



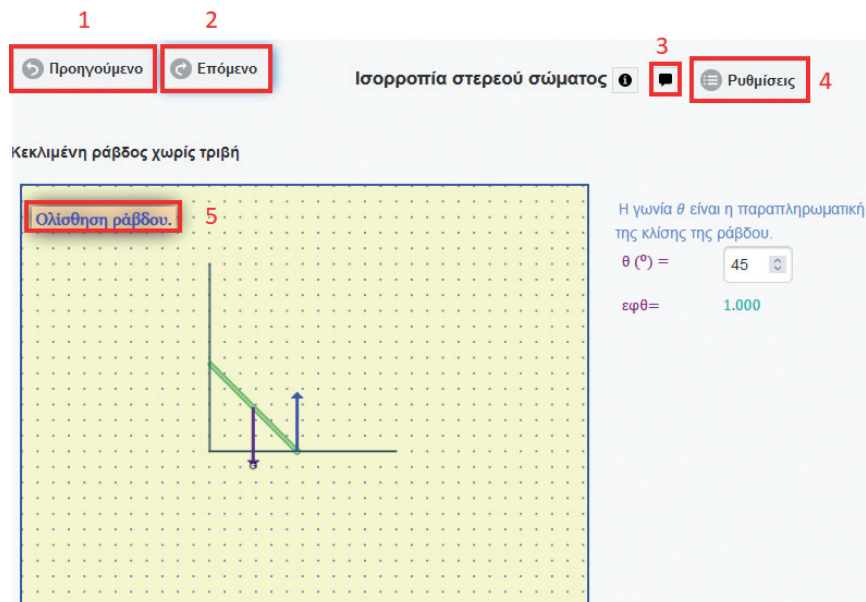
Ισορροπία στερεού σώματος Πλάγια ράβδος

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 πατήσετε το κουμπί **Επόμενο** (Εικόνα 1-2) δύο φορές, για να μεταβείτε στη σελίδα του πειράματος **Κεκλιμένη ράβδος χωρίς τριβή**.
 3. Να παρατηρήσετε ότι στην επιφάνεια σχεδίασης απεικονίζεται μια λεπτή ομογενής ράβδος, τοποθετημένη πλάγια στη γωνία ενός δωματίου, με το ένα άκρο της να ακουμπά στο δάπεδο και το άλλο σε κατακόρυφο τοίχο. Ο τοίχος και το δάπεδο είναι λείες επιφάνειες. Απεικονίζονται επίσης οι δυνάμεις που δέχεται η ράβδος: το βάρος της \vec{w} , δηλαδή η ελκτική δύναμη από τον πλανήτη Γη, και η δύναμη στήριξης \vec{N} που ασκεί το δάπεδο.
 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. Στο άκρο της ράβδου που ακουμπά στο πάτωμα υπάρχει ένα χειριστήριο με το οποίο μπορείτε να μεταβάλετε τη γωνία κλίσης θ με βήμα 1° . Στο ίδιο αποτέλεσμα μπορείτε να καταλήξετε και με το ομώνυμο χειριστήριο που βρίσκεται στα δεξιά της επιφάνειας σχεδίασης.

7. Να αυξήσετε τη γωνία θ σε τιμή 60° . Στη θέση αυτή ισορροπεί η ράβδος;

8. Καθώς μεταβάλλεται η κλίση της ράβδου, αλλάζει το μέτρο της δύναμης στήριξης; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

9. Ποιον προσανατολισμό πρέπει να δώσετε στη ράβδο, ώστε αυτή να ισορροπήσει; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

10. Να πατήσετε το κουμπί **Επόμενο** μία φορά, ώστε να μεταβείτε στην ενότητα **Κεκλιμένη ράβδος με τριβή από το δάπεδο**.

11. Να εντοπίσετε το πρόσθετο χειριστήριο για τον καθορισμό του συντελεστή τριβής μεταξύ ράβδου και δαπέδου.

12. Η αρχική κατάσταση κατά τη μετάβαση σε αυτήν την ενότητα οδηγεί σε ανατροπή της ράβδου, εξ ου και η τριβή δεν απεικονίζεται, όπως αναφέρεται στο σχετικό μήνυμα. Να αυξήσετε σταδιακά τον συντελεστή τριβής μ , μέχρις ότου η ράβδος να ισορροπήσει.

13. Για ποια τιμή του συντελεστή τριβής επιτυγχάνεται ισορροπία;

$$\mu_1 = \dots\dots\dots$$

14. Να περιγράψετε πώς εξασφαλίζεται η ισορροπία της ράβδου.

15. Τι επίδραση έχει στην ισορροπία της ράβδου η μεταβολή του βάρους του σώματος;

16. Αν μεταβαλλόταν το μέτρο του βάρους, ποιες από τις υπόλοιπες δυνάμεις που δέχεται η ράβδος θα επηρεάζονταν;

17. Να χρησιμοποιήσετε το λογισμικό, για να επιβεβαιώσετε την απάντησή σας.
18. Να μειώσετε τη γωνία κλίσης της ράβδου από $\theta = 45^\circ$ σε $\theta' = 40^\circ$. Τι παρατηρείτε;

19. Ποια τιμή πρέπει να λάβει ο συντελεστής τριβής, ώστε η ράβδος να ισορροπήσει;

$$\mu_2 = \dots\dots\dots$$

20. Ποια σχέση συνδέει τον συντελεστή τριβής με την οριακή γωνία για την οποία η ράβδος ισορροπεί; Να παραθέσετε αναλυτική λύση.

21. Η σχέση στην οποία καταλήξατε επαληθεύεται από το λογισμικό;

22. Μπορείτε να αποδείξετε ότι η κατάσταση οριακής ισορροπίας της ράβδου δεν εξαρτάται από το μέτρο του βάρους;

23. Ποιο από τα υπόλοιπα φυσικά μεγέθη του πειράματος δεν επηρεάζει τη συνθήκη ισορροπίας της ράβδου;

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

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

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

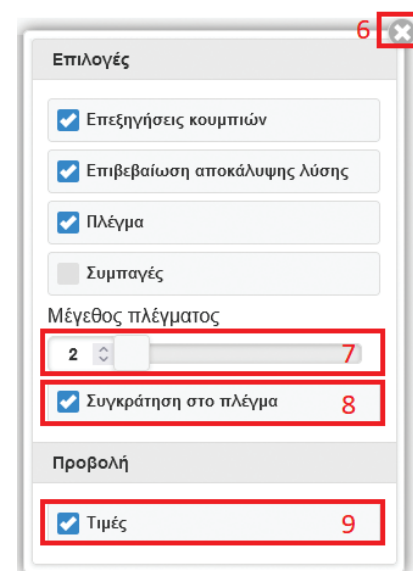
27. Να πατήσετε το κουμπί **Επόμενο**, ώστε να μεταβείτε στην ενότητα **Κεκλιμένη ράβδος με τριβή από το δάπεδο και τον τοίχο**.

28. Να επιβεβαιώσετε ότι η ράβδος δεν ισορροπεί και ότι η γωνία κλίσης της ισούται με 45° .

29. Να αυξήσετε σταδιακά τον συντελεστή τριβής μεταξύ ράβδου και δαπέδου, μέχρις ότου αυτή να ισορροπήσει.

30. Για ποια τιμή του συντελεστή τριβής ισορροπεί η ράβδος;

$$\mu_3 = 0,46$$



Εικόνα 2

31. Να εξηγήσετε γιατί η τιμή αυτή διαφέρει από τη μ_1 .

32. Τι επίδραση θα έχει η αύξηση του συντελεστή τριβής μεταξύ ράβδου και τοίχου στην οριακή γωνία ισορροπίας της ράβδου; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

4. Το βάρος ασκείται στο μέσο της ράβδου, αφού αυτή είναι ομογενής.
7. Δεν ισορροπεί.
8. Το μέτρο της δύναμης στήριξης παραμένει σταθερό. Αφού η ράβδος ισορροπεί μεταφορικά, η \vec{N} παραμένει διαρκώς αντίθετη του βάρους, εξασφαλίζοντας ότι ισχύει η σχέση $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$.
9. Οριζοντιώνοντας τη ράβδο και τοποθετώντας τη στο δάπεδο θα έχουμε ισορροπία (και μάλιστα αδιάφορη). Εναλλακτικά, μπορούμε να φέρουμε τη ράβδο σε κατακόρυφο προσανατολισμό και να την ακουμπήσουμε με το κάτω άκρο της στο δάπεδο (είτε σε επαφή με τον τοίχο είτε όχι). Αν η βάση της έχει επαρκώς μεγάλο εμβαδόν, η ράβδος μπορεί να ισορροπήσει. Στη θέση αυτή η ισορροπία θα είναι ασταθής.
13. $\mu_1 = 0,60$.
14. Εκτός από την τριβή, εμφανίζεται μια τέταρτη δύναμη που ασκείται από τον τοίχο στο πάνω άκρο της ράβδου. Η δύναμη αυτή, έστω \vec{N}_2 , είναι αναγκαία για να ισχύει η συνθήκη ισορροπίας $\Sigma F_x = 0$.
15. Το μέτρο του βάρους δεν επηρεάζει την ισορροπία της ράβδου, επειδή, όταν αυτό μεταβάλλεται, αλλάζει το μέτρο της δύναμης στήριξης \vec{N} από το δάπεδο, ώστε να εξασφαλίζεται η συνθήκη $\Sigma F_y = 0$.
16. Εκτός από τη \vec{N} που προαναφέρθηκε, αλλάζουν η τριβή και η δύναμη στήριξης από τον τοίχο.
18. Η ράβδος παύει να βρίσκεται σε ισορροπία.
19. $\mu_2 = 0,60$.
20. Ισχύουν:

$$\Sigma F_x = 0 \quad \text{ή} \quad N_2 - T = 0 \quad \text{ή} \quad N_2 = T$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad \text{ή} \quad w - N = 0 \quad \text{ή} \quad w = N$$

Αφού αναζητούμε την οριακή τιμή, συμπεραίνουμε ότι η στατική τριβή θα έχει τη μέγιστη τιμή της, δηλαδή:

$$T = \mu N = \mu w$$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις αυτές βρίσκουμε:

$$N_2 = \mu w$$

Από τη συνθήκη στροφικής ισορροπίας ισχύει:

$$\Sigma \tau = 0$$

Επιλέγουμε να υπολογίσουμε τις ροπές των δυνάμεων ως προς το άκρο της ράβδου που είναι σε επαφή με το δάπεδο, επειδή έτσι θα μηδενιστούν οι ροπές των \vec{N} και \vec{T} . Η συνθήκη γράφεται:

$$w \frac{l}{2} \sin \theta - N_2 l \mu \theta = 0$$

Αντικαθιστώντας την έκφραση της N_2 που υπολογίσαμε νωρίτερα, έχουμε:

$$w \frac{l}{2} \sin \theta - \mu w l \mu \theta = 0 \quad \text{ή} \quad \frac{1}{2} \sin \theta = \mu \mu \theta \quad \text{ή} \quad \frac{1}{2\mu} = \epsilon \phi \theta$$

όπου οι ποσότητες w , l απλοποιήθηκαν.

21. Πράγματι, αντικαθιστώντας τις τιμές στη σχέση $\frac{1}{2\mu} = \varepsilon\phi\theta$ βρίσκουμε:

$$\frac{1}{2 \cdot 0,6} = 0,839$$

που ισχύει στο πλαίσιο της ακρίβειας του λογισμικού.

22. Είδαμε ότι το βάρος απλοποιείται από την τελική σχέση, οπότε πράγματι δεν επηρεάζει τη συνθήκη ισορροπίας.

23. Το μήκος της ράβδου.

31. Ο κατακόρυφος τοίχος είναι τραχύς. Συνεπώς, όταν η ράβδος τείνει να ολισθήσει προς οριζόντιο προσανατολισμό, δέχεται από αυτόν μια τριβή που έχει φορά προς τα πάνω, η οποία στηρίζει ένα μέρος του βάρους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η απαιτούμενη \vec{N} να είναι μικρότερη του βάρους. Αφού μειώνεται το μέτρο της \vec{N} , το ίδιο συμβαίνει και με το μέτρο της τριβής από το δάπεδο. Άρα, η ράβδος μπορεί να βρεθεί σε οριακή ισορροπία για μικρότερη τιμή του μ .

32. Όσο αυξάνεται ο συντελεστής τριβής τοίχου-ράβδου τόσο μικρότερη μπορεί να γίνει η \vec{N} . Άρα, η απαιτούμενη οριακή στατική τριβή μειώνεται ανάλογα από την τιμή T . Συνεπώς, η ράβδος θα παραμένει σε ισορροπία ακόμη και για μικρότερες τιμές της θ .