

## Ισορροπία στερεού σώματος

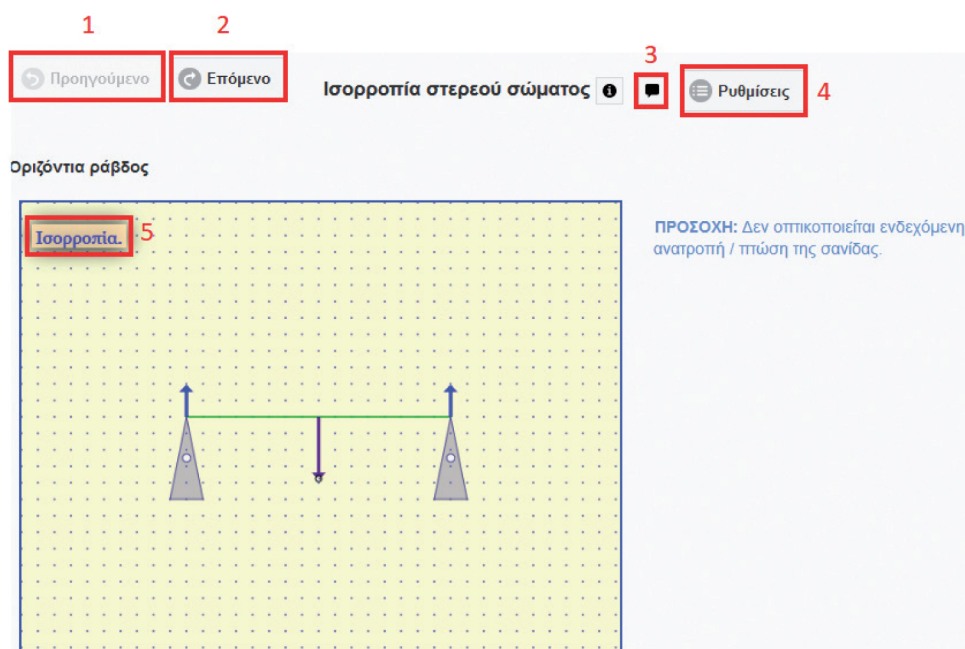
### Οριζόντια ράβδος

Οδηγίες λειτουργίας  
με τη μορφή ερωταπαντήσεων



## Ερωτήσεις

1. Να εκτελέσετε το λογισμικό είτε από [εδώ](#) είτε χρησιμοποιώντας το QR Code που εμφανίζεται πάνω δεξιά.
2. Να παρατηρήσετε ότι στην επιφάνεια σχεδίασης απεικονίζεται μια οριζόντια λεπτή ομογενής ράβδος, τοποθετημένη σε δύο στηρίγματα τριγωνικού σχήματος. Απεικονίζονται επίσης οι δυνάμεις που δέχεται η ράβδος: το βάρος της  $\vec{w}$ , δηλαδή η ελκτική δύναμη από τον πλανήτη Γη και οι δυνάμεις στήριξης  $\vec{N}_1$  και  $\vec{N}_2$ , δηλαδή οι απωστικές δυνάμεις από το αριστερό και το δεξιό υποστήριγμα αντίστοιχα.
3. Ποιο είναι το σημείο εφαρμογής του βάρους της ράβδου; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
4. Να παρατηρήσετε ότι στην πάνω αριστερή γωνία της επιφάνειας σχεδίασης αναγράφεται η κατάσταση της ράβδου (**Εικόνα 1-5**).



Εικόνα 1

5. Ποια σχέση έχουν οι δύο δυνάμεις στήριξης;

6. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

---

---

---

7. Ποια σχέση έχει κάθε δύναμη στήριξης με το βάρος;

---

---

---

8. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

---

---

---

9. Να σημαδέψετε το λευκό χειριστήριο (κύκλος) στο εσωτερικό οποιουδήποτε στηρίγματος και να παρατηρήσετε ότι μπορείτε να μετακινήσετε το στηρίγμα κατά την οριζόντια διεύθυνση.

10. Να μετακινήσετε το αριστερό στηρίγμα προς τα δεξιά σε απόσταση περίπου ίση με το  $1/4$  του μήκους της ράβδου.

11. Πώς μεταβάλλεται το μέτρο της  $\vec{N}_1$  κατά τη μετακίνηση αυτή;

---

---

---

12. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

---

---

---

13. Να σημαδέψετε το άκρο του βάρους και να παρατηρήσετε ότι μπορείτε να μεταβάλετε το μέτρο του κατά βούληση.

14. Να κάνετε κλικ στο ομώνυμο κουμπί **4**, ώστε να εμφανίσετε τις **Ρυθμίσεις** της εφαρμογής.

15. Να ενεργοποιήσετε τον διακόπτη **Τιμές (Εικόνα 2-9)**.

16. Να κλείσετε το παράθυρο των ρυθμίσεων είτε πατώντας το πλήκτρο **ESCAPE** είτε κάνοντας κλικ στο κουμπί που βρίσκεται πάνω δεξιά (**6**).

17. Να αλλάξετε το μέτρο του βάρους σε (περίπου) 80 N.

18. Ποιο είναι το μέτρο των δυνάμεων στήριξης;

$$N_1 = \dots\dots\dots, \quad N_2 = \dots\dots\dots$$

19. Θα μπορούσατε να έχετε προϋπολογίσει τις τιμές αυτές; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

---

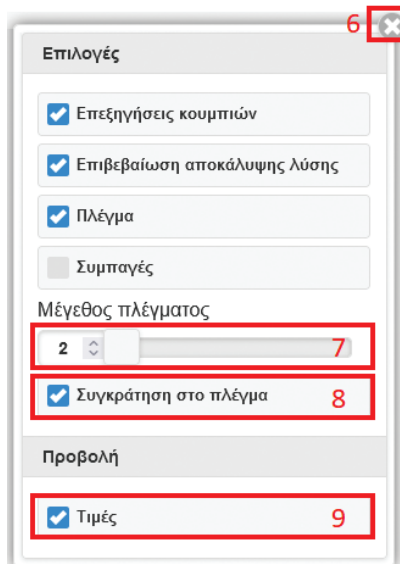
---

---

---

---

---



Εικόνα 2

20. Από το παράθυρο των ρυθμίσεων του λογισμικού να ενεργοποιήσετε τον διακόπτη **Συγκράτηση στο πλέγμα (8)**. Με τη ρύθμιση αυτή, όποια αλλαγή πραγματοποιείτε στην επιφάνεια σχεδίασης θα είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της υποδιαίρεσης του πλέγματος.

21. Να επιβεβαιώσετε ότι το μέτρο του βάρους είναι ακριβώς 80 N. Αν χρειάζεται, να το διορθώσετε.

22. Να μετατοπίσετε το αριστερό στήριγμα, ώστε η αιχμή του να βρίσκεται κατά δύο υποδιαίρεσεις του πλέγματος προς τα αριστερά του μέσου M της ράβδου.

23. Ποιο είναι τώρα το μέτρο των δυνάμεων στήριξης;

$$N_1 = \dots\dots\dots, \quad N_2 = \dots\dots\dots$$

24. Να μετατοπίσετε το δεξιό υποστήριγμα κατά μία υποδιαίρεση του πλέγματος προς τα δεξιά. Τι παρατηρείτε;

---

---

---

25. Να παρατηρήσετε ότι το λογισμικό δεν οπτικοποιεί την κίνηση της ράβδου, όπως εξ άλλου αναφέρει το σχετικό μήνυμα. Αν η κίνηση περιλαμβανόταν στην οπτικοποίηση, η ράβδος θα περιστρεφόταν ωρολογιακά ή αντιωρολογιακά; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

---

---

---

26. Να επαναφέρετε το δεξιό υποστήριγμα στην αρχική του θέση.

27. Τι αλλαγές πρέπει να επιφέρετε στην πειραματική διάταξη, ώστε το μέτρο της  $\vec{N}_1$  να γίνει 80 N;

---

---

---

28. Τι παρατηρείτε;

---

---

29. Σε ποια θέση πρέπει να μετακινηθεί το δεξιό στήριγμα, ώστε η  $\vec{N}_2$  να πάρει μη μηδενική τιμή; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

---

---

---

30. Να μετατοπίσετε το δεξιό στήριγμα κατά μία υποδιαίρεση δεξιότερα από το δεξιό άκρο της ράβδου.

31. Πώς θα χαρακτηρίζατε τώρα την κατάσταση της ράβδου αναφορικά με την ισορροπία της; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

---

---

---

- 32.** Να μετατοπίσετε το αριστερό στήριγμα κατά μία υποδιαίρεση αριστερότερα του μέσου M της ράβδου. Χωρίς να χρησιμοποιήσετε το λογισμικό, να υπολογίσετε σε ποια θέση θα πρέπει να μετατοπίσετε το άλλο στήριγμα, ώστε η  $\vec{N}_1$  να είναι επταπλάσια της  $\vec{N}_2$ .

---

---

---

---

- 33.** Να ελέγξετε την απάντησή σας.

---

---

---

- 34.** Πώς θα μεταβληθεί ο λόγος των δυνάμεων, αν τροποποιήσουμε το μέτρο του βάρους; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

---

---

---

3. Το βάρος ασκείται στο μέσο της ράβδου, αφού αυτή είναι ομογενής.  
5. Είναι ίσες.  
6. Η ράβδος ισορροπεί στροφικά, οπότε:

$$\Sigma \tau = 0$$

Μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνισταμένη ροπή ως προς οποιοδήποτε σημείο. Επιλέγουμε το μέσο M της ράβδου, ώστε η ροπή του βάρους να μηδενιστεί και να καταλήξουμε σε μια εξίσωση που εμπλέκει μόνο τις δυνάμεις στήριξης. Έχουμε:

$$-T_{N_1} + T_{N_2} = 0 \quad \text{ή} \quad T_{N_1} = T_{N_2} \quad \text{ή} \quad N_1 l_1 = N_2 l_2$$

Τα στηρίγματα είναι συμμετρικά τοποθετημένα ως προς το μέσο της ράβδου, οπότε ισαπέχουν από αυτό. Συνεπώς, ισχύει  $l_1 = l_2$ .

Άρα  $N_1 = N_2$ .

7. Κάθε δύναμη στήριξης ισούται με το μισό του βάρους.  
8. Αποδείξαμε ότι ισχύει:

$$N_1 = N_2$$

Αφού η ράβδος ισορροπεί (μεταφορικά), ισχύει:

$$N_1 + N_2 = w$$

Συνδυάζοντας τις δύο σχέσεις έχουμε:

$$2N_1 = w \quad \text{ή} \quad N_1 = \frac{w}{2}$$

11. Το μέτρο της  $\vec{N}_1$  αυξάνεται.  
12. Η ροπή της  $\vec{N}_1$  πρέπει να παραμείνει αμετάβλητη, ώστε η ράβδος να συνεχίσει να ισορροπεί. Αφού η απόσταση  $l'_1$  μειώνεται, το μέτρο της  $\vec{N}_1$  αυξάνεται.  
18.  $N_1 \approx 53,3 \text{ N}$  και  $N_2 \approx 26,7 \text{ N}$ .  
Οι ακριβείς τιμές εξαρτώνται από τη θέση του αριστερού στηρίγματος.  
19. Η σχέση των δύο αποστάσεων είναι (κατά προσέγγιση):

$$l'_1 \approx \frac{l_2}{2}$$

Από τη συνθήκη στροφικής ισορροπίας προκύπτει:

$$N'_1 \approx 2N_2$$

και επιπλέον ισχύει:

$$N'_1 + N_2 = w$$

Επομένως:

$$3N_2 = w \quad \text{ή} \quad N_2 = \frac{w}{3} \approx \frac{80}{3} \text{ N}$$

και

$$N'_1 = \frac{2w}{3} \approx \frac{160}{3} \text{ N}$$

24. Πάνω αριστερά εμφανίζεται το μήνυμα **Ανατροπή ράβδου**.
25. Αφού το σημείο εφαρμογής του βάρους βρίσκεται δεξιότερα από την αιχμή του εναπομείναντος στηρίγματος, συμπεραίνουμε ότι η ράβδος θα περιστρεφόταν ωρολογιακά.
27. Το αριστερό στήριγμα πρέπει να μετατοπιστεί σε τέτοια θέση, ώστε η αιχμή του να συμπίπτει με το μέσο M της ράβδου.
28. Παρατηρούμε οριακή απώλεια επαφής με το δεξιό στήριγμα, όπως αναφέρει και το σχετικό μήνυμα στην πάνω αριστερή γωνία της επιφάνειας σχεδίασης.
29. Σε όποια θέση κι αν μετακινηθεί το δεξιό στήριγμα, το μέτρο της  $\vec{N}_2$  θα παραμείνει μηδέν, επειδή το βάρος της ράβδου εξισορροπείται αποκλειστικά από τη  $\vec{N}_1$ .
31. Η ισορροπία της ράβδου είναι ασταθής. Αυτό σημαίνει ότι η παραμικρή διαταραχή μπορεί να οδηγήσει στην ανατροπή της.
32. Το δεξιό στήριγμα πρέπει να μετατοπιστεί κατά μία υποδιαίρεση αριστερότερα από το δεξιό άκρο της ράβδου, δηλαδή να απέχει επτά υποδιαίρεσεις από το M. Στη θέση αυτή είναι  $l_2 = 7l_1$ . Έχουμε αποδείξει πως όταν οι ροπές είναι ίσες, οι δυνάμεις είναι αντιστρόφως ανάλογες των αποστάσεων. Άρα  $N_1 = 7N_2$ .
33. Πράγματι, όταν τα στηρίγματα είναι στις προαναφερθείσες θέσεις, το λογισμικό αναγράφει:
- $$N_1 = 70 \text{ N} \quad \text{και} \quad N_2 = 10 \text{ N}$$
34. Ο λόγος των δυνάμεων δεν θα αλλάξει, αφού η μεταβολή του βάρους δεν θα επηρεάσει τον λόγο των αποστάσεων.