαξιδίου Α m_{α} (g)	Μάζα αμαξιδίου Β m_{β} (g)	Μεταλλική πλάκα 1 m_1 (g)	Μεταλλική πλάκα 2 m_2 (g)	Μεταλλική πλάκα 3 m_3 (g)	Μεταλλικός κύλινδρος m_4 (g)

Συνολική μάζα $1^{ου}$ αμαξιδίου: m_1 = ... g
Συνολική μάζα $2^{ου}$ αμαξιδίου: m_2 = ... g

Χρόνοι διέλευσης από τις φωτοπύλες

Δt_{α} (s)	Δt_{β} (s)	$\dfrac{\Delta t_{\alpha}}{\Delta t_{\beta}}$

Λόγος των συνολικών μαζών των αμαξιδίων : $\dfrac{m_1}{m_2} =$ ....

Μέση τιμή των λόγων των χρόνων διέλευσης : $\dfrac{\Delta t_1}{\Delta t_2} =$ ....

Απόκλιση : .... %

2^o Πείραμα

Συνολική μάζα $1^{ου}$ αμαξιδίου: m_1 = ……………… g
Συνολική μάζα $2^{ου}$ αμαξιδίου: m_2 = ……………… g

Χρόνοι διέλευσης από τις φωτοπύλες

Δt_α (s)	Δt_β (s)	$\dfrac{\Delta t_a}{\Delta t_\beta}$

Λόγος των συνολικών μαζών των αμαξιδίων : $\dfrac{m_1}{m_2} =$ …………

Μέση τιμή των λόγων των χρόνων διέλευσης : $\dfrac{\Delta t_1}{\Delta t_2} =$ …………

Απόκλιση : ………… %