

## Ισορροπία στερεού σώματος

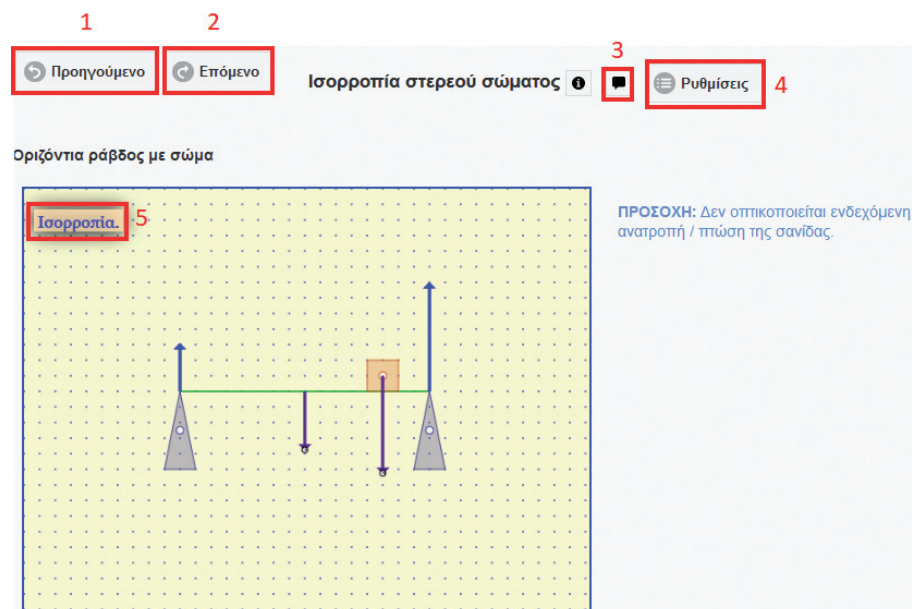
### Οριζόντια ράβδος με σώμα

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 πατήσετε το κουμπί **Επόμενο** (**Εικόνα 1-2**), για να μεταβείτε στη σελίδα του πειράματος **Οριζόντια ράβδος με σώμα**.
  3. Να παρατηρήσετε ότι στην επιφάνεια σχεδίασης απεικονίζεται μια οριζόντια λεπτή ομογενής ράβδος, τοποθετημένη σε δύο στηρίγματα τριγωνικού σχήματος. Πάνω στη ράβδο υπάρχει ένα σώμα  $\Sigma$  σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου. Απεικονίζονται επίσης οι δυνάμεις που δέχεται η ράβδος: το βάρος της  $\vec{w}$ , δηλαδή η ελκτική δύναμη από τον πλανήτη Γη, η δύναμη που ασκεί το  $\Sigma$  και οι δυνάμεις στήριξης  $\vec{N}_1$  και  $\vec{N}_2$ , δηλαδή οι απωστικές δυνάμεις από τα σημεία στήριξης.
  4. Ποιο είναι το σημείο εφαρμογής του βάρους της ράβδου; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- 
5. Να παρατηρήσετε ότι στην πάνω αριστερή γωνία της επιφάνειας σχεδίασης αναγράφεται η κατάσταση της ράβδου (**Εικόνα 1-5**).



Εικόνα 1

6. Ποια σχέση παρατηρείτε ότι έχουν οι δύο δυνάμεις στήριξης;

---

---

---

---

8. Να σημαδέψετε το λευκό χειριστήριο (κύκλος) στο εσωτερικό του  $\Sigma$  και να παρατηρήσετε ότι μπορείτε να το μετακινήσετε κατά την οριζόντια διεύθυνση. Να μεταφέρετε το σώμα κατά μία υποδιαίρεση προς τα αριστερά. Τι επίδραση έχει η μετακίνηση αυτή στα μέτρα των δυνάμεων στήριξης;

---

---

---

---

9. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

---

---

---

---

10. Σε ποια θέση πρέπει να μετακινηθεί το  $\Sigma$ , ώστε τα μέτρα των δυνάμεων στήριξης να γίνουν ίσα; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

---

---

---

---

11. Να μετακινήσετε το σώμα  $\Sigma$ , ώστε ο φορέας του βάρους του να διέρχεται από το δεξιό άκρο της ράβδου. Θεωρώντας γνωστά τα βάρη  $w$  της ράβδου και  $w_\Sigma$  του σώματος, πόσο είναι το μέτρο κάθε δύναμης στήριξης; Να κάνετε αναλυτικούς υπολογισμούς και να σχολιάσετε τα αποτελέσματα.

---

---

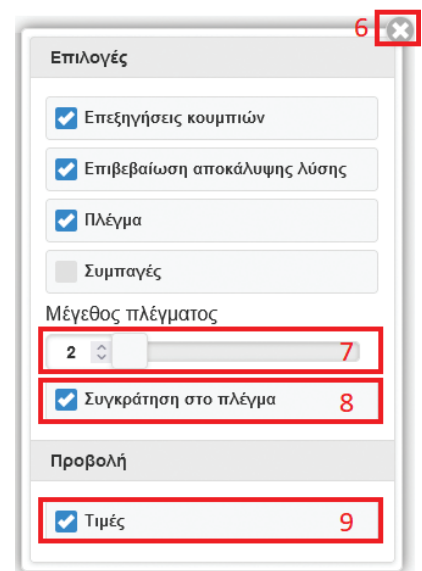
---

---

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

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

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



Εικόνα 2

15. Πόσο είναι το βάρος κάθε σώματος του συστήματος;

$$W = \dots\dots\dots, \quad W_{\Sigma} = \dots\dots\dots$$

16. Επαληθεύεται το προηγούμενο αποτέλεσμα σας;

17. 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.

18. Να μετατοπίσετε το δεξιό στήριγμα προς τα αριστερά κατά τρεις υποδιαίρεσεις του πλέγματος.

19. Ποιο είναι τώρα το μέτρο των δυνάμεων στήριξης;

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

20. Ποια φυσική σημασία έχει το μήνυμα που εμφανίζεται στην πάνω αριστερή γωνία της επιφάνειας σχεδίασης;

---

---

---

21. Να μετατοπίσετε το δεξιό στήριγμα κατά μία υποδιαίρεση του πλέγματος προς τα αριστερά. Ποια επίδραση έχει η μετακίνηση αυτή στην ισορροπία του συστήματος;

---

---

22. 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.

---

---

---

23. Να περιγράψετε τους διαφορετικούς τρόπους που μπορείτε να εφαρμόσετε, ώστε να επαναφέρετε το σύστημα σε ισορροπία.

- ---
- ---
- ---

24. Να μετατοπίσετε κάθε στήριγμα, ώστε να βρίσκεται κατά τρεις υποδιαίρεσεις εσωτερικότερα από το αντίστοιχο άκρο της ράβδου.

25. Να μειώσετε το βάρος της ράβδου σε 16 N και το βάρος του σώματος σε 80 N.

26. Να μετακινήσετε το σώμα προς τα δεξιά, μέχρις ότου το σύστημα να επανέλθει σε κατάσταση ισορροπίας. Σε ποια θέση του σώματος συμβαίνει οριακά αυτό;

---

---

---

**27.** Υπάρχει άλλη θέση στην οποία μπορεί να βρεθεί το σώμα, ώστε να παρατηρείται οριακή ισορροπία;

\_\_\_\_\_

**28.** Το μήκος της ράβδου ισούται με 16 υποδιαιρέσεις του πλέγματος. Ποιο είναι το *ωφέλιμο μήκος* της ράβδου;

\_\_\_\_\_

**29.** Διατηρώντας τα στηρίγματα στις τρέχουσες θέσεις τους, τι θα μπορούσατε να κάνετε, ώστε το ωφέλιμο μήκος της ράβδου να συμπίπτει με το πραγματικό μήκος της;

\_\_\_\_\_

**30.** Να χρησιμοποιήσετε το λογισμικό, για να βρείτε και να καταγράψετε την ελάχιστη απαιτούμενη μεταβολή που εντοπίσατε στο προηγούμενο ερώτημα. Να περιγράψετε αναλυτικά τη μέθοδο που ακολουθήσατε.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**31.** Να περιγράψετε μια περίπτωση της καθημερινότητας όπου βρίσκει εφαρμογή η παραπάνω μελέτη.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Το βάρος ασκείται στο μέσο της ράβδου, αφού αυτή είναι ομογενής.  
6. Είναι άνισες.  
7. Η ράβδος και το Σ αποτελούν ένα σύστημα που ισορροπεί στρεφικά, οπότε:

$$\Sigma \tau = 0$$

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

Έχουμε:

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

Αν συμβολίσουμε με Δ/ το μήκος μιας υποδιαίρεσης του πλέγματος, ισχύουν:

$$l_1 = l_2 = 8\Delta/ \quad \text{και} \quad l_\Sigma = 4\Delta/$$

Επομένως:

$$8N_1 = 8N_2 - 4w_\Sigma \quad \text{ή} \quad N_1 = N_2 - 0,5w_\Sigma$$

Άρα  $N_1 > N_2$ .

8. Η  $N_1$  αυξάνεται και η  $N_2$  μειώνεται.  
9. Γενικεύοντας την προηγούμενη ανάλυση έχουμε:

$$N_1 = N_2 - \frac{4}{8}w_\Sigma \quad \text{ή} \quad N_2 - N_1 = \frac{4}{8}w_\Sigma$$

Όταν το Σ μετακινείται προς τα αριστερά, ο συντελεστής  $4/8$  μειώνεται. Το ίδιο συμβαίνει και με τη διαφορά των δυνάμεων στήριξης.

10. Το κέντρο μάζας του Σ πρέπει να μετακινηθεί στο μέσο Μ της ράβδου. Στη θέση αυτή η ροπή του  $\vec{w}_\Sigma$  ως προς το Μ μηδενίζεται, οπότε:

$$N_2 - N_1 = 0$$

11. Στη θέση αυτή του Σ ισχύει  $l_\Sigma = l_1 = l_2$ , οπότε:

$$N_2 - N_1 = w_\Sigma$$

Από τη μεταφορική ισορροπία του συστήματος προκύπτει:

$$N_2 + N_1 = w + w_\Sigma$$

Προσθέτοντας κατά μέλη έχουμε:

$$2N_2 = w + 2w_\Sigma \quad \text{ή} \quad N_2 = \frac{w}{2} + w_\Sigma$$

οπότε για το αριστερό στήριγμα έχουμε:

$$N_1 = N_2 - w_\Sigma = \frac{w}{2} + w_\Sigma - w_\Sigma = \frac{w}{2}$$

Παρατηρούμε ότι το δεξιό στήριγμα στηρίζει ολόκληρο το βάρος του Σ και το μισό του βάρους της ράβδου, ενώ το αριστερό το άλλο μισό.

15.  $w = 60 \text{ N}$  και  $w_\Sigma = 100 \text{ N}$ .

16. Πράγματι, το λογισμικό εμφανίζει:

$$N_1 = \frac{W}{2} = 30 \text{ N} \quad \text{και} \quad N_2 = \frac{W}{2} + w_\Sigma = 130 \text{ N}$$

19.  $N_1 = 0 \text{ N}$  και  $N_2 = 160 \text{ N}$ .

20. Το σύστημα βρίσκεται σε ασταθή ισορροπία. Η  $\vec{N}_1$  έχει μηδενιστεί, οπότε το αριστερό στήριγμα δεν συμμετέχει στη στήριξη της ράβδου. Ονομάζουμε την κατάσταση αυτή *απώλεια επαφής*. Θα μπορούσαμε λοιπόν να απομακρύνουμε το αριστερό στήριγμα, χωρίς να διαταράξουμε το σύστημα. Η ράβδος έχει μετατραπεί σε τραμπάλα ως προς το δεξιό στήριγμα.

21. Το σύστημα παύει να ισορροπεί, οπότε η ράβδος ανατρέπεται, όπως πιστοποιείται και από το μήνυμα που εμφανίζεται πάνω αριστερά. Εξαιτίας της ανατροπής, δεν απεικονίζονται δυνάμεις στήριξης.

22. Αφού το βάρος του  $\Sigma$  είναι μεγαλύτερο από το βάρος της ράβδου, συμπεραίνουμε ότι η ράβδος θα περιστρεφόταν ωρολογιακά.

23. Τρόποι επαναφοράς του συστήματος:

- Μετακίνηση του δεξιού στηρίγματος προς τα δεξιά.
- Μείωση του βάρους του  $\Sigma$ .
- Αύξηση του βάρους της ράβδου.

26. Η ισορροπία επιτυγχάνεται, όταν το σώμα βρεθεί δύο υποδιαίρεσεις αριστερότερα του δεξιού άκρου της ράβδου.

27. Ναι, είναι η θέση που απέχει δύο υποδιαίρεσεις από το αριστερό άκρο της ράβδου.

28. Το *ωφέλιμο μήκος* περιορίζεται σε 12 υποδιαίρεσεις του πλέγματος.

29. Θα μπορούσαμε να αυξήσουμε το βάρος της ράβδου.

30. Μετακινούμε το σώμα στο δεξιό (αριστερό) άκρο της ράβδου. Απενεργοποιούμε τη **Συγκράτηση στο πλέγμα** και αρχίζουμε να αυξάνουμε το βάρος της ράβδου, μέχρι να εμφανιστεί το μήνυμα **Οριακή απώλεια επαφής με το αριστερό (δεξιό) στήριγμα**. Για βάρος σώματος 80 N το ελάχιστο απαιτούμενο βάρος της ράβδου ισούται (κατά προσέγγιση) με 46 N.

31. Πολλοί τεχνίτες (π.χ. όσοι ασχολούνται με τις οικοδομές, όπως σοβατζήδες, ηλεκτρολόγοι, ελαιοχρωματιστές κ.λπ.) δημιουργούν τέτοιες αυτοσχέδιες σκαλωσιές, για να δουλέψουν σε σημεία ψηλότερα από το έδαφος. Συχνά, χρησιμοποιούν μια φαρδιά σανίδα, πάνω στην οποία βαδίζουν. Για λόγους ασφαλείας, τα στηρίγματα της σανίδας τοποθετούνται εσωτερικότερα των άκρων της. Προκειμένου να μπορούν να βαδίσουν μέχρι τα άκρα της σανίδας με ασφάλεια, κρεμούν ένα βάρος στο μέσο της σανίδας, ώστε να αυξήσουν το βάρος της.