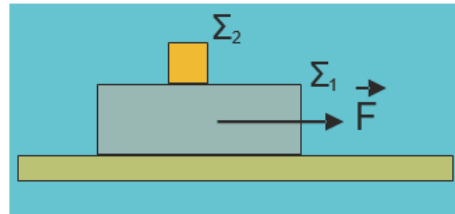


Ένα σύστημα σωμάτων και ο ρυθμός μεταβολής ορμής

Ένα κιβώτιο Σ_1 μάζας $m_1 = 2\text{ kg}$ είναι αρχικά ακίνητο σε λείο οριζόντιο δάπεδο. Πάνω στο κιβώτιο βρίσκεται σώμα Σ_2 μάζας $m_2 = 1\text{ kg}$, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Ο συντελεστής οριακής τριβής μεταξύ των δύο σωμάτων είναι $\mu_{op} = 0,3$. Τη χρονική στιγμή $t_0=0$ το κιβώτιο δέχεται μια οριζόντια σταθερή δύναμη προς τα δεξιά, της οποίας το μέτρο είναι $F = 6\text{ N}$. Τα δύο σώματα κινούνται χωρίς να ολισθαίνει το ένα ως προς το άλλο. Η επιτάχυνση βαρύτητας έχει μέτρο $g=10\text{ m/s}^2$.



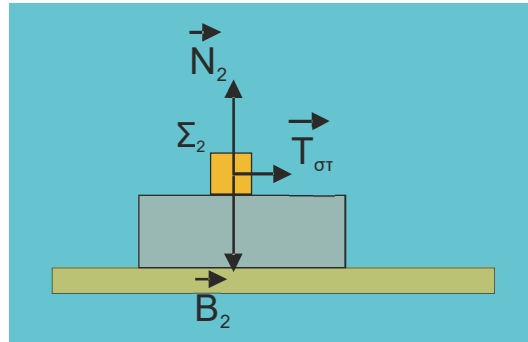
A. Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις με το γράμμα (Σ) ή (Λ) αν είναι σωστές ή λανθασμένες αντίστοιχα.

- Το σύστημα των σωμάτων Σ_1 και Σ_2 είναι μονωμένο.
- Το μέτρο της ορμής του συστήματος αυξάνεται σε συνάρτηση με το χρόνο.
- Το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του συστήματος αυξάνεται με το χρόνο.
- Το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του κιβωτίου Σ_1 είναι 6 Kg m/s^2
- Το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του κιβωτίου Σ_1 είναι ίσο με το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του σώματος Σ_2 .

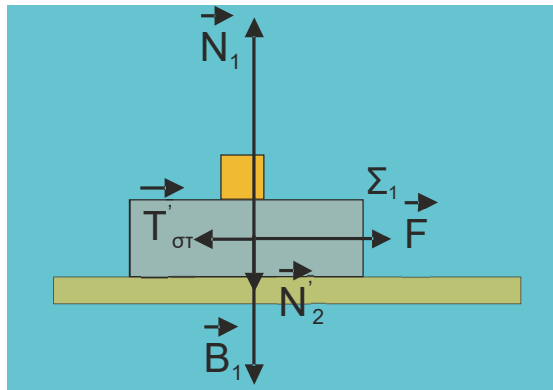
B. Ποιό είναι μέτρο του μέγιστου ρυθμού μεταβολής ορμής του συστήματος προκειμένου να μην υπάρξει ολίσθηση μεταξύ των σωμάτων ;

Λύση:

Α. α. Στα διπλανά σχήματα έχουν σχεδιαστεί οι δυνάμεις στο σώμα Σ_2 , στο κιβώτιο Σ_1 και οι εξωτερικές δυνάμεις στο σύστημα των δύο σωμάτων.



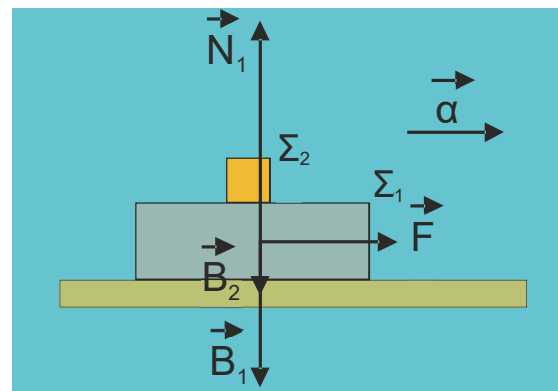
Το σώμα Σ_2 δέχεται το βάρος του \vec{B}_2 , τη δύναμη στήριξης \vec{N}_2 από το κιβώτιο Σ_1 και τη στατική τριβή $\vec{T}_{\sigma\tau}$ επίσης από το κιβώτιο Σ_1 .



Το κιβώτιο Σ_1 δέχεται την δύναμη \vec{F} , το βάρος του \vec{B}_1 , τη δύναμη στήριξης \vec{N}_1 από το δάπεδο, την αντίδραση \vec{N}_2 της \vec{N}_2 από το σώμα Σ_2 και την αντίδραση $\vec{T}'_{\sigma\tau}$ της $\vec{T}_{\sigma\tau}$ επίσης από το σώμα Σ_2 .

Στο σύστημα των δύο σωμάτων οι εσωτερικές δυνάμεις είναι τα ζεύγη

\vec{N}_2, \vec{N}'_2 και $\vec{T}_{\sigma\tau}, \vec{T}'_{\sigma\tau}$. Έτσι οι εξωτερικές δυνάμεις στο σύστημα είναι η δύναμη \vec{F} , τα βάρη \vec{B}_1 και \vec{B}_2 και η \vec{N}_1 . Το σύστημα ισορροπεί στον κατακόρυφο άξονα, οπότε η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων εκεί είναι $\Sigma \vec{F}_y = 0$. Στον



οριζόντιο άξονα είναι $\Sigma \vec{F}_x = \vec{F}$. Έτσι για τη συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων στο σύστημα είναι $\Sigma \vec{F}_{εξ} = \vec{F} \neq 0$, επομένως το σύστημα δεν είναι μονωμένο. Η πρόταση είναι λανθασμένη (Λ).

Παρατήρηση: Το σύστημα λόγω της $\Sigma \vec{F}_{εξ} = \vec{F}$ αποκτά επιτάχυνση \vec{a} προς τα δεξιά.

Αφού το Σ_2 δεν ολισθαίνει ως προς το Σ_1 , την ίδια επιτάχυνση πρέπει να έχει και κάθε σώμα ξεχωριστά. Έτσι η στατική τριβή $\vec{T}_{\sigma\tau}$ που ασκείται στο σώμα Σ_2 πρέπει να έχει φορά προς τα δεξιά, αφού αυτό επιβάλλει ο δεύτερος νόμος του Newton για το σώμα Σ_2 .

β. Το σύστημα δέχεται $\Sigma \vec{F}_{\varepsilon\xi} = \vec{F} \neq 0$, οπότε επιταχύνεται, με συνέπεια το μέτρο της ταχύτητάς του, άρα και της ορμής του ($\vec{P}_{\text{συστ}} = (m_1 + m_2) \cdot \vec{v}$) να αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Η πρόταση είναι σωστή (Σ).

γ. Είναι $\frac{\Delta \vec{P}_{\text{συστ}}}{\Delta t} = \Sigma \vec{F}_{\varepsilon\xi} = \vec{F}$. Όμως η δύναμη \vec{F} είναι σταθερή και έτσι το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του συστήματος είναι σταθερό και ίσο με 6 kgm/s^2 . Η πρόταση είναι λανθασμένη (Λ).

δ. Είναι $\frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_1}}{\Delta t} = \Sigma \vec{F}_{\Sigma_1} = \vec{F} - \vec{T}'_{\sigma\tau}$. Επομένως το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του κιβωτίου $\left| \frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_1}}{\Delta t} \right| = F - T'_{\sigma\tau} < F = 6 \text{ N}$. Η πρόταση είναι λανθασμένη (Λ).

ε. Για το κιβώτιο Σ_1 ισχύει $\frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_1}}{\Delta t} = \Sigma \vec{F}_{\Sigma_1} \rightarrow \frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_1}}{\Delta t} = m_1 \cdot \vec{\alpha} \rightarrow \left| \frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_1}}{\Delta t} \right| = m_1 \cdot \alpha$ (1)

Για το σώμα Σ_2 ισχύει $\frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_2}}{\Delta t} = \Sigma \vec{F}_{\Sigma_2} \rightarrow \frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_2}}{\Delta t} = m_2 \cdot \vec{\alpha} \rightarrow \left| \frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_2}}{\Delta t} \right| = m_2 \cdot \alpha$ (2)

Όμως $m_1 = 2m_2$ και έτσι από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ότι

$\left| \frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_1}}{\Delta t} \right| = 2 \cdot \left| \frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_2}}{\Delta t} \right|$. Η πρόταση είναι λανθασμένη (Λ).

Β. Για να μην ολισθήσει το σώμα Σ_2 ως προς το κιβώτιο πρέπει

$$T_{\sigma\tau} \leq T_{\text{op}} \rightarrow T_{\sigma\tau} \leq \mu_{\text{op}} \cdot N_2 \xrightarrow{\Sigma F_{y,\Sigma_2}=0} T_{\sigma\tau} \leq \mu_{\text{op}} \cdot m_2 \cdot g \quad (3)$$

Όμως είδαμε ότι $\left| \frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_1}}{\Delta t} \right| = 2 \cdot \left| \frac{\Delta \vec{P}_{\Sigma_2}}{\Delta t} \right| \rightarrow F - T'_{\sigma\tau} = 2 \cdot T_{\sigma\tau} \xrightarrow{T'_{\sigma\tau}=T_{\sigma\tau}} F = 3T_{\sigma\tau}$ (4)

Η σχέση (3) λόγω της (4) δίνει $T_{\sigma\tau} \leq \mu_{\text{op}} \cdot m_2 \cdot g \rightarrow \frac{F}{3} \leq \mu_{\text{op}} \cdot m_2 \cdot g \rightarrow F \leq 9 \text{ N}$

Επομένως το μέτρο του μέγιστου ρυθμού μεταβολής ορμής του συστήματος προκειμένου να μην υπάρξει ολίσθηση μεταξύ των σωμάτων είναι

$$\left| \frac{\Delta \vec{P}_{\text{συστ}}}{\Delta t} \right|_{\text{max}} = \Sigma F_{\varepsilon\xi, \text{max}} = F_{\text{max}} = 9 \text{ kgm/s}^2$$

Υλικό Φυσικής-Χημείας

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

Επιμέλεια:

Παπάζογλου Αποστόλης