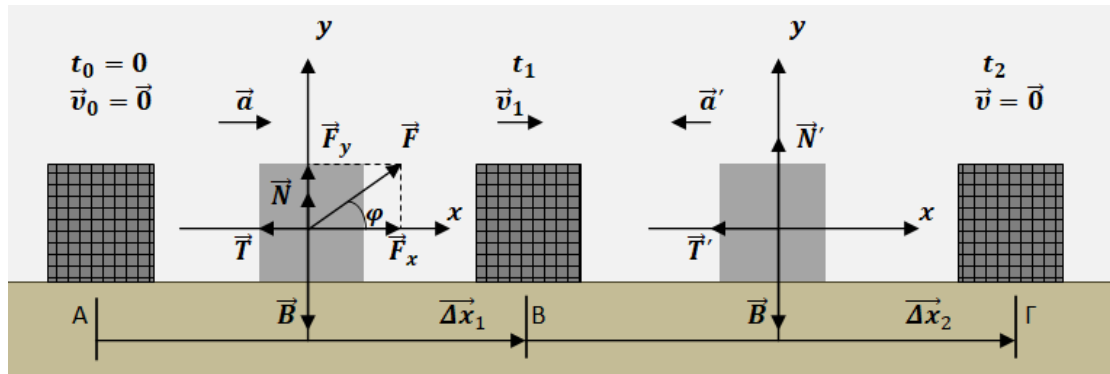


#### ΘΕΜΑ 4



4.1. Το βάρος του κύβου έχει μέτρο  $B = m \cdot g = 20 \text{ N}$

**Κίνηση του κύβου από τη στιγμή  $t_0 = 0$  μέχρι τη στιγμή  $t_1 = 2 \text{ s}$**

Θεωρούμε ένα σύστημα ορθογωνίων αξόνων, με οριζόντιο άξονα  $x'$  και κατακόρυφο άξονα  $y'$ , σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στον κύβο και αναλύουμε τη δύναμη του ανθρώπου  $\vec{F}$  σε οριζόντια συνιστώσα  $\vec{F}_x$  και κατακόρυφη συνιστώσα  $\vec{F}_y$ , για τα μέτρα των οποίων ισχύουν:

$$F_x = F \cdot \sin\varphi = 16 \text{ N και } F_y = F \cdot \eta\mu\varphi = 12 \text{ N}$$

Επειδή προέκυψε  $F_y < B$ , ο κύβος δεν χάνει την επαφή του με το οριζόντιο δάπεδο.

Στην κατακόρυφη διεύθυνση έχουμε ισορροπία δυνάμεων. Άρα ισχύει:

$$\Sigma F_y = 0, \text{ δηλαδή } N + F_y - B = 0 \text{ και τελικά } N = B - F_y = 8 \text{ N}$$

Υπολογίζουμε τώρα το μέτρο της τριβής ολίσθησης  $T = \mu \cdot N = 4 \text{ N}$

Επειδή προέκυψε  $F_x > T$ , συμπεραίνουμε ότι ο κύβος τη στιγμή  $t_0 = 0$  αρχίζει να κινείται.

4.2. Για την κίνηση του κύβου από τη στιγμή  $t_0 = 0$  μέχρι τη στιγμή  $t_1 = 2 \text{ s}$ , στον οριζόντιο άξονα ισχύει  $\Sigma F_x = m \cdot a$ . Ο κύβος στην οριζόντια κίνησή του σε αυτό το χρονικό διάστημα αποκτά επιτάχυνση μέτρου

$$a = \frac{\Sigma F_x}{m} = \frac{F_x - T}{m} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Έτσι τη στιγμή  $t_1$  έχει αποκτήσει ταχύτητα  $\vec{v}_1$  μέτρου  $v_1 = a \cdot t_1 = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Και έχει πραγματοποιήσει μετατόπιση  $\vec{\Delta x}_1$ , μέτρου  $\Delta x_1 = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_1^2 = 12 \text{ m}$

Η ενέργεια που μεταφέρθηκε στον κύβο είναι ίση με το έργο της δύναμης  $\vec{F}$ .

$$\text{Δηλαδή } E_{\text{προσφ}} = W_F = F \cdot \Delta x_1 \cdot \sin\varphi = 192 \text{ J}$$

4.3. Η μετατροπή ενέργειας σε θερμική, γίνεται μέσω του έργου της τριβής. Το ενεργειακό αυτό ποσό είναι ίσο με το έργο της τριβής κατ' απόλυτη τιμή. Δηλαδή ισχύει:

$$Q = |W_T| = |-T \cdot \Delta x_1| = 48 \text{ J}$$

Το ποσοστό της προσφερόμενης από τον άνθρωπο ενέργειας στον κύβο, το οποίο μετατράπηκε σε θερμική ενέργεια, είναι:

$$\pi = \frac{Q}{E_{\text{προσφ.}}} \cdot 100\% = \frac{48}{192} \cdot 100\% = 25\%$$

#### **4.4. Κίνηση του κύβου από τη στιγμή $t_1 = 2 \text{ s}$ μέχρι τη στιγμή $t_2$ που ακινητοποιείται.**

Μετά τη στιγμή  $t_1$  κατά την οποία καταργήθηκε η δύναμη  $\vec{F}$  του ανθρώπου και μέχρι να ακινητοποιηθεί ο κύβος, για τις δυνάμεις που δέχεται ισχύουν:

$$\Sigma F_y = 0, \text{ δηλαδή } N' - B = 0, \text{ οπότε } N' = B = 20 \text{ N}$$

$$\text{Άρα για το μέτρο της τριβής ολίσθησης ισχύει } T' = \mu \cdot N' = 10 \text{ N}$$

Εφαρμόζοντας το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας για το χρονικό αυτό διάστημα έχουμε:

$$\Delta K = W_{o\lambda}, \text{ αναλυτικά } 0 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = -T' \cdot \Delta x_2 \text{ και τελικά } \Delta x_2 = 14,4 \text{ m}$$

Έτσι η συνολική μετατόπιση του κύβου από τη στιγμή  $t_0 = 0$  μέχρι να σταματήσει είναι:

$$\Delta x_{o\lambda} = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 26,4 \text{ m}$$