

### Μετακινώντας ένα κιβώτιο.

Σε οριζόντιο έδαφος ηρεμεί κιβώτιο μάζας  $m = 20 \text{ kg}$ , το οποίο παρουσιάζει με το έδαφος συντελεστή στατικής τριβής  $\mu_{\sigma} = 0,5$  και συντελεστή τριβής ολίσθησης  $\mu = 0,4$ .

- α) Ένας εργάτης θέλοντας να το μετακινήσει το σπρώχνει με οριζόντια δύναμη μέτρου  $F_1 = 95 \text{ N}$ . Θα τα καταφέρει;
- β) Αν αυξήσει το μέτρο της δύναμής του σε  $F_2 = 140 \text{ N}$  ποια επιτάχυνση θα αποκτήσει το κιβώτιο και πόσο θα το μετατοπίσει σε χρόνο  $t_1 = 4 \text{ s}$ ;
- γ) Ποια θα είναι η κινητική ενέργεια του κιβωτίου στο τέλος της προηγούμενης μετατόπισης;
- δ) Ποιες ενεργειακές μετατροπές συνέβησαν κατά τη διάρκεια της μετατόπισης του κιβωτίου;
- ε) Να βρείτε τη χρονική εξίσωση  $P = f(t)$  της στιγμιαίας ισχύος που παρέχει ο εργάτης στο κιβώτιο και να γίνει η γραφική της παράσταση από 0 ως 4s.
- στ) Αν τη χρονική στιγμή  $t_1 = 4 \text{ s}$  καταργηθεί η δύναμη  $F_2$  σε πόση απόσταση από την αρχική του θέση θα σταματήσει το κιβώτιο;
- ζ) Να κάνετε τη γραφική παράσταση  $u = f(t)$  της ταχύτητας του κιβωτίου για ολόκληρη την κίνηση.

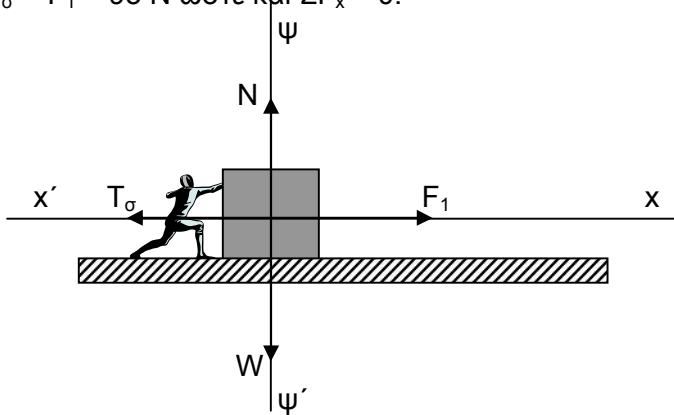
Η επιτάχυνση της βαρύτητας έχει μέτρο  $g = 10 \text{ m/s}^2$  και δεν υπάρχει αντίσταση από τον αέρα.

### Απάντηση

α)  $\Sigma F_{\psi} = 0 \Leftrightarrow N - W_{\psi} = 0 \Leftrightarrow N = mg = 200 \text{ N}$

Η οριακή τριβή έχει μέτρο  $T_{\sigma, \max} = \mu_{\sigma} \cdot N = 0,5 \cdot 200 = 100 \text{ N}$

Αφού ασκεί  $F_1 = 95 \text{ N} < T_{\sigma, \max}$  το κιβώτιο ηρεμεί δεχόμενο στατική τριβή  $T_{\sigma} = F_1 = 95 \text{ N}$  ώστε και  $\Sigma F_x = 0$ .



β) Αφού ασκεί  $F_2 = 140 \text{ N} > T_{\sigma, \max}$  το κιβώτιο ξεκινάει να κινείται ομαλά επιταχυνόμενο, δεχόμενο τριβή ολίσθησης  $T = \mu \cdot N = 0,4 \cdot 200 = 80 \text{ N}$  ώστε  $\Sigma F_x = m \cdot a_1 \Leftrightarrow F_2 - T = m \cdot a_1 \Leftrightarrow 140 - 80 = 20 \cdot a_1 \Leftrightarrow a_1 = 3 \text{ m/s}^2$  και μετατοπίζεται κατά  $\Delta x_1 = \frac{1}{2} \cdot a_1 \cdot t^2 = 1,5 \cdot 16 = 24 \text{ m}$ .

γ) Η ταχύτητα του κιβωτίου είναι τότε  $u_1 = a_1 \cdot t_1 = 3 \cdot 4 = 12 \text{ m/s}$  και η κινητική ενέργεια  $K_1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot u_1^2 = 10 \cdot 144 = 1440 \text{ J}$ .

δ) Μείωση της χημικής ενέργειας του ανθρώπου κατά

$$E_{\chi\eta\mu} = W_{F_2} = F_2 \cdot \Delta x_1 = 140 \cdot 24 = 3360 \text{ J}.$$

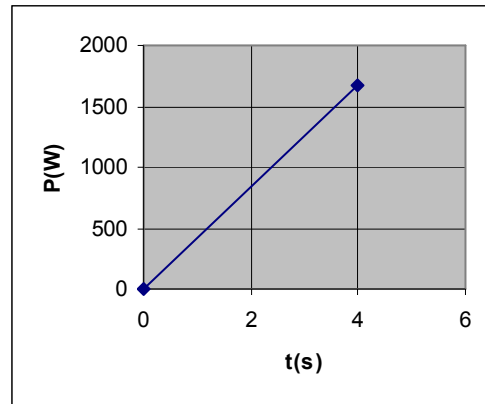
Αύξηση κινητικής ενέργειας κιβωτίου κατά  $\Delta K = K_1 = 1440 \text{ J}$ .

$$\text{Παραγωγή θερμικής ενέργειας } Q = |W_T| = T \cdot \Delta x_1 = 80 \cdot 24 = 1920 \text{ J}$$

Παρατηρούμε ότι  $E_{\text{χημ}} \xrightarrow{W_F} \left\{ \begin{array}{l} W_{\Sigma F_x} \rightarrow K_1 \\ |W_T| \rightarrow Q \end{array} \right.$

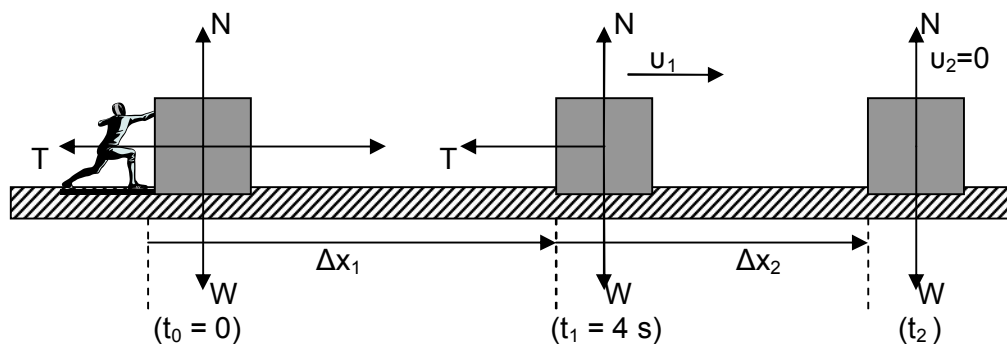
ε)  $P_{F_2} = F_2 \cdot u \Leftrightarrow P_{F_2} = F_2 \cdot a_1 \cdot t \Leftrightarrow P_{F_2} = 140 \cdot 3 \cdot t \Leftrightarrow P_{F_2} = 420 \cdot t \text{ (S.I.)}$

t(s)	0	4
P(W)	0	1680



Το εμβαδόν κάτω από τη γραφική παράσταση εκφράζει το έργο της δύναμης  $F_2$ .  
 Πράγματι  $E_{\text{μβ}} = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 1680 = 3360 \text{ J}$

στ)



Αν εφαρμόσουμε το Θ.Μ.Κ.Ε.

$K_2 - K_1 = W_T + W_W + W_N \Leftrightarrow 0 - K_1 = -T \cdot \Delta x_2 \Leftrightarrow -1440 = -80 \cdot \Delta x_2 \Leftrightarrow \Delta x_2 = 18 \text{ m.}$

Η απόσταση από την αρχική θέση θα είναι  $x_2 = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 24 + 18 = 42 \text{ m.}$

ζ) Η επιτάχυνση μετά την κατάργηση της  $F_2$  βρίσκεται από τον β' νόμο Newton

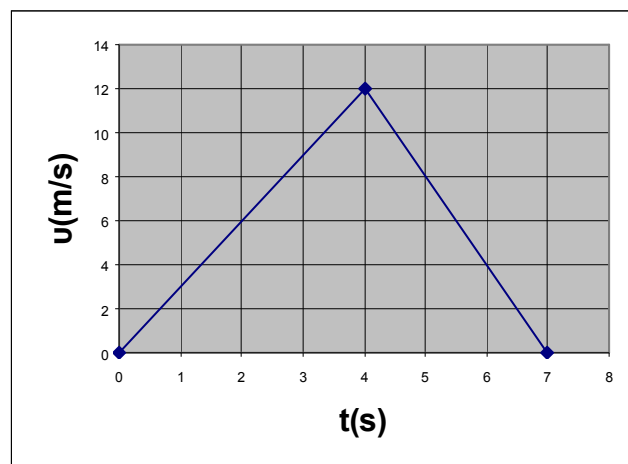
$\Sigma F_x = m \cdot a_2 \Leftrightarrow -T = m \cdot a_2 \Leftrightarrow a_2 = -80 / 20 \Leftrightarrow a_2 = -4 \text{ m/s}^2.$

Η χρονική διάρκεια βρίσκεται από την εξίσωση της ταχύτητας

$u_2 = u_1 - |a_2| \cdot \Delta t_2 \Leftrightarrow 0 = 12 - 4 \cdot \Delta t_2 \Leftrightarrow \Delta t_2 = 3 \text{ s.}$

Η χρονική στιγμή που σταμάτησε είναι  $t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2 = 4 + 3 = 7 \text{ s.}$

t(s)	0	4	7
u(m/s)	0	12	0



Παρατηρούμε ότι το εμβαδόν του τριγώνου δίνει τη συνολική μετατόπιση  $E_{\text{μβ}} = \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 12 = 42 \text{ m}$