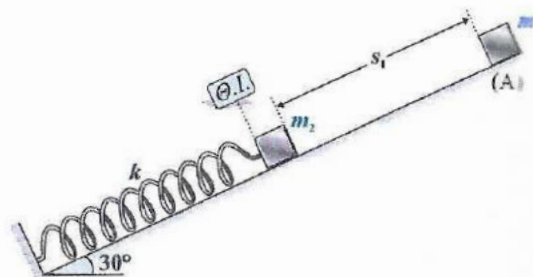


ΚΡΟΥΣΕΙΣ ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

2.197 Μικρό σώμα (1) μάζας $m_1 = 3 \text{ kg}$ αφήνεται ελεύθερο να κινηθεί από την κορυφή Α ενός λείου κεκλιμένου επιπέδου γωνίας κλίσης $\varphi = 30^\circ$. Το σώμα (1) αφού διανύσει διάστημα $s_1 = 1,6 \text{ m}$ συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με ακίνητο σώμα (2) μάζας $m_2 = 1 \text{ kg}$ το οποίο είναι δεμένο στο ένα άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς k , του οποίου το άλλο άκρο είναι στερεωμένο στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου.

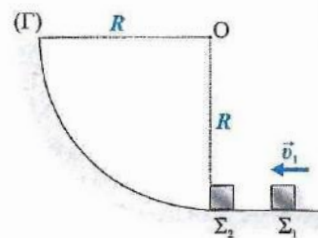


Στη θέση ισορροπίας του πριν την κρούση το σώμα (2) δέχεται το βάρος του, τη δύναμη από το ελατήριο και την κάθετη δύναμη στήριξης από το κεκλιμένο επίπεδο. Μετά την κρούση το συσσωμάτωμα κινείται ευθύγραμμα στη διεύθυνση του άξονα του ελατηρίου και διανύει διάστημα $s_2 = 0,4 \text{ m}$ μέχρι να σταματήσει για πρώτη φορά μετά την κρούση. Να υπολογίσετε:

- την απώλεια μηχανικής ενέργειας του συστήματος των σωμάτων (1) και (2) εξαιτίας της κρούσης
- τη σταθερά k του ελατηρίου.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$. Τα σώματα θεωρούνται σημειακά αντικείμενα.

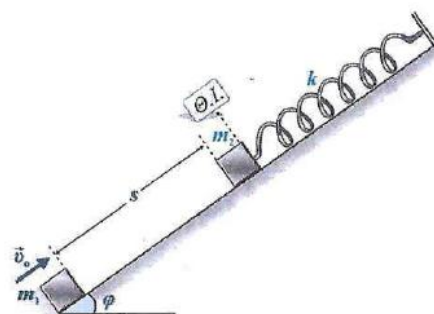
2.202 Σώμα Σ_1 μάζας $m_1 = 2 \text{ kg}$ κινείται με ταχύτητα μέτρου $7,5 \text{ m/s}$ πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο και συγκρούεται μετωπικά και ελαστικά με ακίνητο σώμα Σ_2 μάζας $m_2 = 3 \text{ kg}$, το οποίο βρίσκεται στην αρχή λείου τεταρτοκύκλιου ακτίνας $R = 1 \text{ m}$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Να υπολογίσετε:



- τη μεταβολή της ορμής του σώματος Σ_1 εξαιτίας της κρούσης,
- το μέτρο της δύναμης που δέχεται το σώμα Σ_2 από το τεταρτοκύκλιο τη χρονική στιγμή που το σώμα διέρχεται από το ανώτατο σημείο Γ του τεταρτοκύκλιου.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$. Τα σώματα έχουν αμελητέες διαστάσεις σε σχέση με την ακτίνα του τεταρτοκυκλίου.

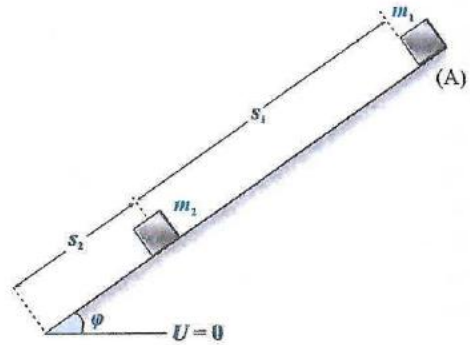
2.225 Από τη βάση λείου κεκλιμένου επιπέδου γωνίας κλίσης $\varphi = 30^\circ$ εκτοξεύουμε μικρό σώμα μάζας $m_1 = 1 \text{ kg}$ με ταχύτητα μέτρου 5 m/s , όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Το σώμα αυτό διανύει διάστημα $s = 90 \text{ cm}$ και συναντά ακίνητο μικρό σώμα μάζας $m_2 = 3 \text{ kg}$, με το οποίο συγκρούεται κεντρικά και ελαστικά. Το σώμα μάζας m_2 είναι δεμένο στο ένα άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς $k = 300 \text{ N/m}$, το άλλο άκρο του οποίου είναι στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο. Να υπολογίσετε:



- το μέτρο της ταχύτητας του σώματος μάζας m_1 ελάχιστα πριν την κρούση,
 - την κινητική ενέργεια του σώματος μάζας m_2 αμέσως μετά την κρούση,
 - την απόσταση που διανύει το σώμα μάζας m_2 μετά την κρούση ώσπου να ακινητοποιηθεί στιγμιαία,
 - το μέτρο της ταχύτητας του σώματος μάζας m_1 όταν φτάνει ξανά στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου.
- Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$.

2.226 Από την κορυφή Α ενός κεκλιμένου επιπέδου γωνίας κλίσης $\varphi = 30^\circ$ αφήνουμε ελεύθερο να κινηθεί μικρό σώμα Σ_1 μάζας $m_1 = 2 \text{ kg}$, το οποίο εμφανίζει με το κεκλιμένο επίπεδο συντελεστή τριβής ολίσθησης $\mu = \frac{\sqrt{3}}{4}$. Το σώμα αυτό ξεκινά να κινείται στο κεκλιμένο

επίπεδο και αφού διανύσει διάστημα $s_1 = 10 \text{ m}$, συναντά μικρό σώμα Σ_2 μάζας $m_2 = 3 \text{ kg}$, το οποίο διατηρούσαμε ακίνητο στο κεκλιμένο επίπεδο. Ελάχιστα πριν συγκρουστούν τα δύο σώματα αφήνουμε ελεύθερο το σώμα Σ_2 και τα δύο σώματα συγκρούονται κεντρικά και



πλαστικά. Το συσσωμάτωμα που δημιουργείται έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης $\mu = \frac{\sqrt{3}}{4}$ με το κεκλιμένο επίπεδο και διανύοντας διάστημα $s_2 = 2 \text{ m}$ φτάνει στη βάση του έχοντας μη μηδενική ταχύτητα. Να υπολογίσετε:

- το μέτρο της ταχύτητας του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση,
- τη συνολική θερμότητα η οποία παράχθηκε από τη στιγμή που αφήσαμε ελεύθερο το σώμα μάζας m_1 έως τη στιγμή που το συσσωμάτωμα έφτασε στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου,
- το ποσοστό της αρχικής δυναμικής ενέργειας του σώματος Σ_1 που μετατράπηκε σε θερμότητα εξαιτίας της πλαστικής κρούσης των δύο σωμάτων.

Δίνεται ότι το επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας λόγω βαρύτητας ταυτίζεται με το οριζόντιο επίπεδο που διέρχεται από τη βάση του κεκλιμένου επιπέδου. Η επιτάχυνση της βαρύτητας ισούται με $g = 10 \text{ m/s}^2$. Να θεωρήσετε αμελητέες τις διαστάσεις των σωμάτων.

2.197

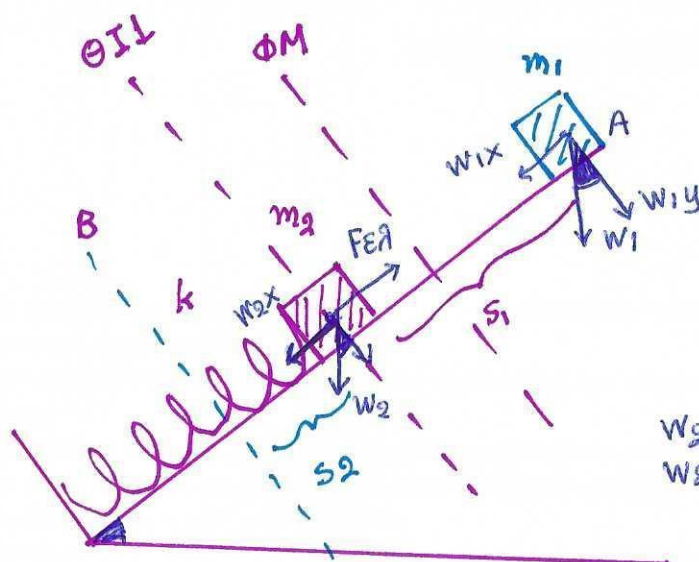
$$m_1 = 3 \text{ kg}$$

$$\varphi = 30^\circ$$

$$s_1 = 1,6 \text{ m}$$

$$m_2 = 1 \text{ kg}$$

$$s_2 = 0,4 \text{ m}$$



$$W_{2x} = W_2 \eta \mu \phi$$

$$W_{2x} = 10 \cdot \frac{1}{2} = 5 \text{ N}$$

Το m_2 πριν την κρούση ισορροπεί

$$\Sigma \text{την } \Theta \text{ΙΔ} : \Sigma F_x = 0 \Leftrightarrow W_{2x} - k \Delta \ell_1 = 0 \Leftrightarrow k \cdot \Delta \ell_1 = 5 \quad \textcircled{1}$$

Η ταχύτητα με την οποία χωρίζει το m_1 , το m_2 .

$$W_{1x} = W_1 \eta \mu \phi \Leftrightarrow W_{1x} = 30 \cdot \frac{1}{2} \Leftrightarrow W_{1x} = 15 \text{ N}$$

Εφαρμόζω ΘΜΚΕ για το m_1 από την θέση Α που αφήνεται μέχρι την $\Theta \text{ΙΔ}$ που γίνεται η κρούση.

$$K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = W_{1x} \cdot s_1 \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 - 0 = 15 \cdot 1,6 \Leftrightarrow \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot v_1^2 = 24 \Leftrightarrow v_1^2 = 16 \Leftrightarrow$$

$$v_1 = 4 \text{ m/s}$$

ΑΔΟ (κρούση m_1 και m_2)

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot 0 = (m_1 + m_2) V \Leftrightarrow$$

$$3 \cdot 4 = 4 V \Leftrightarrow V = 3 \text{ m/s}$$

α) Απώλεια μηχανικής ενέργειας

$$\Delta K = K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} \Leftrightarrow \Delta K = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2 - \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \Leftrightarrow$$

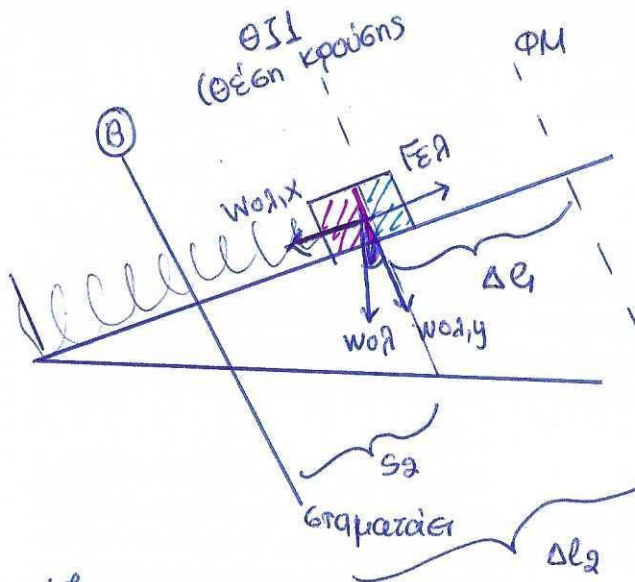
$$\Delta K = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 3^2 - \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 4^2 \Leftrightarrow \Delta K = 18 - 24 = -6 \text{ J} \Leftrightarrow$$

$$\Delta K = 18 - 24 = -6 \text{ J} \quad (\text{Το } - \text{ δηλώνει απώλεια})$$

β) Μετά την κρούση το συσσωμάτωμα, αφού διασώσει

$s_2 = 0,4 \text{ m}$ σταματάει:

(αγκ. 9.19x)



$$W_{0,x} = W_0 \cdot \frac{1}{2} = 20 \text{ N}$$

$$\Delta l_2 = \Delta l_1 + s_2$$

Εφαρμόζω για το συσσωμάτωμα ΘΜΚΕ από ΘΣΙ → Β

$$K_{τελ} - K_{αρχ} = W_w + W_{Fελ} \quad (2)$$

$$W_{Fελ} = U_{αρχ} - U_{τελ} = \frac{1}{2} k \Delta l_1^2 - \frac{1}{2} k (\Delta l_1 + s_2)^2$$

$$\Leftrightarrow W_{Fελ} = \frac{1}{2} k \Delta l_1^2 - \frac{1}{2} k (\Delta l_1^2 + 2 \cdot \Delta l_1 \cdot s_2 + s_2^2) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow W_{Fελ} = \frac{1}{2} k \Delta l_1^2 - \frac{1}{2} k \Delta l_1^2 - k \cdot \Delta l_1 \cdot s_2 - \frac{1}{2} k s_2^2 \quad (1) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow W_{Fελ} = -5 \cdot \frac{4}{10} - \frac{1}{2} k \frac{16}{100} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow W_{Fελ} = -2 - \frac{8}{100} k \quad (3)$$

$$(2)(3) \Rightarrow 0 - \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 = W_{0,x} \cdot s_2 - 2 - \frac{8}{100} k \Leftrightarrow$$

$$-\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 9 = 20 \cdot \frac{4}{10} - 2 - \frac{8}{100} k$$

$$-18 = 8 - 2 - \frac{8}{100} k \Leftrightarrow$$

$$-18 = 6 - \frac{8}{100} k$$

$$-18 - 6 = -\frac{8}{100} k$$

$$-24 = -\frac{8}{100} k$$

$$3 \cdot 24 = \frac{8}{100} k$$

$$k = 300 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

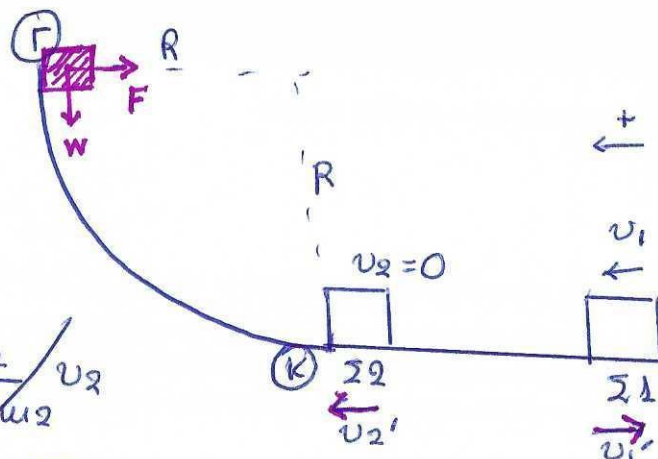
2.202

$$m_1 = 2 \text{ kg}$$

$$v_1 = \frac{15}{2} \text{ m/s}$$

$$m_2 = 3 \text{ kg}$$

$$R = 1 \text{ m}$$



$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_2$$

$$v_1' = \frac{2-3}{5} \cdot \frac{15}{2} = -\frac{1}{5} \cdot \frac{15}{2} = -\frac{3}{2} \text{ m/s} \quad (\text{θα κινηθεί προς τα δεξιά})$$

$$v_2' = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_2 + \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 \Rightarrow v_2' = \frac{2 \cdot 2}{5} \cdot \frac{15}{2} \Rightarrow v_2' = 6 \text{ m/s} \quad \text{προς τ' αριστερά.}$$

$$a) \Delta \vec{p}_1 = \vec{p}_{1, \text{τελ}} - \vec{p}_{1, \text{αρχ}} \Leftrightarrow$$

$$\Delta p_1 = -m_1 v_1' - m_1 v_1 \Leftrightarrow$$

$$\Delta p_1 = -m_1 (v_1' + v_1) \Leftrightarrow$$

v1' ⇒ εδώ αφού έχω υπολογίσει τη φορά θα βάλω το μέτρο

$$\Delta p_1 = -2 \cdot \left(\frac{3}{2} + \frac{15}{2} \right) \Leftrightarrow \Delta p_1 = -2 \cdot 9 = -18 \text{ kg m/s.}$$

β) Θα βρω με πόση ταχύτητα φτάνει το m2 στο σημείο Γ.

Γ. Αφού το τεταρτοκύκλιο είναι λείο, θα εφαρμόσω ΑΔΜΕ για τις θέσεις Κ και Γ.

$$U_{\text{αρχ}} + K_{\text{αρχ}} = U_{\text{τελ}} + K_{\text{τελ}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 0 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 = m_2 \cdot g \cdot R + \frac{1}{2} m_2 v_2''^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_2'^2 = 2gR + v_2''^2 \Leftrightarrow$$

$$v_2''^2 = v_2'^2 - 2gR \Leftrightarrow$$

$$v_2''^2 = 36 - 2 \cdot 10 \cdot 1 \Leftrightarrow$$

$$v_2''^2 = 16 \Leftrightarrow$$

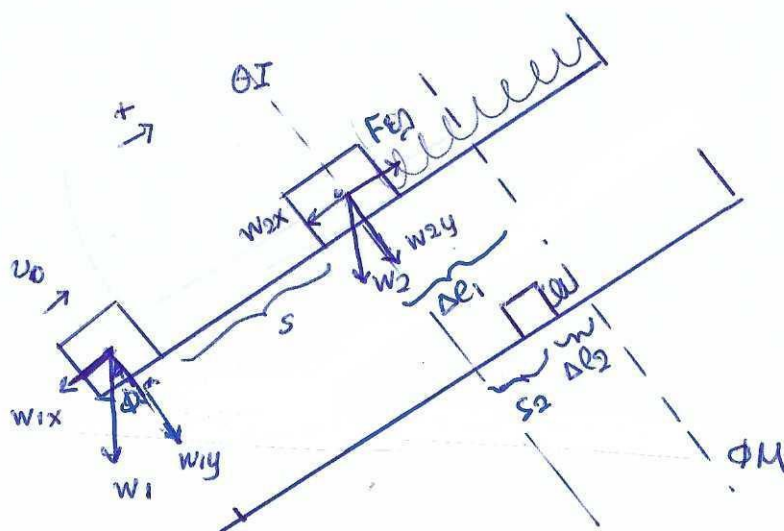
$$v_2'' = 4 \text{ m/s}$$

Στην θέση Γ, το m2 δέχεται το βάρος του και την δύναμη F από το τεταρτοκύκλιο που παίζει το ρόλο της κεντρομόλου Fκ

$$\text{αρα } F = \frac{m_2 v_2''^2}{R} \Leftrightarrow F = \frac{3 \cdot 4^2}{1} \Leftrightarrow F = 48 \text{ N}$$

2.225

$$\begin{aligned} m_1 &= 1 \text{ kg} \\ v_0 &= 5 \text{ m/s} \\ s &= 90 \text{ cm} = 0,9 \text{ m} \\ m_2 &= 3 \text{ kg} \\ k &= 300 \text{ N/m} \end{aligned}$$



- α) Εφαρμογή για το m_1
ΘΜΚΕ (από το σημείο εκτόξευσης μέχρι την ΘΙ του m_2)

$$\bullet W_{1x} = m_1 g \eta \phi = 5 \text{ N.}$$

$$\bullet K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = W_{W_{1x}} \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 - \frac{1}{2} m_1 v_0^2 = -W_{1x} \cdot s \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 25 = -5 \cdot \frac{9}{10} \Leftrightarrow$$

$$v_1^2 = 25 - 9 \Leftrightarrow v_1^2 = 16 \Leftrightarrow v_1 = 4 \text{ m/s}$$

- β) Κεντρική και ελαστική κρούση

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_2 \Leftrightarrow$$

$$v_1' = \frac{1-3}{4} \cdot 4 \Leftrightarrow v_1' = -2 \text{ m/s} \quad (\text{άρα θα κινηθεί προς τα κάτω με ταχύτητα}$$

$$v_1' = 2 \text{ m/s})$$

$$v_2' = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_2 + \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

$$v_2' = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 4 \Leftrightarrow v_2' = 2 \text{ m/s.}$$

$$\text{'Αρα } K_2 = \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 4 = 6 \text{ J}$$

- γ) Θέση ισορροπίας του m_2

$$\Delta F_x = 0 \Leftrightarrow W_{2x} = k \Delta l_1 \Leftrightarrow 30 \cdot \frac{1}{2} = 300 \Delta l_1 \Leftrightarrow \Delta l_1 = \frac{1}{20} \text{ m.}$$

Αν διανύει απόσταση d μέχρι να σταματήσει, προφανώς ισχύει $\Delta l_2 = \Delta l_1 - d$

Εφαρμογή ΘΜΚΕ για το m_2 (μετά την κρούση)

$$\bullet W_{F_{ελ}} = U_{αρχ} - U_{τελ} = \frac{1}{2} k \Delta l_1^2 - \frac{1}{2} k \Delta l_2^2 \Leftrightarrow$$

$$W_{F_{ελ}} = \frac{1}{2} k \Delta l_1^2 - \frac{1}{2} k (\Delta l_1 - d)^2 \Leftrightarrow$$

$$W_{F_{ελ}} = \frac{1}{2} k \Delta l_1^2 - \frac{1}{2} k (\Delta l_1^2 - 2 \Delta l_1 \cdot d + d^2) \Leftrightarrow$$

(4)

$$W_{F_{ελ}} = \frac{1}{2} k \Delta \ell_1^2 - \frac{1}{2} k \Delta \ell_2^2 + \frac{1}{2} k \cdot 2 \Delta \ell_1 d - \frac{1}{2} k d^2 \Leftrightarrow$$

$$W_{F_{ελ}} = k \cdot \Delta \ell_1 \cdot d - \frac{1}{2} k d^2 \quad (1)$$

ΘΜΚΕ για m_2

$$K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = W_{w_2 x} + W_{F_{ελ}} \quad (1)$$

$$0 - \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 = -w_{w_2 x} \cdot d + k \Delta \ell_1 d - \frac{1}{2} k d^2$$

$$-\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 4^2 = -15 \cdot d + 300 \cdot \frac{1}{20} d - \frac{1}{2} 300 d^2$$

$$-6 = -15d + 15d - 150d^2$$

$$150d^2 = 6$$

$$d^2 = \frac{6}{150} = \frac{4}{100} \Leftrightarrow d = 0,2 \text{ m.}$$

δ) Το m_1 θα ληθεί προς τα κάτω κατά μήκος του κεκλιμένου με ταχύτητα $v_1' = 2 \text{ m/s}$

ΘΜΚΕ

$$K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = W_{w_1 x}$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1''^2 - \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 = w_1 x \cdot s \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot v_1''^2 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 4 = 8 \cdot \frac{9}{10} \cdot 2$$

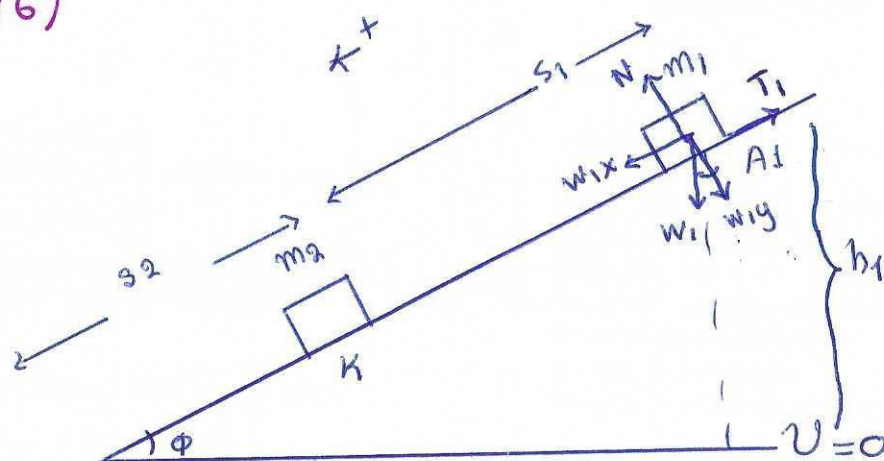
$$\frac{1}{2} v_1''^2 - \frac{4}{2} = \frac{9}{2} \Leftrightarrow$$

$$v_1''^2 - 4 = 9$$

$$v_1''^2 = 13$$

$$v_1'' = \sqrt{13} \text{ m/s}$$

2.226)



$$\begin{aligned}\phi &= 30^\circ \\ m_1 &= 2 \text{ kg} \\ \mu &= \frac{\sqrt{3}}{4} \\ s_1 &= 10 \text{ m} \\ m_2 &= 3 \text{ kg} \\ s_2 &= 2 \text{ m}\end{aligned}$$

α) Υπολογίστε την ταχύτητα με την οποία στο m_1 φτάνει στο σημείο της υρούσης. εκ)

$$\sum F_y = 0 \Leftrightarrow w_{1y} = N \Leftrightarrow N = w_1 \cdot \sin \phi \Leftrightarrow N = 20 \frac{\sqrt{3}}{2} \Leftrightarrow N = 10\sqrt{3} \text{ N}$$

$$w_{1x} = w_1 \cdot \cos \phi = 20 \cdot \frac{1}{2} = 10 \text{ N} \quad \text{και} \quad T_1 = \mu N = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot 10\sqrt{3} = \frac{30}{4} = \frac{15}{2} \text{ N}$$

$$\Theta \text{ ΜΚΕ } A \rightarrow K : K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = W_{w_{1x}} + W_{T_1} \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{2} m v_1^2 - 0 = w_{1x} \cdot s_1 - T_1 \cdot s_1 \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{2} \cdot 2 v_1^2 = 10 \cdot 10 - \frac{15}{2} \cdot 10 \Leftrightarrow$$

$$v_1^2 = 100 - 75 \Leftrightarrow v_1 = 5 \text{ m/s}$$

$$\text{ΑΔΟ : } m_1 \cdot v_1 + 0 = (m_1 + m_2) V \Leftrightarrow$$

$$2 \cdot 5 = 5 \cdot V \Leftrightarrow V = 2 \text{ m/s}$$

β) Η συνολική θερμότητα : $\begin{cases} \text{Θερμότητα λόγω υρούσης} : Q_1 \\ \text{Θερμότητα λόγω τριβών} \end{cases} \begin{cases} \text{σώμα } m_1 : Q_2 \\ \text{συσσωμάτωμα} : Q_3 \end{cases}$

• Θερμότητα λόγω της υρούσης Q_1

$$K_{\text{αρχ}} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \Leftrightarrow K_{\text{αρχ}} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 25 = 25 \text{ J}$$

$$K_{\text{τελ}} = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2 \Leftrightarrow K_{\text{τελ}} = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 4 \Leftrightarrow K_{\text{τελ}} = 10 \text{ J}$$

$$\Delta K = K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = 10 \text{ J} - 25 \text{ J} = -15 \text{ J}$$

$$\text{Άρα } Q_1 = 15 \text{ J}$$

• Θερμότητα λόγω τριβών από την κίνηση του m_1 .

$$Q_2 = |W_{T_1}| \Leftrightarrow Q_2 = |-T_1 \cdot s_1| \Leftrightarrow Q_2 = \frac{15}{2} \cdot 10 \Leftrightarrow$$

$$Q_2 = 75 \text{ J}$$

► Θερμότητα λόγω τριβών από την κίνηση του συσσωματώματος.

$$W_{0\lambda, y} = W_{0\lambda} \cdot \sin \phi = (m_1 + m_2) g \sin \phi = 50 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 25\sqrt{3} \text{ N}$$

$$W_{0\lambda, x} = W_{0\lambda} \cdot \cos \phi = 25 \text{ N.}$$

$$\sum F_y = 0 \Leftrightarrow N' = W_{0\lambda, y} \Leftrightarrow N' = 25\sqrt{3} \text{ N}$$

$$\text{Τριβή } T_2 = \mu N' \Leftrightarrow T_2 = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot 25\sqrt{3} \Leftrightarrow T_2 = \frac{25 \cdot 3}{4} \Leftrightarrow T_2 = \frac{75}{4} \text{ N}$$

$$Q_3 = |W_{T_2}| = |T_2 \cdot s_2| \Leftrightarrow Q_3 = \frac{75}{4} \cdot 2 \Leftrightarrow Q_3 = \frac{75}{2} \text{ J} = 37,5 \text{ J}$$

$$Q_{0\lambda} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{0\lambda} = 15 \text{ J} + 75 \text{ J} + 37,5 \text{ J}$$

$$Q_{0\lambda} = 90 + 37,5 = 127,5 \text{ J}$$

$$\gamma) U_{1, \text{αρχ}} = m_1 g h_1$$

$$U_{1, \text{αρχ}} = 2 \cdot 10 \cdot 6$$

$$U_{1, \text{αρχ}} = 120 \text{ J}$$

$$, h_1 = (s_1 + s_2) \cdot \sin \phi$$

$$h_1 = 12 \cdot \frac{1}{2} \text{ m}$$

$$h_1 = 6 \text{ m}$$

$$Q_1 = 15 \text{ J}$$

$$\text{Άρα } \eta = \frac{Q_1}{U_{1, \text{αρχ}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{15}{120} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{150}{12} \%$$

$$\eta = 12,5\%$$