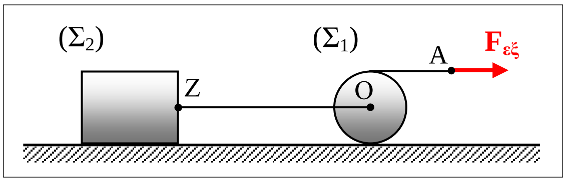
Πρισματικό σώμα και κύλινδρος (ΙΙ)

Κίνηση σε οριζόντιο επίπεδο



Πρισματικό σώμα ($Σ_2$) μάζας **m = 4kg** και κύλινδρος ($Σ_1$) ίσης μάζας **m** και ακτίνας **R = 0,2m** βρίσκονται πάνω σε οριζόντιο επίπεδο και είναι συνδεδεμένα με νήμα στα σημεία Ζ και Ο αντίστοιχα. Η σύνδεση με το κέντρο μάζας Ο του κυλίνδρου είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει την ελεύθερη περιστροφή του γύρω από τον άξονά του που διέρχεται από το σημείο αυτό. Ο συντελεστής τριβής μεταξύ σωμάτων – δαπέδου είναι ίδιος και για τα δύο σώματα, $\mu_{ολ} = \mu_{ορ} = \mu = 0,2$.

Σε λεπτό αυλάκι γύρω από τον κύλινδρο έχουμε τυλίξει νήμα που το συγκρατούμε από το άκρο του Α α-σκώντας μικρή οριζόντια δύναμη μέτρου $F_{εξ}$ όπως φαίνεται στο σχήμα. Το τυλιγμένο στον κύλινδρο κομμά-τι του νήματος έχει μήκος **L = 2m**.

Τη στιγμή $t_o = 0$ η εξωτερική δύναμη αποκτά σταθερό μέτρο $F_{εξ} = 16N$ και το νήμα αρχίζει να ξετυλίγεται μέχρι να φύγει όλο από τον κύλινδρο. Ζητούνται τα εξής:

1. Να υπολογίσετε τη γωνιακή και τη μεταφορική ταχύτητα του κυλίνδρου τη στιγμή που τον εγκαταλείπει το τυλιγμένο αρχικά νήμα.

2. Να περιγράψετε την κίνηση των δύο σωμάτων μετά την κατάργηση της εξωτερικής δύναμης.

3. Να απεικονίσετε γραφικά τα μέτρα της τάσης του νήματος και των τριβών μεταξύ σωμάτων και δαπέ-δου σε συνάρτηση με τη θέση **x** του κέντρου μάζας Ο του κυλίνδρου (θεωρώντας ως $x_o = 0$ τη θέση του τη στιγμή $t_o = 0$).

4. Να υπολογίσετε τα έργα όλων των δυνάμεων σε κάθε μία από τις φάσεις της κίνησης των σωμάτων και να τα συσχετίσετε με τις αντίστοιχες ενεργειακές μετατροπές.

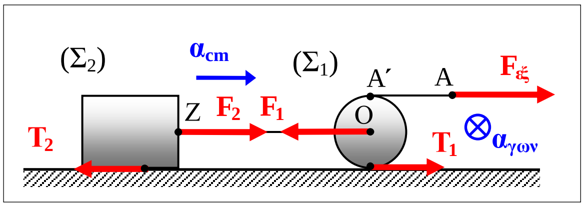
Τα σώματα είναι συμπαγή και ομογενή και το $Σ_1$ δεν ανατρέπεται. Τα νήματα είναι αβαρή και μη εκτατά και αυτό που είναι τυλιγμένο στον κύλινδρο δεν ολισθαίνει μέσα στο αυλάκι μέχρι να ξετυλιχτεί όλο και να φύ-γει από αυτόν. Δίνονται:

Ροπή αδράνειας κυλίνδρου ως προς τον άξονά του $I = ½·m·R^2$ και $g = 10m/s^2$.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

1ο ΕΡΩΤΗΜΑ

1η ΦΑΣΗ (*μέχρι να ξετυλιχτεί όλο το νήμα*)



Οι δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα κατά την οριζόντια διεύθυνση είναι:

(*Στον κύλινδρο Σ1*) η εξωτερική δύναμη $\vec{F}_{εξ}$ που μεταφέρεται στο ανώτερο σημείο του Α΄ μέσω του τυλιγμένου νήματος και τείνει να τον μεταφέρει και να τον περιστρέψει κατά τη φορά του ρολογιού. Στη μεταφορά αντιτίθεται η τάση $\vec{F}_1$ του τεντωμένου νήματος ΖΟ και στην περιστροφή η τριβή $\vec{T}_1$ που όμως δεν γνωρίζουμε ακόμα αν είναι στατική ή τριβή ολίσθησης.

(*Στο σώμα Σ2*) η τάση $\vec{F}_2$ του νήματος ΖΟ και η τριβή ολίσθησης $\vec{T}_2$.

> Λόγω ίσων μαζών, το μέτρο της τριβής ολίσθησης, καθώς και της οριακής στατικής τριβής είναι το ίδιο για τα δύο σώματα:
>
> $$\boxed{T = μ·m·g = 8N} \quad (1)$$
>
> Έτσι, για το μέτρο της $\vec{T}_1$ ισχύει ο περιορισμός: $\boxed{T_1 \le T}$ **(2)**
>
> ενώ το μέτρο της $\vec{T}_2$ είναι: $\boxed{T_2 = T}$ **(3)**
>
> Οι δύο τάσεις που ασκεί το (αβαρές) νήμα ΖΟ έχουν ίσα μέτρα:
>
> $$\boxed{F_1 = F_2 = F} \quad (4)$$

Τα σώματα αρχίζουν να κινούνται με κοινή μεταφορική επιτάχυνση $\mathbf{α_{cm}}$ ενώ το $Σ_1$ επιταχύνεται ταυτόχρονα και στροφικά με γωνιακή επιτάχυνση $\mathbf{α_{γων}}$. Από τους νόμους του Νεύτωνα έχουμε:

(*Κύλινδρος Σ1*)

$$\mathbf{Στ_{(O)} = I·α_{γων} \rightarrow (F_{εξ} - T_1)·R = ½·m·R^2α_{γων} \rightarrow \boxed{F_{εξ} - T_1 = ½·m·R·α_{γων}}} \quad (5)$$

$$\Sigma F_x = m\cdot\alpha_{cm} \;\rightarrow\; F_{\varepsilon\xi} + T_1 - F_1 = m\cdot\alpha_{cm} \;\rightarrow\; \boxed{F_{\varepsilon\xi} + T_1 - F = m\cdot\alpha_{cm}} \quad \mathbf{(6)}$$

(*Σώμα Σ*$_2$)

$$\Sigma F_x = m\cdot\alpha_{cm} \;\rightarrow\; F_2 - T_2 = m\cdot\alpha_{cm} \;\rightarrow\; \boxed{F = \mu\cdot m\cdot g + m\cdot\alpha_{cm}} \quad \mathbf{(7)}$$

Συνδυάζοντας τις (6) και (7) παίρνουμε:

$$\boxed{F_{\varepsilon\xi} + T_1 = 2\cdot m\cdot\alpha_{cm} + \mu\cdot m\cdot g} \quad \mathbf{(8)}$$

Θα εξετάσουμε τώρα αν τριβή $\vec{T}_1$ *είναι στατική, αν δηλαδή έχουμε καθαρή κύλιση*. Στην περίπτωση αυτή θα ισχύει $\alpha_{cm} = \alpha_{\gamma\omega\nu}\cdot R$.

Η (5) γίνεται: $F_{\varepsilon\xi} - T_1 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot\alpha_{cm}$ **(5α)**

και μαζί με την (8) δίνει:

$$2\cdot F_{\varepsilon\xi} = 2{,}5\cdot m\cdot\alpha_{cm} + \mu\cdot m\cdot g \;\rightarrow\; \alpha_{cm} = 2{,}4\,m/s^2$$

Οπότε από την (5α) βρίσκουμε $T_1 = 11{,}2N$

Η τιμή αυτή όμως δεν συμφωνεί με τον περιορισμό (2) σύμφωνα με τον οποίο το μέτρο της $\vec{T}_1$ δεν μπορεί να υπερβαίνει τα **8N**.

Το συμπέρασμα είναι επομένως ότι ***η σύνθετη κίνηση του κυλίνδρου δεν είναι καθαρή κύλιση, αλλά υπάρχει και ολίσθηση***. Η $\vec{T}_1$ είναι τριβή ολίσθησης με μέτρο $\boxed{T_1 = T = 8N}$ **(2α)**

Χρησιμοποιώντας τις (2α), (5) και (8) βρίσκουμε τις επιταχύνσεις:

$$\boxed{\alpha_{\gamma\omega\nu} = 20r/s^2} \quad \mathbf{(9)} \qquad \boxed{\alpha_{cm} = 2m/s^2} \quad \mathbf{(10)}$$

και από την (7) το μέτρο της τάσης του νήματος ΖΟ: $\boxed{F = 16N}$ **(11)**

Αν τώρα ονομάσουμε **Δx** την κοινή μεταφορική μετατόπιση των δύο σωμάτων, **Δφ** την αντίστοιχη γωνία στροφής του κυλίνδρου μέχρι να ξετυλιχτεί όλο το τυλιγμένο μήκος **L** του νήματος και υ_o, ω_o τις αντίστοιχες ταχύτητες, τότε έχουμε:

$$L = \Delta\varphi\cdot R = (\tfrac{1}{2}\cdot\alpha_{\gamma\omega\nu}\cdot\Delta t^2)\cdot R \;\rightarrow\; \boxed{\Delta t = 1sec}$$

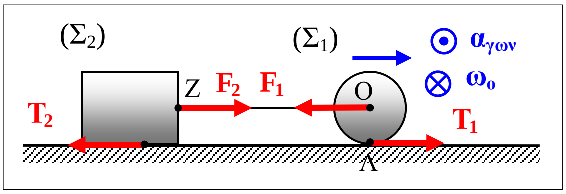
$$\omega_o = \alpha_{\gamma\omega\nu}\cdot\Delta t \;\rightarrow\; \boxed{\omega_o = 20r/s}$$

$$\Delta x = \tfrac{1}{2}\cdot\alpha_{cm}\cdot\Delta t^2 \;\rightarrow\; \boxed{\Delta x = 1m}$$

$$\upsilon_o = \alpha_{cm}\cdot\Delta t \;\rightarrow\; \boxed{\upsilon_o = 2m/s}$$

2^o ΕΡΩΤΗΜΑ

2η ΦΑΣΗ (*μέχρι να μηδενιστεί η ταχύτητα του σημείου επαφής Λ*)



Στη συνέχεια παύει να υπάρχει η $\vec{F}_{\varepsilon\xi}$ ενώ ο κύλινδρος κινείται ήδη σπινάροντας (αφού το σημείο επαφής Λ με το έδαφος έχει ταχύτητα $\mathbf{\upsilon_Λ = \upsilon_o - \omega_o R = -2m/s}$, δηλαδή με φορά προς τα πίσω).

Έτσι δέχεται προς τα εμπρός από το έδαφος τριβή ολίσθησης μέτρου $\mathbf{T_2 = T = 8N}$ η οποία προσπαθεί να τον επιταχύνει μεταφορικά, διατηρώντας το νήμα τεντωμένο:

$$\mathbf{T_1 - F_1 = m \cdot \alpha_{cm}}$$

Στο σώμα $Σ_2$ συμβαίνει το αντίθετο:

$$\mathbf{F_2 - T_2 = m \cdot \alpha_{cm}}$$

Επειδή όμως $\mathbf{F_1 = F_2 = F}$ και $\mathbf{T_1 = T_2 = T = 8N}$ το αποτέλεσμα είναι να έχουμε μεταφορική επιτάχυνση $\boxed{\mathbf{\alpha_{cm} = 0}}$ και μια τετράδα δυνάμεων με ίσα μέτρα:

$$\boxed{\mathbf{F_1 = F_2 = T_1 = T_2 = 8N}}$$

Η μεταφορική κίνηση των δύο σωμάτων είναι δηλαδή τώρα ευθύγραμμη ομαλή (!) με σταθερή ταχύτητα $\mathbf{\upsilon_o = 2m/s}$ και ταυτόχρονα, ο κύλινδρος ***επιβραδύνεται στροφικά*** με γωνιακή επιβράδυνση:

$$\mathbf{T_1 \cdot R = ½ \cdot m \cdot R^2 \alpha_{γων}} \quad \rightarrow \quad \mathbf{\alpha_{γων} = 20 r/s^2}$$

Η κίνηση αυτή διαρκεί μέχρι το μέτρο της επιτρόχιας ταχύτητας $\mathbf{\omega \cdot R}$ να γίνει ίσο με $\mathbf{\upsilon_o}$ (οπότε και μηδενίζεται η ταχύτητα $\mathbf{\upsilon_Λ}$ του σημείου επαφής):

$$\mathbf{\omega \cdot R = (\omega_o - \alpha_{γων} \cdot \Delta t') \cdot R = \upsilon_o} \quad \rightarrow \quad \boxed{\mathbf{\Delta t' = 0{,}5sec}}$$

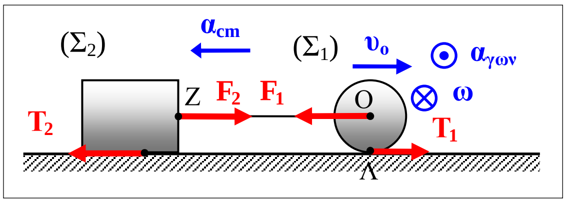
$$\mathbf{s' = \Delta\varphi' \cdot R = (\omega_o \cdot \Delta t' - ½ \cdot \alpha_{γων} \cdot \Delta t'^2) \cdot R} \quad \rightarrow \quad \boxed{\mathbf{s' = 1{,}5m}}$$

και $\mathbf{\Delta x' = \upsilon_o \cdot \Delta t'} \quad \rightarrow \quad \boxed{\mathbf{\Delta x' = 1m}}$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Η ευθύγραμμη ομαλή κίνηση στη φάση αυτή οφείλεται στις ίσες μάζες που προκάλεσαν ίσες τριβές ολίσθησης. Αν η μάζα του κυλίνδρου ήταν μεγαλύτερη ή μικρότερη, η μεταφορική κίνηση θα ήταν αντίστοιχα επιταχυνόμενη ή επιβραδυνόμενη.

3η ΦΑΣΗ (μέχρι να σταματήσουν τα σώματα να κινούνται)



Μετά το μηδενισμό της ταχύτητας του σημείου επαφής Λ και επειδή η $\vec{T}_2$ εξακολουθεί να αντιστέκεται στην κίνηση του $Σ_2$, το νήμα παραμένει τεντωμένο επιβραδύνοντας μεταφορικά και τον κύλινδρο. Θα εξακολουθήσει επομένως να υπάρχει και η τριβή $\vec{T}_1$ ώστε να επιβραδύνει και στροφικά τον κύλινδρο, θα πρέπει όμως να εξετάσουμε πάλι αν πρόκειται για στατική τριβή ή για τριβή ολίσθησης.

Υποθέτουμε πάλι ότι έχουμε καθαρή κύλιση και επομένως για τις δύο επιβραδύνσεις ισχύει $\boldsymbol{\alpha_{cm} = \alpha_{γων}\cdot R}$ οπότε:

(*Κύλινδρος $Σ_1$*)

$$\Sigma\tau_{(O)} = I\cdot\alpha_{γων} \;\rightarrow\; T_1\cdot R = ½\cdot m\cdot R^2\alpha_{γων} \;\rightarrow\; T_1 = ½\cdot m\cdot\alpha_{cm}$$

$$\Sigma F_x = m\cdot\alpha_{cm} \;\rightarrow\; F_1 - T_1 = m\cdot\alpha_{cm} \;\rightarrow\; F_1 = 1{,}5\cdot m\cdot\alpha_{cm}$$

(*Σώμα $Σ_2$*)

$$\Sigma F_x = m\cdot\alpha_{cm} \;\rightarrow\; T_2 - F_2 = m\cdot\alpha_{cm} \xrightarrow{F_1=F_2} T_2 = 2{,}5\cdot m\cdot\alpha_{cm}$$

Για την τιμή $\boxed{T_2 = 8N}$ έχουμε $\boxed{\alpha_{cm} = 0{,}8 m/s^2}$ και $\boxed{T_1 = 1{,}6N}$

Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από την οριακή τιμή των **8N**, σωστά επομένως θεωρήσαμε ότι έχουμε καθαρή κύλιση.

Η τάση του νήματος είναι τώρα $\boxed{F_1 = F_2 = 4{,}8N}$ και τα σώματα επιβραδύνονται ομαλά μέχρι να σταματήσουν:

$$\upsilon = \upsilon_o - \alpha_{cm}\cdot\Delta t'' = 0 \;\rightarrow\; \boxed{\Delta t'' = 2{,}5sec}$$

$$\Delta x'' = ½\cdot\alpha_{cm}\cdot\Delta t^2 \;\rightarrow\; \boxed{\Delta x'' = 2{,}5m}$$

3° ΕΡΩΤΗΜΑ

Τα στοιχεία κίνησης των τριών φάσεων είναι:

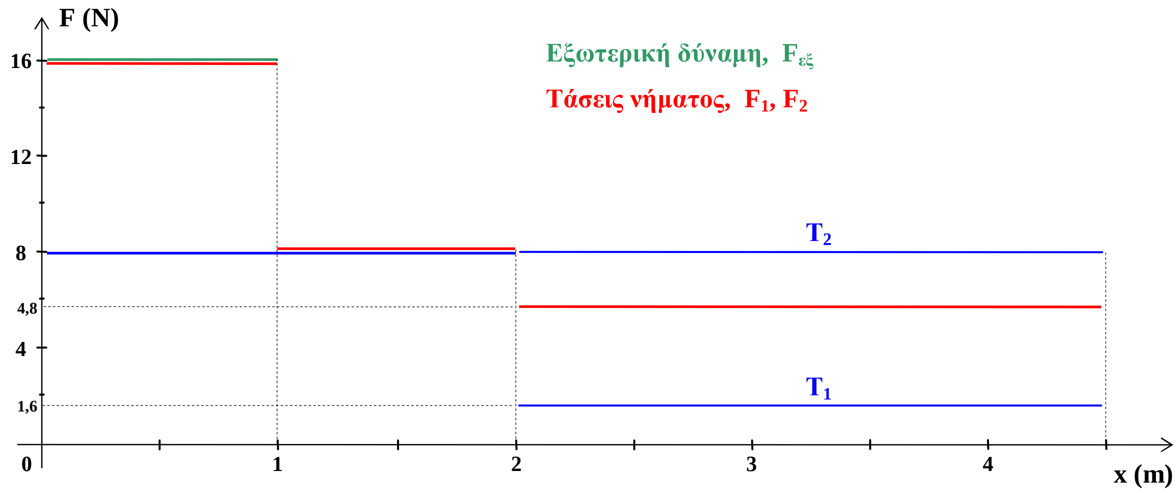
1η ΦΑΣΗ	$\Delta t = 1s$ $\Delta x = 1m$ $(\Delta\varphi = 20rad)$ $\Delta\varphi\cdot R = s = L = 2m$	$t:\ 0 \rightarrow 1s$ $x:\ 0 \rightarrow 1m$ $\upsilon:\ 0 \rightarrow 2m/s$ $\omega:\ 0 \rightarrow 20r/s$	$F_{εξ} = 16N$ $F_1 = F_2 = F = 16N$ $T_1 = T_2 = T = 8N$
2η ΦΑΣΗ	$\Delta t' = 0{,}5s$ $\Delta x' = 1m$	$t:\ 1s \rightarrow 1{,}5s$ $x:\ 1m \rightarrow 2m$	$F_{εξ} = 0$

$(\Delta\varphi' = 7{,}5\,\text{rad})$	υ: 2m/s = σταθ.	$F_1 = F_2 = F = 8N$
$\Delta\varphi' \cdot R = s' = 1{,}5\,\text{m}$	ω: 20r/s $\to$ 10r/s	$T_1 = T_2 = T = 8N$

3η ΦΑΣΗ

$\Delta t'' = 2{,}5\,\text{s}$	t: 1,5s $\to$ 4s	$F_{\varepsilon\xi} = 0$
$\Delta x'' = 2{,}5\,\text{m}$	x: 2m $\to$ 4,5m	$F_1 = F_2 = F = 4{,}8N$
$(\Delta\varphi'' = 4{,}5\,\text{rad})$	υ: 2m/s $\to$ 0	$T_1 = 1{,}6N$
$\Delta\varphi'' = \Delta x'' = s'' = 0{,}9\,\text{m}$	ω: 10r/s $\to$ 0	$T_2 = 8N$

Στην επόμενη σελίδα έχουν σχεδιαστεί οι ζητούμενες γραφικές παραστάσεις.



4ο ΕΡΩΤΗΜΑ

<u>1η ΦΑΣΗ</u>

(*Έργα δυνάμεων στον κύλινδρο Σ*$_1$)

$$W_{\varepsilon\xi} = F_{\varepsilon\xi}\cdot(L+\Delta x) = F_{\varepsilon\xi}\cdot L + F_{\varepsilon\xi}\cdot\Delta x = +\,32J + 16J = +48J$$

Το έργο αυτό εκφράζει την ενέργεια που προσφέρθηκε συνολικά στον κύλινδρο από το εξωτερικό αίτιο. Λόγω της σύνθετης κίνησης του κυλίνδρου, η ενέργεια αυτή κατανέμεται και στις δύο επιμέρους κινήσεις:

1ος όρος $\to$ ενέργεια που δόθηκε στη στροφική κίνηση (+32J)

2ος όρος $\to$ ενέργεια που δόθηκε στη μεταφορική κίνηση (+16J)

$$W_{F1} = -\,F_1\cdot\Delta x = -16J$$

Εκφράζει την ενέργεια που αφαιρέθηκε μέσω της τάσης από τη μεταφορική κίνηση του κυλίνδρου (–16J) και μεταφέρθηκε στο δεύτερο σώμα.

$$\mathbf{W_{T1} = T_1 \cdot (-L + \Delta x) = -\,T_1 \cdot L + T_1 \cdot \Delta x = -\,16J + 8J = -8J}$$

Το έργο της τριβής ολίσθησης $\vec{\mathbf{T}}_1$ εκφράζει την ενέργεια που χάθηκε σε θερμότητα, εξαιτίας της τριβής του κυλίνδρου με το δάπεδο (–8J).

Ταυτόχρονα, εξαιτίας της δράσης της προκαλείται ανακατανομή στις κινητικές ενέργειες των στοιχειωδών μαζών του στερεού με αποτέλεσμα να μεταφέρεται κινητική ενέργεια από τη στροφική κίνηση (1^ος^ όρος, –16J) στη μεταφορική (2^ος^ όρος, +8J).

ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ

Στο τέλος της 1ης φάσης η μεταβολή της στροφικής και της μεταφορικής κινητικής ενέργειας του κυλίνδρου είναι αντίστοιχα:

$$\mathbf{\Delta K_{\sigma\tau\rho} = \tfrac{1}{2} \cdot I \cdot \omega_\tau^2 - 0 = +16J} \qquad \mathbf{\Delta K_{\sigma\tau\rho} = 0 + 32J - 16J = +16J}$$

$$\mathbf{\Delta K_{\mu\varepsilon\tau} = \tfrac{1}{2} \cdot m\upsilon_\tau^2 - 0 = +8J} \qquad \mathbf{\Delta K_{\mu\varepsilon\tau} = 0 + 16J - 16J + 8J = +8J}$$

(*Έργα δυνάμεων στο σώμα Σ_2*)

$$\mathbf{W_{F2} = F_2 \cdot \Delta x = +16J}$$

Εκφράζει ενέργεια που προσφέρεται μέσω της τάσης στο δεύτερο σώμα (+16J).

$$\mathbf{W_{T2} = -T_2 \cdot \Delta x = -8J}$$

Εκφράζει την ενέργεια που χάθηκε σε θερμότητα, εξαιτίας της ολίσθησης του Σ_2 στο το δάπεδο (–8J).

ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ

Στο τέλος της 1ης φάσης η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του Σ_2 είναι:

$$\mathbf{\Delta K = \tfrac{1}{2} \cdot m\upsilon_\tau^2 - 0 = +8J} \qquad \mathbf{\Delta K = 0 + 16J - 8J = +8J}$$

2η ΦΑΣΗ

(*Έργα δυνάμεων στον κύλινδρο Σ_1*)

$$\mathbf{W_{F1} = -\,F_1 \cdot \Delta x' = -8J}$$

Εκφράζει ενέργεια που αφαιρείται μέσω της τάσης από τη μεταφορική κίνηση του κυλίνδρου (–8J) και μεταφέρεται στο δεύτερο σώμα.

$$\mathbf{W_{T1} = T_1 \cdot (-\,s' + \Delta x') = -\,T_1 \cdot s' + T_1 \cdot \Delta x' = -\,12J + 8J = -4J}$$

Το έργο της τριβής ολίσθησης $\vec{\mathbf{T}}_1$ εκφράζει την ενέργεια που χάθηκε σε θερμότητα, εξαιτίας της τριβής του κυλίνδρου με το δάπεδο (–4J).

Ταυτόχρονα, λόγω της ανακατανομής μεταφέρεται κινητική ενέργεια από τη στροφική κίνηση (1ος όρος, –

12J) στη μεταφορική (2ος όρος, +8J).

ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ

Στο τέλος της 2ης φάσης η μεταβολή της στροφικής και της μεταφορικής κινητικής ενέργειας του κυλίνδρου είναι αντίστοιχα:

$$\Delta K_{στρ} = ½\cdot I\cdot \omega_{τ}^2 - ½\cdot I\cdot \omega_{α}^2 = 4J - 16J = -12J \qquad \Delta K_{στρ} = -12J$$

$$\Delta K_{μετ} = 0 \quad (υ = σταθ.) \qquad \Delta K_{μετ} = -8J + 8J = 0$$

(*Έργα δυνάμεων στο σώμα $Σ_2$*)

$$W_{F2} = F_2\cdot \Delta x' = +8J$$

Εκφράζει ενέργεια που προσφέρεται μέσω της τάσης στο δεύτερο σώμα (+8J).

$$W_{T2} = -T_2\cdot \Delta x' = -8J$$

Εκφράζει την ενέργεια που χάθηκε σε θερμότητα, εξαιτίας της ολίσθησης του $Σ_2$ στο το δάπεδο (–8J).

ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ

Στο τέλος της 2ης φάσης η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του $Σ_2$ είναι:

$$\Delta K = 0 \quad (υ = σταθ.) \qquad \Delta K = +8J - 8J = 0$$

3η ΦΑΣΗ

(*Έργα δυνάμεων στον κύλινδρο $Σ_1$*)

$$W_{F1} = -F_1\cdot \Delta x'' = -12J$$

Εκφράζει ενέργεια που αφαιρείται μέσω της τάσης από τη μεταφορική κίνηση του κυλίνδρου (–12J) και μεταφέρεται στο δεύτερο σώμα.

$$W_{T1} = T_1\cdot(-s'' + \Delta x'') = -T_1\cdot s'' + T_1\cdot \Delta x'' = -4J + 4J = 0$$

Το έργο της στατικής τριβής $\vec{T}_1$ είναι μηδενικό.

Έτσι έχουμε τώρα μόνο την ανακατανομή στις κινητικές ενέργειες των στοιχειωδών μαζών του στερεού που περιγράφεται ποσοτικά με τους δύο επιμέρους όρους, δηλαδή μεταφορά κινητικής ενέργειας από τη στροφική κίνηση (1ος όρος, –4J) στη μεταφορική (2ος όρος, +4J).

ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ

Στο τέλος της 3ης φάσης η μεταβολή της στροφικής και της μεταφορικής κινητικής ενέργειας του κυλίνδρου είναι αντίστοιχα:

$$\Delta K_{στρ} = ½\cdot I\cdot \omega_τ^2 - ½\cdot I\cdot \omega_α^2 = 0 - 4J = -4J \qquad \Delta K_{στρ} = -4J$$

$$\Delta K_{μετ} = ½\cdot m\upsilon_τ^2 - ½\cdot m\upsilon_α^2 = 0 - 8J = -8J \qquad \Delta K_{μετ} = -12J + 4J = -8J$$

(*Έργα δυνάμεων στο σώμα $Σ_2$*)

$$W_{F2} = F_2\cdot \Delta x'' = +12J$$

Εκφράζει ενέργεια που προσφέρεται μέσω της τάσης στο δεύτερο σώμα (+12J).

$$W_{T2} = -T_2\cdot \Delta x'' = -20J$$

Εκφράζει την ενέργεια που χάθηκε σε θερμότητα, εξαιτίας της ολίσθησης του $Σ_2$ στο το δάπεδο (–20J).

ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ

Στο τέλος της 3ης φάσης η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του $Σ_2$ είναι:

$$\Delta K = ½\cdot m\upsilon_τ^2 - ½\cdot m\upsilon_α^2 = 0 - 8J = -8J \qquad \Delta K_{μετ} = +12J - 20J = -8J$$

Υλικό Φυσικής - Χημείας.
Επειδή το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους....

Επιμέλεια

Διονύσης Μητρόπουλος