

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΛΑΙΑΣ  
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**

**ΕΝΙΑΙΕΣ ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΡΟΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΡΑΠΤΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2023-2024  
Α΄ ΤΑΞΗΣ ΛΥΚΕΙΟΥ / ΤΕΣΕΚ**

**ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ: ΦΥΣΙΚΗ (ΠΡΟΣ)  
Α΄ ΣΕΙΡΑ**

**ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: Α038**

**ΛΥΣΕΙΣ**

**ΜΕΡΟΣ Α΄: Αποτελείται από έξι (6) ερωτήσεις. Η κάθε ερώτηση βαθμολογείται με πέντε (5) μονάδες. Να απαντήσετε και στις έξι (6) ερωτήσεις.**

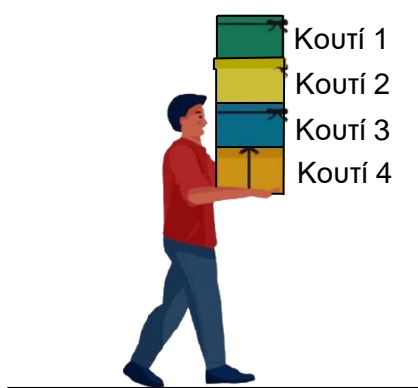
### Ερώτηση 1

(α) Να διατυπώσετε τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα.

(1 μονάδα)

Ένα σώμα, στο οποίο ασκείται μηδενική συνισταμένη δύναμη, κινείται με σταθερή ταχύτητα ή ηρεμεί.

(β) Στην εικόνα 1 φαίνεται ο κύριος Σωτήρης, ο οποίος μεταφέρει τέσσερα όμοια κουτιά με δώρα. Το κάθε ένα από τα τέσσερα κουτιά έχει **βάρος 10 N** και ο κύριος Σωτήρης τα μεταφέρει σε οριζόντια διεύθυνση, ισορροπώντας τα σε κατακόρυφο πύργο.



**Εικόνα 1**

Τα τέσσερα παιδιά για τα οποία προορίζονται τα δώρα που κουβαλά ο κύριος Σωτήρης, διατύπωσαν τις απόψεις που αναγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί.

α/α	Άποψη
1	Σε κάθε κουτί, η συνισταμένη δύναμη στον κατακόρυφο άξονα είναι ίση με μηδέν.
2	Το μέτρο της κατακόρυφης δύναμης που ασκεί το κουτί 1 στο κουτί 2 είναι 10 N.
3	Το κουτί 1 δεν ασκεί δύναμη στο κουτί 4.
4	Το μέτρο της κατακόρυφης δύναμης που ασκεί ο κύριος Σωτήρης στο κουτί 4 είναι 10 N.

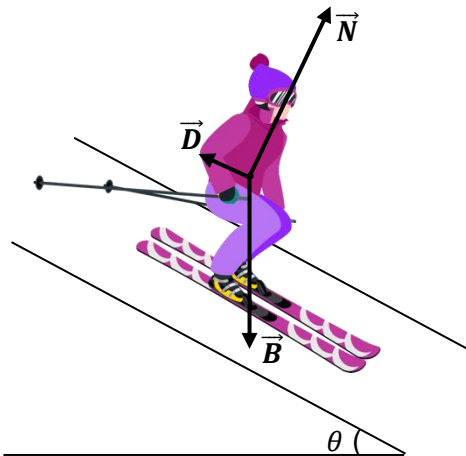
Να σημειώσετε στο τετράδιο απαντήσεων τη λέξη «ΟΡΘΗ» για κάθε άποψη η οποία είναι ορθή και τη λέξη «ΛΑΘΟΣ» για κάθε άποψη η οποία είναι λανθασμένη.

(4 μονάδες)

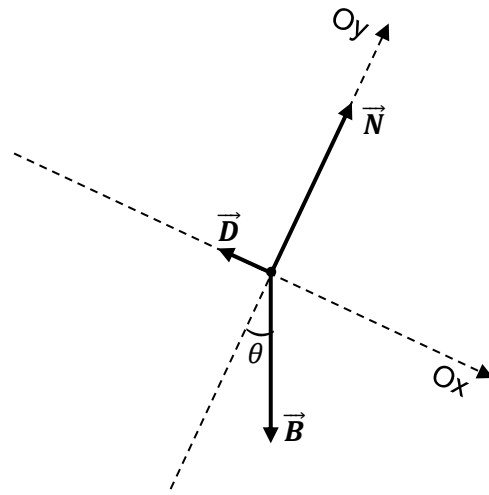
1. ΟΡΘΗ
2. ΟΡΘΗ
3. ΟΡΘΗ
4. ΛΑΘΟΣ

## Ερώτηση 2

Στην εικόνα 2 φαίνεται ένας σκιέρ ο οποίος κατέρχεται μια χιονισμένη πλαγιά που σχηματίζει γωνία  $\theta$  με το οριζόντιο επίπεδο. Η κίνηση του σκιέρ γίνεται υπό την επίδραση του βάρους του ( $\vec{B}$ ), της κάθετης δύναμης επαφής από το χιονισμένο δάπεδο ( $\vec{N}$ ) και της αντίστασης του αέρα ( $\vec{D}$ ). Στο διάγραμμα 1 ο σκιέρ αναπαρίσταται από ένα υλικό σημείο στο οποίο είναι σχεδιασμένες οι τρεις δυνάμεις, στο σύστημα αξόνων  $Ox$  και  $Oy$ .



Εικόνα 2

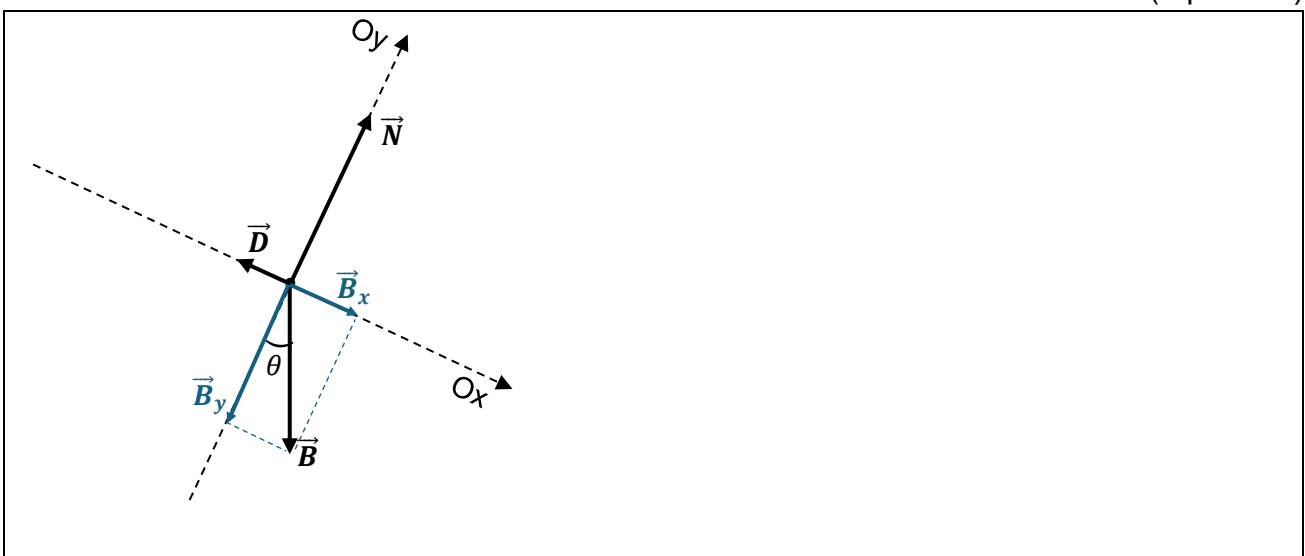


Διάγραμμα 1

Το μέτρο της κάθε μιας από τις τρεις δυνάμεις που ασκούνται στον σκιέρ είναι  $|\vec{B}| = 600 \text{ N}$ ,  $|\vec{N}| = 480 \text{ N}$  και  $|\vec{D}| = 200 \text{ N}$ . Να θεωρήσετε ότι  $\eta\mu\theta = 0,6$  και  $\sigma\upsilon\eta\theta = 0,8$ .

(α) i. Να αναλύσετε το βάρος του σκιέρ, στις συνιστώσες  $\vec{B}_x$  και  $\vec{B}_y$ , κατά μήκος των αξόνων  $Ox$  και  $Oy$ , στο τετραγωνισμένο χαρτί του τετραδίου απαντήσεων.

(1 μονάδα)



ii. Να υπολογίσετε το μέτρο ( $|\vec{B}_x|$  και  $|\vec{B}_y|$ ) της κάθε συνιστώσας του βάρους του σκιέρ.  
(2 μονάδες)

$$\begin{aligned} |\vec{B}_x| &= |\vec{B}| \eta \mu \theta = (600 \text{ N})(0,6) = 360 \text{ N} \\ |\vec{B}_y| &= |\vec{B}| \sigma \nu \nu \theta = (600 \text{ N})(0,8) = 480 \text{ N} \end{aligned}$$

(β) Να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης των δυνάμεων ( $|\Sigma \vec{F}_y|$ ) που ασκούνται στον σκιέρ, στον άξονα Oy.

(1 μονάδα)

$$|\Sigma \vec{F}_y| = |\vec{B}_y| - |\vec{N}| = 480 \text{ N} - 480 \text{ N} = 0 \text{ N}$$

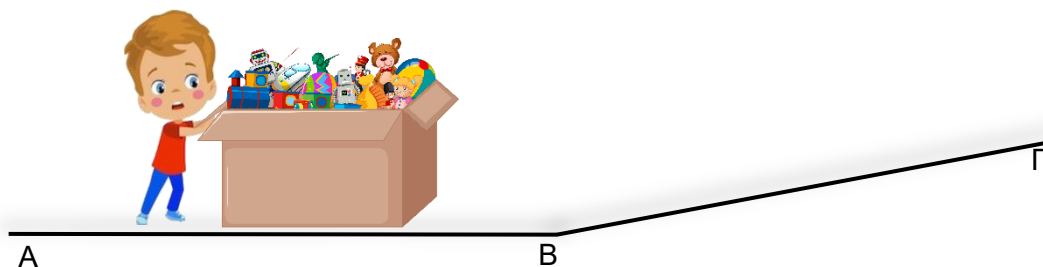
(γ) Να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης των δυνάμεων ( $|\Sigma \vec{F}_x|$ ) που ασκούνται στον σκιέρ, στον άξονα Ox.

(1 μονάδα)

$$|\Sigma \vec{F}_x| = |\vec{B}_x| - |\vec{D}| = 360 \text{ N} - 200 \text{ N} = 160 \text{ N}$$

### Ερώτηση 3

Στην εικόνα 3 φαίνεται ο μικρός Παύλος να σπρώχνει ένα αρχικά ακίνητο κιβώτιο με παιχνίδια, βάρους 200 N, ώστε να το μεταφέρει στο σημείο Γ. Ο συντελεστής στατικής τριβής του κιβωτίου με το δάπεδο ABΓ είναι  $\mu_s = 0,6$ .



Εικόνα 3

(α) i. Να υπολογίσετε το μέτρο της μέγιστης στατικής τριβής που μπορεί να ασκηθεί από το οριζόντιο δάπεδο (AB) στο κιβώτιο.

(2 μονάδες)

$$\begin{aligned} \Sigma F_y = 0 &\Rightarrow |\vec{N}| = |\vec{B}| \\ |\vec{f}_{s, \mu \epsilon \gamma}| &= \mu_s |\vec{N}| = (0,6)(200 \text{ N}) = 120 \text{ N} \end{aligned}$$

ii. Καθώς το κιβώτιο βρίσκεται ακίνητο στο οριζόντιο δάπεδο (AB), ο Παύλος ασκεί στο κιβώτιο οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$  με μέτρο  $|\vec{F}| = 100 \text{ N}$ . Να αναφέρετε το μέτρο της τριβής που ασκεί το δάπεδο στο κιβώτιο.

(1 μονάδα)

$$|\vec{f}_s| = 100 \text{ N}$$

(β) Ο Παύλος, καταφέρνει με τη βοήθεια μιας φίλης του να θέσει σε κίνηση το κιβώτιο. Να συγκρίνετε το μέτρο της κινητικής τριβής που δέχεται το κιβώτιο από το δάπεδο στο οριζόντιο τμήμα της διαδρομής (ΑΒ) με το μέτρο της κινητικής τριβής που δέχεται το κιβώτιο από το δάπεδο στο κεκλιμένο τμήμα της διαδρομής (ΒΓ). Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας. (2 μονάδες)

Η κάθετη δύναμη επαφής που δρα στο κιβώτιο από το κεκλιμένο δάπεδο είναι μικρότερη από την αντίστοιχη κάθετη δύναμη που δρα στο κιβώτιο από το οριζόντιο δάπεδο.

ή

$$|\vec{N}_{B\Gamma}| = mg\sigma\upsilon\nu\theta, |\vec{N}_{AB}| = mg \Rightarrow |\vec{N}_{B\Gamma}| < |\vec{N}_{AB}|$$

Συνεπώς,

$$|\vec{f}_k| = \mu_k |\vec{N}| \Rightarrow |\vec{f}_{k,B\Gamma}| < |\vec{f}_{k,AB}|$$

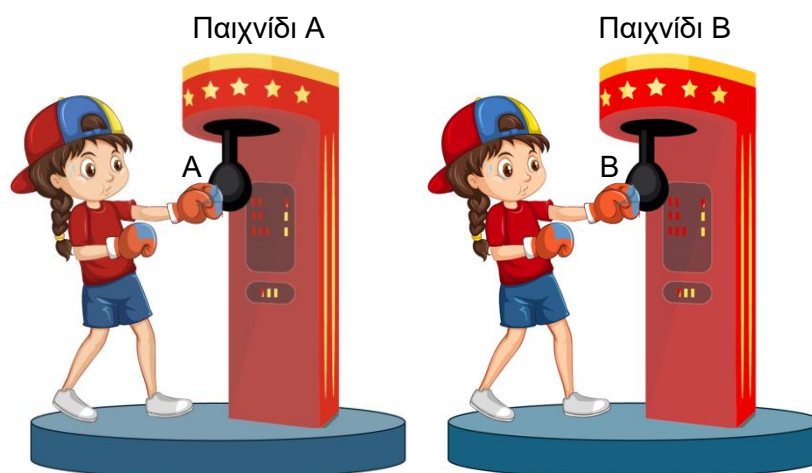
#### Ερώτηση 4

(α) Να διατυπώσετε τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα.

(1 μονάδα)

Όταν ένα σώμα Α ασκεί μια δύναμη  $\vec{F}_{AB}$  σε ένα σώμα Β, το σώμα Β ασκεί στο σώμα Α δύναμη  $\vec{F}_{BA}$ . Οι δυνάμεις αυτές ονομάζονται ζεύγος δράσης - αντίδρασης και είναι αντίθετες μεταξύ τους, δηλαδή έχουν ίσα μέτρα, την ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά.

(β) Στην εικόνα 4 φαίνεται η Άννα να ρίχνει γροθιές στους σάκους Α και Β των δύο παιχνιδιών που απεικονίζονται, ασκώντας, με κάθε γροθιά, **σταθερή οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$**  με μέτρο  $|\vec{F}| = 100 \text{ N}$ . Οι σάκοι Α και Β έχουν μάζα  $m_A = 500 \text{ g}$  και  $m_B = 800 \text{ g}$  αντίστοιχα.



Εικόνα 4

i. Να συγκρίνετε το μέτρο της δύναμης που δέχεται η Άννα από τον σάκο A με το μέτρο της δύναμης που δέχεται από τον σάκο B. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

(2 μονάδες)

Σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, η Άννα θα δεχθεί από τον κάθε σάκο ίσου μέτρου δύναμη με αυτή που του ασκεί.

Αφού η Άννα ασκεί οριζόντια δύναμη ίσου μέτρου στους δύο σάκους, θα δεχθεί από τον σάκο A και από το σάκο B ίσου μέτρου δύναμη.

ii. Τα δύο παιχνίδια έχουν **τον ίδιο μετρητή**, του οποίου η ένδειξη είναι ανάλογη με την επιτάχυνση που αποκτά ο σάκος λόγω της γροθιάς. Να εξηγήσετε, κάνοντας αναφορά στον κατάλληλο νόμο, σε ποιο από τα δύο παιχνίδια η ένδειξη του μετρητή θα είναι μεγαλύτερη.

(2 μονάδες)

Σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, όταν σε δύο σώματα δρα ίσου μέτρου δύναμη, το σώμα με την μεγαλύτερη μάζα αποκτά επιτάχυνση μικρότερου μέτρου (αφού  $\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m}$ ).

Η μάζα του σάκου A είναι μικρότερη από τη μάζα του σάκου B, συνεπώς, ο σάκος A αποκτά μεγαλύτερη επιτάχυνση από τον B και η ένδειξη του μετρητή στο παιχνίδι A θα είναι μεγαλύτερη.

### Ερώτηση 5

Κατά την πειραματική διερεύνηση της Αρχής διατήρησης της μηχανικής ενέργειας, μια ομάδα μαθητών και μαθητριών μελέτησε την κίνηση ενός αμαξίου μάζας  $m = 0,500 \text{ kg}$  σε κεκλιμένο διάδρομο. Οι μαθητές/μαθήτριες άφησαν το αμαξάκι να κινηθεί από την κορυφή του διαδρόμου, όπως φαίνεται στην εικόνα 5 και μέτρησαν την ταχύτητα του σε δύο σημεία A και B της διαδρομής, καθώς και το ύψος από τον οριζόντιο πάγκο, στο οποίο βρισκόταν το αμαξάκι όταν περνούσε από τα σημεία αυτά. Οι μετρήσεις των μαθητών/μαθητριών φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.



Εικόνα 5

Σημείο	Ταχύτητα ( $\frac{m}{s}$ )	Ύψος (m)
A	0,227	0,352
B	2,119	0,126

Πίνακας 1

(α) Να διατυπώσετε την Αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας.

(1 μονάδα)

Όταν οι μόνες μετατροπές ενέργειας που παρατηρούνται σε ένα σώμα είναι από δυναμική σε κινητική ενέργεια ή αντίστροφα, η μηχανική ενέργεια του σώματος διατηρείται σταθερή. ή

Σύμφωνα με το βιβλίο: εάν η μοναδική δύναμη που ασκείται σε ένα κινούμενο σώμα είναι το βάρος του, η Μηχανική Ενέργεια του Συστήματος Σώματος - Γης διατηρείται σταθερή.

(β) Να αξιοποιήσετε τις μετρήσεις του πίνακα 1, ώστε να διερευνήσετε αν διατηρείται η μηχανική ενέργεια κατά την κίνηση του αμαξιού στον κεκλιμένο διάδρομο.

(4 μονάδες)

$$E_{μηχ}^A = mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$E_{μηχ}^A = (0,500 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (0,352 \text{ m}) + \frac{1}{2} (0,500 \text{ kg}) \left(0,227 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$$

$$E_{μηχ}^A = 1,74 \text{ J}$$

$$E_{μηχ}^B = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$E_{μηχ}^B = (0,500 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (0,126 \text{ m}) + \frac{1}{2} (0,500 \text{ kg}) \left(2,119 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$$

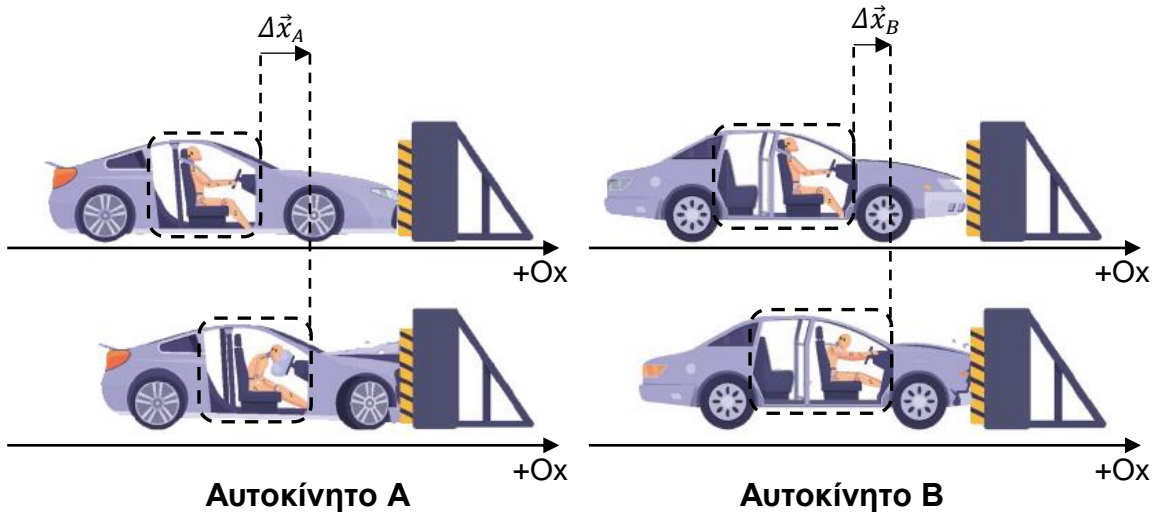
$$E_{μηχ}^B = 1,74 \text{ J}$$

$$E_{μηχ}^A = E_{μηχ}^B$$

Η μηχανική ενέργεια του αμαξιού διατηρείται κατά την κίνησή του.

### Ερώτηση 6

Σε δύο διαδοχικούς ελέγχους (crash test), δύο διαφορετικά μοντέλα αυτοκινήτου A και B με καμπίνες ίσης μάζας, προσέκρουσαν με την ίδια οριζόντια ταχύτητα  $\vec{v}$  σε κατακόρυφο τοίχο. Κατά την πρόσκρουση, η κάθε καμπίνα επιβατών κινήθηκε υπό την επίδραση μιας οριζόντιας δύναμης σταθερού μέτρου από το μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου και μετατοπίστηκε οριζόντια κατά  $\Delta\vec{x}$  μέχρι το κάθε αυτοκίνητο να ακινητοποιηθεί. Να θεωρήσετε θετική κατεύθυνση προς τα δεξιά.



Εικόνα 6

(α) Όπως φαίνεται στην εικόνα 6, το μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου A παραμορφώθηκε περισσότερο από αυτό του αυτοκινήτου B, ώστε οι μετατοπίσεις της καμπίνας των δύο αυτοκινήτων να είναι  $|\Delta\vec{x}_A| > |\Delta\vec{x}_B|$ .

i. Να επιλέξετε από τις σχέσεις που ακολουθούν, αυτή στην οποία αποτυπώνεται ορθά η σύγκριση του έργου της οριζόντιας δύναμης που δέχεται η καμπίνα των δύο αυτοκινήτων.

$$|W_A| = |W_B|$$

Σχέση Α

$$|W_A| < |W_B|$$

Σχέση Β

$$|W_A| > |W_B|$$

Σχέση Γ

(1 μονάδα)

Σχέση Α.

ii. Να εξηγήσετε, σε ποια από τις δύο καμπίνες ασκήθηκε, κατά την πρόσκρουση, οριζόντια δύναμη μεγαλύτερου μέτρου.

(2 μονάδες)

$|\vec{F}| = \frac{|W|}{|\Delta\vec{x}|} \Rightarrow$  Για συγκεκριμένη ποσότητα έργου το μέτρο της δύναμης είναι αντιστρόφως ανάλογο του μέτρου της μετατόπισης.  
Συνεπώς, δύναμη μεγαλύτερου μέτρου ασκείται στο αυτοκίνητο B (αφού  $|\Delta\vec{x}_A| > |\Delta\vec{x}_B|$ ).



(β) Η ταχύτητα πρόσκρουσης του αυτοκινήτου Α στον τοίχο είναι  $v = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  και η μετατόπιση της καμπίνας του μέχρι να ακινητοποιηθεί είναι  $\Delta x = 0,50 \text{ m}$ . Η συνολική μάζα της καμπίνας του αυτοκινήτου είναι  $m = 2000 \text{ kg}$ . Να υπολογίσετε την αλγεβρική τιμή της δύναμης  $\vec{F}$  που δέχεται η καμπίνα από το μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου.

(2 μονάδες)

$$\Delta E_{\text{κιν}} = 0 - \frac{1}{2} m v^2 = 0 - \frac{1}{2} (2000 \text{ kg}) \left( 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 = -400000 \text{ J}$$
$$W_{\Sigma \vec{F}} = \Delta E_{\text{κιν}} \Rightarrow F \Delta x = \Delta E_{\text{κιν}} \Rightarrow F = \frac{\Delta E_{\text{κιν}}}{\Delta x} = \frac{-400000 \text{ J}}{0,50 \text{ m}} \Rightarrow F = -800000 \text{ N}$$



iii. Να υπολογίσετε την τάση του νήματος που ασκείται στο σώμα B.

(2 μονάδες)

Σώμα B:

$$\Sigma F_x = m_B a \Rightarrow T_B = m_B a$$

$$\Rightarrow T_B = (10 \text{ kg}) \left( 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 30 \text{ N}$$

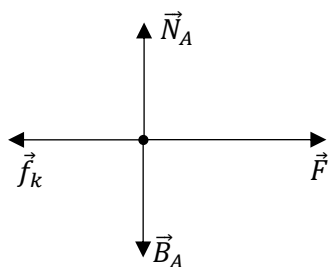
iv. Κάποια χρονική στιγμή  $t$ , το νήμα που συνδέει τα δύο σώματα κόβεται και το σώμα A εισέρχεται σε τραχύ οριζόντιο δάπεδο όπως φαίνεται στην εικόνα 8. Στο σώμα A συνεχίζει να δρα η οριζόντια δύναμη  $\vec{F}$ , μέτρου  $|\vec{F}| = 45 \text{ N}$ .



Εικόνα 8

Να υπολογίσετε τον συντελεστή κινητικής τριβής μεταξύ του σώματος A και του δαπέδου, ώστε το σώμα A να κινείται με σταθερή ταχύτητα.

(3 μονάδες)



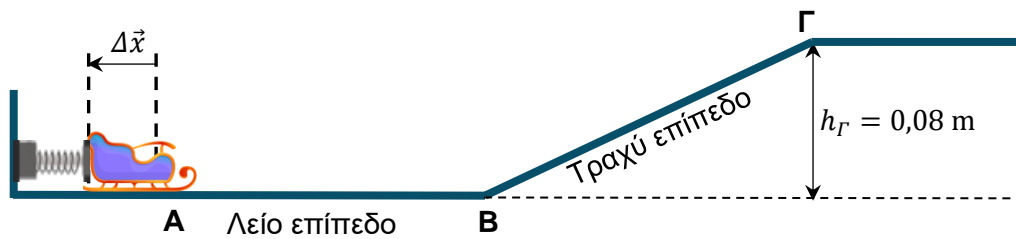
$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow B_A + N_A = |\vec{B}_A| - |\vec{N}_A| = 0 \Rightarrow |\vec{B}_A| = |\vec{N}_A| = 5 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 49 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F + f_k = 0 \Rightarrow |\vec{F}| - |\vec{f}_k| = 0 \Rightarrow |\vec{F}| = |\vec{f}_k| \Rightarrow |\vec{f}_k| = 45 \text{ N}$$

$$|\vec{f}_k| = \mu_k |\vec{N}_A| \Rightarrow \mu_k = \frac{|\vec{f}_k|}{|\vec{N}_A|} = \frac{45 \text{ N}}{49 \text{ N}} = 0,9$$

### Ερώτηση 8

Στο παιχνίδι που φαίνεται στην εικόνα 9, ένα μικρό έλκηθρο μάζας  $m = 0,035 \text{ kg}$  συγκρατείται αρχικά ακίνητο στο σημείο A, καθώς το ελατήριο σταθεράς  $k = 40 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ , είναι συσπειρωμένο κατά  $\Delta x = 0,05 \text{ m}$ . Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το ελατήριο απελευθερώνεται και στη συνέχεια το έλκηθρο ακολουθεί την διαδρομή ABΓ. Το **οριζόντιο επίπεδο (AB)** είναι **λείο** ενώ το **κεκλιμένο επίπεδο (BΓ)** είναι **τραχύ**. Η αντίσταση του αέρα να θεωρηθεί αμελητέα κατά την κίνηση του μικρού ελκήθρου.



Εικόνα 9

(α) Να αναφέρετε δύο διατηρητικές δυνάμεις που δρουν στο έλκηθρο είτε όταν εφάπτεται στο συσπειρωμένο ελατήριο, είτε όταν ακολουθεί τη διαδρομή ABΓ.

(2 μονάδες)

Το βάρος.  
Η δύναμη ελατηρίου.

(β) i. Να υπολογίσετε τη δυναμική ενέργεια του συστήματος ελατήριο - έλκηθρο.

(2 μονάδες)

$$U_{\varepsilon\lambda}(x) = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \left( 40 \frac{\text{N}}{\text{m}} \right) (0,05 \text{ m})^2$$
$$U_{\varepsilon\lambda}(x) = 0,05 \text{ J}$$

ii. Να εφαρμόσετε το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας για το σύστημα ελατήριο - έλκηθρο και να δείξετε ότι το μέτρο της ταχύτητας με την οποία διέρχεται το έλκηθρο από το σημείο B είναι  $|\vec{v}_B| = 1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

(3 μονάδες)

Διαδρομή AB:

$$E_{\mu\eta\chi}^{\alpha\rho\chi} = E_{\mu\eta\chi}^{\tau\varepsilon\lambda} \Rightarrow U_{\varepsilon\lambda}(x) = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$\Rightarrow |\vec{v}_B| = \sqrt{\frac{2U_{\varepsilon\lambda}(x)}{m}} = \sqrt{\frac{2(0,05 \text{ J})}{0,035 \text{ kg}}}$$

$$\Rightarrow |\vec{v}_B| = 1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(γ) Να υπολογίσετε την απώλεια της μηχανικής ενέργειας που οφείλεται στη δύναμη της κινητικής τριβής, κατά την κίνηση του ελκήθρου από το σημείο Β, μέχρι το σημείο Γ στο οποίο ακινητοποιείται.

(3 μονάδες)

Διαδρομή ΒΓ:

$$\Delta E_{\mu\eta\chi} = E_{\mu\eta\chi}^{\tau\epsilon\lambda} - E_{\mu\eta\chi}^{\alpha\rho\chi}$$

$$h_B = 0 \text{ m}, v_\Gamma = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \Delta E_{\mu\eta\chi} = mgh_\Gamma - \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$\Delta E_{\mu\eta\chi} = (0,035 \text{ kg})(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})(0,08 \text{ m}) - \frac{1}{2}(0,035 \text{ kg})(1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2$$

$$\Rightarrow \Delta E_{\mu\eta\chi} = -0,02 \text{ J}$$

ή

Διαδρομή ΑΒΓ:

$$\Delta E_{\mu\eta\chi} = E_{\mu\eta\chi}^{\tau\epsilon\lambda} - E_{\mu\eta\chi}^{\alpha\rho\chi} = mgh_\Gamma - U_{\epsilon\lambda,A}(x)$$

$$E_{\mu\eta\chi} = (0,035 \text{ kg}) \left( 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (0,08 \text{ m}) - 0,05 \text{ J}$$

$$\Rightarrow \Delta E_{\mu\eta\chi} = -0,02 \text{ J}$$