

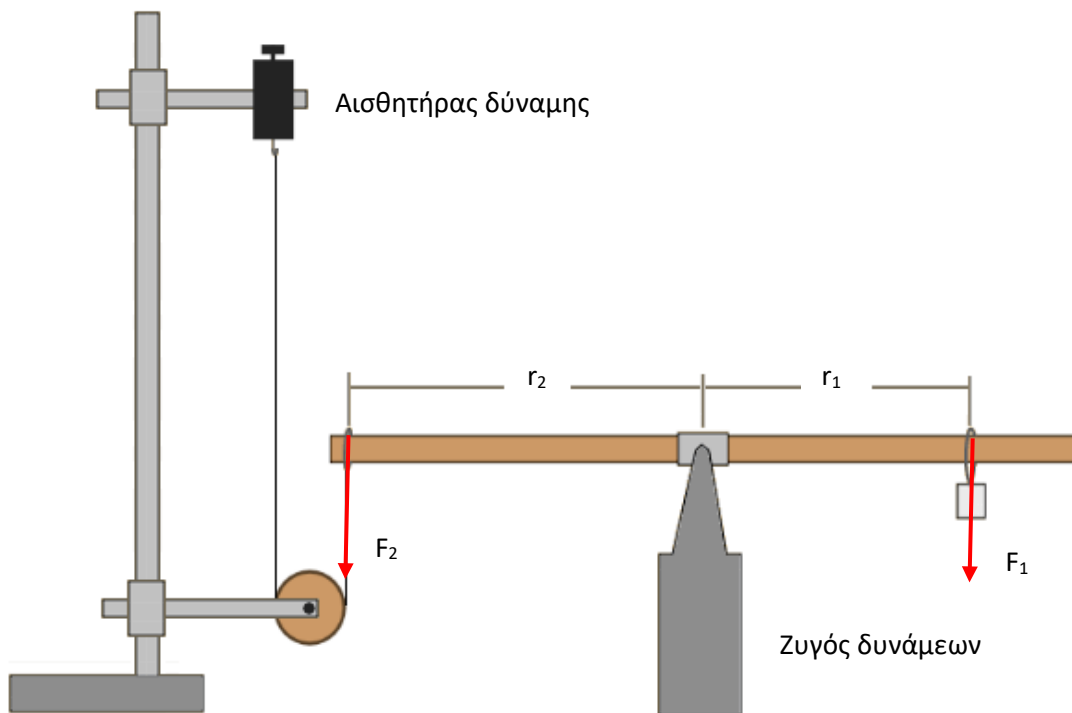
## Η έννοια της ροπής δύναμης – Ισορροπία στερεού

Μπορείς να κλείσεις μια πόρτα ασκώντας της μικρή δύναμη στο χερούλι ή μια μεγαλύτερη δύναμη κοντά στους μεντεσέδες στους οποίους στηρίζεται και γύρω από τους οποίους περιστρέφεται. Και φυσικά καθόλου δεν μπορείς να την κλείσεις ασκώντας μικρή ή μεγάλη δύναμη επάνω στους μεντεσέδες. Παραδείγματα σαν αυτό προϋποθέτουν πως η περιστροφή ενός σώματος δεν εξαρτάται μόνο από το πόσο μεγάλη δύναμη του ασκούμε αλλά και από τη θέση σε σχέση με τον άξονα περιστροφής στην οποία ασκείται η δύναμη. Την ιδέα αυτή θα διερευνήσετε τώρα πειραματικά.

### Πειραματική διάταξη

Θα χρειαστείτε:

- Το σύστημα συγχρονικής λήψης Multilog και τον αισθητήρα δύναμης.
- Ζυγό δυνάμεων. Αν το εργαστήριό σας δε διαθέτει ζυγό δυνάμεων μπορείτε να φτιάξετε ένα χρησιμοποιώντας μια ράβδο ορθοστάτη στην οποία θα στερεώσετε τρεις γάντζους: Ένα στο μέσο της ώστε να την αναρτήσετε σε βάση με ορθοστάτη, και τους άλλους δύο δεξιά και αριστερά του πρώτου, ώστε να μπορείτε να αναρτήσετε σε αυτούς διάφορα βάρη κατά τη διάρκεια του πειράματος.
- Χάρακα ή μετροταινία.
- Τροχαλία με στέλεχος.
- Βάση στήριξης με ορθοστάτη και συνδετήρες για τη στήριξη της τροχαλίας και του αισθητήρα δύναμης.
- Λίγο λεπτό νήμα, διάφορα βαράκια και μια ζυγαριά.



Εικόνα 1: Η πειραματική διάταξη

Συναρμολογήστε την πειραματική διάταξη (Εικόνα 1). Στην άκρη του ενός βραχίονα του ζυγού δυνάμεων δέστε τη μία άκρη του νήματος, το οποίο θα περάσετε από το αυλάκι της τροχαλίας και θα δέστετε την άλλη άκρη του στον αισθητήρα δύναμης. Κατ' αυτό τον τρόπο ο αισθητήρας δύναμης μετράει τη δύναμη που ασκεί το τεντωμένο νήμα στο άκρο του βραχίονα στο οποίο έχει προσδεθεί.

**1<sup>η</sup> Δραστηριότητα: Ισορροπία ζυγού***Πειραματική διαδικασία*

1. Μετρήστε την απόσταση  $r_2$  μεταξύ του σημείου στο οποίο δέσατε το νήμα και του άξονα περιστροφής του ζυγού δυνάμεων.

$r_2 = \dots\dots\dots \text{ cm}$
------------------------------------

2. Ζυγίστε στη ζυγαριά ένα βαράκι ονομαστικής τιμής 200 g και σημειώστε την τιμή του στον Πίνακα 1. Τοποθετήστε το βαράκι περίπου στο μέσο του δεύτερου βραχίονα του ζυγού δυνάμεων και ρυθμίστε την κατακόρυφη θέση του αισθητήρα δύναμης, ώστε ο ζυγός δυνάμεων να ισορροπεί σε οριζόντια θέση.

3. Μετρήστε την απόσταση  $r_1$  του σημείου στο οποίο αναρτήσατε το βαράκι από τον άξονα περιστροφής του ζυγού δυνάμεων και σημειώστε το αποτέλεσμα.

$r_1 = \dots\dots\dots \text{ cm}$
------------------------------------

4. Συνδέστε στον υπολογιστή του εργαστηρίου το σύστημα λήψης Multilog και εκκινήστε το λογισμικό Multilab. Ρυθμίστε τη λήψη δεδομένων με τον αισθητήρα δύναμης (Force\_10N) με ρυθμό μία μέτρηση ανά δευτερόλεπτο και για χρόνο περίπου 3 min. Τοποθετήστε την κλίμακα του αισθητήρα δύναμης στην τιμή  $\pm 10\text{N}$ .
5. Ενεργοποιήστε στο λογισμικό Multilab την καταγραφή των πειραματικών δεδομένων από τον αισθητήρα δύναμης.
6. Μετά ζυγίστε ένα δεύτερο βαράκι και προσθέστε το στην ίδια απόσταση από τον άξονα περιστροφής μαζί με το πρώτο. Σημειώστε τη συνολική μάζα του συστήματος στον Πίνακα 1. Επαναλάβετε τη διαδικασία ώστε να πάρετε πέντε συνολικά μετρήσεις δύναμης.

*Επεξεργασία μετρήσεων – Συμπεράσματα*

1. Υπολογίστε τη δύναμη  $F_1 = mg$  ( $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ) που ασκείται από τα βαράκια στο ζυγό και σημειώστε τα αποτελέσματα στον Πίνακα 1.
2. Με τη βοήθεια ενός δρομέα στο λογισμικό Multilab διατρέξτε τη γραφική παράσταση της δύναμης σε συνάρτηση με το χρόνο που έχει σχεδιαστεί κατά τη διάρκεια του πειράματος και προσδιορίστε την τιμή της δύναμης  $F_2$  που μετράει ο αισθητήρας για τις αντίστοιχες τιμές της δύναμης που ασκείται από τα βαράκια στο ζυγό. Σημειώστε και αυτά τα αποτελέσματα στην αντίστοιχη στήλη του Πίνακα 1.

**Πίνακας 1: Πειραματικά δεδομένα**

$\alpha/\alpha$	m (g)	$F_1 = mg$ (N)	$F_2$ (N)
1			
2			
3			
4			
5			

3. Σε μιλιμετρέ χαρτί σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της δύναμης  $F_2$  που μετράει ο αισθητήρας σε συνάρτηση με τη δύναμη  $F_1$  που ασκείται στο ζυγό από τα βαράκια που αναρτώνται στο βραχίονά του.

- Μια πιθανή εξήγηση της ισορροπίας του ζυγού είναι πως η δύναμη που τείνει να τον περιστρέψει δεξιόστροφα (η δύναμη από τα βαράκια στο σχήμα μας) θα πρέπει να είναι ίση κατά μέτρο με τη δύναμη που τείνει να τον περιστρέψει αριστερόστροφα (η δύναμη από το νήμα). Εύκολα κανείς διαπιστώνει πως τα πειραματικά δεδομένα δεν επιβεβαιώνουν αυτή την υπόθεση. Επιβεβαιώνουν όμως τη γραμμικότητα της σχέσης που συνδέει τις τιμές των δύο δυνάμεων. Να σχεδιάσετε την ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων και προσεγγίζει καλύτερα τα πειραματικά δεδομένα και να υπολογίσετε την κλίση της.
- Επιβεβαιώστε με τη βοήθεια του EXCEL την ακρίβειά σας στον υπολογισμό της κλίσης και κάντε όποιες διορθώσεις κρίνετε απαραίτητες.
- Να επιβεβαιώσετε πως με μικρή απόκλιση (μικρότερη του 5%) η κλίση της γραφικής παράστασης  $F_2 = f(F_1)$ , δηλ. η σταθερά αναλογίας  $\frac{F_2}{F_1}$  ισούται με τον αντίστροφο λόγο  $\frac{r_1}{r_2}$  των αποστάσεων των σημείων εφαρμογής των δύο δυνάμεων από το σημείο στήριξης του ζυγού δυνάμεων.

## 2<sup>η</sup> Δραστηριότητα: Ισορροπία ζυγού

Στην πρώτη δραστηριότητα καταλήξατε ότι στην ισορροπία του ζυγού ισχύει  $\frac{F_2}{F_1} = \frac{r_1}{r_2}$  ή  $F_2 r_2 = F_1 r_1$ .

Πρόκειται για ένα αποτέλεσμα που οφείλουμε να διερευνήσουμε περαιτέρω. Σύμφωνα με τη σχέση αυτή προκύπτει:  $F_2 = \left(\frac{F_1}{r_2}\right) r_1$ . Δηλαδή αν διατηρούμε σταθερή τη δύναμη  $F_1$  (χρησιμοποιώντας το ίδιο πάντα βαράκι) και σταθερό το σημείο στο οποίο δένεται το νήμα στο βραχίονα του ζυγού (άρα σταθερή την απόσταση  $r_2$ ) και μεταβάλλουμε το σημείο ανάρτησης ( $r_1$ ) των βαριδίων, τότε η γραφική παράσταση  $F_2 = f(r_1)$  θα είναι ευθεία γραμμή που διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

### Πειραματική διαδικασία

- Μετρήστε την απόσταση  $r_2$  μεταξύ του σημείου στο οποίο δέσατε το νήμα στο βραχίονα του ζυγού και του άξονα γύρω από τον οποίο περιστρέφεται.
- Ζυγίστε στη ζυγαριά ένα βαράκι ονομαστικής τιμής 500 g και υπολογίστε το βάρος του  $F_1 = mg$  (με  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ).
- Τοποθετήστε το βαράκι στο άκρο του δεύτερου βραχίονα του ζυγού δυνάμεων και ρυθμίστε την κατακόρυφη θέση του αισθητήρα δύναμης, ώστε ο ζυγός δυνάμεων να ισορροπεί σε οριζόντια θέση.
- Μετρήστε την απόσταση  $r_1$  του σημείου στο οποίο αναρτήσατε το βαράκι από τον άξονα περιστροφής του ζυγού δυνάμεων και σημειώστε το αποτέλεσμα στον Πίνακα 2.
- Συνδέστε στον υπολογιστή του εργαστηρίου το σύστημα λήψης Multilog και εκκινήστε το λογισμικό Multilab. Ρυθμίστε τη λήψη δεδομένων με τον αισθητήρα δύναμης (Force\_10N) με ρυθμό μία μέτρηση ανά δευτερόλεπτο και για χρόνο περίπου 3 min. Τοποθετήστε την κλίμακα του αισθητήρα δύναμης στην τιμή  $\pm 10\text{N}$ . Ενεργοποιήστε στο λογισμικό Multilab την καταγραφή των πειραματικών δεδομένων από τον αισθητήρα δύναμης.
- Μετά να μεταφέρετε το βαράκι πλησιέστερα στον άξονα περιστροφής του ζυγού, μετρήστε τη νέα τιμή της απόστασης  $r_1$  και σημειώστε την απόσταση αυτή στον Πίνακα 2. Επαναλάβετε τη

$r_2 = \dots\dots\dots \text{ cm}$
------------------------------------

$F_1 = \dots\dots\dots \text{ N}$
-----------------------------------

διαδικασία ώστε να πάρετε πέντε συνολικά μετρήσεις δύναμης.

7. Με τη βοήθεια ενός δρομέα στο λογισμικό Multilab διατρέξτε τη γραφική παράσταση της δύναμης σε συνάρτηση με το χρόνο που έχει σχεδιαστεί κατά τη διάρκεια του πειράματος και προσδιορίστε την τιμή της δύναμης  $F_2$  που μετράει ο αισθητήρας για τις αντίστοιχες τιμές της απόστασης  $r_1$ . Σημειώστε και αυτά τα αποτελέσματα στην αντίστοιχη στήλη του Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Πειραματικά δεδομένα

α/α	$r_1$ (cm)	$F_2$ (N)
1		
2		
3		
4		
5		

8. Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της δύναμης  $F_2 = f(r_1)$ . Εφόσον η μορφή της γραφικής παράστασης επιβεβαιώνει τη γραμμικότητα της σχέσης, να σχεδιάσετε και την καλύτερη ευθεία προσέγγισης στα πειραματικά δεδομένα και να υπολογίσετε την κλίση της.
9. Επιβεβαιώστε με τη βοήθεια του EXCEL την ακρίβειά σας στον υπολογισμό της κλίσης και κάντε όποιες διορθώσεις κρίνετε απαραίτητες.
10. Να επιβεβαιώσετε πως με μικρή απόκλιση (μικρότερη του 5%) η κλίση της γραφικής παράστασης  $F_2 = f(r_1)$  ισούται με το λόγο  $\frac{F_1}{r_2}$ . Τι σημαίνει αυτό για την πρόταση που διατυπώσαμε για την ισορροπία του ζυγού;

**Παρατήρηση:** Σε περίπτωση που στο εργαστήριό σας δε διαθέτετε το Multilog ή άλλο σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μια απλή ζυγαριά κουζίνας, στο δίσκο της οποίας θα στερεώσετε μικρό ξύλινο πηχάκι (Εικόνα 2). Με τη βοήθεια νήματος στερεωμένου ή περασμένου κατά μήκος στο πηχάκι μπορείτε να μετράτε δυνάμεις κάθετες στο δίσκο και κατά τις δύο φορές (κάτω ή επάνω). Το μόνο μειονέκτημα είναι πως οι ζυγαριές αυτές είναι ρυθμισμένες ώστε να δίνουν ενδείξεις σε γραμμάρια, οπότε χρειάζεται να μετατραπούν σε μονάδες δύναμης.



Εικόνα 2: Τροποποιημένη ζυγαριά κουζίνας