

ΤΡΙΒΗ

Στατική τριβή λέμε τη δύναμη που εμφανίζεται στη διαχωριστική επιφάνεια δύο αντικειμένων, τα οποία αλληλοσυμπίεζονται ενώ το ένα δεν κινείται σχετικά με το άλλο. Τη στιγμή που πρόκειται να αρχίσει η ολίσθηση η στατική τριβή έχει πάρει τη μέγιστη τιμή της που λέγεται **οριακή τριβή**.

Τριβή ολίσθησης λέμε τη δύναμη που εμφανίζεται στη διαχωριστική επιφάνεια δύο αντικειμένων, τα οποία αλληλοσυμπίεζονται ενώ το ένα δεν κινείται σχετικά με το άλλο. Η τριβή ολίσθησης ανάμεσα σε δύο σώματα Σ_1 και Σ_2 έχει συνήθως φορά αντίθετη με την ταχύτητα του σώματος. Είναι συνήθως λίγο μικρότερη από την οριακή τριβή.

Αποδεικνύονται πειραματικά οι παρακάτω προσεγγιστικοί νόμοι για το μέτρο της τριβής ολίσθησης:

- Είναι ανεξάρτητο του εμβαδού επαφής.
- Είναι ανεξάρτητο της σχετικής ταχύτητας των σωμάτων.
- Εξαρτάται από τη φύση των επιφανειών επαφής.
- Είναι ανάλογο με το μέτρο της κάθετης δύναμης N .

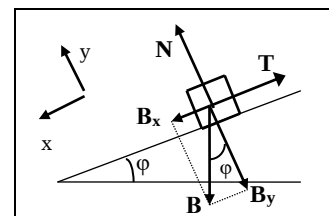
Όλα αυτά, μπορούν να εκφραστούν με τη σχέση:

$$T = \mu N$$

όπου N το μέτρο της κάθετης δύναμης στήριξης και μ ο λεγόμενος συντελεστής τριβής ολίσθησης που εξαρτάται κυρίως από τη φύση των δύο επιφανειών επαφής.

Όμοια για την οριακή τριβή ισχύει $T_{op} = \mu_{op} N$ όπου μ_{op} ένας αριθμός που ονομάζεται συντελεστής οριακής τριβής (Σε ορισμένα βιβλία που δεν υπάρχει ο ορισμός της οριακής τριβής αναφέρεται ως συντελεστής στατικής τριβής και συμβολίζεται με μ_s ή μ_s). Για συγκεκριμένες επιφάνειες επαφής ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μ είναι συνήθως λίγο μικρότερος από τον συντελεστή οριακής τριβής μ_{op} . Αν το ένα κιβώτιο παραμένει ακίνητο σχετικά με το άλλο, η τιμή της στατικής τριβής κυμαίνεται μέσα στα όρια $0 \leq T \leq \mu_{op} N$. Στα προβλήματα θα θεωρούμε ότι $\mu_{op} = \mu$ εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά

5.1 Βρείτε την επιτάχυνση σε ένα κιβώτιο που κατέρχεται σε μη λείο κεκλιμένο επίπεδο γωνίας φ . Δίνεται ο συντελεστής τριβής μ . Πότε το κιβώτιο κινείται ομαλά;



Λύση: Αναλύω το βάρος σε δύο συνιστώσες, μία παράλληλη στο κεκλιμένο επίπεδο $B_x = B \sin \varphi$ και μία κάθετη σε αυτό $B_y = B \cos \varphi$. Αφού στον y άξονα το κιβώτιο ισορροπεί:

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow N - B_y = 0 \Rightarrow N = B \cos \varphi. \quad T = \mu N = \mu B \sin \varphi \quad (1)$$

Στον x άξονα από το 2^ο νόμο του Νεύτωνα

$$\Rightarrow \alpha = \frac{\Sigma F_x}{m} = \frac{B_x - T}{m} \xrightarrow{(1)} \alpha = \frac{B \sin \varphi - \mu B \sin \varphi}{m} = \frac{mg \sin \varphi - \mu mg \sin \varphi}{m} \rightarrow \alpha = g(\sin \varphi - \mu \sin \varphi)$$

Ομαλή κίνηση έχουμε όταν $\alpha = 0 \Rightarrow \sin \varphi - \mu \sin \varphi = 0 \Rightarrow \mu = \tan \varphi$.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Όταν έχω επιτάχυνση μόνο σε έναν άξονα συνήθως τον επιλέγω για x - άξονα και εφαρμόζω τη σχέση $\Sigma F_x = ma$. Στον άλλο άξονα εφαρμόζω τη σχέση $\Sigma F_y = 0$.

5.2 Να βρείτε τις τιμές επιτάχυνσης που πρέπει να έχει ένας ποδηλάτης για να μην πέφτει έντομο που στέκεται:

α. Στο μέτωπο του. (Να θεωρηθεί κατακόρυφο επίπεδο)

β. Στα μαλλιά του. (Να θεωρηθούν οριζόντιο επίπεδο)

Ο συντελεστής τριβής εντόμου - κιβώτιου είναι $\mu = 5$.

Λύση: α) Στο έντομο ασκούνται το βάρος του **B**, η τριβή **T** και η αντίδραση από το μέτωπο **N**. Εφαρμόζω το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα:

Στον κατακόρυφο άξονα $\Sigma F_y = 0 \Rightarrow T - B = 0 \Rightarrow T = B$ (1)

Στον οριζόντιο άξονα $\Sigma F_x = ma \Rightarrow N = ma$ (2)

Για τη στατική τριβή **T** ισχύει $T \leq \mu \cdot N$ (3). Παίρνοντας τη μέγιστη τιμή:

$$T = \mu N \xrightarrow{(1),(2)} B = \mu ma \Rightarrow mg = \mu ma \Rightarrow a = \frac{g}{\mu} = 2 \frac{m}{s^2}.$$

Με φυσική σκέψη ή λύνοντας την (3) σαν ανισότητα βρίσκουμε ότι η παραπάνω τιμή αποτελεί την ελάχιστη δυνατή τιμή της επιτάχυνσης.

β) Στο έντομο ασκούνται: το βάρος του **B**, η τριβή **T** και η αντίδραση από τα μαλλιά **N**. Εφαρμόζω το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα:

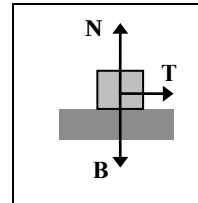
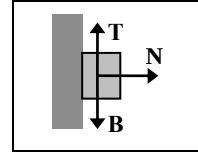
Στον κατακόρυφο άξονα $\Sigma F_y = 0 \Rightarrow N - B = 0 \Rightarrow N = B$ (1)

Στον οριζόντιο άξονα $\Sigma F_x = ma \Rightarrow T = ma$ (2)

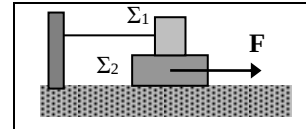
Για τη στατική τριβή **T** ισχύει $T \leq \mu \cdot N$ (3). Παίρνοντας τη μέγιστη τιμή:

$$T = \mu N \xrightarrow{(1),(2)} ma = \mu B \Rightarrow ma = \mu mg \Rightarrow a = \mu g = 50 \text{ m/s}^2.$$

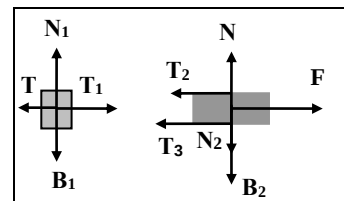
Με φυσική σκέψη ή λύνοντας την (3) σαν ανισότητα βρίσκουμε ότι η παραπάνω τιμή αποτελεί την μέγιστη δυνατή τιμή της επιτάχυνσης.



5.3 Βρείτε την δύναμη F που πρέπει να ασκείται στο κάτω κιβώτιο Σ_2 βάρους $B_2 = 40 \text{ N}$ ώστε να κινείται με σταθερή ταχύτητα αν το πάνω κιβώτιο Σ_1 έχει βάρος $B_1 = 20 \text{ N}$. Βρείτε επίσης την τάση του νήματος. Ο συντελεστής τριβής ανάμεσα σε όλες τις επιφάνειες είναι $\mu = 0,1$.



Λύση: Στο πάνω κιβώτιο ασκούνται: το βάρος του **B₁**, η δύναμη **N₁** από το κάτω, η τριβή **T₁** από το κάτω και η τάση **T** του νήματος. Στο κάτω κιβώτιο ασκούνται: Η δύναμη **F**, το βάρος του **B₂**, η δύναμη **A₂** από το πάνω, η δύναμη στήριξης **N** από το έδαφος, η τριβή **T₂** από το πάνω και η τριβή **T₃** από το έδαφος. Από τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα επειδή τα κιβώτια Σ_1 και Σ_2 ηρεμούν ή κινούνται με σταθερή ταχύτητα πρέπει $\Sigma F = 0$.



Στο Σ_1 $\Sigma F_y = 0 \Rightarrow N_1 - B_1 = 0 \Rightarrow N_1 = B_1 = 20 \text{ N}$, $T_1 = \mu \cdot N_1 = 2 \text{ N}$.

Επίσης $\Sigma F_x = 0 \Rightarrow T = T_1 = 2 \text{ N}$.

Από την αρχή δράσης - αντίδρασης $N_2 = N_1 = 20 \text{ N}$, $T_2 = T_1 = 2 \text{ N}$. (1)

Στο Σ_2 $\Sigma F_y = 0 \Rightarrow N - B_2 - N_2 = 0 \Rightarrow N = B_2 + N_2 = 60 \text{ N}$, $T_3 = \mu N = 6 \text{ N}$. (2)

Επίσης $\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F - T_2 - T_3 = 0 \Rightarrow F = T_2 + T_3 \xrightarrow{(1),(2)} F = 8 \text{ N}$.