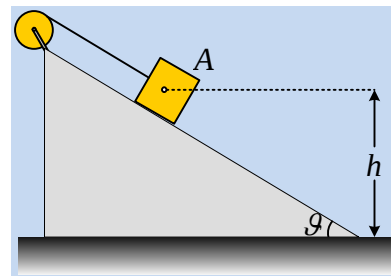


Οι ενέργειες σε ένα σύστημα και σε έναν «τροχό».

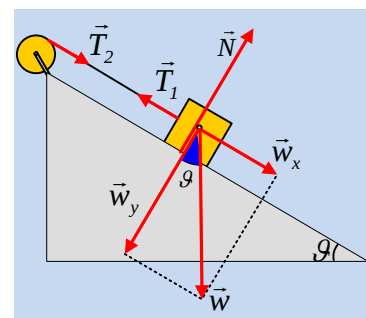
Στην κορυφή ενός λείου κεκλιμένου επιπέδου έχει στερεωθεί μια τροχαλία μάζας $m=3\text{kg}$ και ακτίνας $R=0,2\text{m}$, στο αυλάκι της οποίας έχουμε τυλίξει ένα αβαρές μη ελαστικό νήμα, στο άλλο άκρο του οποίου δένουμε έναν κύβο μάζας $M=m$. Σε μια στιγμή αφήνουμε ελεύθερο τον κύβο να γλιστρήσει από ένα σημείο A, το οποίο βρίσκεται σε ύψος $h=2\text{m}$ από το οριζόντιο επίπεδο. Το νήμα είναι παράλληλο στο κεκλιμένο επίπεδο, ενώ δίνεται η ροπή αδράνειας της τροχαλίας ως προς τον άξονά της $I = \frac{1}{2} mR^2$ και $g=10\text{m/s}^2$.



- i) Να βρεθεί η κινητική ενέργεια του κύβου και της τροχαλίας, τη στιγμή που ο κύβος φτάνει στη βάση του επιπέδου.
- ii) Να εξετάσετε αν υπάρξει και ποια αλλαγή, αν επαναλάβουμε το πείραμα αντικαθιστώντας τον κύβο με κύλινδρο ίσης μάζας, όπου το νήμα, με κατάλληλο μηχανισμό, συνδέεται στον άξονά του.
- ii) Σε ένα άλλο κεκλιμένο επίπεδο ίδιας κλίσης και από ύψος επίσης $h=2\text{m}$ από το οριζόντιο επίπεδο, αφήνουμε ελεύθερη την παραπάνω τροχαλία, η οποία κυλιέται και μετά από λίγο φτάνει στο οριζόντιο επίπεδο. Να βρεθεί η τελική κινητική της ενέργεια. Ποιο μέρος της ενέργειας αυτής αντιστοιχεί στην μεταφορική και ποιο στην περιστροφική της κίνηση;

Απάντηση:

- i) Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι δυνάμεις που ασκούνται στον κύβο καθώς και οι δυνάμεις T_1 και T_2 που το αβαρές νήμα ασκεί σε κύβο και τροχαλία (η τάση του νήματος), όπου $T_1=T_2$, αφού το νήμα είναι αβαρές.



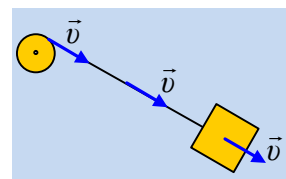
Αλλά τότε τα έργα των δύο αυτών δυνάμεων είναι αντίθετα, πράγμα που σημαίνει ότι όση ενέργεια αφαιρείται από τον κύβο (μέσω του έργου της τάσης του νήματος) μεταφέρεται στην τροχαλία. Αλλά τότε η μηχανική ενέργεια του συστήματος παραμένει σταθερή, αφού η μόνη δύναμη που παράγει έργο επί του συστήματος είναι το βάρος του κύβου, δύναμη συντηρητική. Έτσι θεωρώντας μηδενική τη δυναμική ενέργεια του κύβου τη στιγμή που φτάνει στο έδαφος, θα έχουμε:

$$K_{ap/K} + K_{ap/\tau a} + U_{ap/\kappa} + U_{ap/\tau a} = K_{\tau/\kappa} + K_{\tau/\tau} + U_{\tau/\kappa} + U_{\tau/\tau a} \rightarrow$$

$$Mgh = \frac{1}{2} Mv^2 + \frac{1}{2} I\omega^2. \quad (1)$$

Αλλά η ταχύτητα του κύβου κάθε στιγμή, είναι και ίση με την ταχύτητα κάθε σημείου του νήματος, συνεπώς και με την ταχύτητα, του σημείου του νήματος που άπτεται της τροχαλίας. Οπότε $v_{\kappa} = v_{\gamma\pi} = \omega \cdot R$, οπότε η σχέση (1) γίνεται:

$$Mgh = \frac{1}{2} Mv^2 + \frac{1}{2} \frac{1}{2} mR^2 \omega^2 \rightarrow$$



$$Mgh = \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{4}Mv^2 \rightarrow$$

$$\frac{3}{2} \frac{1}{2} Mv^2 = Mgh \rightarrow$$

$$K_{\kappa} = \frac{2}{3}Mgh = \frac{2}{3}3 \cdot 10 \cdot 2J = 40J$$

$$\text{Ενώ } K_{\tau\rho} = \frac{1}{3}Mgh = \frac{1}{3}3 \cdot 10 \cdot 2J = 20J$$

ii) Στην περίπτωση που τη θέση του κύβου την πάρει ένας κύλινδρος δεν θα αλλάξει τίποτα! Το επίπεδο είναι λείο, οπότε δεν θα εξασκηθεί καμιά ροπή η οποία να τον θέσει σε περιστροφή και θα εκτελέσει την ίδια μεταφορική κίνηση με τον κύβο.

iii) Στην τροχαλία εκτός από το βάρος και την δύναμη στήριξης N, θα αναπτυχθεί και δύναμη στατικής τριβής, με αποτέλεσμα να κυλίεται κατά μήκος του επιπέδου. Αλλά η στατική τριβή δεν παράγει έργο αφού δεν μετακινεί το σημείο εφαρμογής της, συνεπώς η μηχανική ενέργεια διατηρείται:

$$K_{\alpha\rho} + U_{\alpha\rho} = K_{\tau} + U_{\tau} \rightarrow$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv_{cm}^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv_{cm}^2 + \frac{1}{2} \frac{1}{2} mR^2 \omega^2 \rightarrow$$

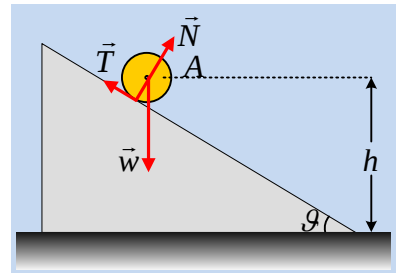
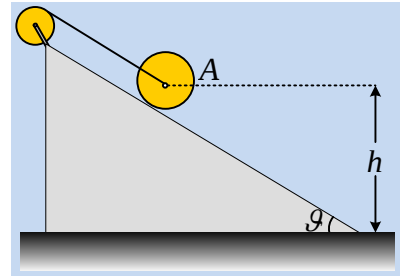
Αλλά αφού η τροχαλία κυλίεται $v_{cm} = \omega \cdot R$ και η παραπάνω σχέση δίνει:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_{cm}^2 + \frac{1}{4}mv_{cm}^2 = K = 60J$$

ενώ:

$$K_{\mu} = \frac{2}{3}mgh = \frac{2}{3}3 \cdot 10 \cdot 2J = 40J \text{ και}$$

$$K_{\sigma\tau} = \frac{1}{3}mgh = \frac{1}{3}3 \cdot 10 \cdot 2J = 20J$$



Υλικό Φυσικής - Χημείας.

Επειδή το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια

Διονύσης Μάργαρης