

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Αντωνίου Ευστράτιος  
Οβαδίας Σάββας

Βελέντζας Αθανάσιος  
Οικονομίδης Σαράντος

Ζαφειριάδης Φώτιος  
Πολάτογλου Χαρίτων

# ΦΥΣΙΚΗ

Β' Γυμνασίου





# ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

## Επιστημονική Επιτροπή Αξιολόγησης

Συντονίστρια / Αξιολογήτρια

Αξιολογήτρια

Αξιολογητής

Τεχνικός Εμπειρογνώμονας

Επικουρικός Εμπειρογνώμονας

Υπεύθυνη του μαθήματος / γνωστικού  
αντικειμένου στο πλαίσιο της Πράξης

**Κουσκουνά Βασιλική**

Εν ενεργεία μέλος Διδακτικού Ερευνητικού  
Προσωπικού Πανεπιστημίου

**Φράγκου Στασινή**

Εν ενεργεία Εκπαιδευτικός  
**Χαρατζόπουλος Παναγιώτης**  
Εν ενεργεία Εκπαιδευτικός

**Λαζαρόπουλος Σπυρίδων**

Πτυχιούχος Πληροφορικής  
**Θεοδωράκη Αλεξάνδρα**  
Διπλωματούχος Τεχνολογίας Γραφικών Τεχνών

**Ευαγγελία Χρυσοβέργη, Σύμβουλος Β΄ ΙΕΠ,**  
μέλος της Επιστημονικής Ομάδας Έργου (ΕΟΕ)  
της Πράξης

Πράξη με τίτλο: «Συγγραφή, Αξιολόγηση και Ένταξη διδακτικών βιβλίων στο Μητρώο Διδακτικών Βιβλίων και στην Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Διδακτικών Βιβλίων» με κωδικό ΟΠΣ 6010165 στο Πρόγραμμα «Ανθρώπινο Δυναμικό και Κοινωνική Συνοχή» 2021-2027

### ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Σπυρίδων Δουκάκης

Πρόεδρος του Δ.Σ. του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Υπεύθυνη Πράξης

Πολυξένη Μπίλλα

Σύμβουλος Α΄ του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Προϊσταμένη Τμήματος Β΄ Προγραμμάτων Σπουδών και Εκπαιδευτικού Υλικού

Αναπληρώτρια Υπεύθυνη Πράξης

Άννα-Αικατερίνη Λυκούρη

Σύμβουλος Α΄ του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

**«Με τη συγχρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης»  
και το Πρόγραμμα «Ανθρώπινο Δυναμικό και Κοινωνική Συνοχή»**

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Αντωνίου Ευστράτιος  
Βελέντζας Αθανάσιος  
Ζαφειριάδης Φώτιος  
Οβαδίας Σάββας  
Οικονομίδης Σαράντος  
Πολάτογλου Χαρίτων

# ΦΥΣΙΚΗ

## Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

**Αντωνίου Ευστράτιος**

*Φυσικός Msc- Εκπαιδευτικός Δ/θμιας Εκπ/σης*

**Βελέντζας Αθανάσιος**

*Φυσικός - Δρ.ΕΚΠΑ-ΕΔΙΠ-ΕΜΠ*

**Ζαφειριάδης Φώτιος**

*Φυσικός-Εκπαιδευτικός Δ/θμιας Εκπ/σης*

**Οβαδίας Σάββας**

*Φυσικός Medu-Διευθυντής Λυκείου*

**Οικονομίδης Σαράντος**

*Φυσικός Δρ.ΕΚΠΑ.-Σύμβουλος Εκπαίδευσης*

**Πολάτογλου Χαρίτων**

*Ομ. Καθηγητής Φυσικής ΑΠΘ*

ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

**Οικονομίδης Σαράντος**

ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗ,  
ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ

**Δημιουργικό τμήμα Εκδόσεων Πουκαμισάς**

ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

**Τμήμα επιμέλειας Εκδόσεων Πουκαμισάς**

# Περιεχόμενα

<b>Κεφάλαιο 1 – Βασικές έννοιες Κινηματικής – Δυναμικής</b>	<b>10</b>
1.1. Η κίνηση. Η κίνηση των σωμάτων	10
1.2. Η δύναμη και τα χαρακτηριστικά της	21
1.3. Κάθε δράση έχει αντίδραση. Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις	32
<b>Κεφάλαιο 2 – Η Ισορροπία Δυνάμεων – Ομαλή κίνηση</b>	<b>42</b>
2.1. Δράση περισσότερων της μίας δύναμης σε ένα σώμα	42
2.2. Ισορροπία σώματος	52
2.3. Ομαλή Κίνηση	62
<b>Κεφάλαιο 3 – Δυνάμεις στην καθημερινή ζωή: Βάρος, Κάθετη αντίδραση Τριβή, Άνωση</b>	<b>74</b>
3.1. Βαρυτική δύναμη	74
3.2. Δυνάμεις επαφής μεταξύ στερεών σωμάτων	81
3.2.1. Δυνάμεις αλληλεπίδρασης σωμάτων σε επαφή. Η κάθετη δράση – αντίδραση.	81
3.2.2. Τριβή	88
3.3. Δυνάμεις επαφής σώματος με ρευστά. Άνωση	98
3.3.1. Η πίεση	98
3.3.2. Υδροστατική πίεση	105
3.3.3. Αρχή του Pascal	113
3.3.4. Σχέση πίεσης – άνωσης. Αρχή του Αρχιμήδη. Πλεύση.	119
3.3.5. Ατμοσφαιρική πίεση. Αιώρηση αερόστατων	128
<b>Κεφάλαιο 4 – Η Δύναμη μπορεί να αλλάξει την κίνηση</b>	<b>138</b>
4.1. Η δύναμη επηρεάζει την κίνηση των σωμάτων	138
4.2. Επιτάχυνση	143
4.3. 2ος νόμος Newton	150
4.4. Ελεύθερη πτώση	156
4.5. Ομαλή κυκλική κίνηση	163
<b>Κεφάλαιο 5 – Ενέργεια και διατήρηση ενέργειας</b>	<b>174</b>
5.1. Κινητική και Δυναμική ενέργεια	174
5.2. Διατήρηση ενέργειας σε μηχανικό σύστημα	184
<b>Κεφάλαιο 6 – Διάδοση της ενέργειας με κύματα – Η περίπτωση του ήχου</b>	<b>194</b>
6.1. Από την ταλάντωση στο κύμα	194
6.2. Ήχος: Ηχητικά κύματα και χαρακτηριστικά τους. Ταχύτητα του ήχου.	203
6.3. Φαινόμενα του ήχου: ανάκλαση, απορρόφηση, διάθλαση	214
<b>ΓΛΩΣΣΑΡΙ-ΟΡΟΛΟΓΙΑ</b>	<b>227</b>
<b>Τυπολόγιο Φυσικής Β΄ Γυμνασίου</b>	<b>234</b>



## Ταυτότητα του Βιβλίου

Το βιβλίο *Φυσική Β΄ Γυμνασίου* είναι βασισμένο στο Πρόγραμμα Σπουδών και την εκπαιδευτική μεθοδολογία, η οποία προτείνεται σε αυτό.

Επιδιώκεται να αποτελέσει ένα εργαλείο μελέτης στο οποίο θα καταγράφεται η πορεία της μάθησης των μαθητών/τριών.



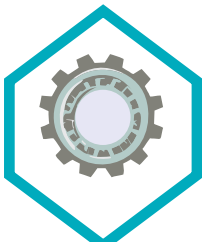
Εστιάζει στην ενεργό συμμετοχή μέσα από πρακτικές, πειραματικές και ψηφιακές δραστηριότητες. Συμβάλλει στην καλλιέργεια της κριτικής σκέψης μέσω της κατανόησης των εννοιών και της ερμηνείας των δεδομένων με ορθολογικό τρόπο, καθώς και στη σύνδεση με τις εφαρμογές και τις καθημερινές καταστάσεις.




Στο βιβλίο αυτό, ακολουθείται η εκπαιδευτική επιστημονική μέθοδος με διερεύνηση. Καταγράφονται οι υποθέσεις, οι παρατηρήσεις, οι μετρήσεις και τα δεδομένα που συλλέγονται από τις δραστηριότητες καθώς και η επεξεργασία τους και στο τέλος τα συμπεράσματα. Έτσι εξασφαλίζεται η ενεργός συμμετοχή των μαθητών/τριών, με αποδεικτικό πειραματισμό και βιωματικό τρόπο, με στόχο τη διαμόρφωση επιστημονικά ορθών απόψεων. Η εργασία των μαθητών/τριών καταγράφεται και γίνεται εφικτή η παροχή διαμορφωτικής αξιολόγησης από τον/την εκπαιδευτικό και/ή τους συμμαθητές/τριές τους.


Στις περισσότερες πειραματικές δραστηριότητες υπάρχει και η αντίστοιχη ψηφιακή δραστηριότητα (προσομοιώσεις και εικονικά εργαστήρια). Οι ψηφιακές διερευνητικές δραστηριότητες είναι πρωτότυπες και δημιουργημένες ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του Προγράμματος Σπουδών. Στο τέλος κάθε ενότητας στην οποία εισάγονται έννοιες υπάρχει εννοιολογικός χάρτης. Στο τέλος κάθε κεφαλαίου υπάρχει ψηφιακό γλωσσάρι. Ως παράρτημα στο τέλος του βιβλίου υπάρχει γλωσσάρι, τυπολόγιο και ψηφιακός πόρος με ενδεικτικές λύσεις και απαντήσεις στις ερωτήσεις, τις ασκήσεις και τα προβλήματα.

Σε κάθε θεματική ενότητα ακολουθούνται τα βήματα της επιστημονικής εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση, που φαίνονται παρακάτω με τα αντίστοιχα σύμβολα.

### Η εκπαιδευτική μεθοδολογία: Επιστημονική εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση

	<p><b>Έναυσμα του ενδιαφέροντος</b></p> <p>Κάθε θεματική ενότητα ξεκινά με το έναυσμα του ενδιαφέροντος. Παρατίθενται εικόνες και ερωτήματα για συζήτηση προσανατολισμού και προβληματισμό πάνω στα θέματα που πραγματεύεται η θεματική ενότητα. Συνήθως δεν υπάρχει χώρος στο βιβλίο για καταγραφή απαντήσεων στη φάση αυτή. Επίσης, στο βήμα αυτό μπορεί να ορίζονται και οι στόχοι, με βάση τα αναμενόμενα αποτελέσματα, τα οποία και αναγράφονται στην αρχή κάθε θεματικής.</p>
	<p><b>Υποθέσεις</b></p> <p>Στη συνέχεια τίθενται ερωτήματα, ώστε να διατυπώνονται και να καταγράφονται οι υποθέσεις. Με τον τρόπο αυτό εντοπίζονται σημαντικές ανάγκες για μάθηση, με βάση τις προηγούμενες γνώσεις και εμπειρίες.</p>
	<p><b>Δραστηριότητες</b></p> <p>Ακολουθούν δραστηριότητες οι οποίες μπορεί να είναι πρακτικές, πειραματικές ή και ψηφιακές. Καταγράφονται οι παρατηρήσεις, τα δεδομένα και η επεξεργασία των δεδομένων. Έχει γίνει προσπάθεια οι πρακτικές και οι πειραματικές δραστηριότητες να είναι εύκολο να γίνουν με ασφάλεια και με απλά υλικά. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως, υπάρχουν και οι αντίστοιχες ψηφιακές δραστηριότητες.</p>

	<p><b>Συμπεράσματα – Θεωρία</b></p> <p>Με τη βοήθεια των δραστηριοτήτων, αλλά και στοιχείων της συνοπτικής θεωρίας που παρεμβάλλεται, προκύπτουν και καταγράφονται τα συμπεράσματα. Το σύμβολο για τη συνοπτική θεωρία είναι:</p> 
	<p><b>Διεπιστημονικές – Διαθεματικές Εφαρμογές της Θεωρίας. Γενικεύσεις, Εμπέδωση</b></p> <p>Στο βήμα αυτό υπάρχουν και ένθετα. Με σκοπό την εμπέδωση και την αξιολόγηση ακολουθούν ενδεικτικές ερωτήσεις, ασκήσεις και προβλήματα ανάλογα με τη θεματική ενότητα. Δεν υπάρχουν προβλήματα σε κάθε θεματική ενότητα.</p>

	<p><b>Αναπαραστάσεις ή Προσομοιώσεις του μικρόκοσμου</b></p> <p>Παρουσιάζονται προσομοιώσεις του μικρόκοσμου όπου τα φαινόμενα που παρατηρούνται εξαρτώνται και από τις αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν σε μικροσκοπικό επίπεδο (ατομικό επίπεδο).</p>
---	---



Οδηγίες για τον/την εκπαιδευτικό



Η μελέτη της κίνησης και των δυνάμεων είναι από τα θεμελιώδη θέματα της Φυσικής. Σε αυτό το κεφάλαιο αρχικά θα γνωρίσεις φυσικά μεγέθη με τη βοήθεια των οποίων περιγράφεται το φυσικό φαινόμενο «κίνηση των σωμάτων».

Στη συνέχεια, θα εξετάσεις το φυσικό μέγεθος «δύναμη» μέσω των χαρακτηριστικών και των αποτελεσμάτων της στην κίνηση και την παραμόρφωση των σωμάτων. Επίσης θα μελετήσεις τον νόμο του Hooke, ο οποίος περιγράφει τη συμπεριφορά των ελαστικών σωμάτων, και θα μάθεις να αναπαριστάς τις δυνάμεις ως διανύσματα. Τέλος, θα ανακαλύψεις τη σχέση μεταξύ δράσης και αντίδρασης, σύμφωνα με τον 3ο νόμο του Newton, και θα γνωρίσεις τις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις της φύσης, από τις οποίες προέρχονται όλες οι δυνάμεις.

# 01.

## Βασικές έννοιες Κινηματικής – Δυναμικής

### ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

- 1.1. Η κίνηση - Η κίνηση των σωμάτων
- 1.2. Η δύναμη και τα χαρακτηριστικά της
- 1.3. Κάθε δράση έχει αντίδραση. Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις

# Κεφάλαιο 1 – Βασικές έννοιες Κινηματικής – Δυναμικής

## Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να προσδιορίζεις τη θέση ενός σώματος σε ευθεία γραμμή (άξονας).
2. Να υπολογίζεις γραφικά και αλγεβρικά τη μετατόπιση σε μονοδιάστατη κίνηση.
3. Να διακρίνεις τις έννοιες μετατόπιση και απόσταση.
4. Να διακρίνεις τις έννοιες χρονική στιγμή και χρονική διάρκεια και να επιλέγεις τους κατάλληλους συμβολισμούς και τις μονάδες τους.
5. Να ορίζεις τη μέση (αριθμητική) ταχύτητα ενός κινητού.
6. Να ορίζεις τη στιγμιαία ταχύτητα και να τη διακρίνεις από τη μέση ταχύτητα, σε συγκεκριμένα παραδείγματα από την καθημερινή ζωή.



Εικόνα 1.1.1: Διάφορες κινήσεις



### Ας αναρωτηθούμε

- Τι είναι η κίνηση;
- Υπάρχει κάτι που είναι ακίνητο;



### Βιωματική δραστηριότητα: Αγώνας δρόμου ταχύτητας στην αυλή του σχολείου

- Ορίστε μια διαδρομή στην αυλή του σχολείου και μετρήστε την απόσταση.
- Τρέξτε την απόσταση και καταγράψτε τον χρόνο στον οποίο διανύθηκε.
- Υπολογίστε την ταχύτητά σας με τον τύπο  $\text{ταχύτητα} = \text{απόσταση} / \text{χρόνος}$ .
- Συζητήστε τα αποτελέσματα.



Κίνηση είναι το φαινόμενο της μεταβολής της θέσης ενός σώματος ως προς ένα **σύστημα αναφοράς**, το οποίο θεωρούμε ακίνητο.

## Θέση



Πώς μπορείς να προσδιορίσεις τη **θέση** ενός σώματος που βρίσκεται πάνω σε μία ευθεία;



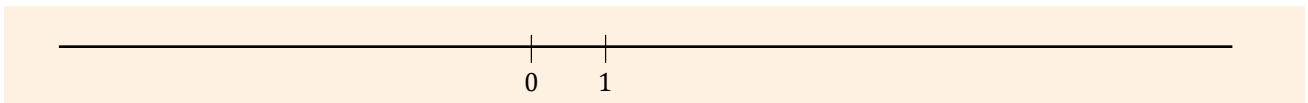
### Πρακτική δραστηριότητα: Σύστημα αναφοράς και θέση

Σχεδίασε ένα **σύστημα αναφοράς** για τη μελέτη μιας ευθύγραμμης κίνησης και κάποια **σώματα** τα οποία κινούνται πάνω σε αυτό.

#### Διαδικασία

Στην εικόνα 1.1.2 δίνεται μια ευθεία γραμμή με χαραγμένα τα σημεία 0 και 1.

- Σχεδίασε κάθετες υποδιαίρέσεις κατά μήκος της ευθείας, ίσες με την απόσταση 0-1 με τη βοήθεια ενός χάρακα.
- Αρίθμησε τις υποδιαίρέσεις με θετικούς αριθμούς δεξιά από το 0 και αρνητικούς αριθμούς αριστερά από το 0.
- Στο δεξιό άκρο της ευθείας βάλε ένα βέλος προς τα δεξιά και γράψε  $x(cm)$ .



Εικόνα 1.1.2: Ευθεία που έχει χαραγμένα τα σημεία 0 και 1.



Η αριθμημένη ευθεία που έχει καθορισμένη θετική και αρνητική φορά και μονάδα μέτρησης λέγεται **άξονας  $x$**  και χρησιμεύει στη μελέτη των κινήσεων που γίνονται κατά μήκος της ευθείας. Κάθε σημείο του έχει μία τιμή που λέγεται συντεταγμένη. Ο άξονας  $x$  είναι ένα **σύστημα αναφοράς**. Το σημείο 0 ονομάζεται σημείο αναφοράς.

Στον άξονα  $x$  που σχεδίασες, πρόσθεσε:

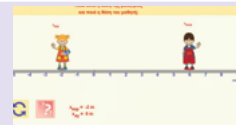
- Μία κουκκίδα A στο σημείο +5 και ονόμασέ τη σώμα A.
- Μία κουκκίδα B στο σημείο -3 και ονόμασέ τη σώμα B.

Λέμε ότι:

- ▶ η θέση της κουκκίδας A είναι  $x_A = \dots\dots\dots$
- ▶ η θέση της κουκκίδας B είναι  $x_B = \dots\dots\dots$

#### Ψηφιακή δραστηριότητα: Θέση στον άξονα $x$

Στην ψηφιακή δραστηριότητα ένας μαθητής και μια μαθήτρια βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις πάνω στον άξονα  $x$ . Να βρεις τη θέση του καθενός.



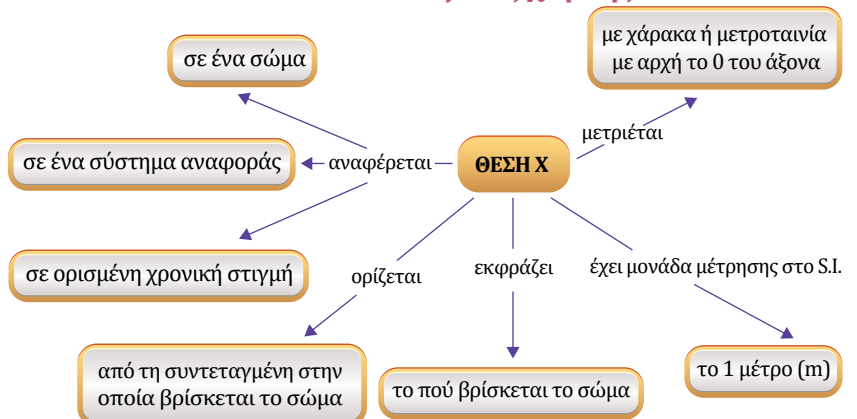
Διατύπωσε το συμπέρασμά σου χρησιμοποιώντας κατάλληλα τις λέξεις:

**πρόσημο,  $x$ , συντεταγμένη, απόσταση.**

Η **θέση** ενός σώματος στον άξονα  $x$  δηλώνεται από τη ..... που έχει η θέση στην οποία βρίσκεται το σώμα. Συμβολίζεται με το ..... μαζί με έναν δείκτη που δείχνει τη θέση του.

Η τιμή της δηλώνει την ..... που έχει η θέση του σώματος από το σημείο 0, ενώ το ..... δηλώνει αν βρίσκεται στην κατεύθυνση των θετικών ή αρνητικών αριθμών.

### Εννοιολογικός χάρτης



## Μετατόπιση



Ένα σώμα μετακινείται κατά μήκος του άξονα  $x$ , από μια αρχική θέση προς μια τελική θέση. Πώς θα μπορούσες να περιγράψεις τη μετακίνηση του σώματος;

.....

.....



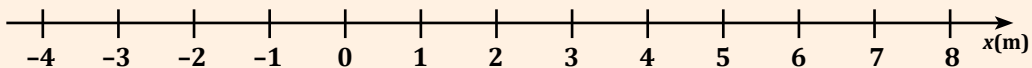
### Πρακτική δραστηριότητα: Μετατόπιση

Στην αυλή του σχολείου μια ομάδα μαθητών σχεδιάζει μία ευθεία και την αριθμεί ανά 1m από  $-4m$  έως  $8m$ . Μία μαθήτρια μετακινείται από τη θέση  $x_{αρχ} = +1m$  στη θέση  $x_{τελ} = +6m$ .

Για να αποτυπώσεις τη μετακίνηση της μαθήτριας στον παρακάτω άξονα  $x$  (εικόνα 1.1.3), κάνε τα εξής:

- Σχεδίασε μία μαθήτρια (ή μία κουκκίδα A) στη θέση  $x_{αρχ}$ .
- Σχεδίασε την ίδια μαθήτρια (ή μία κουκκίδα A) στη θέση  $x_{τελ}$ .
- Συμπλήρωσε τα παρακάτω κενά:

▶ Η μαθήτρια μετακινήθηκε κατά ..... προς τα .....



Εικόνα 1.1.3: Άξονας  $x$



### Συμβολισμός μετατόπισης

Η μετατόπιση ενός σώματος από μία θέση σε μία επόμενη συμβολίζεται με το  $\Delta x$ .

### Κατεύθυνση μετατόπισης

Η κατεύθυνση μίας μετατόπισης δηλώνεται με τα πρόσημα (+) ή (-):

- Το (+) σημαίνει ότι το σώμα μετακινήθηκε προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα  $x$ .
- Το (-) σημαίνει ότι το σώμα μετακινήθηκε προς την αρνητική κατεύθυνση του άξονα  $x$ .

▶ Η μετατόπιση της μαθήτριας που σχεδίασες, γράφεται ως:  $\Delta x = \dots\dots\dots$

Στη συνέχεια, ένας μαθητής μετακινείται κατά μήκος του ίδιου άξονα  $x$ , από τη θέση  $x_{αρχ} = +5m$  στη θέση  $x_{τελ} = -3m$ .

Για να αποτυπώσεις τη μετακίνηση του μαθητή στον ίδιο άξονα  $x$  (εικόνα 1.1.3), κάνε τα εξής:

- Σχεδίασε τον μαθητή (ή ένα σημείο B) στην αρχική και στην τελική του θέση.
- Συμπλήρωσε τα παρακάτω κενά:

▶ Ο μαθητής μετακινήθηκε κατά ..... προς τα .....

▶ Η τιμή της μετατόπισής του είναι:  $\Delta x = \dots\dots\dots$



**Υπολογισμός της μετατόπισης Δx**

Η τιμή της μετατόπισης Δx υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta x = x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}} \quad (1)$$

Όπου  $x_{\text{αρχ}}$ : η αρχική θέση του σώματος,  $x_{\text{τελ}}$ : η τελική θέση του σώματος

Οι δείκτες **τελ**, **αρχ** μπορούν να αντικατασταθούν από τους αριθμούς **1**, **2** ή από τα γράμματα A, B κ.λπ.

Για παράδειγμα τη σχέση (1) μπορούμε να τη γράψουμε και ως:  $\Delta x = x_2 - x_1$

Μπορείς να υπολογίσεις τη μετατόπιση ενός σώματος, με 2 τρόπους:

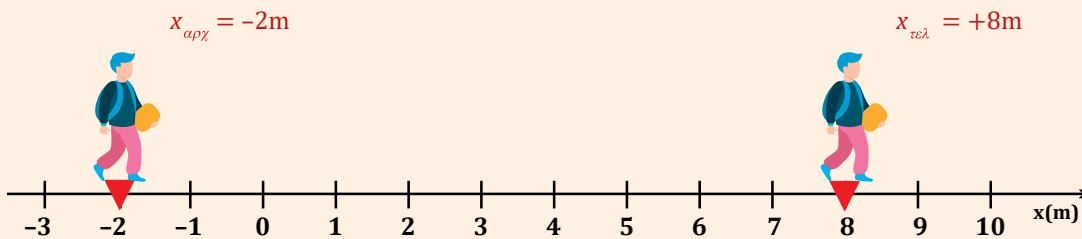
**1ος τρόπος (γραφικά):** Αφού σχεδιάσεις στον άξονα x την αρχική και την τελική θέση του σώματος:

- να βρεις πόσες μονάδες απέχουν αυτές οι θέσεις.
- να προσθέσεις το πρόσημο (+), αν μετακινήθηκε προς τη θετική κατεύθυνση και το (-) αν μετακινήθηκε προς την αρνητική.

**2ος τρόπος (αλγεβρικό):** Να χρησιμοποιήσεις τον τύπο (1).

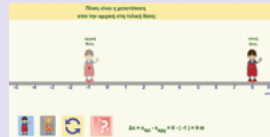
**Εφαρμογή**

Υπολόγισε τη μετατόπιση του αγοριού στην παρακάτω εικόνα, με τον γραφικό και με τον αλγεβρικό τρόπο:



**Ψηφιακή δραστηριότητα: Μετατόπιση**

Ο μαθητής ή η μαθήτρια μετακινούνται στην ψηφιακή δραστηριότητα από μία αρχική θέση σε μία τελική θέση. Να υπολογίσεις τη μετατόπιση για αυτήν τη μετακίνηση.



Υπολόγισε τη μετατόπιση



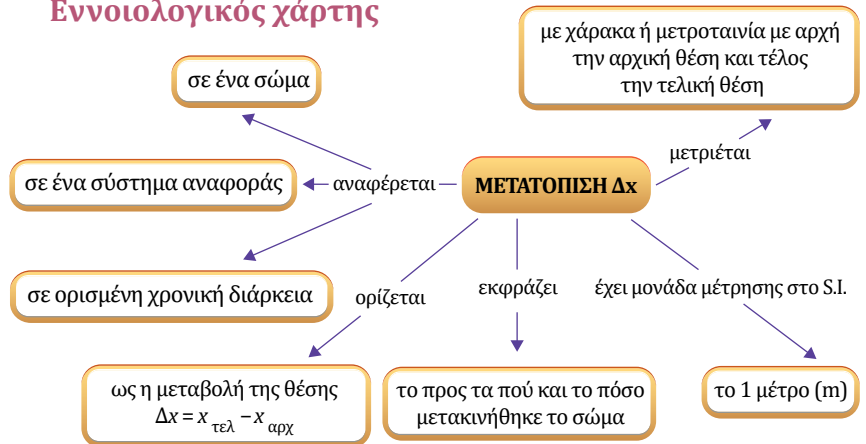
Διατύπωσε το συμπέρασμά σου χρησιμοποιώντας κατάλληλα τις λέξεις:

**αρνητική, τελική, αλλαγή, θετική.**

Η **μετατόπιση** ενός κινητού που κινείται πάνω στον άξονα x:

- δείχνει την.....της θέσης του από την αρχική του θέση,
- εξαρτάται από την αρχική και την .....του θέση,
- όταν είναι.....το σώμα κινείται προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα, ενώ όταν είναι αρνητική κινείται προς την .....κατεύθυνση.

**Εννοιολογικός χάρτης**



## Μετατόπιση και απόσταση που διανύει ένα σώμα που κινείται



Η μετατόπιση ενός κινητού κατά μήκος του άξονα  $x$ , με την απόσταση (διάστημα) που διανύει, ταυτίζονται; (Σημείωση: Η απόσταση που διανύει ένα κινητό είναι το μήκος της διαδρομής του και ονομάζεται και «διάστημα»)

ΝΑΙ

ΟΧΙ

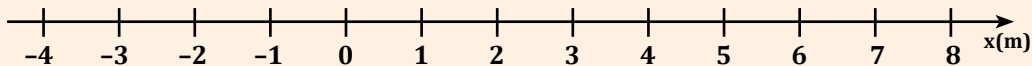
ΙΣΩΣ



### Πρακτική δραστηριότητα: Μετατόπιση και απόσταση

Ένα σώμα ξεκινάει να κινείται από τη θέση  $x_1 = +3\text{m}$ , πηγαίνει στη θέση  $x_2 = +7\text{m}$  και έπειτα καταλήγει στη θέση  $x_3 = -2\text{m}$ .

- Σχεδίασε το σώμα σε αυτές τις τρεις θέσεις στον παρακάτω άξονα  $x$ .
- Η τιμή της μετατόπισης από τη θέση (1) στη θέση (3) είναι  $\Delta x = \dots\dots\dots$



Εικόνα 1.1.4: Άξονας  $x$

- Το σώμα από τη θέση 1 έως τη θέση 2 διανύει απόσταση ίση με  $\dots\dots\dots$ .
- Το σώμα από τη θέση 2 έως τη θέση 3 διανύει απόσταση ίση με  $\dots\dots\dots$ .
- Η συνολική απόσταση που διανύει το σώμα είναι ίση με  $\dots\dots\dots$ .
- Η μετατόπιση και η απόσταση που διανύει το σώμα ταυτίζονται σε αυτήν την περίπτωση; **ΝΑΙ / ΟΧΙ**

### Ψηφιακή δραστηριότητα: Μετατόπιση και απόσταση (διάστημα)

Στην ψηφιακή δραστηριότητα ο μαθητής ή η μαθήτρια μετακινούνται από τη θέση (1) στη (2) ή από τη θέση (1) στη (2) και έπειτα στην (3). Ζητείται να υπολογίσεις τη μετατόπιση και την απόσταση (διάστημα) σε αυτήν τη μετακίνηση.



Μετατόπιση και απόσταση



Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις: **μετατόπιση, φορά, μήκος, αρνητική.**

Συμπεραίνουμε ότι:

Η απόσταση που διανύει το σώμα δείχνει το  $\dots\dots\dots$  της διαδρομής που διένυσε και είναι πάντα θετική. Η  $\dots\dots\dots$  και η απόσταση που διένυσε δεν ταυτίζονται αριθμητικά, όταν το σώμα κατά την κίνησή του κινείται προς την  $\dots\dots\dots$  κατεύθυνση ή αλλάζει η  $\dots\dots\dots$  κίνησης.

## Χρονική στιγμή και χρονική διάρκεια



Για την περιγραφή μίας κίνησης είναι απαραίτητη η χρήση ενός ρολογιού ή ενός χρονομέτρου;

ΝΑΙ

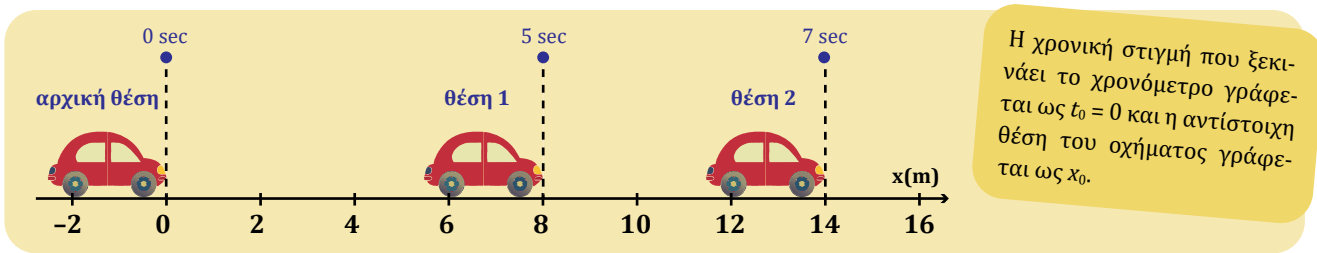
ΟΧΙ

ΙΣΩΣ



### Πρακτική δραστηριότητα: Χρονική στιγμή και χρονική διάρκεια

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα αυτοκίνητο που ξεκίνησε να κινείται κατά μήκος ενός άξονα  $x$ . Θέση του αυτοκινήτου έχει επιλεγεί να ονομάζουμε τη θέση που βρίσκεται ο προφυλακτήρας του. Ένα χρονόμετρο τέθηκε σε λειτουργία, όταν ξεκίνησε το αυτοκίνητο.



Η χρονική στιγμή που ξεκινάει το χρονόμετρο γράφεται ως  $t_0 = 0$  και η αντίστοιχη θέση του οχήματος γράφεται ως  $x_0$ .

Εικόνα 1.1.5: Θέσεις αυτοκινήτου με χρονικές στιγμές

Συμπλήρωσε τα παρακάτω κενά:

Το αυτοκίνητο όταν το χρονόμετρο ήταν στο μηδέν και τέθηκε σε λειτουργία ήταν στη θέση  $x_0 = \dots\dots\dots$ .

Το αυτοκίνητο στη θέση 1 είχε  $x_1 = \dots\dots\dots$  και η ένδειξη του χρονομέτρου ήταν  $t_1 = \dots\dots\dots$ .

Το αυτοκίνητο στη θέση 2 είχε  $x_2 = \dots\dots\dots$  και η ένδειξη του χρονομέτρου ήταν  $t_2 = \dots\dots\dots$ .

Ο χρόνος (χρονική διάρκεια) που χρειάστηκε το αυτοκίνητο για να μετακινηθεί από τη θέση 1 στη θέση 2 ήταν  $\Delta t = \dots\dots\dots$ .

Το χρονόμετρο μετράει με ακρίβεια εκατοστών του δευτερολέπτου, π.χ. 1,46s.

Το ρολόι μετράει με ακρίβεια δευτερολέπτων, π.χ. 12s.

Στις συνηθισμένες κινήσεις μπορούμε να χρησιμοποιούμε το ρολόι, ενώ στις πιο σύντομες το χρονόμετρο.



Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις: **διάρκεια, στιγμή,  $\Delta t$ ,  $t$** .

Χρονική ..... ονομάζουμε την ένδειξη που έχει το χρονόμετρο όταν το σώμα βρίσκεται σε μία θέση και συμβολίζεται με το ..... μαζί με έναν δείκτη που δείχνει τη θέση του.

Χρονική ..... είναι ο χρόνος που χρειάζεται το σώμα για να μετακινηθεί από μία θέση σε μια άλλη θέση και συμβολίζεται με το .....



### Υπολογισμός της χρονικής διάρκειας $\Delta t$

Η χρονική διάρκεια μίας κίνησης υπολογίζεται από τη σχέση:  $\Delta t = t_{\text{τελ}} - t_{\text{αρχ}}$  (2)

Όπου  $t_{\text{αρχ}}$  : η αρχική χρονική στιγμή

$t_{\text{τελ}}$  : η τελική χρονική στιγμή

Όπως και στη μετατόπιση, ως δείκτες θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τους αριθμούς 1, 2 ή τα γράμματα Α, Β κ.λπ. Για παράδειγμα, τη σχέση (2) μπορούμε να τη γράψουμε και ως:  $\Delta t = t_2 - t_1$ .

Η χρονική διάρκεια μιας κίνησης ονομάζεται και **χρόνος κίνησης**.

## Μέση (αριθμητική) ταχύτητα



Δύο αυτοκίνητα A και B ξεκίνησαν από την Αθήνα στις 8.00 π.μ., το ένα προς τη Θεσσαλονίκη και το άλλο προς την Πάτρα. Ο οδηγός του A σταμάτησε να ξεκουραστεί μετά από 300km στις 11.00π.μ. Ο οδηγός του B αυτοκινήτου σταμάτησε μετά από διαδρομή 150km στις 10.00π.μ. Μπορείς να εκτιμήσεις ποιο αυτοκίνητο κινήθηκε γρηγορότερα;

α) Το A

β) Το B

γ) Το ίδιο και τα δύο

Εξήγησε σύντομα την επιλογή σου.

.....

.....



## Πρακτική δραστηριότητα: Μέση ταχύτητα



Εικόνα 1.1.6: Τμήμα της εθνικής οδού Πατρών-Κορίνθου

Στην εικόνα 1.1.6 φαίνεται η απόσταση της διαδρομής Πατρών-Αιγίου, καθώς και ο χρόνος που χρειάζεται ένα αυτοκίνητο για να κάνει τη διαδρομή αυτή, αν ακολουθήσει τα όρια ταχύτητας.

Συμπλήρωσε μόνο με **αριθμούς** τα παρακάτω κενά:

Εάν κάποιος κινηθεί με αυτοκίνητο από την Πάτρα στο Αίγιο (εικόνα 1.1.6) ακολουθώντας τα όρια ταχύτητας της τροχαίας, θα διανύσει απόσταση ..... km και θα χρειαστεί περίπου χρόνο ..... min.



### Μέση ταχύτητα

Η **μέση ταχύτητα**  $v_{\mu}$  ορίζεται ως το πηλίκο της απόστασης  $s$  που διανύει ένα σώμα σε κάποιο χρόνο  $\Delta t$  προς τον χρόνο  $\Delta t$ :

$$v_{\mu} = \frac{s}{\Delta t} \quad (3)$$

Η μέση ταχύτητα εκφράζει την απόσταση που διανύει το σώμα στη μονάδα του χρόνου.



Συμπλήρωσε μόνο με αριθμούς τα παρακάτω κενά:

- Η μέση ταχύτητα σε km/min ενός αυτοκινήτου στη διαδρομή της εικόνας 1.1.6 είναι:

$$v_{\mu} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{\dots \text{km}}{\dots \text{min}} = \text{km/min}$$

- Η μέση ταχύτητα του αυτοκινήτου σε **km/h** είναι:

$$v_{\mu} = \dots \frac{\text{km}}{\text{min}} = \dots \frac{\text{km}}{\dots \text{h}} = \dots \frac{\text{km}}{\text{h}} = \dots \text{ km/h}$$



**Μονάδες ταχύτητας**

Στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) η μονάδα ταχύτητας είναι το: **1m/s**. Άλλες μονάδες ταχύτητας είναι: 1cm/s, 1km/h, 1km/min κ.λπ.

Συμπλήρωσε στις παρακάτω προτάσεις τις αποστάσεις και τους αντίστοιχους χρόνους:

- 1 Ένα όχημα κινείται με μέση ταχύτητα 5m/s. Αυτό σημαίνει ότι διανύει απόσταση ..... σε χρόνο .....
- 2 Ένα όχημα κινείται με μέση ταχύτητα 70km/h. Αυτό σημαίνει ότι διανύει απόσταση ..... σε χρόνο .....
- 3 Ένα μυρμήγκι κινείται με μέση ταχύτητα 3cm/s. Αυτό σημαίνει ότι διανύει απόσταση ..... σε χρόνο .....

**Μετατροπή m/s → km/h**

Χρησιμοποίησε τις μετατροπές των μονάδων μήκους και χρόνου και συμπλήρωσε μόνο με αριθμούς τα παρακάτω κενά:

$$1 \text{ m/s} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1 \frac{\dots \text{ km}}{\dots \text{ h}} = \dots \frac{\text{ km}}{\text{ h}} = \dots \text{ km/h}$$



Μονάδες μήκους - χρόνου

**Εφαρμογή**

Με τη σχέση μετατροπής που βρήκες, μετάτρεψε την ταχύτητα 20m/s σε km/h:

$$20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 20 \cdot \dots \frac{\text{ km}}{\text{ h}} = \dots \text{ km/h}$$

**Μετατροπή km/h → m/s**

Βρήκες ότι τα m/s συνδέονται με τα km/h με τη σχέση: 1m/s = ..... km/h

Λύσε αυτήν τη σχέση ως προς km/h: .....

Άρα βρήκες ότι:  $1 \text{ km/h} = \dots \text{ m/s}$

**Εφαρμογή**

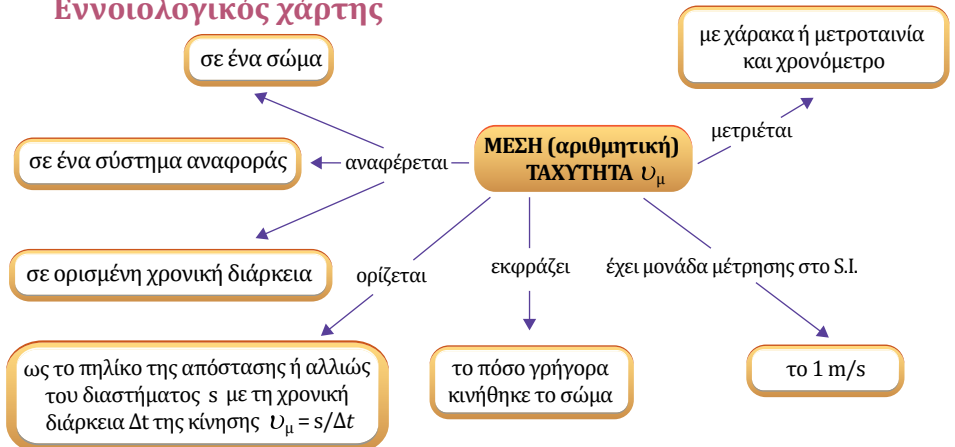
Με τη σχέση μετατροπής που βρήκες, μετάτρεψε την ταχύτητα 108km/h σε m/s:

$$108 \text{ km/h} = 108 \cdot \dots \text{ m/s} = \dots \text{ m/s}$$

Συμπλήρωσε τα παρακάτω κενά:

- Για να μετατρέψεις μία ταχύτητα **από m/s σε km/h**, πρέπει να την πολλαπλασιάσεις με το .....
- Για να μετατρέψεις μία ταχύτητα **από km/h σε m/s**, πρέπει να τη διαιρέσεις με το .....

**Εννοιολογικός χάρτης**



## Στιγμαία ταχύτητα



Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε έναν δρόμο, σε όλη τη διαδρομή το ταχύμετρο (κοντέρ) δείχνει συνεχώς την ίδια ένδειξη;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

ΙΣΩΣ



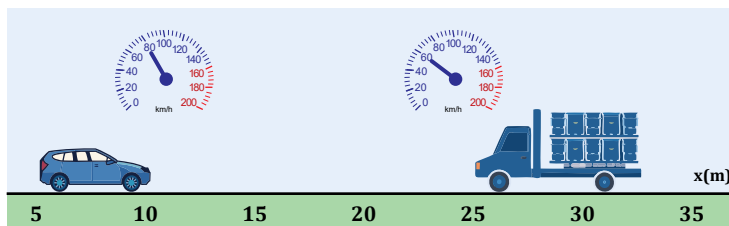
Στα φορτηγά υπάρχει ο ταχογράφος στον οποίο καταγράφεται η ταχύτητα του φορτηγού κάθε χρονική στιγμή, ώστε να ελέγχει η τροχαία αν το φορτηγό ξεπέρασε το όριο ταχύτητας. Για παράδειγμα, η ένδειξη 60km/h που αντιστοιχεί στις 09.00π.μ. σημαίνει ότι το μέτρο της στιγμιαίας ταχύτητας του φορτηγού ήταν 60km/h και μας δείχνει πόσο γρήγορα έτρεχε το φορτηγό εκείνη τη στιγμή. Προφανώς, η ταχύτητα του φορτηγού αυξομειώνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της διαδρομής και τη διάθεση του οδηγού. Με άλλα λόγια, στο παράδειγμά μας, μπορούμε να πούμε ότι αν η ταχύτητα του φορτηγού παρέμενε σταθερή, αυτό θα διένυε 60km σε μία ώρα. Για την πλήρη μελέτη της κίνησης στη Φυσική δεν μας αρκεί να γνωρίζουμε μόνο το μέτρο της στιγμιαίας ταχύτητας, αλλά και την κατεύθυνση της κίνησης την οποία μπορούμε να δείχνουμε με ένα βέλος, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.1.7.

60km/h



Εικόνα 1.1.7: Διανυσματική αναπαράσταση της ταχύτητας

Η **στιγμαία ταχύτητα**, λοιπόν, εκτός από μέτρο έχει και κατεύθυνση. Αν αναφερόμαστε σε ευθύγραμμη κίνηση κατά μήκος του άξονα  $x$  μπορούμε να δηλώνουμε την κατεύθυνση κίνησης με το πρόσημο συν (+) για κίνηση προς τη θετική φορά και το πλην (-) για κίνηση προς την αρνητική φορά. Κάτι αντίστοιχο είδαμε και στη μετατόπιση. Τα φυσικά μεγέθη, όπως η στιγμιαία ταχύτητα, τα οποία για να προσδιοριστούν δεν μας αρκεί μόνο το μέτρο τους αλλά και η κατεύθυνσή τους, ονομάζονται **διανυσματικά μεγέθη**.



Εικόνα 1.1.8: Κίνηση αυτοκινήτου και φορτηγού με ενδείξεις στο ταχύμετρο (κοντέρ) 80km/h και 60km/h.

Για παράδειγμα, τη χρονική στιγμή που απεικονίζεται στην εικόνα 1.1.8 η τιμή της στιγμιαίας ταχύτητας του αυτοκινήτου είναι  $v_{\mu} = +80\text{km/h}$  και του φορτηγού  $v_{\phi} = -60\text{km/h}$ .



### Εικονικό πείραμα: Μέση και στιγμιαία ταχύτητα

Το εικονικό πείραμα δείχνει ένα όχημα που κάνει τη διαδρομή Πάτρα – Αίγιο. Με τα πλήκτρα μπορείς να ξεκινάς το όχημα, να αυξομειώνεις την ταχύτητά του και να «παγώνεις» την προσομοίωση, για να καταγράψεις τις ενδείξεις ταχύτητας, απόστασης και χρόνου.

Στο **φύλλο εργασίας** ζητείται:

- να πάρεις 5 τιμές απόστασης χρόνου,
- να κάνεις το διάγραμμα απόστασης – χρόνου ( $s-t$ ) και ταχύτητας – χρόνου ( $v-t$ ),
- να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα του οχήματος.



Μέση και στιγμιαία ταχύτητα



Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις: **1 ώρα, σταθερή (2), χρόνο  $\Delta t$** .

Όταν λέμε ότι η στιγμιαία ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι  $60\text{km/h}$ , αυτό σημαίνει ότι εάν αυτή παρέμενε ....., το αυτοκίνητο θα διένυε  $60\text{km}$  σε ..... Ένα αυτοκίνητο διανύει μια απόσταση  $s$  σε χρόνο  $\Delta t$ . Η μέση ταχύτητά του για την κίνηση αυτή, ταυτίζεται αριθμητικά με τη στιγμιαία ταχύτητα του αν το αυτοκίνητο κινείται συνεχώς με ..... ταχύτητα και διανύει την απόσταση  $s$  στον ίδιο .....



### ΕΜΠΕΔΩΣΗ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΓΕΝΙΚΕΥΣΕΙΣ

#### Όρια ταχύτητας με τα σήματα της τροχαίας

Σε όλους τους δρόμους υπάρχουν σημάσεις για το όριο ταχύτητας των οχημάτων. Ένα σήμα δείχνει ότι στο τμήμα του δρόμου μετά από αυτό επιτρέπεται τα οχήματα να έχουν ταχύτητα μικρότερη ή ίση με την ταχύτητα που αναγράφεται στο σήμα.

Στην εικόνα, το όριο ταχύτητας είναι  $60\text{km/h}$  και ισχύει μετά ακριβώς από τη σήμανση.



**Εικόνα 1.1.9:** Πινακίδα τροχαίας για το όριο ταχύτητας



Ερωτήσεις  
πολλαπλής  
επιλογής



### 1.1 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- 1. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Η μετατόπιση ενός υλικού σημείου δείχνει:
  - A. Την απόσταση που διένυσε.
  - B. Το μήκος της τροχιάς του.
  - Γ. Την τελική του θέση.
  - Δ. Την αλλαγή της θέσης του από την αρχική του θέση.
- 2. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Ένα σώμα έχει μετατόπιση μηδέν. Αυτό σημαίνει ότι:
  - A. Η αρχική του θέση είναι στο μηδέν του άξονα  $x$ .
  - B. Η τελική του θέση είναι στο μηδέν του άξονα  $x$ .
  - Γ. Η αρχική του και η τελική του θέση ταυτίζονται.
  - Δ. Είναι οπωσδήποτε ακίνητο.
- 3. Επιλέξτε τις σωστές προτάσεις.**
  - A. Η απόσταση που διανύει ένα κινητό είναι πάντα θετικός αριθμός και ισούται με το μήκος της τροχιάς του.
  - B. Η μετατόπιση ενός σώματος που κινείται στον αρνητικό ημιάξονα είναι πάντα αρνητική.
  - Γ. Η μετατόπιση ενός σώματος μπορεί να είναι μηδέν, ενώ η απόσταση που διανύει να είναι διάφορη του μηδενός.
  - Δ. Η μετατόπιση και η απόσταση πάντα ταυτίζονται.
- 4. Επιλέξτε τις σωστές προτάσεις.** Ένα σώμα κινείται από μία θέση A σε μία θέση B. Η μετατόπιση του σώματος είναι αρνητική όταν:
  - A. Η κατεύθυνση της κίνησής του είναι προς τους αρνητικούς αριθμούς.
  - B. Η κίνησή του γίνεται πάνω στον αρνητικό ημιάξονα.
  - Γ. Η τελική του θέση είναι αρνητική.
  - Δ. Κινείται προς την αρνητική φορά του άξονα.
- 5. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Ένα αυτοκίνητο διανύει την απόσταση Αθήνα – Πάτρα που είναι  $204\text{km}$  και επιστρέφει στο ίδιο σημείο από το οποίο είχε ξεκινήσει. Τότε:
  - A. Έχει διανύσει απόσταση  $408\text{km}$  και έχει μετατόπιση  $408\text{km}$ .
  - B. Έχει διανύσει απόσταση  $0\text{km}$  και έχει μετατόπιση  $0\text{km}$ .
  - Γ. Έχει διανύσει απόσταση  $0\text{km}$  και έχει μετατόπιση  $408\text{km}$ .
  - Δ. Έχει διανύσει απόσταση  $408\text{km}$  και έχει μετατόπιση  $0\text{km}$ .
- 6. Επιλέξτε τις σωστές προτάσεις.** Πετάμε ένα βοτσαλάκι προς τα πάνω και αυτό μετά από λίγο επιστρέφει στο χέρι μας:
  - A. Η απόσταση που διανύει συνεχώς αυξάνεται.
  - B. Η απόσταση που διανύει στην αρχή αυξάνεται και μετά ελαττώνεται.

Γ. Η μετατόπισή του στην αρχή αυξάνεται και μετά ελαττώνεται.

Δ. Η συνολική μετατόπισή του μόλις φτάσει στο χέρι μας είναι μηδέν.

**7. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Ένας λαγός ξεκινάει από ένα σημείο A να πάει σε ένα άλλο σημείο B, κινούμενος ευθύγραμμα. Στη μέση της διαδρομής συναντάει μια χελώνα, η οποία είχε και εκείνη ξεκινήσει από το σημείο A, για να φτάσει ευθύγραμμα στο σημείο B:

A. Ο λαγός και η χελώνα έχουν την ίδια μέση ταχύτητα.

B. Ο λαγός έχει μεγαλύτερη μέση ταχύτητα από τη χελώνα.

Γ. Ο λαγός έχει μικρότερη μέση ταχύτητα από τη χελώνα.

Δ. Ο λαγός και η χελώνα διανύουν διαφορετικές αποστάσεις.

**8. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση και αιτιολογήστε την απάντησή σας.** Δυο σώματα έχουν μέσες αριθμητικές ταχύτητες  $v_A = 36\text{km/h}$  και  $v_B = 10\text{m/s}$  αντίστοιχα:

A. Η  $v_A$  είναι μεγαλύτερη της  $v_B$ .

B. Η  $v_A$  είναι ίση με την  $v_B$ .

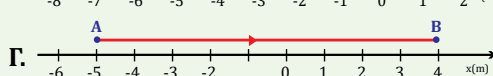
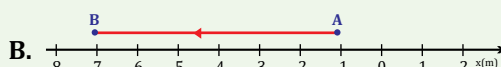
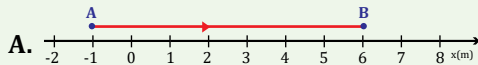
Γ. Η  $v_A$  είναι μικρότερη από την  $v_B$ .

Δ. Η  $v_A$  είναι διπλάσια της  $v_B$ .

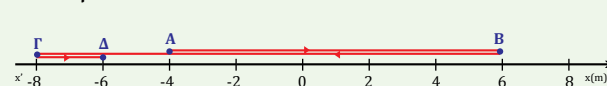


### 1.1 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ένα σώμα μετακινείται από το σημείο A του παρακάτω σχήματος στο σημείο B. Να υπολογίσετε σε κάθε περίπτωση τη μετατόπιση και την απόσταση που έχει διανύσει:



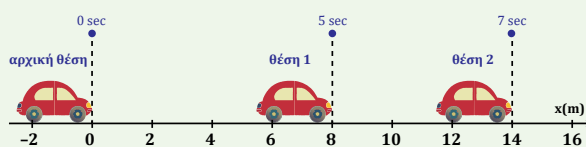
2. Ένα σώμα μετακινείται από το σημείο A του παρακάτω σχήματος, στο σημείο B, έπειτα στο σημείο Γ και τέλος φτάνει στο σημείο Δ. Για τη διαδρομή ABΓΔ, να υπολογίσετε:



A. Τη μετατόπιση του σώματος.

B. Την απόσταση που διέτρεξε το σώμα.

3. Το αυτοκίνητο της εικόνας κινείται ευθύγραμμα. Από τα στοιχεία που εμφανίζονται στο σχήμα και για τη μετακίνηση από την αρχική θέση έως τη θέση 2, να υπολογίσετε:



A. Τη μετατόπιση, την απόσταση και το χρονικό διάστημα.

B. Τη μέση ταχύτητά του.

4. Κάποιοι μαθητές έχουν σχεδιάσει έναν άξονα x στην αυλή του σχολείου και με τη βοήθεια ενός χρονόμετρου, πειραματίζονται με τις κινήσεις πάνω σε αυτόν τον άξονα. Ένας μαθητής κάνει την εξής κίνηση: Τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  βρίσκεται στη θέση +5m, κινείται προς τη θέση -3m σε χρόνο 4s, παραμένει εκεί άλλα 4s και τέλος κινείται προς τη θέση +1m σε χρόνο 2s.

A. Να σχεδιάσετε έναν άξονα x με τις προαναφερόμενες θέσεις με έναν μαθητή (ή ένα σώμα) σε αυτές.

B. Να υπολογίσετε τη μετατόπιση και την απόσταση που διένυσε ο μαθητής.

Γ. Να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητά του.

5. Ένα σώμα εκτοξεύεται από το έδαφος και φτάνει σε μέγιστο ύψος 10m. Κατόπιν επιστρέφει πάλι στο έδαφος. Ο χρόνος ανόδου είναι 1,4s και είναι ίσος με τον χρόνο καθόδου. Να υπολογίσετε:

A. Τη συνολική μετατόπιση του σώματος.

B. Την απόσταση που διέτρεξε.

Γ. Τη μέση αριθμητική ταχύτητά του.

6. Ένα μικρό σώμα κινείται πάνω στις πλευρές ενός ισόπλευρου τριγώνου ABΓ πλευράς  $a = 4\text{cm}$ . Για τη διαδρομή ABΓΑ χρειάζεται 1,2 s. Να υπολογίσετε:

A. Τη συνολική απόσταση που διέτρεξε.

B. Τη συνολική μετατόπισή του.

Γ. Τη μέση αριθμητική ταχύτητα σε cm/s.

Δ. Τη μέση αριθμητική ταχύτητα σε m/s.

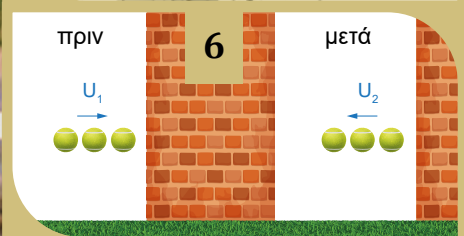
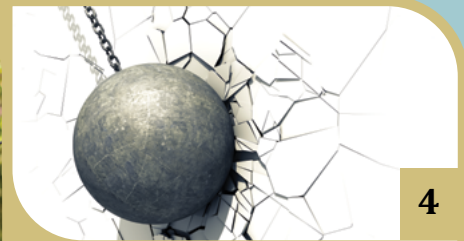


Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

## 1.2. Η δύναμη και τα χαρακτηριστικά της

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να αναγνωρίζεις και να συνδέεις τη δύναμη με τα αποτελέσματα που προκαλεί, παραμορφωτικά και κινηματικά.
2. Να διατυπώνεις τον νόμο του Hooke και να αναφέρεις τις εφαρμογές του.
3. Να αναπαριστάς τη δύναμη ως διάνυσμα και να περιγράψεις τα χαρακτηριστικά της.



Εικόνα 1.2.1: Επίδραση δυνάμεων στα σώματα

### Ας αναρωτηθούμε



- Τι είναι η δύναμη;
- Τι μπορεί να προκαλέσει μία δύναμη στα σώματα;
- Μπορεί να προκαλέσει παραμόρφωση;
- Μπορεί να προκαλέσει κίνηση;
- Μπορεί να σταματήσει μία κίνηση;

## Δύναμη



Η δύναμη αναφέρεται πάντα στην αλληλεπίδραση δύο σωμάτων. Υπάρχει ένα σώμα που ασκεί τη δύναμη και κάποιο άλλο σώμα που δέχεται αυτήν τη δύναμη.

Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε τα αποτελέσματα που προκαλεί η δύναμη στο σώμα που τη δέχεται.

**Στην περίπτωση 2 της εικόνας 1.2.1 ποιο είναι το σώμα που ασκεί τη δύναμη και ποιο είναι το σώμα που δέχεται τη δύναμη;**

Σώμα που ασκεί τη δύναμη: ..... Σώμα που δέχεται τη δύναμη: .....

**Τι παθαίνει το σώμα που δέχεται τη δύναμη;**

Παραμορφώνεται  Αλλάζει ταχύτητα  Τίποτα

**Στην περίπτωση 3 της εικόνας 1.2.1 ποιο είναι το σώμα που ασκεί τη δύναμη και ποιο είναι το σώμα που δέχεται τη δύναμη;**

Σώμα που ασκεί τη δύναμη: ..... Σώμα που δέχεται τη δύναμη: .....

**Τι παθαίνει το σώμα που δέχεται τη δύναμη;**

Παραμορφώνεται  Αλλάζει ταχύτητα  Τίποτα



### Είδη παραμόρφωσης

**Ελαστική παραμόρφωση** είναι η παροδική παραμόρφωση που παθαίνει το σώμα όταν του ασκείται μία δύναμη. Όταν σταματήσει να του ασκείται η δύναμη, το σώμα ανακτά το αρχικό του σχήμα.

**Πλαστική παραμόρφωση** είναι η μόνιμη παραμόρφωση που παθαίνει το σώμα εξαιτίας μίας δύναμης. Αυτή η παραμόρφωση παραμένει και όταν σταματήσει να του ασκείται η δύναμη.

Σε ποιες περιπτώσεις της εικόνας 1.2.1 στο σώμα - αποδέκτης συμβαίνει:

**1. Μεταβολή της ταχύτητας ή αλλιώς μεταβολή της κινητικής κατάστασης;**

1  2  3  4  5  6  7  8

**2. Παραμόρφωση;**

1  2  3  4  5  6  7  8

Στην παρακάτω πρόταση συμπληρώστε τις λέξεις: **κινητικής, παραμόρφωση, δύναμη.**

Μία ..... είναι το αίτιο που μπορεί να προκαλέσει:

- τη μεταβολή της ..... κατάστασης ενός σώματος.
- την ..... του σώματος.

## Μέτρηση δύναμης - Νόμος Hooke



Μπορούμε να μετρήσουμε τη δύναμη που παραμορφώνει, από το αποτέλεσμα που προκαλεί;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

ΙΣΩΣ



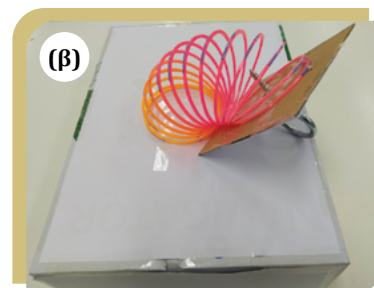
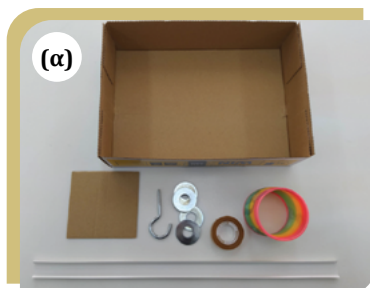
Η δύναμη συμβολίζεται με το γράμμα  $F$  και μετριέται στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) σε Newton (1 N). Η παραμόρφωση του ελατηρίου που οφείλεται σε μία δύναμη  $F$  μπορεί να είναι επιμήκυνση ή συμπίεση, παριστάνεται με το  $\Delta l$  και έχει τις μονάδες του μήκους.



### Πειραματική δραστηριότητα: Νόμος του Hooke

#### Θα χρειαστείς:

- Ένα ελατήριο - παιχνίδι
- Έναν γάντζο
- Ένα κομμάτι χοντρό χαρτόνι
- Μικρό χάρτινο κουτί
- Μερικές ίδιες ροδέλες
- Ένα κομμάτι πλαστικό από κανάλι καλωδίων ή έναν χάρακα
- Σελοτέιπ και μαρκαδόρο



Εικόνα 1.2.2: Υλικά και διάταξη για τον νόμο του Hooke

#### Διάταξη (ιδιοκατασκευή)

- Κόψε ένα κομμάτι από το ελατήριο (περίπου το 1/3).
- Κόψε το χοντρό χαρτόνι σε σχήμα τετράγωνο και κόλλησέ το με την ταινία σε μία ολόκληρη «σπείρα» του ελατηρίου.
- Στο κέντρο του χαρτονιού βίδωσε τον γάντζο.
- Κόλλησε την πρώτη σπείρα του ελατηρίου στο χάρτινο κουτί.
- Η διάταξη είναι έτοιμη.

#### Προετοιμασία: Εύρεση του βάρους της μίας ροδέλας

Ζύγισε 5 ροδέλες. Αυτές έχουν μάζα: ..... (σε γραμμάρια)

Η 1 ροδέλα θα έχει μάζα ίση με: ..... (σε γραμμάρια)

Αν γνωρίζεις ότι τα 100 g μάζας έχουν (με προσέγγιση) βάρος 1 N, τότε η μία ροδέλα που θα χρησιμοποιήσεις έχει βάρος: .....



Εικόνα 1.2.3: Ιδιοκατασκευή ελατηρίου

#### Διαδικασία - Πείραμα

Η ροδέλα έχει βάρος  $w$  και εξαιτίας αυτού ασκείται στο άκρο του ελατηρίου μία δύναμη  $F$  που έχει μέτρο ίσο με το βάρος της ροδέλας.

- Τοποθέτησε τη διάταξη έτσι ώστε το ελατήριο να κινείται ελεύθερα και κατακόρυφα, π.χ. ανάμεσα σε δύο θρανία.
- Τοποθέτησε κατακόρυφα το πλαστικό κανάλι ή έναν χάρακα και σημείωσε σε αυτό τη θέση που έχει το χαρτονάκι του γάντζου.

- Τοποθέτησε μία ροδέλα στον γάντζο και σημείωσε στο κατακόρυφο πλαστικό τη νέα θέση που έχει το χαρτονάκι του γάντζου.
- Τοποθέτησε τη δεύτερη ροδέλα και σημείωσε τη θέση που έχει το χαρτονάκι.
- Κάνε το ίδιο και για μια τρίτη ροδέλα.
- Συμπλήρωσε τις τιμές της δύναμης και της επιμήκυνσης του ελατηρίου στον Πίνακα 1.



Η ροδέλα έχει βάρος  $w$  και εξαιτίας αυτού ασκείται στο άκρο του ελατηρίου μία δύναμη  $F$  που έχει μέτρο ίσο με το βάρος  $w$  της ροδέλας.

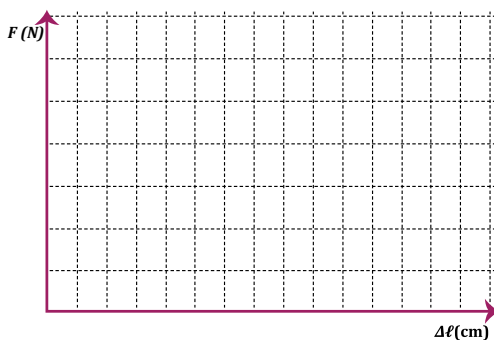
ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Ροδέλες	Δύναμη (N)	Επιμήκυνση (cm)
0		
1		
2		
3		

Η μία ροδέλα ασκεί στο ελατήριο μία δύναμη  $F$ , οι δύο ροδέλες πόση δύναμη ασκούν;

Η επιμήκυνση του ελατηρίου συμβολίζεται ως  $\Delta\ell$ . Δημιούργησε το **διάγραμμα δύναμης - επιμήκυνσης** στο σύστημα αξόνων δύναμης - επιμήκυνσης της εικόνας 1.2.4 ως εξής:

- Συμπλήρωσε τις τιμές του  $\Delta\ell$  στον οριζόντιο άξονα και τις τιμές της δύναμης  $F$  στον κάθετο άξονα.
- Για κάθε ζευγάρι τιμών δύναμης - επιμήκυνσης σχεδίασε ένα σημείο (μία τελεία).
- Με έναν χάρακα φέρε μία ευθεία που να περνάει πάνω από τα σημεία ή σχεδόν πάνω από αυτά.

Εικόνα 1.2.4: Σύστημα αξόνων  $F$ - $\Delta\ell$ 

### Συμπεράσματα

Η δύναμη  $F = \dots\dots\dots$  που ασκείται στο ελατήριο από τη μία ροδέλα προκαλεί μία παραμόρφωση  $\Delta\ell = \dots\dots\dots$

Επίλεξε στις παρακάτω προτάσεις τη σωστή απάντηση:

- Όταν η δύναμη που ασκείται στο ελατήριο διπλασιάζεται, η παραμόρφωση του ελατηρίου:

Παραμένει ίδια  Διπλασιάζεται  Τριπλασιάζεται

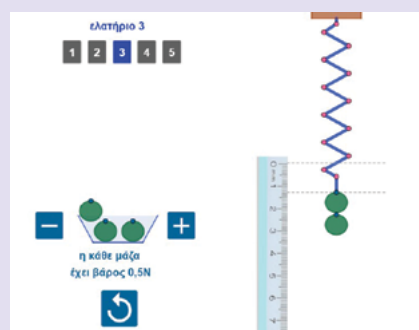
- Στο γράφημα  $F$ - $\Delta\ell$  παρατηρούμε ότι τα σημεία σχηματίζουν μια ..... γραμμή που περνά από το 0. Επομένως τα μεγέθη  $F$  και  $\Delta\ell$  είναι .....



### Εικονικό εργαστήριο: Νόμος Hooke

#### Ακολούθησε τα παρακάτω βήματα:

- Επίλεξε ένα ελατήριο από τα πέντε που υπάρχουν, με τους αριθμούς 1 έως 5.
- Μετάφερε τις μάζες στο ελατήριο ώστε να προκαλέσεις σε αυτό δυνάμεις  $F$ ,  $2F$  και  $3F$ .
- Για κάθε δύναμη, μέτρησε με τον χάρακα την επιμήκυνση που προκαλεί στο ελατήριο.
- Συμπλήρωσε τον Πίνακα 1 και με τον τρόπο που ήδη αναφέραμε, σχεδίασε τη γραφική παράσταση δύναμης - επιμήκυνσης.



Νόμος Hooke



Από το πείραμα ή το εικονικό εργαστήριο, διατύπωσε το συμπέρασμά σου χρησιμοποιώντας κατάλληλα τις λέξεις: **ανάλογη, τριπλασιαστεί, διπλασιαστεί, επιμήκυνση, παραμόρφωση.**

Η ..... του ελατηρίου, που σε αυτήν την περίπτωση ονομάζεται ....., είναι ..... της δύναμης που θα του ασκηθεί. Αυτό σημαίνει ότι αν η δύναμη που ασκείται στο ελατήριο διπλασιαστεί, θα ..... και η επιμήκυνση του ελατηρίου. Αν τριπλασιαστεί η δύναμη, θα ..... και η επιμήκυνση κ.λπ.



Το 1678 ο Άγγλος φυσικός Robert Hooke διατύπωσε τον ομώνυμο νόμο της ελαστικότητας:

**Η παραμόρφωση ενός ελατηρίου  $\Delta\ell$  είναι ανάλογη με τη δύναμη  $F$  που θα του ασκηθεί.**

Ο αντίστοιχος τύπος που συνδέει τα μεγέθη  $F$  και  $\Delta\ell$ , θα είναι:  $F = k \cdot \Delta\ell$  (1)

**Όπου  $F$ : η δύναμη**

**$\Delta\ell$ : η παραμόρφωση του ελατηρίου**

**$k$ : η σταθερά του ελατηρίου**

**Η σταθερά του ελατηρίου  $k$  χαρακτηρίζει το ελατήριο και δείχνει τη σκληρότητά του.** Όσο μεγαλύτερη είναι η σταθερά ενός ελατηρίου, τόσο πιο δύσκολη είναι η παραμόρφωσή του.

Η μονάδα της σταθεράς είναι το 1 N/cm, το 1 N/m (στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.)) κ.λπ.



Εάν ένα ελατήριο έχει σταθερά  $k = 2$  N/cm, αυτό σημαίνει ότι μια δύναμη ίση με ..... προκαλεί στο ελατήριο παραμόρφωση ίση με .....

## Χαρακτηριστικά δύναμης



Τι χρειάζεται να γνωρίζεις για να περιγράψεις μία δύναμη; Ποια είναι τα χαρακτηριστικά μιας δύναμης;

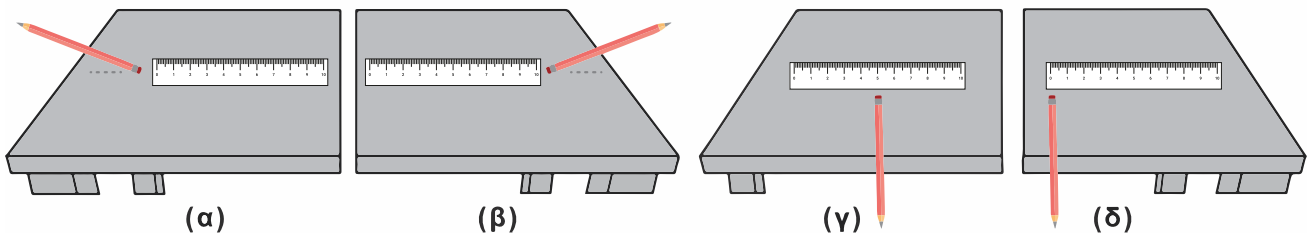
.....

.....

.....



**Πρακτική δραστηριότητα: Χαρακτηριστικά δύναμης**



Εικόνα 1.2.5: Πείραμα με ένα μολύβι και έναν χάρακα

Θα μελετήσεις τα χαρακτηριστικά μιας δύναμης. Θα χρειαστείς 1 μολύβι (ή 1 στιλό) και 1 χάρακα.

### 1ο χαρακτηριστικό

Το «πόσο» είναι μια δύναμη, ονομάζεται **μέτρο δύναμης**.

- Με το μολύβι άσκησε συνεχώς μία δύναμη στον χάρακα κατά μήκος του χάρακα (εικόνα 1.2.5(α)).
- Κάνε το ίδιο, με μεγαλύτερη δύναμη.
- Το σώμα στη δεύτερη περίπτωση κινήθηκε:

Πιο αργά

Το ίδιο

Πιο γρήγορα

### 2ο χαρακτηριστικό

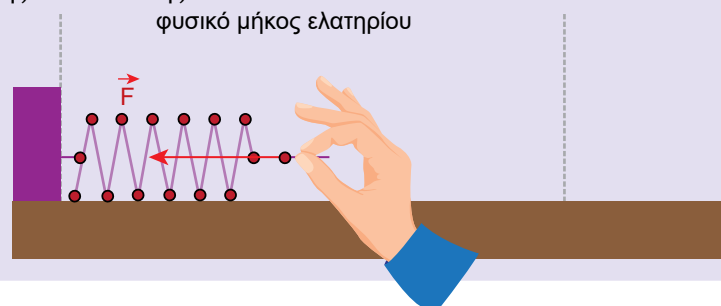
Το «προς τα πού» ασκείται μία δύναμη ονομάζεται **κατεύθυνση δύναμης**.

- Με το μολύβι άσκησε συνεχώς μία δύναμη κατά μήκος του χάρακα από αριστερά προς δεξιά (εικόνα 1.2.5(α)).
- Κάνε το ίδιο, αλλά άσκησε στον χάρακα μία παρόμοια δύναμη ίδιου μέτρου, από δεξιά προς αριστερά (εικόνα 1.2.5(β)).
- Ο χάρακας στη δεύτερη περίπτωση κινήθηκε:

Από αριστερά προς τα δεξιά  Από δεξιά προς αριστερά  Κάθετα στην κατεύθυνση δεξιά - αριστερά

Ψηφιακή δραστηριότητα: **Δύναμη που ασκείται στο άκρο ενός ελατηρίου.**

Στο βίντεο μπορείτε να δείτε την επίδραση που έχουν στο μήκος ενός ελατηρίου δυνάμεις διαφορετικής κατεύθυνσης.



Δύναμη στο ελατήριο

### 3ο χαρακτηριστικό

Το σημείο του σώματος στο οποίο ασκείται η δύναμη λέγεται **σημείο εφαρμογής**.

- Με το μολύβι άσκησε μια δύναμη στο κέντρο του χάρακα ώστε να κινείται παράλληλα με τον εαυτό του (εικόνα 1.2.5(γ)).
- Άσκησε περίπου την ίδια δύναμη κοντά στο ένα άκρο του και κάθετα σε αυτό (εικόνα 1.2.5(δ)).

• **Ποια κίνηση θα κάνει ο χάρακας στη 2η περίπτωση;**

Θα μετακινηθεί χωρίς να περιστραφεί γύρω από κάποιο σημείο

Θα περιστραφεί γύρω από κάποιο σημείο

Θα μετακινηθεί και θα περιστραφεί γύρω από κάποιο σημείο



**Ποια ήταν τα χαρακτηριστικά της δύναμης που, όταν μεταβλήθηκαν, προκάλεσαν τη μεταβολή στην κίνηση του χάρακα;**

.....

.....

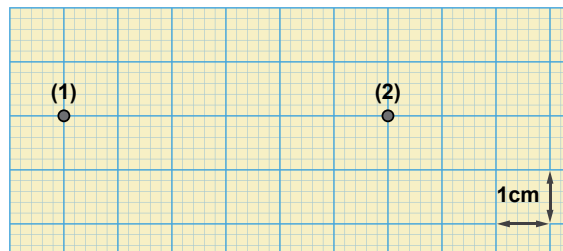
## Σχεδιασμός δύναμης

Τα χαρακτηριστικά μίας δύναμης αποτυπώνονται στο πώς αυτή θα σχεδιαστεί, όταν ασκείται σε ένα σώμα.

### Δραστηριότητα: Σχεδιασμός μίας δύναμης

Στην εικόνα 1.2.6 δίνονται τα σημεία (1) και (2).

- Σχεδιάσε μία ευθεία (ε) με διακεκομμένες γραμμές, που ενώνει τα δύο σημεία.
- Σχεδιάσε το **διάνυσμα της δύναμης**  $\vec{F}$  το οποίο είναι ένα βέλος, που:
  - έχει αρχή το σημείο (1) (σημείο εφαρμογής)
  - έχει τέλος το σημείο (2), εκεί που φτάνει η μύτη του βέλους.
- Εάν κάθε 1cm που φαίνεται στην εικόνα, το αντιστοιχίσεις σε μέτρο δύναμης 1N, τότε το **μέτρο** της δύναμης  $F$  που σχεδίασες, θα είναι ίσο με  $F = \dots\dots\dots$



Εικόνα 1.2.6: Χώρος για τον σχεδιασμό του διανύσματος της δύναμης

Η **κατεύθυνση** της δύναμης που αποτελείται από:

τη διεύθυνσή της, δηλαδή την ευθεία (ε) πάνω στην οποία σχεδίασες τη δύναμη και τη φορά της πάνω σε αυτήν τη διεύθυνση, που είναι από το σημείο ..... προς το σημείο .....



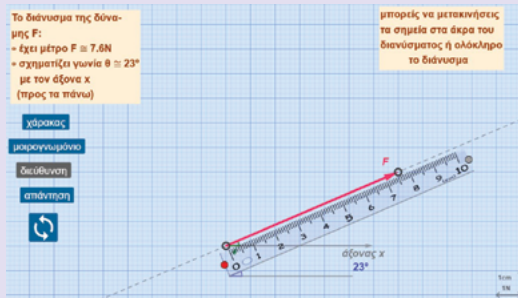
**Μια δύναμη παριστάνεται με ένα διάνυσμα που έχει τα εξής χαρακτηριστικά:**

- Έχει **σημείο εφαρμογής** που είναι η αρχή του διανύσματος.
- Έχει **μέτρο** που είναι το μήκος του διανύσματος σε κατάλληλη κλίμακα.
- Έχει **κατεύθυνση** που είναι η διεύθυνση της δύναμης και η φορά της πάνω σε αυτήν τη διεύθυνση.

### Ψηφιακή δραστηριότητα: Σχεδιασμός και μέτρηση δύναμης

#### Μπορείς:

- να σχεδιάσεις το διάνυσμα μίας δύναμης.
- να αλλάξεις το μήκος της και την κατεύθυνσή της.
- να υπολογίσεις το μέτρο της με τον χάρακα, χρησιμοποιώντας την κλίμακα όπου το 1cm του διανύσματος αντιστοιχεί σε δύναμη 1N.
- να βρεις τη γωνία που σχηματίζει με την οριζόντια διεύθυνση χρησιμοποιώντας το μοιρογνωμόνιο.



Ψηφιακή δραστηριότητα: Σχεδιασμός και μέτρο δύναμης



## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

### Ελατήρια για τη μέτρηση δυνάμεων και μάζας

Τα όργανα με τα οποία μετράμε τις δυνάμεις λέγονται **δυναμόμετρα**.

Ένα τέτοιο όργανο βλέπουμε στην εικόνα **1.2.7(α)**.

Στο εσωτερικό του έχει ένα ελατήριο και όταν στο άκρο του ασκήσουμε μία δύναμη αυτό επιμηκύνεται. Με μια κατάλληλη κλίμακα, έχει αντιστοιχηθεί η παραμόρφωση του ελατηρίου με το μέτρο της αντίστοιχης δύναμης.

Οι **αναλογικές ζυγαριές χειρός** έχουν την ίδια λογική. Έχουν έναν περιστρεφόμενο δείκτη και λειτουργούν με την παραμόρφωση ενός ελατηρίου.

Όταν στο άγκιστρο τοποθετηθεί ένα σώμα, το βάρος του προκαλεί τη παραμόρφωση του ελατηρίου. Επειδή το βάρος και η μάζα είναι ανάλογα μεγέθη, υπολογίζουν κατευθείαν τη μάζα του σώματος.

Επίσης, υπάρχουν αναλογικές ζυγαριές κουζίνας και μπάνιου οι οποίες μετρούν τη μάζα ενός σώματος με τη βοήθεια πολλών ελατηρίων. Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί οι ηλεκτρονικές ή ψηφιακές ζυγαριές, οι οποίες λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο αλλά εμφανίζουν την ένδειξή τους σε μια οθόνη.

### Ελατήρια και ελαστική παραμόρφωση στον αθλητικό χώρο

- Ο αθλητής της εικόνας **1.2.9(α)** χρησιμοποιεί τα ελατήρια γυμναστικής. Ασκεί στα άκρα τους μια δύναμη προσπαθώντας να τα επιμηκύνει. Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκεί, τόσο μεγαλύτερη επιμήκυνση πετυχαίνει. Με αυτόν τον τρόπο γυμνάζει το μυϊκό του σύστημα.
- Στο άλμα επί κοντώ ή επικοντισμός ο αθλητής στην εικόνα **1.2.9(β)** πετυχαίνει μια παραμόρφωση στο κοντάρι έτσι ώστε να τον εκτινάξει ψηλά για να περάσει το εμπόδιο.
- Η αθλήτρια της εικόνας **1.2.9(γ)** τραβάει τη χορδή του τόξου έτσι ώστε το τόξο και η χορδή να παραμορφωθούν ελαστικά. Όταν αφήνει ελεύθερη τη χορδή, μεταφέρεται η αποθηκευμένη ενέργεια στο βέλος το οποίο φεύγει από το τόξο.

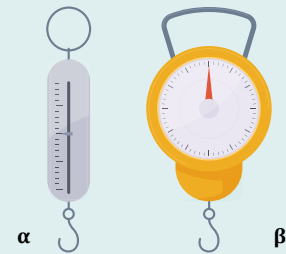
### Ελατήρια σε πολλές συσκευές

Τα ελατήρια, επειδή έχουν την ικανότητα να παραμορφώνονται και να επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση, χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο πλήθος συσκευών.

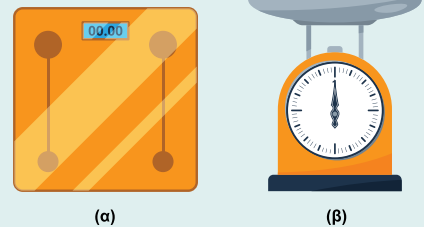
Το μανταλάκι έχει ένα περιστρεφόμενο ελατήριο επαναφοράς το οποίο κρατάει κλειστό το μανταλάκι και αν το ανοίξουμε, το επαναφέρει στην αρχική του θέση.

Κάτι αντίστοιχο υπάρχει στο εσωτερικό των κλειδαριών.

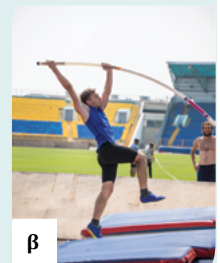
Σε ορισμένα ορθοπεδικά στρώματα επίσης υπάρχουν ελατήρια που βοηθούν την προσαρμογή της σπονδυλικής στήλης κατά τη διάρκεια του ύπνου.



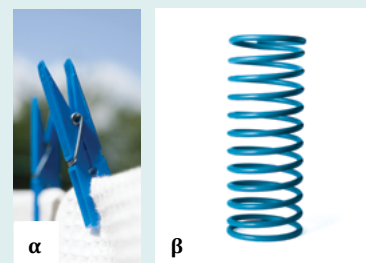
Εικόνα 1.2.7: Δυναμόμετρο και ζυγαριά χειρός



Εικόνα 1.2.8: Ζυγαριά μπάνιου και κουζίνας



Εικόνα 1.2.9: Χρήση των σωμάτων που παραμορφώνονται ελαστικά στον αθλητικό χώρο



Εικόνα 1.2.10: Ελατήρια υπάρχουν στα μανταλάκια, στις κλειδαριές, στα στρώματα κ.λπ.

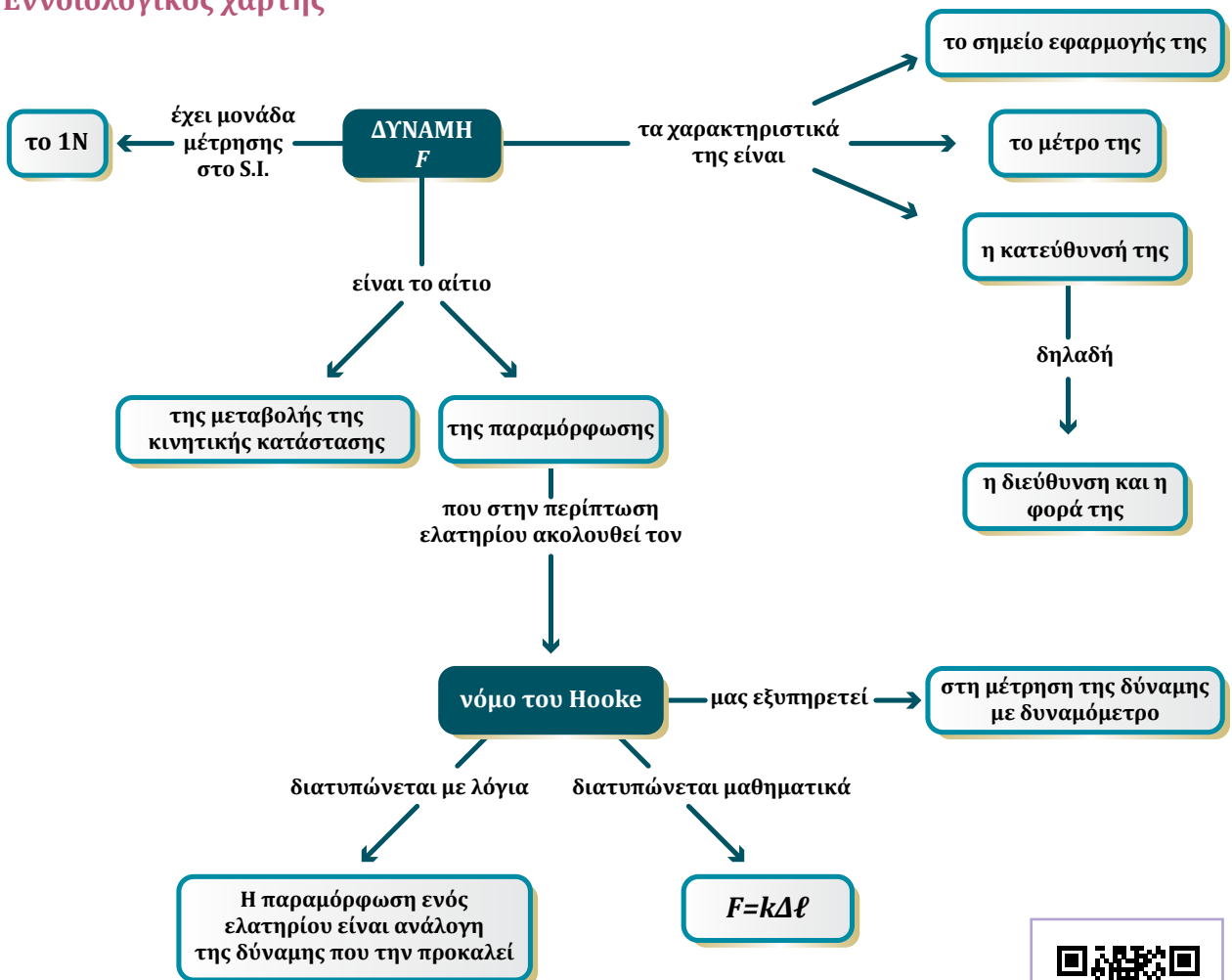
**Ελατήρια στα οχήματα και σε πλήθος μηχανημάτων**

Οι αναρτήσεις του αυτοκινήτου, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.2.11(α), έχουν ελατήρια επαναφοράς που μαζί με τα αμορτισέρ βοηθούν στην ασφαλή οδήγηση του αυτοκινήτου. Επίσης, υπάρχουν ελατήρια στο σύστημα ανάρτησης στα πιο βαριά οχήματα, όπως είναι τα φορτηγά και τα τρένα (εικόνα 1.2.11(β)).



Εικόνα 1.2.11: Ελατήρια στο σύστημα ανάρτησης αυτοκινήτου και τρένου

**Εννοιολογικός χάρτης**



Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής



## 1.2 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Συμπληρώστε τα κενά με τις λέξεις: κινητική, παραμόρφωση, δύναμη.  
Για να υπάρξει μεταβολή στην ..... κατάσταση ενός σώματος, πρέπει να του ασκηθεί μία ..... Η εφαρμογή δύναμης σε ένα σώμα μπορεί να προκαλέσει και / ή την ..... του.
2. Σημειώστε Σ αν η πρόταση είναι σωστή ή Λ αν είναι λανθασμένη.
- Α. Η δύναμη είναι μέγεθος διανυσματικό.
- Β. Μια δύναμη  $F = 20 \text{ N}$  θα προκαλέσει σε μια μπάλα το ίδιο αποτέλεσμα σε όποιο σημείο της και αν ασκηθεί.
- Γ. Τα χαρακτηριστικά της δύναμης είναι το μέτρο της, το σημείο εφαρμογής της και η κατεύθυνσή της.
- Δ. Τα όργανα με τα οποία μετράμε τις δυνάμεις λέγονται βαρόμετρα.
3. Να επιλέξετε τη σωστή πρόταση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας. Όταν ασκούμε μια δύναμη  $F$  σε ένα ιδανικό ελατήριο, αυτό επιμηκύνεται κατά  $\Delta\ell$ . Αν ασκήσουμε προς την ίδια κατεύθυνση δύναμη  $2F$ , τότε το ελατήριο.
- Α. Θα συσπειρωθεί κατά  $2\Delta\ell$ .  
Β. Θα επιμηκυνθεί κατά  $2\Delta\ell$ .  
Γ. Θα συσπειρωθεί κατά  $\Delta\ell$ .  
Δ. Θα επιμηκυνθεί κατά  $\Delta\ell$ .
4. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις: Ένα ελατήριο έχει σταθερά ίση με  $k = 5\text{N/cm}$ .
- Α. Το ελατήριο θα παραμορφωθεί κατά  $1\text{cm}$  αν του ασκηθεί δύναμη ίση με .....
- Β. Το ελατήριο θα παραμορφωθεί κατά ..... αν του ασκηθεί δύναμη ίση με  $15\text{N}$ .
- Γ. Το ελατήριο θα παραμορφωθεί κατά  $5\text{cm}$  αν του ασκηθεί δύναμη ίση με .....



## 1.2 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Στο ελεύθερο άκρο ενός ελατηρίου ασκούμε δυνάμεις και μετρούμε κάθε φορά την επιμήκυνση που προκαλούν στο ελατήριο. Αρχικά ασκούμε μια δύναμη  $F = 10\text{N}$  και μετράμε επιμήκυνση ελατηρίου ίση με  $2\text{cm}$ .
- Α. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα:

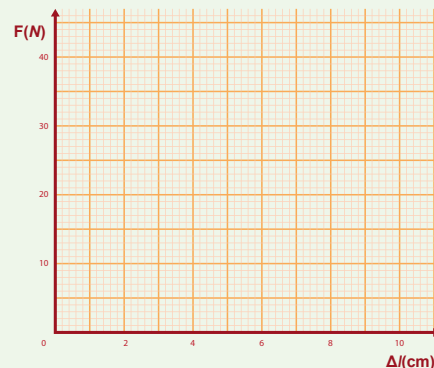
Δύναμη $F(\text{N})$	10		30	
Επιμήκυνση $\Delta\ell$ (cm)	2	4		8

- Β. Με τις τιμές του πίνακα να κατασκευάσετε στο χαρτί μιλιμετρέ το διάγραμμα δύναμης - επιμήκυνσης.

- Γ. Με τη βοήθεια του διαγράμματος που κατασκευάσατε, να βρείτε:

α) Τη δύναμη που προκαλεί επιμήκυνση ίση με  $9\text{cm}$ .

β) Την επιμήκυνση που προκαλεί μία δύναμη  $15\text{N}$ .

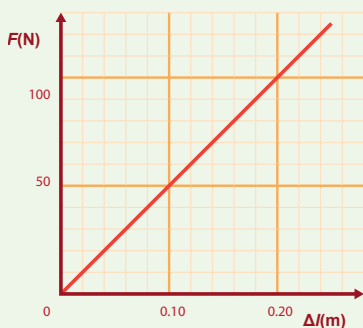


2. Σε ένα ιδανικό ελατήριο όταν ασκούμε μια δύναμη  $F_1 = 10\text{N}$ , αυτό επιμηκύνεται κατά  $\Delta\ell_1 = 6\text{cm}$ .

Να βρείτε:

A. Την επιπλέον επιμήκυνση του ελατηρίου, αν αυξήσουμε τη δύναμη κατά 5N.

B. Τη συνολική δύναμη που ασκείται στο ελατήριο και τη συνολική επιμήκυνσή του.



3. Δίνεται το διάγραμμα δύναμης επιμήκυνσης. Για επιμήκυνση 0,2m αντιστοιχεί δύναμη 100N για ένα ιδανικό ελατήριο που υπακούει στον νόμο του Hooke.

A. Να βρείτε από το διάγραμμα τη δύναμη που απαιτείται για να επιμηκυνθεί το ελατήριο κατά 10cm;

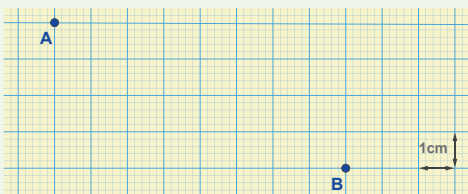
B. Πόση είναι η σταθερά του ελατηρίου  $k$ ;

Γ. Πόση επιμήκυνση προκαλεί στο ελατήριο μια δύναμη των 250N;

4. Με σημείο εφαρμογής το σημείο A σχεδιάστε με οριζόντια διεύθυνση μια δύναμη με μέτρο  $F_1 = 5\text{N}$  και φορά προς τα δεξιά.

Με σημείο εφαρμογής το σημείο B σχεδιάστε με κατακόρυφη διεύθυνση μια δύναμη με μέτρο  $F_2 = 3\text{N}$  και φορά προς τα πάνω.

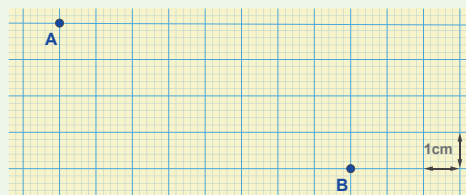
Αντιστοιχίστε το 1cm σε 1N δύναμης.



5. Με σημείο εφαρμογής το σημείο A σχεδιάστε με κατακόρυφη διεύθυνση μια δύναμη με μέτρο  $F_1 = 6\text{N}$  και φορά προς τα κάτω.

Με σημείο εφαρμογής το σημείο B σχεδιάστε με οριζόντια διεύθυνση μια δύναμη με μέτρο  $F_2 = 10\text{N}$  και φορά προς τα αριστερά.

Αντιστοιχίστε το 1cm σε 2N δύναμης.



6. A. Με σημείο εφαρμογής το σημείο A σχεδιάστε μια δύναμη που να έχει μέτρο 8N και να βρίσκεται κατά μήκος της διακεκομμένης γραμμής, με κλίμακα 1cm – 1N.

B. Πώς θα ορίζατε την κατεύθυνση αυτής της δύναμης;

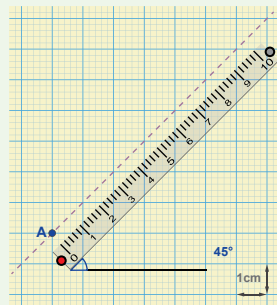
.....

.....

.....

.....

.....



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

## 1.3. Κάθε δράση έχει αντίδραση. Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να αναγνωρίζεις και να σχεδιάζεις τη δύναμη ως δράση ενός σώματος σε άλλο.
2. Να αναγνωρίζεις ότι κατά την αλληλεπίδραση δύο σωμάτων οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντα ως ζεύγη που ασκούνται σε διαφορετικά σώματα, ακολουθώντας τον 3ο νόμο του Newton.
3. Να αναφέρεις τις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις σύμφωνα με το καθιερωμένο πρότυπο.
4. Να αναγνωρίζεις ότι όλες οι δυνάμεις της φύσης απορρέουν από τις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις.



Εικόνα 1.3.1: Διάφορες αλληλεπιδράσεις που παρατηρούνται στον μακρόκοσμο



### Ας αναρωτηθούμε

Σε κάθε εικόνα της 1.3.1, υπάρχουν δύο σώματα που αλληλεπιδρούν και σε κάθε ένα από αυτά έχει σχεδιαστεί η δύναμη που δέχεται το σώμα από το άλλο. Τι παρατηρείτε;



Στον μακρόκοσμο παρατηρούνται δύο ειδών αλληλεπιδράσεις, οι οποίες καθορίζουν τα φαινόμενα. Οι **βαρυτικές αλληλεπιδράσεις**, οι οποίες οφείλονται στη μάζα των σωμάτων και οι **ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις**, οι οποίες οφείλονται στο ηλεκτρικό φορτίο των σωμάτων. Οι ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις περιλαμβάνουν τις ηλεκτρικές δυνάμεις μεταξύ ακίνητων ηλεκτρικά φορτισμένων σωμάτων και τις μαγνητικές δυνάμεις μεταξύ κινούμενων ηλεκτρικά φορτισμένων σωματιδίων και μαγνητών.

Οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν μέσω των κινούμενων ηλεκτρικά φορτισμένων σωματιδίων στο εσωτερικό τους. Η δύναμη που ασκούμε όταν σπρώχνουμε ένα σώμα προκύπτει από την περίπλοκη ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση των μορίων στις επιφάνειες του χεριού και του αντικειμένου. Το ίδιο ισχύει και για την τριβή.

Σε ποια ή ποιες από τις περιπτώσεις της εικόνας 1.3.1, οι αλληλεπιδράσεις δεν είναι ηλεκτρομαγνητικές;

### Δράση - αντίδραση



Αν τραβούσες με το χέρι σου τη μια άκρη από ένα λαστιχάκι (**δράση**) του οποίου η άλλη άκρη είναι στερεωμένη στην καρέκλα, τότε το χέρι σου θα δεχόταν δύναμη (**αντίδραση**) από το λαστιχάκι;

ΝΑΙ



ΟΧΙ



Αν απάντησες ΝΑΙ, ποια κατεύθυνση θα έχει αυτή η **δύναμη-αντίδραση** σε σύγκριση με τη **δύναμη-δράση** που ασκεί το χέρι σου στο λαστιχάκι;



### Πρακτική δραστηριότητα: Δράση - αντίδραση

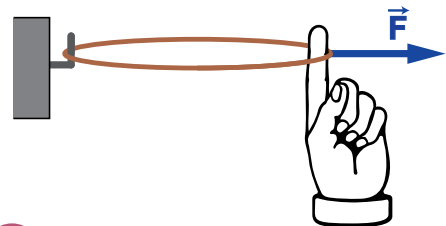
Πέρνα ένα λαστιχάκι από το πόδι της καρέκλας σου ή στήριξέ το όπως φαίνεται στην εικόνα 1.3.2 και τράβηξέ το με το χέρι σου (**δράση**) για να τεντώσει. Προφανώς, όσο περισσότερο τεντώνει το λαστιχάκι τόσο μεγαλύτερη δύναμη του ασκείς.

Το χέρι σου δέχεται δύναμη (**αντίδραση**) από το λαστιχάκι;

ΝΑΙ



ΟΧΙ



Εικόνα 1.3.2

Αν απάντησες ΝΑΙ, ποια κατεύθυνση έχει αυτή η **δύναμη-αντίδραση** σε σύγκριση με τη **δύναμη-δράση** που ασκεί το χέρι σου στο λαστιχάκι; .....

Επίσης, αν μεγαλώνεις τη **δύναμη-δράση** που ασκείς στο λαστιχάκι, τι συμβαίνει με τη **δύναμη-αντίδραση** που δέχεται το χέρι σου από το λαστιχάκι; .....

ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ



ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ



### Ψηφιακή δραστηριότητα: Δράση - αντίδραση

Μπορείς να ασκήσεις δύναμη σε ένα δυναμόμετρο, όπως ακριβώς με το λαστιχάκι και να προσδιορίσεις τη δράση και την αντίδραση. Επιπλέον, μπορείς να δεις τη λειτουργία του δυναμόμετρου και ποια δύναμη μετράει.



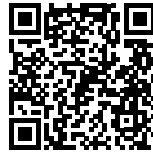
Δράση-Αντίδραση



Δράση  
Αντίδραση 1



Δράση  
Αντίδραση 2



Δράση  
Αντίδραση 3



Παρουσιάζονται τρία βίντεο όπου δύο σώματα αλληλεπιδρούν. Μπορείς να εντοπίσεις τα ζεύγη των δυνάμεων δράση – αντίδραση σε κάθε περίπτωση;



Γράψε το συμπέρασμά σου για τη **δύναμη-δράση** και για τη **δύναμη-αντίδραση**:

.....

.....

.....

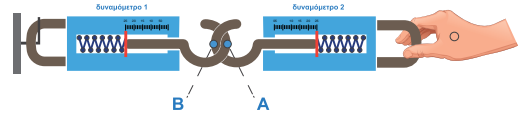
## Μέτρηση της δράσης – αντίδρασης

### 3ος νόμος του Νεύτωνα



Τα δύο δυναμόμετρα της εικόνας 1.3.3 συνδέονται και αλληλεπιδρούν μέσω των γάντζων που έχουν στα άκρα τους. Η ένδειξη του στερεωμένου δυναμόμετρου 1 θα είναι η δύναμη που του ασκεί το δυναμόμετρο 2 όταν το τραβάμε από δεξιά. Η ένδειξη του δυναμόμετρου 2 θα είναι η δύναμη που του ασκεί το στερεωμένο δυναμόμετρο 1.

Σχεδίασε πάνω στην εικόνα 1.3.3, στα σημεία A και B, τη δύναμη που δέχεται κάθε δυναμόμετρο από το άλλο. Αν κάποιος δεν δέχεται δύναμη, μην τη σχεδιάσεις.



Εικόνα 1.3.3: Δυνάμεις στα δυναμόμετρα



## Πειραματική δραστηριότητα: Δράση-αντίδραση και 3ος νόμος του Νεύτωνα

### Θα χρειαστείς:

2 δυναμόμετρα

### Διαδικασία

- Σύνδεσε δύο δυναμόμετρα ώστε το ένα να είναι στερεωμένο (δυναμόμετρο 1) και τράβηξε ελαφρά το άλλο (δυναμόμετρο 2), όπως φαίνεται στην εικόνα 1.3.3.
- Η ένδειξη του δυναμόμετρου 1 θα είναι η δύναμη που του ασκεί το δυναμόμετρο 2 και η ένδειξη του δυναμόμετρου 2 θα είναι η δύναμη που του ασκεί το στερεωμένο δυναμόμετρο 1.
- Σημείωσε τις ενδείξεις των δύο δυναμόμετρων στον Πίνακα 1 (Μην αυξομειώνεις το τράβηγμα όταν καταγράφεις τις ενδείξεις).
- Επανάλαβε άλλες τέσσερις φορές τραβώντας όμως όλο και πιο δυνατά το δυναμόμετρο 2 και συμπλήρωσε τον Πίνακα 1.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Ένδειξη δυναμόμετρου 1	Ένδειξη δυναμόμετρου 2

### Υπόδειξη

Ακολούθησε την οδηγία του/της καθηγητή/τριας σου ώστε το δυναμόμετρο στα αριστερά της εικόνας να είναι καλά στερεωμένο και να μην υπάρχει περίπτωση ανατροπής. Θα μπορούσε να το κρατάει σταθερά ένας συμμαθητής ή μια συμμαθήτρια της ομάδας σου.

Είναι δυνατόν την ίδια στιγμή να εμφανίζονται διαφορετικές ενδείξεις στα δύο δυναμόμετρα;

NAI  OXI

Οι δυνάμεις που μετρούν τα δύο δυναμόμετρα θα έχουν ίσα μέτρα;

NAI  OXI

Οι δυνάμεις αυτές θα έχουν αντίθετες κατευθύνσεις;

NAI  OXI

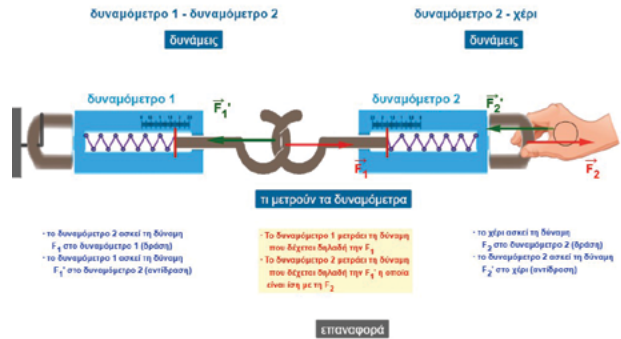
Οι δυνάμεις αυτές έχουν το ίδιο σημείο εφαρμογής;

NAI  OXI

### Εικονικό εργαστήριο: Δράση – αντίδραση



Εμφανίζει 2 δυναμόμετρα και ένα χέρι που τραβάει το ένα δυναμόμετρο. Μπορείς να παρατηρήσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στα δυναμόμετρα και να δεις τις ενδείξεις των δύο δυναμόμετρων.



### 3ος νόμος του Νεύτωνα

Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις που λείπουν (Έλεγξε τις απαντήσεις σου μέσω του συνδέσμου).

Όταν ένα σώμα Α ασκεί δύναμη σε ένα σώμα Β (δράση), τότε και το σώμα Β θα ασκεί δύναμη ίσου .....αλλά ..... κατεύθυνσης στο σώμα Α (αντίδραση). Ο νόμος αυτός είναι γνωστός και ως νόμος δράσης – αντίδρασης. Οι δυνάμεις που περιγράφουν την ..... δύο σωμάτων έχουν την ίδια ....., ίσα ....., αντίθετες ..... αλλά διαφορετικά σημεία ..... στα δύο σώματα.



### ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΓΕΝΙΚΕΥΣΕΙΣ

#### 1. Ο 3ος νόμος του Νεύτωνα στην καθημερινότητα

Με τον 3ο νόμο του Νεύτωνα μπορείς να εξηγήσεις πολλά πράγματα της καθημερινότητας. Προσπάθησε να εξηγήσεις τις διπλανές κινήσεις με τη βοήθεια του 3ου νόμου του Νεύτωνα.



Εικόνα 1.3.4: Κολύμβηση



Εικόνα 1.3.5: Κωπηλασία



Εικόνα 1.3.6: Ιστιοπλοΐα



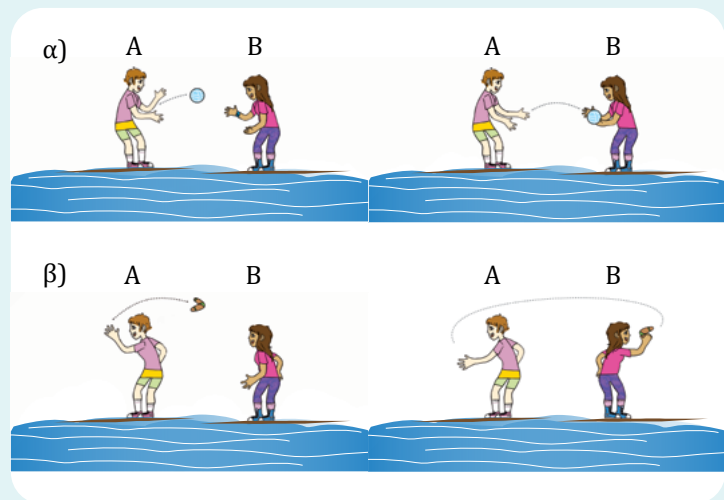
Εικόνα 1.3.7: Προώθηση πυραύλου

## 2. Αλληλεπιδράσεις στον μικρόκοσμο

Στον μικρόκοσμο, δηλαδή στο μοριακό, ατομικό και υποατομικό επίπεδο, οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις είναι αυτές που κρατούν τα ηλεκτρόνια των ατόμων γύρω από τον πυρήνα και αναγκάζουν τα άτομα να συγκροτούν μόρια. Όμως, ούτε οι **βαρυτικές** αλλά ούτε και οι **ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις** μπορούν να εξηγήσουν τη συγκρότηση του πυρήνα των ατόμων και των συστατικών του. Αυτή εξηγείται από μια τρίτη θεμελιώδη αλληλεπίδραση, την **ισχυρή πυρηνική αλληλεπίδραση**. Επίσης, χρειάστηκε η εισαγωγή μιας ακόμα θεμελιώδους αλληλεπίδρασης για την εξήγηση της μετατροπής των νετρονίων σε πρωτόνια. Η τέταρτη αυτή θεμελιώδης αλληλεπίδραση ονομάστηκε **ασθενής πυρηνική αλληλεπίδραση**.

Οι άνθρωποι από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα προσπαθούν να κατανοήσουν τη φύση των δυνάμεων που επηρεάζουν τον κόσμο. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ σωματιδίων συχνά περιγράφονται μέσω των αντίστοιχων πεδίων που τα περιβάλλουν. Πεδίο γενικά είναι ο χώρος μέσα στον οποίο συμβαίνουν αυτές οι αλληλεπιδράσεις. Σύμφωνα με το καθιερωμένο πρότυπο, οι δυνάμεις μεταξύ σωματιδίων του μικρόκοσμου οφείλονται σε κάποια σωματίδια ανταλλαγής. Αυτά τα σωματίδια ανταλλαγής ανήκουν σε μια ειδική κατηγορία σωματιδίων του μικρόκοσμου που καλούνται **μποζόνια**. Τα μποζόνια μεταφέρουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ σωματιδίων. Η εμβέλεια μιας αλληλεπίδρασης μειώνεται με την αύξηση της μάζας του σωματιδίου ανταλλαγής. Όταν το σωματίδιο ανταλλαγής έχει μηδενική μάζα, η εμβέλεια της αντίστοιχης αλληλεπίδρασης είναι άπειρη.

Ένα μηχανικό ανάλογο που δείχνει πώς εμφανίζονται οι δυνάμεις σε μικροσκοπικό/υποατομικό επίπεδο φαίνεται στη διπλή εικόνα. Όταν τα δύο παιδιά ανταλλάσσουν μια βαριά μπάλα, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.3.8α, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απωστική αλληλεπίδρασή τους. Όταν ανταλλάσσουν ένα μπούμερανγκ, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.3.8β, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελκτική αλληλεπίδρασή τους.



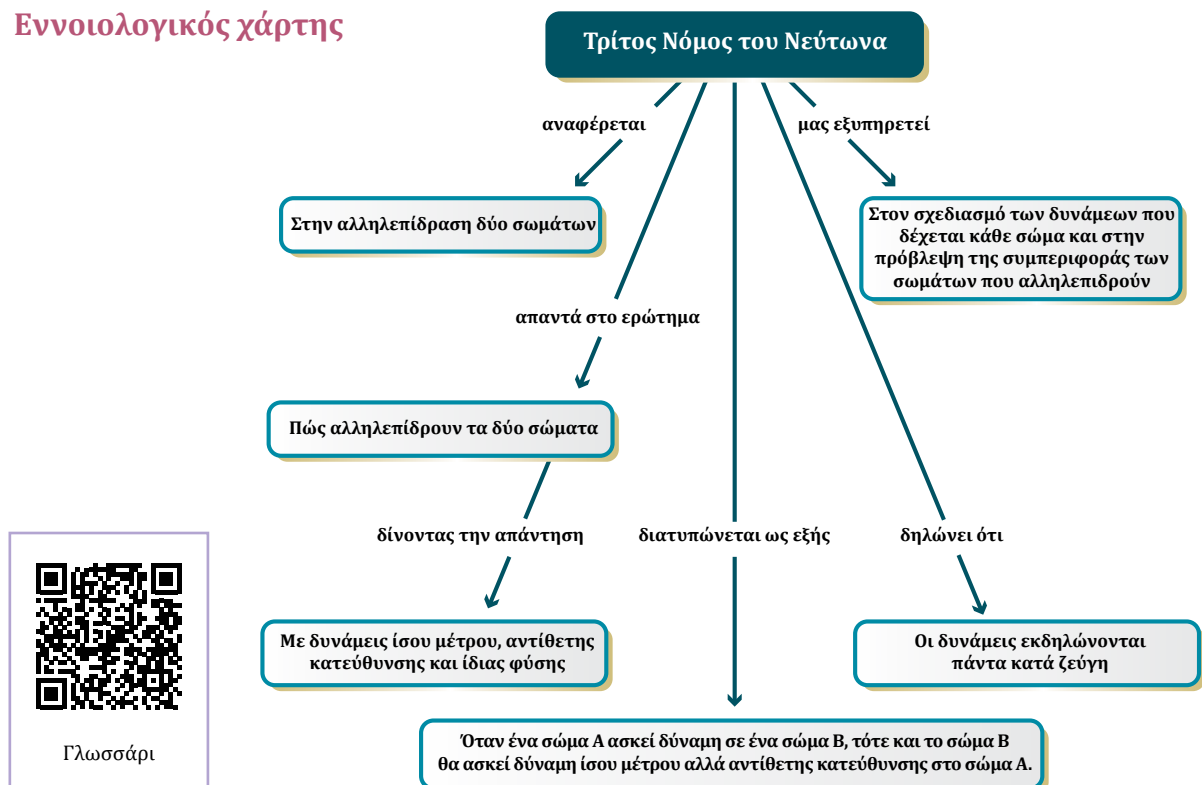
**Εικόνα 1.3.8:** Μηχανικό ανάλογο εμφάνισης δυνάμεων σε μικροσκοπικό επίπεδο

Στον παρακάτω **Πίνακα 2** φαίνονται οι τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις και τα χαρακτηριστικά τους σύμφωνα με το καθιερωμένο πρότυπο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2				
ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ	ΕΜΒΕΛΕΙΑ	ΣΩΜΑΤΙΔΙΟ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ	ΣΧΕΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Βαρυτική	Άπειρη	Γκραβιτόνιο (υποθετικό)	1	Έλξη μεταξύ μαζών κυριαρχεί στο μακρόκοσμο
Ηλεκτρομαγνητική	Άπειρη	Φωτόνιο	$10^{36}$	Έλξη και άπωση μεταξύ φορτισμένων σωματιδίων
Ασθενής πυρηνική	Πολύ μικρότερη ακόμα και από το μέγεθος του πυρήνα	W και Z μποζόνια	$10^{25}$	Μεσολαβεί στη ραδιενεργό διάσπαση β και σε αλληλεπιδράσεις νετρίνων
Ισχυρή πυρηνική	Πολύ μικρή, στο μέγεθος του πυρήνα	Γλουόνιο	$10^{38}$	Συγκρατεί τα πρωτόνια και τα νετρόνια συγκροτώντας τον ατομικό πυρήνα αλλά και τα κουάρκ μέσα στα πρωτόνια και τα νετρόνια

Η ενοποιημένη θεώρηση όλων των αλληλεπιδράσεων σε μία μόνο θεωρία αποτελεί εδώ και καιρό κεντρικό ζήτημα της Φυσικής. Το Καθιερωμένο Πρότυπο της Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων περιγράφει επιτυχώς τρεις (ηλεκτρομαγνητικές, ασθενείς και ισχυρές αλληλεπιδράσεις) από τις τέσσερις γνωστές αλληλεπιδράσεις της φύσης, αλλά απομένει η τελική ενοποίηση με τη γενική σχετικότητα, η οποία διέπει τη δύναμη της βαρύτητας και τη φύση του χώρου και του χρόνου.

### Εννοιολογικός χάρτης





## 1.3 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

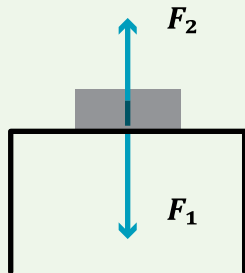
## 1. Συμπληρώστε τα κενά:

Οι δυνάμεις στη φύση εμφανίζονται κατά ζεύγη και σε κάθε δύναμη (δράση) αντιστοιχεί μια αντίδραση με ίσο ..... και ..... κατεύθυνση. Η δράση και η αντίδραση ..... σε δύο διαφορετικά σώματα.

## 2. Στις παρακάτω προτάσεις σημειώστε Σ αν είναι σωστές και Λ αν είναι λανθασμένες.

Στην εικόνα φαίνονται δύο δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$ , οι οποίες περιγράφουν την αλληλεπίδραση του βιβλίου με το τραπέζι.

- Α. Η δύναμη  $F_2$  ασκείται από το βιβλίο στο τραπέζι.
- Β. Η δύναμη  $F_1$  ασκείται στο βιβλίο από το τραπέζι.
- Γ. Η δύναμη  $F_1$  ασκείται στο τραπέζι από το βιβλίο.
- Δ. Η δύναμη  $F_2$  ασκείται από το τραπέζι στο βιβλίο.



## 3. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Ταξιδεύεις στον αυτοκινητόδρομο και ένα έντομο χτυπά στο παρμπρίζ.

- Α. Μεγαλύτερη δύναμη ασκεί το έντομο στο αυτοκίνητο.
- Β. Μεγαλύτερη δύναμη ασκεί το αυτοκίνητο στο έντομο.
- Γ. Και τα δύο ασκούν το ένα στο άλλο δυνάμεις ίσου μέτρου.

## 4. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Αν ένας άνθρωπος πηδήξει από μια βάρκα στην προκουμαία, τότε η βάρκα.

- Α. Θα πλησιάσει προς την προκουμαία.
- Β. Θα απομακρυνθεί από την προκουμαία.
- Γ. Θα παραμείνει ακίνητη.

## 5. Ψηφιακό ερωτηματολόγιο για το καθιερωμένο πρότυπο.



## 1.3 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

## 1. Όταν ένα όπλο πυροβολεί, ασκείται μια δύναμη (δράση) από το όπλο στο βλήμα. Να εξηγήσετε γιατί το όπλο «κλωτσά» προς τα πίσω.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Στη γλώσσα της Φυσικής το τίναγμα του όπλου προς τα πίσω λέγεται **ανάκρουση**.

2. Τα άλογα τραβούν το κάρο ασκώντας του δύναμη  $F_1 = 100\text{N}$ . Πόση θα είναι η αντίδραση  $F_2$  που δέχονται τα άλογα; Να σχεδιάσετε τις δύο αυτές δυνάμεις στην εικόνα.3. Δύο άνθρωποι πάνω σε πατίνια αλληλεπιδρούν μέσω σχοινιού. Το σχοινί είναι τεντωμένο και δεν γλιστρά στα χέρια των ανθρώπων. Ο ένας που έχει μάζα  $m_1$  τραβά το σκοινί και ο άλλος που έχει μάζα  $m_2 > m_1$  το κρατά.

Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχονται οι δύο άνθρωποι από το σχοινί και να σχολιάσετε τι ισχύει για τα μέτρα τους.

4. Αυτοκίνητο συγκρούεται με ακλόνητο εμπόδιο. Κατά τη σύγκρουση του αυτοκινήτου με το εμπόδιο, να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται το αυτοκίνητο και το εμπόδιο κάποια στιγμή κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης και να σχολιάσετε τι ισχύει για τα μέτρα τους.



5. Ο βαρόνος Μινχάουζεν σε μία από τις διηγήσεις του αναφέρει ότι κάποια φορά που το άλογό του κόλλησε στον βούρκο, προκειμένου να το ξεκολλήσει, έβαλε όλη τη δύναμή του τραβώντας προς τα πάνω την κοτσίδα του μέχρι που το κατάφερε. Τι λέτε; Μπορεί να γίνει πιστευτή αυτή η ιστορία υποθέτοντας ότι ο βαρόνος ήταν πάρα πολύ δυνατός; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

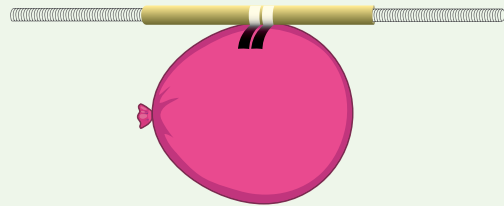
### ! Συνθετικές εργασίες - Ιδιοκατασκευές

1.3.1. Βιβλιογραφική αναζήτηση και παρουσίαση των τεσσάρων θεμελιωδών αλληλεπιδράσεων κατά το καθιερωμένο πρότυπο και τις προσπάθειες των επιστημόνων για ενοποίησή τους.



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

1.3.2. Ιδιοκατασκευή με μπαλόνι, καλαμάκι, κολλητική ταινία και σπάγγο, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.3.9. Ξεφουσκώνοντας, το μπαλόνι προωθείται.



Εικόνα 1.3.9.





Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά θα εξετάσεις πώς οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα συνδυάζονται για να δώσουν μια συνολική επίδραση, που ονομάζεται συνισταμένη δύναμη. Θα μάθεις να υπολογίζεις και να σχεδιάζεις τη συνισταμένη τόσο για συγγραμμικές όσο και για μη συγγραμμικές δυνάμεις, συμπεριλαμβανομένης της περίπτωσης δύο κάθετων δυνάμεων.

Στη συνέχεια, θα γνωρίσεις την έννοια «αδράνεια», η οποία περιγράφει την τάση των σωμάτων να διατηρούν την κινητική τους κατάσταση. Η αδράνεια σχετίζεται με τη μάζα ενός σώματος και αποτελεί τη βάση για τον πρώτο **νόμο του Newton**, ο οποίος δηλώνει ότι ένα σώμα παραμένει σε ηρεμία ή κινείται ευθύγραμμα και ομαλά, αν δεν ασκείται σε αυτό συνισταμένη δύναμη.

Τέλος θα μελετήσεις την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, δηλαδή την κίνηση με σταθερή ταχύτητα σε ευθεία γραμμή, χρησιμοποιώντας και διαγράμματα ταχύτητας-χρόνου και μετατόπισης-χρόνου για την πειραματική ανάλυση της κίνησης αυτής.

# 02.

## Η Ισορροπία Δυνάμεων – Ομαλή Κίνηση

### ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

- 2.1. Δράση περισσότερων της μιας δύναμης σε ένα σώμα
- 2.2. Ισορροπία σώματος
- 2.3. Ομαλή Κίνηση

# Κεφάλαιο 2 – Η Ισορροπία Δυνάμεων – Ομαλή κίνηση

## 2.1. Δράση περισσότερων της μίας δύναμης σε ένα σώμα

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να ορίζεις τη συνισταμένη δύο ή περισσότερων δυνάμεων.
2. Να υπολογίζεις και να σχεδιάζεις τη συνισταμένη δύναμη δύο ή περισσότερων συγγραμμικών δυνάμεων.
3. Να σχεδιάζεις γραφικά τη συνισταμένη δύναμη μη συγγραμμικών δυνάμεων και για την περίπτωση δυο καθέτων να την υπολογίζεις.



1



2



4



5



8



6



7



9

Εικόνα 2.1.1: Άσκηση δυνάμεων σε διάφορες περιπτώσεις



### Ας αναρωτηθούμε

Σε κάποιες από τις περιπτώσεις 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 και 9 που φαίνονται στην εικόνα 2.1.1, οι δυνάμεις που ασκούν οι άνθρωποι:

- Έχουν την ίδια διεύθυνση και την ίδια φορά.
- Έχουν την ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά.
- Έχουν διευθύνσεις που σχηματίζουν τυχαία γωνία.

Μπορούμε να αντικαταστήσουμε αυτές τις δυνάμεις με **μία μόνο δύναμη** και να προκαλέσουμε το ίδιο αποτέλεσμα;



Στη γλώσσα της Φυσικής μία δύναμη που φέρνει το ίδιο αποτέλεσμα με δύο ή περισσότερες δυνάμεις ονομάζεται **συνισταμένη** των δυνάμεων αυτών.

**Σύνθεση** δυνάμεων ονομάζεται η διαδικασία που κάνουμε για να υπολογίσουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων.

## Σύνθεση δύο συγγραμμικών δυνάμεων ίδιας φοράς



Το πάνω άκρο ενός ελατηρίου είναι στερεωμένο στην οροφή. Όταν στο κάτω άκρο του ελατηρίου κρεμάσεις δύο βαρίδια βάρους  $w_1=1\text{ N}$  και  $w_2=2\text{ N}$  αντίστοιχα, παρατηρείς ότι το ελατήριο επιμηκύνεται κατά  $6\text{ cm}$ . Στη συνέχεια αφαιρείς τα βαρίδια και ακολούθως κρεμάς ένα βαρίδι με άγνωστο βάρος  $w$  και παρατηρείς ότι πάλι το ελατήριο τεντώνεται κατά  $6\text{ cm}$ . Ποια θα είναι η τιμή του βάρους  $w$ ;

$$w = \dots\dots\dots$$



Η βαρυτική δύναμη που ασκεί η Γη στο σώμα λέγεται **βάρος** του σώματος  $w$ . Η μάζα των  $100\text{ g}$  όταν είναι στην επιφάνεια της Γης δέχεται βαρυτική δύναμη από τη Γη  $1\text{ N}$ .



## Πειραματική δραστηριότητα: Σύνθεση δύο συγγραμμικών δυνάμεων ίδιας φοράς δύναμης

### Θα χρειαστείς:

- δύο λαστιχάκια ενωμένα με θηλιά,
- έναν χάρακα,
- 5 βαρίδια του εργαστηρίου  $50\text{g}$ ,  $50\text{g}$ ,  $100\text{g}$ ,  $150\text{g}$  και  $200\text{g}$ ,
- σελοτέιπ, στιλό και μία σελίδα A4.

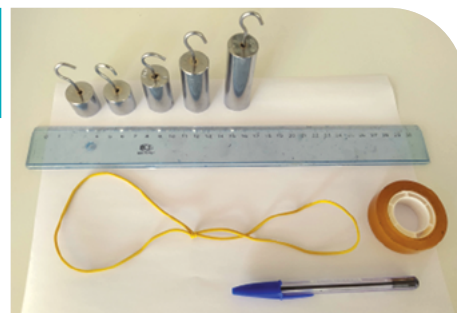
### Διάταξη

- Το ένα άκρο από τα λαστιχάκια κόλλησέ το με σελοτέιπ στην κορυφή του χάρακα αφού το γυρίσεις και από την άλλη μεριά (εικόνα 2.1.3).
- Στερέωσε τη διάταξη (ή κράτησέ τη με το χέρι) και προαιρετικά μπορείς να κολλήσεις το χαρτί A4 πίσω από τον χάρακα.
- Στο ελεύθερο άκρο από τα λαστιχάκια μπορείς να κρεμάσεις βάρη και να δεις σε ποιο σημείο φτάνει (εικόνα 2.1.3).

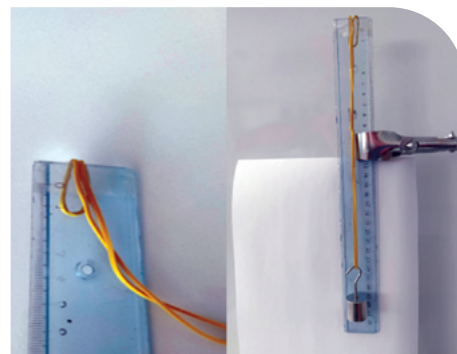
### Διαδικασία

Θα χρησιμοποιήσεις 3 βαρίδια από τα 5 που έχεις, με βάρη  $w_1$ ,  $w_2$  και  $w_3$  για τα οποία θα ισχύει:  $w_1 + w_2 = w_3$

- Στο ελεύθερο άκρο από τα λαστιχάκια κρέμασε από το ίδιο σημείο τα βαρίδια με βάρη  $w_1$  και  $w_2$ .
- Σημείωσε την ένδειξη που φτάνει το άκρο από το λαστιχάκι στον χάρακα ή στο χαρτί.
- Συμπλήρωσε την πρώτη σειρά του Πίνακα 1.
- Στη συνέχεια, κρέμασε το βαρίδι με βάρος  $w_3$  και σημείωσε ξανά την ένδειξη στον χάρακα ή στο χαρτί.
- Συμπλήρωσε τη δεύτερη σειρά του Πίνακα 1.



Εικόνα 2.1.2: Υλικά για τη διάταξη της σύνθεσης συγγραμμικών δυνάμεων ίδιας φοράς



Εικόνα 2.1.3: Πειραματική διάταξη

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

	Βάρος (N)	Επιμήκυνση (cm)
1ο Βαρίδι		
2ο Βαρίδι		
3ο Βαρίδι		

Το 1ο και το 2ο βαρίδι μαζί, προκαλούν την ίδια επιμήκυνση στο λαστιχάκι με το 3ο βαρίδι;

ΝΑΙ

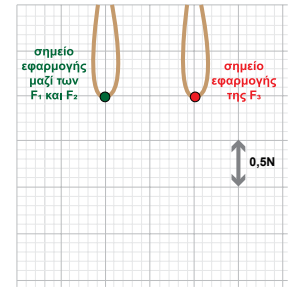
ΟΧΙ

- Στο σχήμα 2.1.4 φαίνεται το σημείο από το λαστιχάκι στο οποίο ακουμπά ο γάντζος του βαριδίου. Στο πράσινο σημείο σχεδίασε τη δύναμη  $F_1$ , που ασκεί το 1ο βαρίδι στο λαστιχάκι και τη δύναμη  $F_2$  που ασκεί το 2ο βαρίδι στο λαστιχάκι. Στο κόκκινο σημείο σχεδίασε τη δύναμη  $F_3$  που ασκεί το 3ο βαρίδι στο λαστιχάκι.
- Επίλεξε τη σωστή απάντηση. Τα μέτρα των δυνάμεων  $F_1, F_2, F_3$ , συνδέονται με τη σχέση:

$F_1 + F_2 > F_3$

$F_1 + F_2 = F_3$

$F_1 + F_2 < F_3$



Εικόνα 2.1.4: Σχεδιασμός δυνάμεων  $F_1, F_2, F_3$



Ένα βαρίδι που δένεται σε ένα κατακόρυφο ελατήριο ή λαστιχάκι, ασκεί μία δύναμη  $F$  στο σημείο που δένεται. Αυτή η δύναμη ασκείται στο σημείο επαφής, έχει ίδιο μέτρο και κατεύθυνση με το βάρος  $w$  που έχει το βαρίδι όταν αυτό παραμένει ακίνητο. Υπάρχει εξαιτίας του βάρους  $w$ , αλλά δεν είναι το βάρος  $w$ .

Ψηφιακή δραστηριότητα: **Σύνθεση δύο δυνάμεων ίδιας φοράς**

Κάνε τα εξής:

- Επίλεξε τις τιμές στις μάζες των βαριδίων έτσι ώστε το άθροισμα των μαζών των δύο πρώτων βαριδίων να ισούται με τη μάζα του τρίτου βαριδίου.
- Μετάφερε τα δύο πρώτα βαρίδια στο ελατήριο και μέτρησε την επιμήκυνσή του.
- Μετάφερε το τρίτο βαρίδι στο ελατήριο και μέτρησε ξανά την επιμήκυνσή του.
- Συμπλήρωσε τις τιμές στον Πίνακα 1 και ακολούθησε την ίδια διαδικασία (εδώ, αντί για λαστιχάκι, υπάρχει ελατήριο).



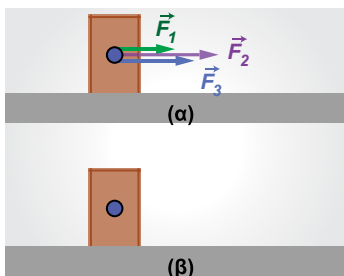
Δυνάμεις ίδιας φοράς



Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις: **φορά, ίδια, διεύθυνσης, μέτρων, άθροισμα.**

Η συνισταμένη  $\Sigma F$  δύο δυνάμεων  $F_1, F_2$  ίδιας ..... και φοράς είναι μια δύναμη:

- της οποίας το μέτρο ισούται με το ..... των ..... των δυνάμεων  $F_1, F_2$ .
- έχει την ..... διεύθυνση και ..... με τις δυνάμεις  $F_1, F_2$ .
- Για τα μέτρα ισχύει η σχέση:  $\Sigma F$  ..... (1) (γράψε τη σχέση)



Έστω ότι έχουμε πολλές συγγραμμικές δυνάμεις, ίδιας φοράς  $F_1, F_2, F_3, \dots$ . Μπορείς να υπολογίσεις τη συνισταμένη τους;

**Παράδειγμα**

Σε ένα κιβώτιο ασκούνται τρεις συγγραμμικές δυνάμεις  $F_1, F_2, F_3$ , ίδιας φοράς που έχουν μέτρα 3 N, 4 N και 5 N αντίστοιχα (εικόνα 2.1.5(α)).

- Η συνισταμένη δύναμη  $\Sigma F$  έχει μέτρο:  $\Sigma F = \dots\dots\dots$  (κάνε τους υπολογισμούς)
- Στην εικόνα 2.1.5(β) σχεδίασε τη συνισταμένη δύναμη  $\Sigma F$ .

Εικόνα 2.1.5: Εφαρμογή 3 συγγραμμικών δυνάμεων ίδιας φοράς

Συμπληρώστε τα κενά στο παρακάτω με τις λέξεις: **μέτρο, φορά, διεύθυνση.**

Η συνισταμένη  $\Sigma F$  πολλών συγγραμμικών δυνάμεων  $F_1, F_2, F_3$ , **ίδιας φοράς** είναι μια δύναμη που:

- έχει την ίδια ..... και την ίδια ..... με τις αυτές τις δυνάμεις.
- έχει ..... , για το οποίο ισχύει η σχέση:  $\Sigma F = \dots\dots\dots$  (2) (γράψε τη σχέση).

### Σύνθεση δύο συγγραμμικών δυνάμεων αντίθετης φοράς



Οι δυνάμεις που ασκούν ο αθλητής (δεξιά) και ο προπονητής (αριστερά) στο μαξιλάρι πυγμαχίας είναι 110N και 80N αντίστοιχα. Ποιο νομίζεις ότι είναι το μέτρο της συνισταμένης αυτών των δύο δυνάμεων;

$$\Sigma F = \dots\dots\dots$$

Σχεδιάσε, όπως νομίζεις στην εικόνα 2.1.7 αυτές τις δύο δυνάμεις. Έπειτα, με μολύβι διαφορετικού χρώματος, σχεδίασε τη συνισταμένη τους.



Εικόνα 2.1.6: Σχεδιασμός δυνάμεων και συνισταμένης

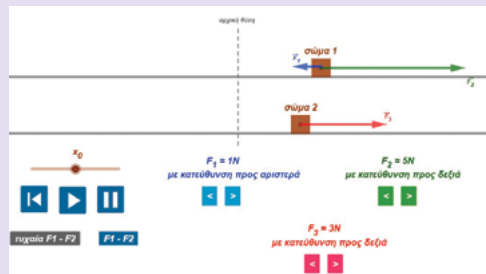
### Ψηφιακή δραστηριότητα: Σύνθεση δύο συγγραμμικών δυνάμεων

Στην ψηφιακή δραστηριότητα φαίνονται δύο ίδια οριζόντια δάπεδα και δύο όμοια σώματα πάνω σε αυτά. Τα σώματα αρχικά είναι ακίνητα.

Στο 1ο σώμα ασκούνται δύο οριζόντιες δυνάμεις, η  $F_1$  και η  $F_2$  που το μέτρο τους και η φορά μπορούν να αλλάζουν (εύρος 0 – 5N με βήμα 1N) είτε χειροκίνητα είτε τυχαία.

Στο 2ο σώμα ασκείται η οριζόντια δύναμη  $F_3$  που το μέτρο της και η φορά της μπορεί επίσης να αλλάζει (εύρος 0 – 10N με βήμα 1N).

Ζητείται για κάποιες τιμές των  $F_1$  και  $F_2$  που ασκούνται στο 1ο σώμα, να βρεις την κατάλληλη δύναμη  $F_3$ , που να προκαλεί την ίδια κίνηση στο 2ο σώμα. Τότε η  $F_3$  θα είναι η συνισταμένη  $\Sigma F$  των  $F_1$  και  $F_2$ .



Σύνθεση δύο δυνάμεων

**Ρύθμισε τις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  στις παρακάτω τιμές και βρες την κατάλληλη δύναμη  $\Sigma F$**

1.  $F_1 = 5N$  προς τα δεξιά,  $F_2 = 3N$  προς αριστερά. Η  $\Sigma F = \dots\dots\dots$  N προς  $\dots\dots\dots$

2.  $F_1 = 2N$  προς τα δεξιά,  $F_2 = 5N$  προς αριστερά. Η  $\Sigma F = \dots\dots\dots$  N προς  $\dots\dots\dots$

3.  $F_1 = 3N$  προς αριστερά,  $F_2 = 4N$  προς δεξιά. Η  $\Sigma F = \dots\dots\dots$  N προς  $\dots\dots\dots$



Με βάση τις παρατηρήσεις από την ψηφιακή δραστηριότητα, συμπλήρωσε τα κενά στο παρακάτω συμπέρασμα με τις λέξεις: **μέτρων, διεύθυνσης, μεγαλύτερο, φοράς.**

**Η συνισταμένη  $\Sigma F$  δύο δυνάμεων  $F_1, F_2$  ίδιας  $\dots\dots\dots$  και αντίθετης  $\dots\dots\dots$  είναι μια δύναμη:**

- της οποίας το μέτρο ισούται με τη διαφορά των  $\dots\dots\dots$  των δυνάμεων  $F_1, F_2$ .
- έχει την ίδια διεύθυνση με τις δύο δυνάμεις  $F_1, F_2$  και φορά ίδια με τη φορά της δύναμης με το  $\dots\dots\dots$  μέτρο.

Όταν η  $F_1 > F_2$ , τότε για τα μέτρα ισχύει:  $\Sigma F = \dots\dots\dots$  (3) (γράψε τη σχέση), ενώ

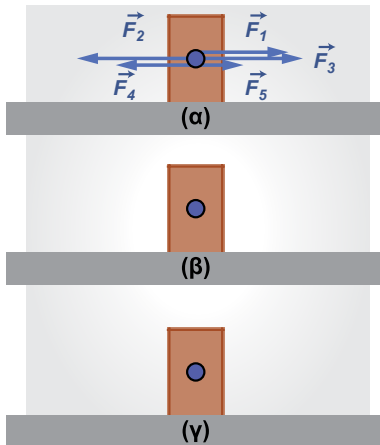
όταν η  $F_2 > F_1$ , τότε για τα μέτρα ισχύει:  $\Sigma F = \dots\dots\dots$  (4) (γράψε τη σχέση).

### Σύνθεση πολλών συγγραμμικών δυνάμεων

Αν έχουμε πολλές συγγραμμικές δυνάμεις,  $F_1, F_2, F_3, \dots$ , μπορείς να υπολογίσεις τη συνισταμένη τους;

#### Παράδειγμα

Σε ένα κιβώτιο ασκούνται οι συγγραμμικές δυνάμεις του σχήματος που έχουν μέτρα:  $F_1 = 2,5 \text{ N}$ ,  $F_2 = 3 \text{ N}$ ,  $F_3 = 4 \text{ N}$ ,  $F_4 = 1,5 \text{ N}$  και  $F_5 = 0,5 \text{ N}$ .



Εικόνα 2.1.7: Σύνθεση πολλών συγγραμμικών δυνάμεων

#### 1ος τρόπος

- Η συνισταμένη των δυνάμεων προς τη δεξιά κατεύθυνση, ονομάζεται  $F_{135}$  και θα έχει μέτρο:

$F_{135} = \dots\dots\dots$  (κάνε τους υπολογισμούς)

- Η συνισταμένη των δυνάμεων προς την αριστερή κατεύθυνση, ονομάζεται  $F_{24}$  και θα έχει μέτρο:

$F_{24} = \dots\dots\dots$  (κάνε τους υπολογισμούς)

- Σχεδίασε τις δυνάμεις  $F_{135}$  και  $F_{24}$  στην εικόνα 2.1.7(β)

- Η συνισταμένη των δυνάμεων  $F_{135}$  και  $F_{24}$  είναι η συνισταμένη  $\Sigma F$  όλων των δυνάμεων και έχει μέτρο:

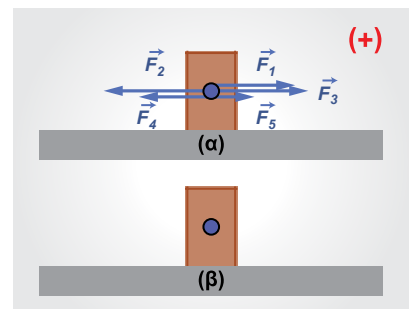
$\Sigma F = \dots\dots\dots$  (κάνε τους υπολογισμούς)

- Σχεδίασε τη συνισταμένη  $\Sigma F$  στην εικόνα 2.1.7(γ)

#### 2ος τρόπος



Όταν οι συγγραμμικές δυνάμεις έχουν την ίδια διεύθυνση και διαφορετική φορά, μπορούμε να θεωρήσουμε αυθαίρετα, μία φορά κατά μήκος της ευθείας των δυνάμεων ως θετική (+). Η συνισταμένη τους  $\Sigma F$  γράφεται ως ένα άθροισμα των  $F_1, F_2, F_3, \dots$  που μπροστά τους έχουν ένα πρόσημο (+) ή (-) αναλόγως της φοράς τους. Εάν η  $\Sigma F$  προκύψει θετική, θα έχει θετική φορά, ενώ αν προκύψει αρνητική θα έχει αρνητική φορά.



Εικόνα 2.1.8: Σύνθεση πολλών συγγραμμικών δυνάμεων

- Σύμφωνα με τα προηγούμενα, για τις δυνάμεις της εικόνας 2.1.8(α) σημείωσε στην παρακάτω σχέση, τα πρόσημα των δυνάμεων  $F_1, F_2, F_3, F_4$  και  $F_5$ . (η θετική φορά δίνεται στην εικόνα):

$\Sigma F = \dots\dots\dots F_1 \dots\dots\dots F_2 \dots\dots\dots F_3 \dots\dots\dots F_4 \dots\dots\dots F_5 \dots\dots\dots$

- Αντικατάστησε τα μέτρα των δυνάμεων και κάνε τις πράξεις:

$\Sigma F = \dots\dots\dots$

- Η  $\Sigma F$  τι φορά έχει; Θετική  Αρνητική

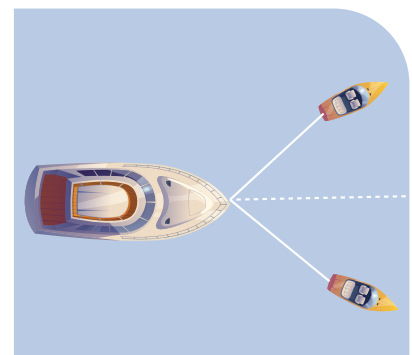
- Σχεδίασε τη  $\Sigma F$  στην εικόνα 2.1.8(β).

#### Σύνθεση δύο μη συγγραμμικών δυνάμεων



Πάνω στην εικόνα 2.1.9 σχεδίασε όπως νομίζεις:

- τις δυνάμεις που ασκούν τα ρυμουλκά στο σκάφος.
- τη συνισταμένη αυτών των δυνάμεων, αν γνωρίζεις ότι το σκάφος θα κινηθεί κατά μήκος της διακεκομμένης γραμμής.



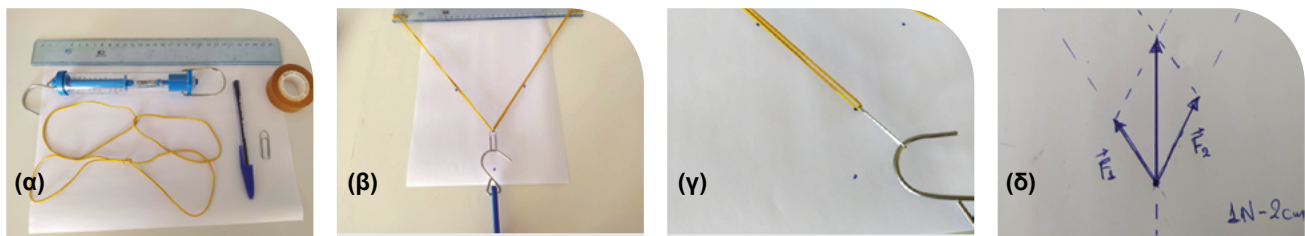
Εικόνα 2.1.9: Σχεδιασμός δυνάμεων και συνισταμένης



### Πειραματική δραστηριότητα: Σύνθεση δύο δυνάμεων που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία

#### Θα χρειαστείς:

- τέσσερα λαστιχάκια, ανά δύο ενωμένα με θηλιά,
- έναν χάρακα,
- ένα δυναμόμετρο (προτείνεται 0-2,5 N),
- συνδετήρα χαρτιών,
- σελοτέιπ, στιλό, κόλλα A4.



Εικόνα 2.1.10: (α) Υλικά για το πείραμα, (β) το δυναμόμετρο τραβάει τα δύο συστήματα από τα λαστιχάκια, (γ) το δυναμόμετρο τραβάει το ένα σύστημα από τα λαστιχάκια, (δ) σχεδιασμός δυνάμεων.

#### Διάταξη

- Κόλλησε με σελοτέιπ τα άκρα των δύο συστημάτων από τα λαστιχάκια στα άκρα του χάρακα, όπως έκανες στη διάταξη της εικόνας 2.1.2.
- Πέρασε τα ελεύθερα άκρα από τα λαστιχάκια στον συνδετήρα χαρτιών.
- Κόλλησε πίσω από τον χάρακα την κόλλα A4.
- Κόλλησε με σελοτέιπ τον χάρακα στον πάγκο και τράβηξε με το δυναμόμετρο τον συνδετήρα, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1.10(β).

#### Διαδικασία

- Με το δυναμόμετρο τράβηξε τον συνδετήρα. Αυτό μετράει τη δύναμη που ασκείς στα λαστιχάκια και είναι ίση με τη συνισταμένη δύναμη  $\Sigma F$  που ασκούν τα λαστιχάκια στο δυναμόμετρο.
- Σημείωσε στο χαρτί το σημείο που φτάνουν τα άκρα από τα λαστιχάκια που είναι στον συνδετήρα, τις κατευθύνσεις που έχουν τα λαστιχάκια και την κατεύθυνση που έχει το δυναμόμετρο με τον συνδετήρα (εικόνα 2.1.10(β)).
- Κατάγραψε την ένδειξη του δυναμόμετρου:  $\Sigma F = \dots\dots\dots$
- Με το δυναμόμετρο τράβηξε μόνο το πρώτο σύστημα από λαστιχάκια προς την κατεύθυνση που τεντώθηκαν πριν και ως το ίδιο σημείο (εικόνα 2.1.10(γ)). Κατάγραψε την ένδειξη του δυναμόμετρου:  
 $F_1 = \dots\dots\dots$
- Επανάλαβε το ίδιο με το δεύτερο σύστημα από λαστιχάκια και κατάγραψε την ένδειξη του δυναμόμετρου:  
 $F_2 = \dots\dots\dots$
- Στην κόλλα A4 σχεδίασε με διακεκομμένες γραμμές τις κατευθύνσεις που είχαν τα λαστιχάκια και με μια κλίμακα (π.χ. 1 N – 2 cm) σχεδίασε τις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  που μέτρησες (εικόνα 2.1.10(δ)).
- Σχεδίασε ένα παραλληλόγραμμο ως εξής: από το άκρο της κάθε δύναμης φέρε παράλληλη προς την άλλη δύναμη με διακεκομμένες γραμμές.
- Σχεδίασε τη διαγώνιο ως δύναμη, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1.10(δ).
- Μέτρησε με τον χάρακα αυτήν τη δύναμη και υπολόγισε το μέτρο της.

#### Συμπεράσματα

Η δύναμη που σχεδίασες πάνω στη διαγώνιο του παραλληλογράμμου έχει το ίδιο μέτρο (ή σχεδόν το ίδιο μέτρο) με τη συνισταμένη  $\Sigma F$ ;    **ΝΑΙ**     **ΟΧΙ**

Η δύναμη που σχεδιάσες έχει την ίδια κατεύθυνση με τη συνισταμένη ΣF;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Η δύναμη που σχεδιάσες είναι η συνισταμένη ΣF;

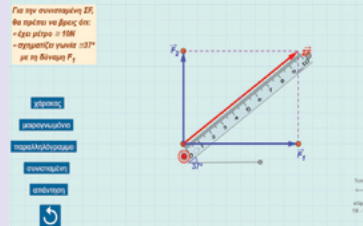
ΝΑΙ  ΟΧΙ

Ψηφιακή δραστηριότητα: Σύνθεση 2 δυνάμεων που σχηματίζουν γωνία

Μπορείς να σχεδιάσεις και να υπολογίσεις τη συνισταμένη δύναμη δύο δυνάμεων, που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία.

Ακολούθησε τα παρακάτω βήματα:

- αυξομείωσε τις δυνάμεις με τα σημεία που βρίσκονται στα άκρα τους,
- μετάφερε τις δυνάμεις ώστε να έχουν κοινή αρχή,
- τότε μπορείς να εμφανίσεις το παραλληλόγραμμα των δυνάμεων και τη συνισταμένη τους,
- με τον χάρακα μέτρησε το μήκος της συνισταμένης και με το μοιρογνωμόνιο τη γωνία της.



Δυνάμεις με γωνία



Συμπλήρωσε τα κενά στο παρακάτω συμπέρασμα με τις λέξεις: **διαγώνιο, διανύσματα, συνισταμένη.**

Η ..... δύο μη συγγραμμικών δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα και σχηματίζουν γωνία μεταξύ τους παριστάνεται από τη ..... του παραλληλογράμμου με πλευρές τα ..... των δύο δυνάμεων.

Σύνθεση δύο κάθετων δυνάμεων



Εκτός από τον γραφικό τρόπο που χρησιμοποιούμε στον υπολογισμό της συνισταμένης δύναμης δύο δυνάμεων που σχηματίζουν γωνία, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και κάποιον άλλο τρόπο, όταν οι δυνάμεις είναι κάθετες;

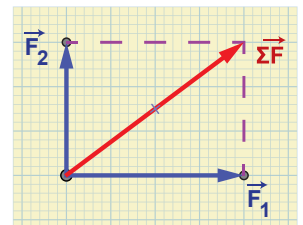
.....  
.....



Όταν δύο δυνάμεις είναι **κάθετες** μεταξύ τους, τότε μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνισταμένη τους:

- **γραφικά**, με το παραλληλόγραμμα των δυνάμεων (το οποίο είναι ορθογώνιο παραλληλόγραμμα),
- **αλγεβρικά**, με το Πυθαγόρειο Θεώρημα:  $(\Sigma F)^2 = F_1^2 + F_2^2$  (5),

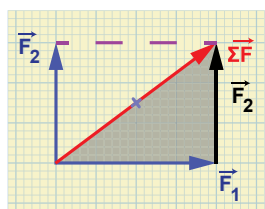
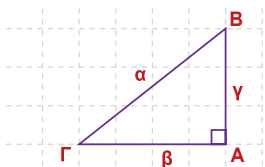
το οποίο γράφεται:  $\Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$  (6)



Εικόνα 2.1.11: Σύνθεση 2 κάθετων δυνάμεων

Υπενθύμιση

Το Πυθαγόρειο Θεώρημα ισχύει σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο και συνδέει την υποτείνουσα του τριγώνου α με τις δύο κάθετες πλευρές του β και γ, με τη σχέση:  $a^2 = \beta^2 + \gamma^2$  (7)



Το διάνυσμα μιας δύναμης είναι ένα ευθύγραμμο τμήμα που απλώς έχει ένα βέλος. Ότι ισχύει για τα ευθύγραμμα τμήματα ισχύει και για τα διανύσματα. Στο ορθογώνιο παραλληλόγραμμα των δυνάμεων η απέναντι πλευρά από την F<sub>2</sub> είναι ίση με την F<sub>2</sub>.

Με εφαρμογή του Πυθαγόρειου Θεωρήματος στο αντίστοιχο (σκιασμένο) τρίγωνο, προκύπτει η σχέση (5).



### Πρακτική δραστηριότητα: Χαρακτηριστικά δύναμης

Να υπολογίσεις με δύο τρόπους τη συνισταμένη δύο κάθετων δυνάμεων που έχουν μέτρα  $F_1 = 4 \text{ N}$  και  $F_2 = 3 \text{ N}$ . Η δύναμη  $F_1$  είναι οριζόντια και η  $F_2$  είναι κατακόρυφη.

#### 1ος τρόπος – γραφικός

##### Θα χρειαστείς:

- Χάρακα,
- Μολύβι,
- Μοιρογνωμόνιο.

##### Διαδικασία

- Στο σημείο A της εικόνας 2.1.12 και πάνω στις διακεκομμένες γραμμές, σχεδίασε τις δυνάμεις, με κλίμακα  $1 \text{ N} - 1 \text{ cm}$ .
- Σχεδίασε το αντίστοιχο παραλληλόγραμμα και φέρε τη διαγώνιο.
- Σχεδίασε τη συνισταμένη δύναμη.
- Με τον χάρακα και το μοιρογνωμόνιο, μέτρησε:
  - Το μέτρο της συνισταμένης:  $\Sigma F = \dots\dots\dots$
  - Τη γωνία που σχηματίζει με την οριζόντια διεύθυνση:  
 $\theta = \dots\dots\dots$

A:

**Εικόνα 2.1.12:** Σχεδιασμός δύο κάθετων δυνάμεων  $F_1, F_2$  και της συνισταμένης τους  $\Sigma F$

#### 2ος τρόπος – αλγεβρικός

Υπολόγισε το μέτρο της συνισταμένης δύναμης, με αντικατάσταση στη σχέση (6):

$$\Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \dots\dots\dots$$



### ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

#### 1. Άθλημα διελκυστίνδας

Το άθλημα της διελκυστίνδας έχει τις ρίζες του στην αρχαία Ελλάδα και πραγματοποιείται με ένα σχοινί και δύο ισάριθμες ομάδες. Κερδίζει η ομάδα που θα καταφέρει να τραβήξει



την αντίπαλη. Υπάρχει η άποψη πως το παιχνίδι εμφανίστηκε γύρω στον 5ο αι. π.Χ. Εκτός από την αρχαία Ελλάδα, αναφορές για την ύπαρξή του γίνονται και σε Αίγυπτο, Ρώμη, Κίνα, Ινδία γύρω στον 12ο αι. μ.Χ. Στα χρόνια του Μεσαίωνα, γίνονται αναφορές σε παιχνίδια με σχοινιά στην Ευρώπη. Οι Άγγλοι το ονομάζουν «tug of war». Από το 1900 και μόνο για μία εικοσαετία αποτέλεσε άθλημα των Ολυμπιακών Αγώνων.

#### 2. Δραστηριότητα

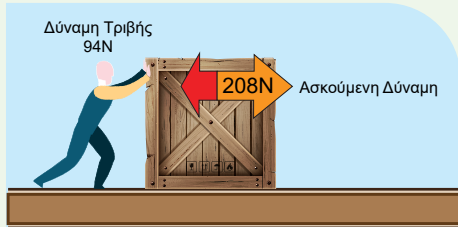
Δύο μαθητές, που θεωρούν τους εαυτούς τους αρκετά δυνατούς, κρατούν από τα άκρα ένα σχοινί «βάζοντας» μεγάλη δύναμη διατηρούν το σχοινί τεντωμένο και «στυλώνοντας» τα πόδια μένουν αμετακίνητοι.

Μια μαθήτρια πιάνει το σχοινί περίπου από το κέντρο και το τραβάει απότομα ασκώντας δύναμη κάθετα στο σχοινί. Θα καταφέρει να μετακινήσει τους δύο μαθητές; Αν ναι, δώστε μία εξήγηση με βάση το σημερινό μάθημα στο τετράδιό σας κάνοντας το κατάλληλο σχήμα.



## 2.1 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση. Στην εικόνα φαίνεται ένας άνθρωπος που σπρώχνει ένα κιβώτιο.



Η συνισταμένη των δύο οριζόντιων δυνάμεων που ασκούνται στο κιβώτιο έχει μέτρο:

- A. 302 N      B. 104 N  
Γ. 114 N      Δ. 294 N

2. Η συνισταμένη των δύο δυνάμεων που φαίνονται στην εικόνα της προηγούμενης ερώτησης έχει κατεύθυνση:

- A. Κατακόρυφη με φορά από κάτω προς τα πάνω.  
B. Κατακόρυφη με φορά από πάνω προς τα κάτω.  
Γ. Οριζόντια με φορά από αριστερά προς τα δεξιά.  
Δ. Οριζόντια με φορά από δεξιά προς τα αριστερά.

3. Δίνονται δύο συγγραμμικές δυνάμεις ίδιας φοράς που έχουν μέτρα  $F_1 = 10 \text{ N}$  και  $F_2 = 30 \text{ N}$ . Η συνισταμένη τους:

- A. Έχει μέτρο 40 N και τη φορά της  $F_2$ .  
B. Έχει μέτρο 40 N και φορά αντίθετη από τη φορά της  $F_2$ .  
Γ. Έχει μέτρο 20 N και τη φορά της  $F_1$ .  
Δ. Έχει μέτρο 20 N και φορά αντίθετη από τη φορά της  $F_1$ .

4. Δίνονται δύο συγγραμμικές δυνάμεις αντίθετης φοράς που έχουν μέτρα  $F_1 = 20 \text{ N}$  και  $F_2 = 60 \text{ N}$ . Η συνισταμένη τους:

- A. Έχει μέτρο 40 N και τη φορά της  $F_1$ .  
B. Έχει μέτρο 80 N και τη φορά των  $F_1$ .  
Γ. Έχει μέτρο 40 N και τη φορά της  $F_2$ .  
Δ. Έχει μέτρο 80 N και τη φορά της  $F_2$ .



## 1.1 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Το αυτοκίνητο, λόγω του κινητήρα του, δέχεται μια δύναμη προς την κατεύθυνση της κίνησης, ίση με 1000 N και από τον αέρα μία δύναμη που είναι αντίθετη από την κίνησή του, ίση με 700 N.

- A. Ποιο είναι το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που ασκείται στο αυτοκίνητο;  
B. Ποια θα είναι η κατεύθυνσή της;

2. Κάποιος σηκώνει με το χέρι του ένα κουτί. Τη στιγμή που το σηκώνει, ασκεί μια δύναμη  $F$  με κατεύθυνση προς τα πάνω και μέτρο ίσο με 20 N, ενώ το κουτί έχει βάρος ίσο με 14 N.

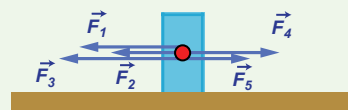
- A. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται το κουτί.  
B. Να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης αυτών των δυνάμεων και να προσδιορίσετε την κατεύθυνσή της.

3. Σε ένα κιβώτιο ασκούνται τρεις συγγραμμικές δυνάμεις που έχουν μέτρα:  $F_1 = 10 \text{ N}$ ,  $F_2 = 15 \text{ N}$  και  $F_3 = 20 \text{ N}$ . Να βρείτε το μέτρο και την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης  $\Sigma F$  όταν:

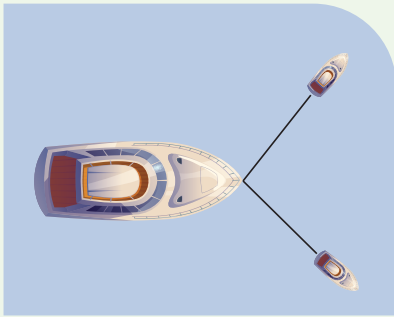
- A. Οι δυνάμεις  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  έχουν ίδια φορά.  
B. Οι δυνάμεις  $F_1$ ,  $F_2$  έχουν ίδια φορά, ενώ η  $F_3$  έχει αντίθετη φορά.

4. Στο σώμα της εικόνας ασκούνται οι δυνάμεις που έχουν μέτρα  $F_1 = 8 \text{ N}$ ,  $F_2 = 4 \text{ N}$ ,  $F_3 = 12 \text{ N}$ ,  $F_4 = 9 \text{ N}$  και  $F_5 = 5 \text{ N}$  αντίστοιχα.

Να βρείτε το μέτρο και την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης  $\Sigma F$ .



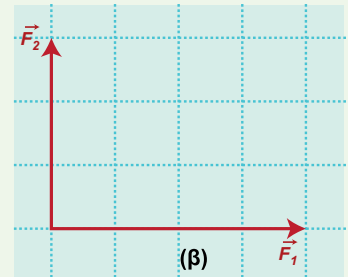
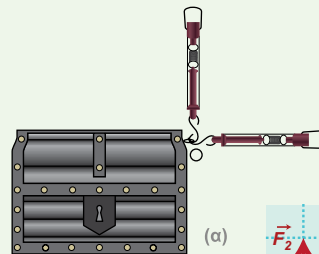
5. Δίνονται δύο κάθετες δυνάμεις που έχουν μέτρα  $F_1=5\text{ N}$  και  $F_2=5\text{ N}$ .
- A. Να βρείτε το μέτρο της συνισταμένης  $\Sigma F$  των δύο δυνάμεων.
- B. Να κάνετε ανάλογο σχήμα και να προσδιορίσετε γραφικά την κατεύθυνση της  $\Sigma F$ ;
6. Ένα σκάφος ρυμουλκείται από δύο μικρές βάρκες λόγω βλάβης της μηχανής του, όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα. Τα σχοινιά σχηματίζουν γωνία  $90^\circ$  και ασκούν στο σκάφος δυνάμεις ίδιου μέτρου  $400\text{ N}$  το καθένα.



Να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης αυτών των δυνάμεων.

7. Στο σχήμα (α) φαίνονται δύο δυναμόμετρα που ασκούν δυνάμεις στο σημείο O του κιβωτίου. Στο σχήμα (β) παριστάνονται τα διανύσματα αυτών των δυνάμεων. Εάν η ένδειξη του οριζόντιου δυναμόμετρου είναι  $F_1=8\text{ N}$ :

- A. Να σχεδιάσετε τη συνισταμένη των δύο δυνάμεων στο σχήμα (β).
- B. Να υπολογίσετε από το σχήμα το μέτρο της δύναμης  $F_2$ .
- Γ. Να υπολογίσετε αλγεβρικά το μέτρο της συνισταμένης των δύο αυτών δυνάμεων.
- Δ. Να μετρήσετε με το μοιρογνωμόνιο τη γωνία που σχηματίζει η συνισταμένη δύναμη που σχεδιάσατε με τη δύναμη  $F_1$ .



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

## 2.2. Ισορροπία σώματος

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να ορίζεις την αδράνεια, να τη συνδέεις με τη μάζα του σώματος και να αναφέρεις χαρακτηριστικά παραδείγματα.
2. Να ορίζεις την ισορροπία σώματος ως την κατάσταση ακινησίας ή της ευθύγραμμης κίνησης με σταθερή ταχύτητα θεωρώντας το σώμα σημειακό (με πολύ μικρές διαστάσεις).
3. Να διατυπώνεις τον 1ο νόμο του Νεύτωνα και να συνδέεις την κατάσταση ισορροπίας σώματος με την άσκηση μηδενικής συνισταμένης δύναμης σε αυτό.
4. Να επιλύεις απλά προβλήματα ισορροπίας.

4



κίνηση μετεωριτών στο διάστημα

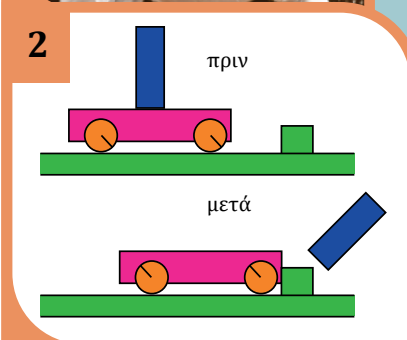
3



1



2



5



6



Εικόνα 2.2.1: Κίνηση σωμάτων

### Ας αναρωτηθούμε

- Τι κοινό παρατηρείς στις περιπτώσεις 1, 2, 3, 6 της εικόνας 2.2.1;
- Τι κοινό παρατηρείς στις περιπτώσεις 4, 5 της εικόνας 2.2.1;





Θέλουμε να μελετήσουμε τη συμπεριφορά ενός αντικειμένου που βρίσκεται πάνω στο αμαξίδιο της εικόνας 2.2.2. **Τι θα συμβεί στο μπλε αντικείμενο αν το αμαξίδιο που κινείται με ταχύτητα  $u$  χτυπήσει πάνω σε ένα σταθερό εμπόδιο και σταματήσει;**



Βίντεο σταμάτημα

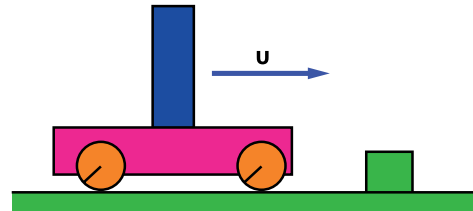
.....

.....

.....

.....

.....



**Εικόνα 2.2.2:** Απότομο σταμάτημα οχήματος που έχει πάνω του ένα αντικείμενο



**Πρακτική δραστηριότητα: Απότομο τράβηγμα χαρτονιού**

Πάνω σε ένα ποτήρι τοποθέτησε ένα κομμάτι χαρτόνι και πάνω του ένα κέρμα, όπως στην εικόνα. **Τι θα συμβεί αν τραβήξεις απότομα το χαρτόνι;**

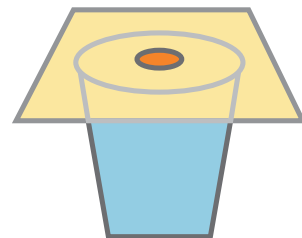
.....

.....

.....

.....

.....



**Εικόνα 2.2.3:** Κέρμα με χαρτόνι βρίσκεται πάνω σε ένα ποτήρι



Θέλουμε να μελετήσουμε τη συμπεριφορά ενός αντικειμένου που βρίσκεται πάνω στο αμαξίδιο της εικόνας 2.2.4. **Τι θα συμβεί στο μπλε αντικείμενο αν το αμαξίδιο ξεκινήσει απότομα;**



Βίντεο ξεκίνημα

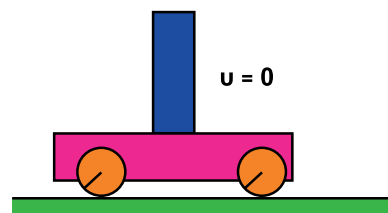
.....

.....

.....

.....

.....



**Εικόνα 2.2.4:** Απότομο ξεκίνημα οχήματος που έχει πάνω του ένα αντικείμενο



Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις: **σταματήσει, ακίνητο (2), κινούμενο.**

Ένα σώμα που βρίσκεται πάνω σε ένα ..... όχημα συνεχίζει να κινείται όταν το όχημα ..... απότομα.

Ένα σώμα που βρίσκεται πάνω σε ένα αρχικά ..... όχημα, αν ξεκινήσει απότομα, τότε το σώμα έχει την τάση να παραμείνει .....



**Αδράνεια** ονομάζουμε την τάση των σωμάτων να διατηρούν την κινητική τους κατάσταση και να αντιστέκονται στις μεταβολές της.

## Η μάζα ως μέτρο της αδράνειας



Έχουμε δύο ακίνητα σώματα που έχουν διαφορετική μάζα. Πιο εύκολα μπορούμε να θέσουμε σε κίνηση το σώμα:

Με τη μεγάλη μάζα  Με τη μικρή μάζα  Δεν παίζει ρόλο η μάζα τους

### Ψηφιακή δραστηριότητα: Αερόστρωμνο (Hovercraft) και αδράνεια

Παρουσιάζεται η κίνηση ενός αερόστρωμνου (hovercraft) πάνω σε ένα τραπέζι. Όταν το αερόστρωμνο ενεργοποιηθεί μπορεί να αιωρείται στον αέρα. Τότε δημιουργείται ένα στρώμα αέρα ανάμεσα σε αυτό και το τραπέζι και αν δεχθεί ένα σπρώξιμο από το χέρι, κινείται συνεχώς.

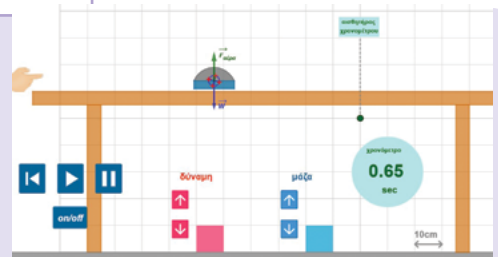
**Σημείωση:** Στη δραστηριότητα το χέρι ασκεί στο hovercraft μία στιγμιαία δύναμη που το μέτρο της επιλέγεται. Η διάρκεια άσκησης της δύναμης είναι μικρή και ίδια για όλα τα μέτρα των δυνάμεων.

- Ενεργοποίησε το hovercraft και παρατήρησε την κίνησή του όταν του ασκηθεί μία στιγμιαία δύναμη.
- Επανάλαβε το ίδιο με την ίδια δύναμη, αλλά μετέβαλε τη μάζα του.
- Εκτέλεσε τη δραστηριότητα μερικές φορές για ίδιες στιγμιαίες δυνάμεις και διαφορετικές μάζες.

#### Συμπέρασμα

Σε ένα hovercraft με τη μικρή μάζα και σε ένα hovercraft με τη μεγάλη μάζα, άσκησες την ίδια δύναμη. Το hovercraft που τίθεται πιο εύκολα σε κίνηση είναι:

Το μικρό hovercraft  Το μεγάλο hovercraft  Είναι το ίδιο και για τα δύο



Hovercraft και αδράνεια



Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις: **κινητική, μικρή, μάζα, μεγάλη.**

Πιο εύκολα θέτουμε σε κίνηση ένα σώμα που έχει ..... μάζα από ένα σώμα που έχει..... μάζα.

Άρα, η ..... που έχει ένα σώμα, καθορίζει αν μπορούμε να αλλάξουμε εύκολα την ..... του κατάσταση.



Λέμε ότι το σώμα με μεγάλη μάζα έχει μεγάλη αδράνεια και ένα σώμα που έχει μικρή μάζα έχει μικρή αδράνεια. Με άλλα λόγια, **η μάζα αποτελεί το μέτρο της αδράνειας του σώματος.**

## Ισορροπία σώματος

### Α. Ακίνητο σώμα



Ένα σώμα που είναι ακίνητο, δέχεται δυνάμεις με συνισταμένη ίση με το μηδέν;

ΝΑΙ  ΟΧΙ  ΙΣΩΣ



### Πειραματική δραστηριότητα: Δυνάμεις σε ακίνητο σώμα

#### Θα χρειαστείς:

- Ένα δυναμόμετρο,
- Ένα βαρίδι γνωστού βάρους (π.χ. το βαρίδιο 100 g που έχει βάρος 1 N),
- Διάταξη στήριξης του δυναμόμετρου (εικόνα 2.2.5).

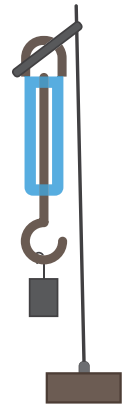
**Πειραματική διάταξη**

- Στερέωσε το δυναμόμετρο στη διάταξη στήριξης.
- Στο άλλο άκρο του στερέωσε το βαρίδι ώστε να ισορροπεί ακίνητο.

**Διαδικασία - επεξεργασία**

Θα εξετάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στο βαρίδι.

- Στο βαρίδι δεν ασκούνται δυνάμεις στην οριζόντια διεύθυνση.
- Το δυναμόμετρο ασκεί μία δύναμη  $F$  στο βαρίδι, έχει μέτρο ίσο με την ένδειξη του δυναμόμετρου που είναι  $F=.....$  και έχει κατεύθυνση προς τα .....
- Η Γη ασκεί μία δύναμη στο βαρίδι που είναι το βάρος  $w$ , έχει μέτρο ίσο με  $w=.....$  και έχει κατεύθυνση προς τα .....
- Σχεδίασε στην εικόνα 2.2.5 τις δύο δυνάμεις που δέχεται το βαρίδι.



**Εικόνα 2.2.5:** Πειραματική διάταξη με ένα δυναμόμετρο και ένα βαρίδι

**Συμπεράσματα**

Επίλεξε τη σωστή απάντηση για να ολοκληρώσεις τα συμπεράσματα.

- Για τα μέτρα των δυνάμεων, της δύναμης από το δυναμόμετρο  $F$  και του βάρους  $w$  που ασκούνται στο βαρίδι, ισχύει:

$F > w$  .....   $F = w$  .....   $F < w$  .....

- Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο βαρίδι:

Έχει κατεύθυνση προς τα πάνω  Έχει κατεύθυνση προς τα κάτω  Είναι μηδέν

- Για ένα βιβλίο που είναι ακίνητο πάνω στο θρανίο, ισχύει ότι:

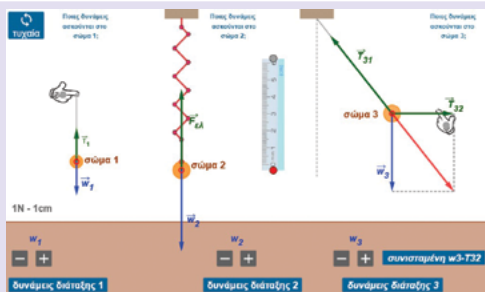
Δεν ασκείται κάποια δύναμη  Ασκείται σε αυτό μία μόνο δύναμη  Ασκούνται δυνάμεις που η συνισταμένη τους είναι μηδέν



**Εικονικό εργαστήριο: Ισορροπία**

Παρουσιάζονται 3 διατάξεις που η κάθε μία έχει μία σφαίρα. Μπορείς για κάθε διάταξη:

- Να δεις τις δυνάμεις που δέχεται η σφαίρα.
- Να τις μετρήσεις.
- Να υπολογίσεις τη συνισταμένη τους.



Ισορροπία



Συμπλήρωσε την παρακάτω πρόταση με τις λέξεις: **μηδέν, συνισταμένη, ακίνητο.**

Όταν ένα σώμα είναι ....., η ..... των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό είναι .....

**B. Κινούμενο σώμα**



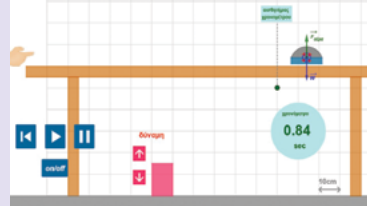
Μπορεί ένα σώμα να κινείται και η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται πάνω του να είναι μηδέν;

ΝΑΙ  ΟΧΙ  ΙΣΩΣ

Ψηφιακή δραστηριότητα: **Αερόστρωμνο (Hovercraft) και δυνάμεις**

Παρουσιάζεται η κίνηση ενός hovercraft πάνω σε ένα τραπέζι (η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα).

- Παρατήρησε την **κίνηση** του hovercraft όταν έχει ενεργοποιηθεί και έχει δεχθεί ένα σπρώξιμο από το χέρι.
- Παρατήρησε τις **δυνάμεις** που ασκούνται στο hovercraft.
- Επανάλαβε μερικές φορές το εικονικό πείραμα.



Hovercraft και δυνάμεις

Περιγράψε σύντομα την κίνηση που εκτελεί το **αιωρούμενο hovercraft**, όταν του δοθεί ένα σπρώξιμο:

.....

.....

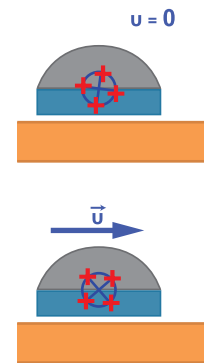
Αφού εκτελέσεις το εικονικό πείραμα, απάντησε στα παρακάτω:

- Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο **ακίνητο** hovercraft που αιωρείται στον αέρα; (εικόνα 2.2.6(α))
- .....

- Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο **κινούμενο** hovercraft που αιωρείται στον αέρα, αφού έχει δεχθεί τη δύναμη από το χέρι και **το χέρι δεν βρίσκεται σε επαφή με αυτό**; (εικόνα 2.2.6(β))
- .....

- Σχεδίασε τις δυνάμεις στο ακίνητο-αιωρούμενο hovercraft και στο κινούμενο-αιωρούμενο hovercraft αφού έχει δεχθεί το σπρώξιμο στην εικόνα 2.2.6(α) και (β).

- Στο κινούμενο-αιωρούμενο hovercraft, η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό:



**Εικόνα 2.2.6:** Hovercraft που αιωρείται όταν είναι ακίνητο (α) και όταν κινείται (β)

Έχει κατεύθυνση προς τα αριστερά

Έχει κατεύθυνση προς τα δεξιά

Έχει κατεύθυνση προς τα πάνω

Είναι μηδέν

### Νοητικό πείραμα

- Φαντάσου ένα διαστημόπλοιο που έχει εξέλθει από το ηλιακό μας σύστημα με κάποια ταχύτητα, χωρίς καύσιμα πλέον και βρίσκεται σε έναν χώρο που δεν υπάρχουν ατμόσφαιρα και βαρυτικές δυνάμεις. Τι πιστεύεις σχετικά με το διαστημόπλοιο;

Θα κινηθεί με σταθερή ταχύτητα

Θα κινηθεί με ταχύτητα που συνεχώς αυξάνεται

Θα κινηθεί με ταχύτητα που συνεχώς μειώνεται

- Διακρίνεις κάποια ομοιότητα στην κίνηση του αιωρούμενου-hovercraft και του διαστημόπλοιου;
- .....
- .....
- .....

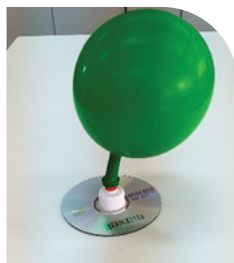


Συμπλήρωσε τα κενά στην παρακάτω πρόταση με τις λέξεις: **σταθερή, μηδέν.**

Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα που κινείται ευθύγραμμα με ..... ταχύτητα είναι .....



Στη Φυσική ο όρος **ισορροπία ενός σημειακού σώματος** αναφέρεται στην περίπτωση που ένα σώμα ή είναι **ακίνητο** ή κινείται με **σταθερή ταχύτητα**.



### Ιδιοκατασκευή αερόστρωμνου (hovercraft)

Περιγράφεται η κατασκευή ενός hovercraft με απλά υλικά. Αυτή η διάταξη μπορεί να κινείται πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια, όπως ένας πάγκος ή ένα τραπέζι, για λίγο χρόνο και με ελάχιστες τριβές.

**Εικόνα 2.2.7:**  
Ιδιοκατασκευή hovercraft

## 1ος νόμος του Νεύτωνα

Με βάση τα συμπεράσματά σου από την προηγούμενη ενότητα, συμπλήρωσε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις που αποτελούν τον 1ο νόμο του Νεύτωνα, με τις λέξεις: **σταθερή, μηδέν, ακίνητο.**

Όταν σε ένα σώμα δεν ασκούνται δυνάμεις ή αν ασκούνται έχουν συνισταμένη ..... τότε το σώμα είναι ..... ή κινείται με ..... ταχύτητα.

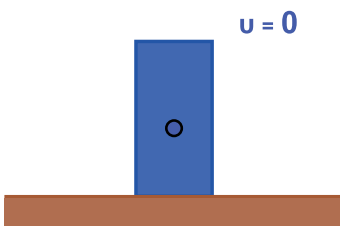


Ο **Αριστοτέλης** πίστευε ότι ένα αντικείμενο κινείται με σταθερή ταχύτητα μόνο όταν του ασκείται σταθερή συνισταμένη δύναμη. Η άποψη αυτή διατηρήθηκε μέχρι την Αναγέννηση όταν επιστήμονες, όπως ο Γαλιλαίος, άρχισαν να πειραματίζονται διαπιστώνοντας ότι ένα αντικείμενο διατηρεί σταθερή ταχύτητα όταν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε αυτό είναι μηδέν.

Ο **Νεύτωνας** διατύπωσε τον 1ο νόμο, γνωστό και ως Νόμο της Αδράνειας, στο έργο του «Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας» (*Mathematical Principles of Natural Philosophy*), που δημοσιεύτηκε το 1687.

### Παράδειγμα 1 - ακίνητο σώμα σε δάπεδο

Δίνεται ένα σώμα βάρους  $w = 2\text{N}$  που είναι ακίνητο πάνω σε μία οριζόντια επιφάνεια. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται το σώμα (*Εικόνα 2.2.8*), να τις ονομάσετε και να καθορίσετε την προέλευσή τους. Να υπολογίσετε το/τα μέτρο /μέτρα όλων των δυνάμεων που σχεδιάσατε.



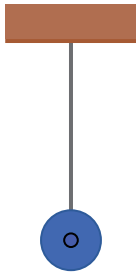
**Εικόνα 2.2.8:** Σώμα ακίνητο σε οριζόντια επιφάνεια

**A.** Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις/εκφράσεις: **μηδέν(2), βάρος  $w$  (2), συνισταμένη, κάτω.**

Σύμφωνα με τον 1ο νόμο του Νεύτωνα, αφού το σώμα είναι ακίνητο, θα πρέπει η ..... των δυνάμεων να είναι .....

Στο σώμα ασκείται το ..... που έχει διεύθυνση κατακόρυφη και φορά προς τα ..... . Άρα για να έχουμε συνισταμένη ..... θα πρέπει στο σώμα να ασκείται μία άλλη δύναμη που να έχει το ίδιο μέτρο και αντίθετη φορά με το .....  
Αυτήν τη δύναμη την ασκεί η επιφάνεια στο σώμα, είναι κάθετη στην επιφάνεια και ονομάζεται κάθετη δύναμη επαφής  $N$ .

**B.** Σχεδίασε τις δυνάμεις που δέχεται το σώμα, στην εικόνα 2.2.8.



**Εικόνα 2.2.9:** Σφαίρα δεμένη με νήμα

### Παράδειγμα 2 – ακίνητο σώμα κρεμασμένο με νήμα

Δίνεται μια σφαίρα βάρους  $w = 2\text{N}$  που είναι δεμένη με νήμα του οποίου το άλλο άκρο είναι δεμένο σε σταθερό σημείο. Η σφαίρα δέχεται κάποια άλλη δύναμη; Αν ναι, πόσο είναι το μέτρο της και ποια είναι η κατεύθυνσή της;

**A.** Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις/εκφράσεις: **2 N, μηδέν, βάρος  $w$ , συνισταμένη, ασκείται, κάτω.**

Στη σφαίρα ασκείται το ..... που έχει διεύθυνση κατακόρυφη και φορά προς τα .....

Σύμφωνα με τον 1ο νόμο του Νεύτωνα, αφού το σώμα είναι ακίνητο, θα πρέπει η συνισταμένη των δυνάμεων να είναι .....

Άρα για να έχουμε συνισταμένη ..... θα πρέπει στο σώμα να ασκείται μία άλλη δύναμη που να έχει το ίδιο μέτρο και αντίθετη φορά με το .....

Αυτήν τη δύναμη την ασκεί το νήμα στο σώμα και ονομάζεται (καταχρηστικά) τάση του νήματος  $T$  και είναι ίση με .....

**B.** Σχεδίασε αυτές τις δυνάμεις στην εικόνα 2.2.9.

### Παράδειγμα 3 – κινούμενο σώμα με σταθερή ταχύτητα

Ένα hovercraft βάρους  $w = 1\text{N}$  βρίσκεται πάνω σε ένα τραπέζι. Τίθεται σε λειτουργία, αιωρείται, του ασκείται μία στιγμιαία δύναμη και αρχίζει να κινείται. Υπάρχουν άλλες δυνάμεις που ασκούνται στο hovercraft όταν κινείται; Αν ναι, να προσδιορίσετε το μέτρο τους και την κατεύθυνσή τους.

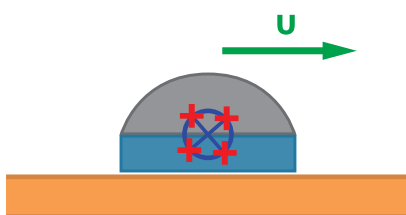
**A.** Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις ή τις τιμές των δυνάμεων: **1 N, μηδέν (2), βάρος  $w$  (2), κάτω.**

Το hovercraft κινείται με ..... ταχύτητα και σύμφωνα με τον 1ο νόμο του Νεύτωνα θα πρέπει η ..... των δυνάμεων να είναι .....

Συνεπώς, θα πρέπει να του ασκείται μία δύναμη από το στρώμα αέρα,  $F_{\text{αέρα}}$  που έχει τιμή ..... και είναι κατακόρυφη με φορά προς τα .....

Στη ..... της κίνησης δεν ασκείται κάποια δύναμη στο hovercraft.

**B.** Σχεδίασε αυτές τις δυνάμεις στην εικόνα 2.2.10.



**Εικόνα 2.2.10:** Hovercraft που κινείται με σταθερή ταχύτητα σε οριζόντιο επίπεδο

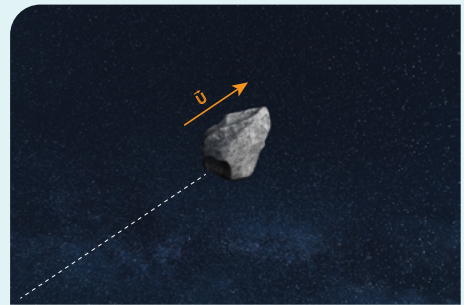


**ΕΜΠΕΔΩΣΗ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΓΕΝΙΚΕΥΣΕΙΣ**

**1. Κίνηση σώματος στο διάστημα**

Αν ένα σώμα εκτοξευτεί στο διάστημα όπου η επίδραση των βαρυτικών δυνάμεων είναι αμελητέα πολύ μακριά από αστέρια και πλανήτες για να του ασκήσουν ελκτικές δυνάμεις, τότε:

- Η συνισταμένη δύναμη στο σώμα είναι μηδέν.
- Το σώμα θα κινείται συνεχώς με την ίδια ταχύτητα και προς την ίδια αρχική κατεύθυνση.



**Εικόνα 2.2.11:** Ένα σώμα που έχει εκσφενδονιστεί με ταχύτητα στο διάστημα

**2. Πώς σταματάει ένα πλοίο;**

Ένα πλοίο που κινείται είναι δύσκολο να σταματήσει, γιατί δεν έχει φρένα όπως ένα αυτοκίνητο. Επίσης, όσο πιο μεγάλο είναι, τόσο περισσότερη αδράνεια έχει.

Ένας από τους τρόπους μείωσης της ταχύτητας που έχει, είναι να δοθεί αντίστροφη περιστροφή στην έλικα που κινεί το πλοίο.

Ένας άλλος τρόπος είναι να χρησιμοποιήσει τα πτερύγια σταθεροποίησης που βρίσκονται στο μέρος του πλοίου που είναι κάτω από το νερό. Αυτά αυξάνουν την επιφάνεια του πλοίου κόντρα στο νερό και σταδιακά σταματούν το πλοίο.

Ένας άλλος τρόπος είναι να στρίβει το πλοίο με τους έλικες σε αντίστροφη περιστροφή, γιατί τότε έχει αρκετές τριβές, κάτι που δεν συμβαίνει στην κανονική κίνηση.



**Εικόνα 2.2.12:** Κρουαζιερόπλοιο

**3. Ζώνες ασφαλείας και αερόσακοι**

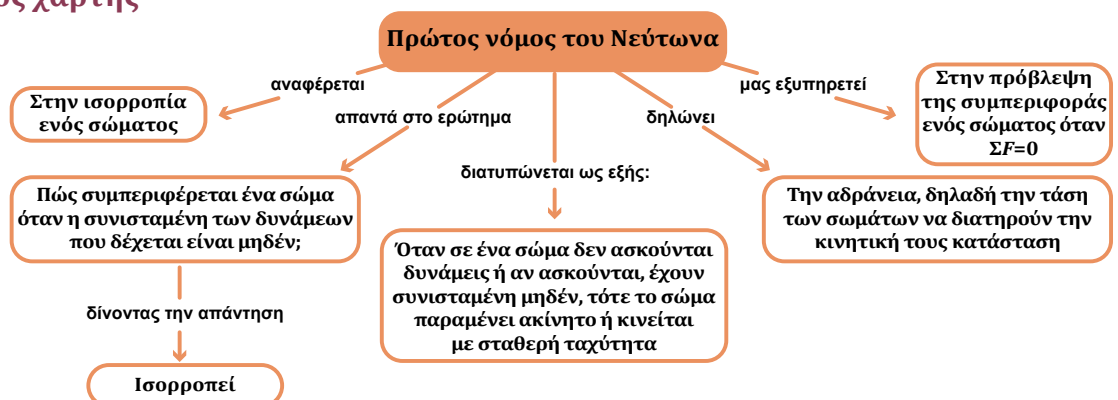
Ο ρόλος της ζώνης ασφαλείας είναι να προφυλάξει τον οδηγό και τους επιβάτες σε μία ενδεχόμενη σύγκρουση. Είναι αναγκαία η χρήση της από τους επιβάτες και στα πίσω καθίσματα. Στις μετωπικές συγκρούσεις, οδηγός και επιβάτες που δεν φορούν ζώνες ασφαλείας, λόγω αδράνειας συνεχίζουν να κινούνται προς τα μπροστά. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρό τραυματισμό τους.

Για περισσότερη ασφάλεια, σε όλα τα μοντέλα και τις κατηγορίες αυτοκινήτων έχουν προστεθεί αερόσακοι. Αυτοί σταματούν με ασφάλεια την κίνηση που έχει ο οδηγός και οι επιβάτες σε μία σύγκρουση. Βασική προϋπόθεση για να λειτουργήσουν σωστά είναι η παράλληλη χρήση των ζωνών ασφαλείας.



**Εικόνα 2.2.13:** Οι ζώνες ασφαλείας και οι αερόσακοι προστατεύουν σε μία σύγκρουση

**Εννοιολογικός χάρτης**

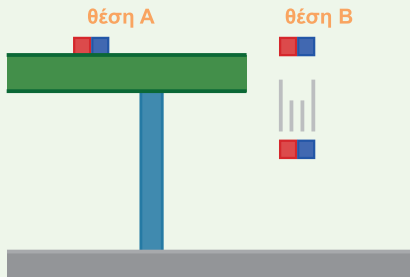




## 2.2 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς εξηγείται το γεγονός ότι όταν τινάζουμε τα βρεγμένα χέρια μας, απομακρύνονται οι σταγόνες του νερού;
2. Ποιος είναι ο ρόλος της ζώνης ασφαλείας στα αεροπλάνα;
3. **Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Ένα μικρό σώμα είναι δεμένο στο ταβάνι, με κατακόρυφο νήμα και είναι ακίνητο. Στο σώμα:
- A. Ασκείται μόνο το βάρος  $w$ .
- B. Ασκείται μόνο η τάση του νήματος.
- Γ. Ασκούνται δύο δυνάμεις, η τάση του νήματος και το βάρος, που έχουν αντίθετη φορά με την τάση του νήματος να είναι λίγο μεγαλύτερη του βάρους.
- Δ. Ασκούνται δύο δυνάμεις, η τάση του νήματος και το βάρος, που έχουν αντίθετη φορά και ίσα μέτρα.
4. **Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Ένα σώμα εκσφενδονίστηκε στο διάστημα και βρίσκεται μακριά από άλλα σώματα που θα μπορούσαν να του ασκήσουν δυνάμεις. Η κίνηση που εκτελεί είναι:
- A. Ευθύγραμμη με σταθερή ταχύτητα.
- B. Κυκλική με σταθερή ταχύτητα.
- Γ. Ευθύγραμμη με ταχύτητα που σταδιακά αυξάνεται.
- Δ. Ευθύγραμμη με ταχύτητα που σταδιακά μειώνεται.
5. **Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Ένα αντικείμενο 4 kg κινείται σε λεία οριζόντια επιφάνεια με σταθερή ταχύτητα 2m/s. Ποια από τις παρακάτω οριζόντιες δυνάμεις είναι αναγκαία για να διατηρηθεί αυτή η κατάσταση κίνησης;
- A. 0 N
- B. 0.5 N
- Γ. 2 N
- Δ. 8 N
- E. Εξαρτάται από την ταχύτητα.
6. **Κυκλώστε την απάντησή σας.** Δίδονται οι ταχύτητες και οι μάζες τεσσάρων αντικειμένων. Ποιο από τα παρακάτω αντικείμενα έχει τη μεγαλύτερη αδράνεια;
- | A.                | B.                | Γ.                | Δ.                |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>10 kg</b>      | <b>2 kg</b>       | <b>5 kg</b>       | <b>5 kg</b>       |
| $v=0 \text{ m/s}$ | $v=5 \text{ m/s}$ | $v=3 \text{ m/s}$ | $v=1 \text{ m/s}$ |
7. **Επιλέξτε τις σωστές προτάσεις.** Ένα μικρό σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα κατά μήκος μίας ευθείας, όταν:
- A. Του ασκείται συνεχώς μια δύναμη  $F$  που έχει την κατεύθυνση της κίνησης.
- B. Του ασκείται συνεχώς μια δύναμη  $F$  που έχει κατεύθυνση αντίθετη από αυτήν της κίνησης.
- Γ. Δέχθηκε ένα σπρώξιμο, αλλά στη συνέχεια η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν.
- Δ. Δέχθηκε ένα σπρώξιμο, αλλά στη συνέχεια δεν του ασκείται κάποια δύναμη.
8. **Επιλέξτε τις σωστές προτάσεις.** Ένα σώμα λέμε ότι ισορροπεί στη γλώσσα της Φυσικής, όταν:
- A. Παραμένει ακίνητο.
- B. Κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα.
- Γ. Κινείται κυκλικά με σταθερή ταχύτητα.
- Δ. Αφήνεται ελεύθερο να πέσει προς το έδαφος.
9. Αν ένα αντικείμενο βρίσκεται σε ισορροπία, τότε όλες οι δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτό πρέπει να είναι ίσες.
- Σωστό                       Λάθος

10. Στην εικόνα φαίνεται μία γομολάστιχα πάνω σε ένα θρανίο (θέση A).



A. Όταν αυτή βρίσκεται στη θέση A, ισορροπεί;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

B. Αν τη μετακινήσουμε δίπλα από το θρανίο, στον κενό χώρο και την αφήσουμε ελεύθερη στη θέση B, ισορροπεί;

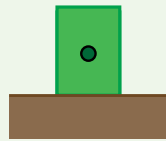
ΝΑΙ  ΟΧΙ

Γ. Ποιες είναι οι δυνάμεις που ασκούνται στη γομολάστιχα στις θέσεις A και B;

Δ. Στο σχήμα σχεδιάσε τις δυνάμεις που δέχεται η γομολάστιχα στις θέσεις A και B.

**2.2 ΑΣΚΗΣΕΙΣ**

1. Ένα κιβώτιο έχει βάρος 12 N και βρίσκεται ακίνητο, πάνω σε ένα οριζόντιο δάπεδο, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



- A. Ποια είναι η τιμή της δύναμης που ασκεί το δάπεδο στο κιβώτιο;
- B. Μεταφέρετε το σχήμα στο τετράδιό σας και σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο κιβώτιο.

2. Μία σφαίρα έχει βάρος 2 N και κρέμεται από ένα νήμα που το άλλο άκρο του είναι δεμένο σε σταθερό σημείο, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



- A. Ποια είναι η τιμή της δύναμης που ασκεί το νήμα στη σφαίρα;
- B. Μεταφέρετε το σχήμα στο τετράδιό σας και σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στη σφαίρα.

3. Ένα hovercraft έχει βάρος 1,5 N και αιωρείται πάνω σε ένα οριζόντιο δάπεδο. Κάποια στιγμή δέχεται μία στιγμιαία δύναμη και αρχίζει να κινείται με σταθερή ταχύτητα.

- A. Σχεδιάστε το hovercraft όταν είναι ακίνητο και αιωρείται και τις δυνάμεις που δέχεται. Υπολογίστε τα μέτρα τους.

B. Επίσης, σχεδιάστε το hovercraft όταν κινείται με σταθερή ταχύτητα και τις δυνάμεις που δέχεται. Υπολογίστε τα μέτρα τους.

Γ. Διαπιστώνετε κάποια διαφορά στις δυνάμεις στην πρώτη και στη δεύτερη περίπτωση και αν ναι, ποια είναι αυτή;

4. Ένας μαθητής έχει ένα αντικείμενο βάρους  $w=3\text{ N}$ . Κάνει τις εξής ενέργειες:

A. Το δένει σε ένα κατακόρυφο νήμα που το άλλο άκρο του είναι στερεωμένο στο ταβάνι. Στο αντικείμενο ασκείται κάποια άλλη δύναμη εκτός του βάρους; Αν ναι, να την υπολογίσετε και να τη σχεδιάσετε.

B. Το αφήνει πάνω σε ένα τραπέζι. Στο αντικείμενο ασκείται κάποια άλλη δύναμη εκτός του βάρους; Αν ναι, να την υπολογίσετε και να τη σχεδιάσετε.

Γ. Το δένει στο κάτω άκρο ενός κατακόρυφου ελατηρίου που το άνω άκρο του είναι στερεωμένο σε σταθερό σημείο. Στο αντικείμενο ασκείται κάποια άλλη δύναμη εκτός του βάρους; Αν ναι, να την υπολογίσετε και να τη σχεδιάσετε.



## 2.3. Ομαλή Κίνηση



**Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:**

1. Να ορίζεις την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.
2. Να μελετάς πειραματικά την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.
3. Να παριστάνεις γραφικά τις σχέσεις ταχύτητας-χρόνου και μετατόπισης - χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και να ερμηνεύεις τα αντίστοιχα διαγράμματα.



1



4



2



5



7



3



8



6

Εικόνα 2.3.1: Κινήσεις



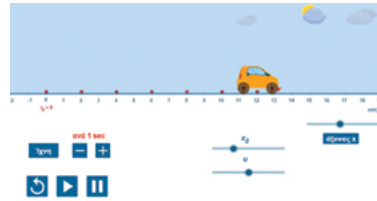
### Ας αναρωτηθούμε

- Οι κινήσεις που φαίνονται στις περιπτώσεις της εικόνας 2.3.1, για το τμήμα που βλέπουμε, τι τροχιά έχουν;
- Πώς θα χαρακτηρίζονταν αυτές οι κινήσεις εάν η τροχιά και η στιγμιαία ταχύτητα των κινητών παρέμενε σταθερή;

## Μελέτη μιας ιδιαίτερης ευθύγραμμης κίνησης



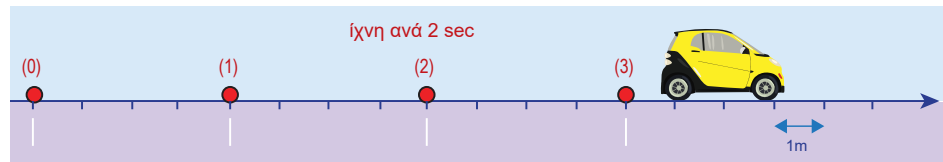
Στην εικόνα 2.3.2 και στην ψηφιακή δραστηριότητα, παρουσιάζεται ένα αυτοκίνητο που κινείται πάνω σε έναν ευθύγραμμο δρόμο και αφήνει ίχνη κάθε 2 δευτερόλεπτα. **Παρατηρείτε κάτι το ιδιαίτερο σε αυτή την κίνηση;**



Εικόνα 2.3.2: Ίχνη ενός αυτοκινήτου ανά 2sec



## Διερεύνηση: Μία ιδιαίτερη ευθύγραμμη κίνηση



Εικόνα 2.3.3: Κίνηση οχήματος πάνω σε έναν άξονα x

Στην εικόνα 2.3.3 φαίνεται η κίνηση του αυτοκινήτου στο οποίο έχουν αριθμηθεί τα ίχνη (κουκκίδες) που αφήνει. Η πρώτη αριστερή κουκκίδα ονομάστηκε (0), επειδή από εκεί ξεκινάει η μελέτη της κίνησης. Οι επόμενες ονομάστηκαν (1), (2) κ.λπ.

Η κίνηση γίνεται κατά μήκος ενός άξονα x που έχει θετική κατεύθυνση προς τα δεξιά.

### Α. Μετατόπιση κουκκίδα-κουκκίδα και χρονική διάρκεια

Παρατήρησε την εικόνα 2.3.3. και συμπλήρωσε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις με τους κατάλληλους αριθμούς:

- Η κουκκίδα (1) απέχει από την κουκκίδα (0) ..... μέτρα.  
Η μετατόπιση του αυτοκινήτου σε αυτήν τη μετακίνηση είναι επίσης ..... μέτρα και έχει διάρκεια ..... δευτερόλεπτα.
- Η κουκκίδα (2) απέχει από την κουκκίδα (1) ..... μέτρα.  
Η μετατόπιση σε αυτήν τη μετακίνηση είναι ..... μέτρα και έχει διάρκεια ..... δευτερόλεπτα.
- Η κουκκίδα (3) απέχει από την κουκκίδα (2) ..... μέτρα.  
Η μετατόπιση σε αυτήν τη μετακίνηση είναι ..... μέτρα και έχει διάρκεια ..... δευτερόλεπτα.

Συμπλήρωσε στις παρακάτω προτάσεις τις λέξεις: **4m, μετατοπίσεις, χρόνους.**

Το αυτοκίνητο στην εικόνα 2.3.3, κάθε 2 sec μετατοπίζεται κατά .....

Το αυτοκίνητο, σε ίσους ..... μετακινείται κατά ίσες .....

## Β. Μετατόπιση από την αρχή και χρονική διάρκεια

Παρατήρησε την εικόνα 2.3.3. και συμπλήρωσε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις με τους κατάλληλους αριθμούς:

- Η μετατόπιση από την κουκκίδα (0) έως την κουκκίδα (1) είναι ..... μέτρα και διαρκεί ..... δευτερόλεπτα.
- Η μετατόπιση από την κουκκίδα (0) έως την κουκκίδα (2) είναι ..... και διαρκεί ..... δευτερόλεπτα.
- Η μετατόπιση από την κουκκίδα (0) έως την κουκκίδα (3) είναι ..... και διαρκεί ..... δευτερόλεπτα.



### Ανάλογα μεγέθη

Ανάλογα είναι τα μεγέθη  $x$  και  $y$ , που συνδέονται με μία σχέση της μορφής:  $y = \alpha \cdot x$ . Το  $\alpha$  είναι ένα **σταθερό μέγεθος** και λέγεται συντελεστής αναλογίας. Σε αυτήν την περίπτωση, όταν το  $x$  διπλασιάζεται, διπλασιάζεται και το  $y$ , όταν το  $x$  τριπλασιάζεται, τριπλασιάζεται και το  $y$  κ.λπ.

Ο συντελεστής αναλογίας μπορεί να βρεθεί από τη διαίρεση:  $\frac{y}{x} = \alpha$

Στη Φυσική το  $\alpha$  είναι ένα φυσικό μέγεθος και έχει μονάδα που προκύπτει από τις μονάδες των μεγεθών  $y$  και  $x$ .



Συμπλήρωσε τις παρακάτω προτάσεις με τις λέξεις: **ανάλογη, διπλασιάζεται (2), σταθερά, τριπλασιάζεται (2)**. Στην κίνηση της εικόνας 2.3.3:

- Όταν η χρονική διάρκεια ..... η μετατόπιση επίσης .....
- Όταν η χρονική διάρκεια ..... η μετατόπιση επίσης .....
- Άρα, η μετατόπιση  $\Delta x$  είναι ..... της χρονικής διάρκειας  $\Delta t$  και γράφεται:  
 $\Delta x = \dots \cdot \Delta t$

## Γ. Υπολογισμός μετατόπισης για χρονική διάρκεια 1sec

Για την κίνηση της εικόνας 2.3.3, υπολόγισε τη σταθερά αναλογίας για τα μεγέθη  $\Delta x$  και  $\Delta t$ , στις παρακάτω περιπτώσεις:

(0-2sec)  $\frac{\Delta x}{\Delta t} \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots$

(2-4sec)  $\frac{\Delta x}{\Delta t} \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots$

(4-6sec)  $\frac{\Delta x}{\Delta t} \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots$

(0-6sec)  $\frac{\Delta x}{\Delta t} \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots$

Η σταθερά αναλογίας δείχνει ότι το αυτοκίνητο, κάθε 1sec διανύει απόσταση ίση με ..... m.  
 Η σταθερά αναλογίας συμβολίζεται με  $v$  και είναι η **ταχύτητα** του αυτοκινήτου.



**Μία κίνηση ονομάζεται ευθύγραμμη ομαλή όταν η ταχύτητα του κινούμενου σώματος είναι σταθερή κατά μέτρο και κατεύθυνση.**

Η ταχύτητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2.3.1)$$

όπου  $\Delta x$  είναι η μετατόπιση του κινητού και  $\Delta t$  ο αντίστοιχος χρόνος.



Συμπλήρωσε τα κενά, στις παρακάτω προτάσεις.  
Σε μία ευθύγραμμη ομαλή κίνηση:

- Το κινητό σε ίσους ..... μετακινείται κατά ίσες .....
- Η μετατόπιση  $\Delta x$  είναι ..... της χρονικής διάρκειας  $\Delta t$ .
- Ισχύει η σχέση:  $\Delta x = \dots\dots\dots$  η οποία γράφεται και ως:  $v = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots}$

### Υπολογισμός ταχύτητας σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση



Μπορείς να υπολογίσεις το μέτρο της ταχύτητας σε μία ευθύγραμμη ομαλή κίνηση;

ΝΑΙ  ΟΧΙ  ΙΣΩΣ



### Πειραματική δραστηριότητα: Υπολογισμός ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (ιδιοκατασκευή)

#### Θα χρειαστείς:

- Κανάλι ηλεκτρικών καλωδίων μήκους 1 μέτρου (2x2 cm) και ένα μικρό κομμάτι από το ίδιο κανάλι για stop (εικόνα 2.3.4),
- Χάρακα και συνδετήρα χαρτιών,
- Χρονόμετρο και μπίλια.

#### Ετοιμασία της διάταξης

- Στη μία άκρη του καναλιού τοποθέτησε τον συνδετήρα, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.3.5(α).
- Πάνω στον συνδετήρα τοποθέτησε την μπίλια (εικόνα 2.3.5(β)).
- Στην άλλη άκρη του καναλιού τοποθέτησε κάθετα το μικρό κομμάτι, να ακουμπάει στο κανάλι, ώστε να το χτυπάει η μπίλια όταν διανύσει απόσταση 1m.

Αν δώσεις μία ώθηση (σπρώξιμο) στην μπίλια, όταν το κανάλι βρίσκεται πάνω στο θρανίο, θα διαπιστώσεις ότι αυτή θα σταματήσει μετά από λίγο. Αυτό συμβαίνει λόγω αντιστάσεων που δέχεται η μπίλια κατά την κίνησή της.

Για να εξισορροπήσεις τις αντιστάσεις, κάνε τα εξής:

- Τοποθέτησε το άκρο του καναλιού που έχει τον συνδετήρα, σε κάποιο μικρό ύψος (π.χ. τοποθέτησέ το πάνω σε ένα τετράδιο ή λεπτό βιβλίο (εικόνα 2.3.6)).
- Δώσε μία μικρή ώθηση στην μπίλια με τον χάρακα.
- Εάν η μπίλια κινείται σταθερά, τότε σε αυτήν τη διάταξη θα μελετήσεις την κίνηση, ειδάλως θα πρέπει να αλλάξεις το ύψος για να πετύχεις κίνηση με σταθερή ταχύτητα.

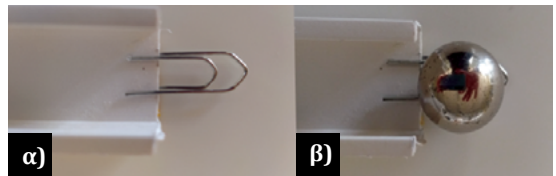
#### Πείραμα – μετρήσεις

- Δώσε μία μικρή ώθηση στην μπίλια με τον χάρακα.
- Μέτρησε με το χρονόμετρο, τον χρόνο  $\Delta t_1$  που θα κάνει η μπίλια για να διανύσει το κανάλι.

$$\Delta t_1 = \dots\dots\dots$$



Εικόνα 2.3.4: Υλικά για την πειραματική διάταξη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης



Εικόνα 2.3.5: (α) Τοποθέτηση του συνδετήρα στο κανάλι, (β) τοποθέτηση της μπίλιας πάνω στον συνδετήρα



Εικόνα 2.3.6: Μια μικρή ώθηση στην μπίλια θα δείξει αν αυτή μπορεί να κινηθεί σταθερά

- Υπολόγισε την ταχύτητα  $v_1$  της μπίλιας από τη σχέση:

$$v_1 = \frac{\Delta x}{\Delta t_1} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

- Επανάλαβε την προηγούμενη διαδικασία, αλλά δώσε στην μπίλια μια **μεγαλύτερη ώθηση**. Μέτρησε τον χρόνο  $\Delta t_2$  που θα κάνει η μπίλια και υπολόγισε την ταχύτητά της  $v_2$ .

$$\Delta t_2 = \dots\dots\dots \quad v_2 = \frac{\Delta x}{\Delta t_2} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

### Ψηφιακή δραστηριότητα: Υπολογισμός ταχύτητας στην Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση

Εναλλακτικά μπορείς να χρησιμοποιήσεις την πειραματική διάταξη της εικόνας 2.3.4 σε ηλεκτρονική μορφή.

- Εκτέλεσε το εικονικό πείραμα με μια **μικρή ώθηση** στην μπίλια.
- Γράψε την τιμή χρόνου  $\Delta t_1$  που κάνει αυτή, για να διανύσει την απόσταση του διαδρόμου 1 m.
- Εκτέλεσε το ίδιο πείραμα με μια **μεγαλύτερη ώθηση** στην μπίλια και γράψε την τιμή χρόνου  $\Delta t_2$
- Συμπλήρωσε τις τιμές που βρήκες στο προηγούμενο πλαίσιο (Πείραμα – μετρήσεις)
- Υπολόγισε τις ταχύτητες  $v_1$  και  $v_2$ .



Εικονικό εργαστήριο - Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση



Συμπλήρωσε τα κενά στην παρακάτω πρόταση με τις λέξεις ή εκφράσεις:  **$\Delta x$ , ομαλή,  $\Delta t$ , μετατόπιση  $\Delta x$ , μέτρο, διάρκεια  $\Delta t$** .

Το ..... της ταχύτητας ενός σώματος που εκτελεί ευθύγραμμη ..... κίνηση μπορεί να υπολογιστεί αν επιλέξουμε δύο θέσεις του κινητού, να βρούμε την ..... και την αντίστοιχη χρονική ..... και να αντικαταστήσουμε στη σχέση:  $v = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots}$

### Διαγράμματα στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση



Πώς μπορείς να περιγράψεις την κίνηση ενός οχήματος χωρίς να χρησιμοποιήσεις ένα σχήμα στο οποίο να φαίνεται η κίνησή του;

.....

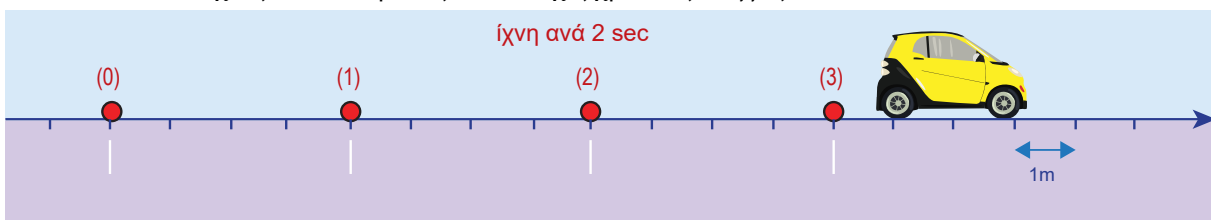
.....



### Διερεύνηση: Κατασκευή κατάλληλων διαγραμμάτων

Στην εικόνα 2.3.7 κάνε τα εξής:

- Τοποθέτησε την αρχή του άξονα  $x$  (το μηδέν), στην κουκκίδα (0) και ταυτόχρονα μηδένισε το χρονόμετρο σε αυτήν τη θέση, δηλαδή γράψε  $t_0=0$ .
- Αρίθμησε τον άξονα.
- Κάτω από κάθε ίχνος τοποθέτησε τις αντίστοιχες χρονικές στιγμές.

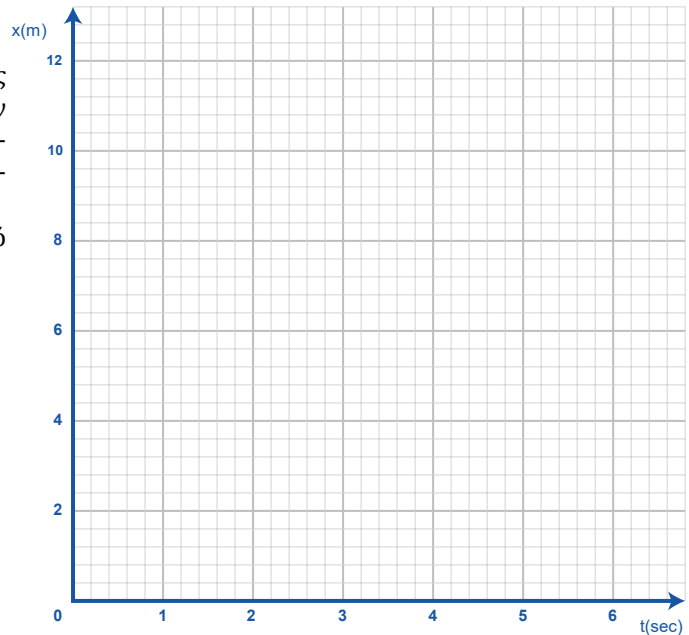


**Εικόνα 2.3.7:** Ένα αυτοκίνητο που κινείται ευθύγραμμα με την τοποθέτηση του άξονα  $x$  και κενά για την τοποθέτηση των θέσεων και των χρονικών στιγμών

### A. Διάγραμμα θέσης-χρόνου

- Μετάφερε τις χρονικές στιγμές και τις θέσεις που βρίσκονται τα ίχνη του αυτοκινήτου στον Πίνακα 1. Για κάθε ζευγάρι τιμών χρόνου – θέσης, σχεδίασε το αντίστοιχο σημείο στο σύστημα αξόνων της εικόνας 2.3.8.
- Σχεδίασε μια ευθεία που να περνάει πάνω από αυτά τα σημεία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1	
t(s)	x (m)
0	



Εικόνα 2.3.8: Σύστημα αξόνων θέσης-χρόνου

- Το διάγραμμα που σχεδίασες λέγεται **διάγραμμα θέσης-χρόνου** ή πιο απλά διάγραμμα x-t.

Απάντησε στα ερωτήματα:

Τα μεγέθη x και t είναι ανάλογα μεγέθη;

ΝΑΙ  ΟΧΙ  ΙΣΩΣ

Η σχέση των μεγεθών x και t γράφεται ως:  $x = \dots \cdot t$   
(στο κενό συμπλήρωσε έναν αριθμό που προκύπτει από τον Πίνακα 1)



Σε μία ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ισχύει η σχέση:  $\Delta x = v \cdot \Delta t$ , η οποία γράφεται και ως  $x - x_0 = v \cdot (t - t_0)$ , όπου  $x_0$  είναι η θέση του κινητού τη χρονική στιγμή  $t_0$  που ξεκινάει η μελέτη της κίνησης.

Εάν μετακινήσουμε τον άξονα x έτσι ώστε το όχημα όταν ξεκινάει η μελέτη της κίνησης, να βρίσκεται στη θέση  $x_0 = 0$  και τότε να εκκινήσουμε το χρονόμετρο, δηλαδή η χρονική στιγμή  $t_0$  θα είναι  $t_0 = 0$ , η σχέση 2.3.1, γράφεται και ως:  $x = v \cdot t$

### B. Διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου

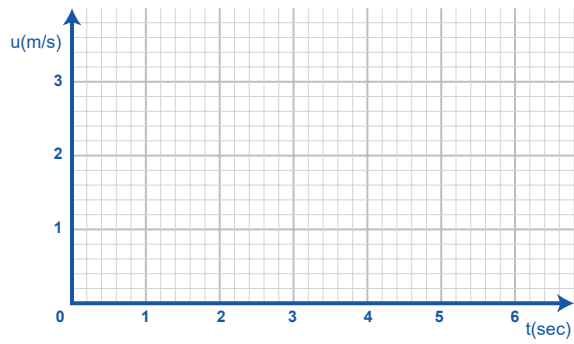
- Η ταχύτητα του αυτοκινήτου της εικόνας 2.3.7 είναι σταθερή σε όλη την κίνηση, δείχνει πόσα μέτρα μεταπίζειται το όχημα κάθε 1 sec και έχει τιμή ίση με:

$$v = \dots$$

Τι παρατηρείς; .....

- Συμπλήρωσε τις τιμές των χρονικών στιγμών και των ταχυτήτων στον Πίνακα 2.
- Για κάθε ζευγάρι τιμών ταχύτητας-χρόνου, σχεδίασε το αντίστοιχο σημείο στο σύστημα αξόνων της εικόνας 2.3.9.
- Σχεδίασε μια ευθεία που να περνάει πάνω από αυτά τα σημεία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2	
t(s)	v(m/s)
0	



Εικόνα 2.3.9: Σύστημα αξόνων ταχύτητας-χρόνου

• Το διάγραμμα που σχεδίασες ονομάζεται διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου ή πιο απλά διάγραμμα v-t.



**Εμβαδόν στο διάγραμμα v-t**

Το εμβαδόν E ενός ορθογωνίου παραλληλογράμμου με πλευρές α και β δίνεται από τη σχέση:  
 $E = \alpha \cdot \beta$

Στη Φυσική, σε ορισμένα διαγράμματα χρησιμοποιείται το εμβαδόν που σχηματίζει η ευθεία του διαγράμματος με τον οριζόντιο άξονα. Αυτό είναι ένα φυσικό μέγεθος που έχει μονάδα που προκύπτει από το γινόμενο των δύο μεγεθών του διαγράμματος.

• Υπολόγισε το **εμβαδόν** που περικλείεται από τη γραμμή της ταχύτητας με τον άξονα των χρόνων, από 0 έως 6 s:

Εμβαδόν  $(v - t) = \dots\dots\dots \frac{m}{s} \cdot \dots\dots\dots s = \dots\dots\dots$

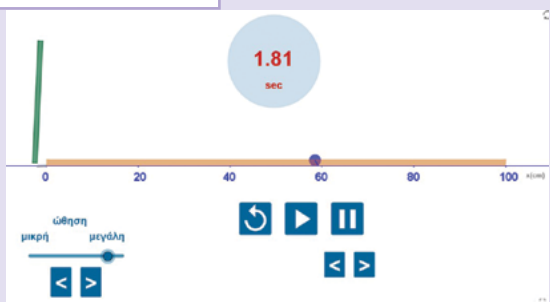
Τι παρατηρείς;

.....  
 .....



**Εικονικό εργαστήριο 1: Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση**

Παρουσιάζεται μια μπίλια που κινείται με σταθερή ταχύτητα. Μπορείς να σχεδιάσεις το διάγραμμα της θέσης-χρόνου και από αυτό να υπολογίσεις την ταχύτητα της μπίλιας.



Εικονικό εργαστήριο  
 Ευθύγραμμη Ομαλή  
 Κίνηση



Για το διάγραμμα θέσης-χρόνου που σχεδίασες στην εικόνα 2.3.8 συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις: **περιγράφει, αρχή, πλάγια, ομαλή:**

Το διάγραμμα x-t στην ευθύγραμμη ..... κίνηση είναι μία ..... ευθεία, που σε αυτήν την περίπτωση περνάει από την ..... των αξόνων και ..... την κίνηση του οχήματος.

Για το διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου που σχεδίασες στην εικόνα 2.3.9, συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις: **εμβαδόν, περιγράφει, μετατόπιση, παράλληλη:**

Το διάγραμμα v-t είναι μία ευθεία ..... στον άξονα των χρόνων.

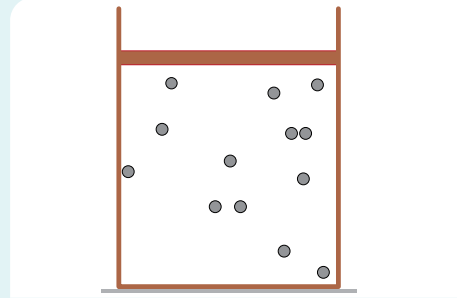
Το ..... του διαγράμματος v-t δείχνει την ..... του οχήματος και ..... την κίνηση του οχήματος.



**ΓΕΝΙΚΕΥΣΕΙΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

**1. Κίνηση μορίων αερίου**

Στη Φυσική ορίζεται το «ιδανικό αέριο» το οποίο είναι ένα μοντέλο για τη μελέτη των αερίων. Όταν ένα αέριο βρίσκεται μέσα σε ένα κλειστό δοχείο, τα μόριά του συγκρούονται είτε μεταξύ τους είτε με τα τοιχώματα του δοχείου. Σύμφωνα με το μοντέλο του ιδανικού αερίου, τα μόριά του εκτελούν ευθύγραμμη ομαλή κίνηση από κρούση σε κρούση.



**Εικόνα 2.3.10:** Κίνηση των μορίων του αερίου

**Ψηφιακή δραστηριότητα: Αέριο**

Με την προσομοίωση μπορείς να δεις την κίνηση των μορίων ενός αερίου που βρίσκεται μέσα σε ένα δοχείο με κινητό έμβολο.



**2. Ταχύτητα διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων**

Ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι τα κύματα των ραδιοφωνικών σταθμών, της τηλεόρασης, των κινητών τηλεφώνων, η υπέρυθρη ακτινοβολία, το ορατό φως κ.λπ.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται με σταθερή ταχύτητα στον αέρα ή στο κενό και αυτή είναι περίπου ίση με 300.000 km/s.

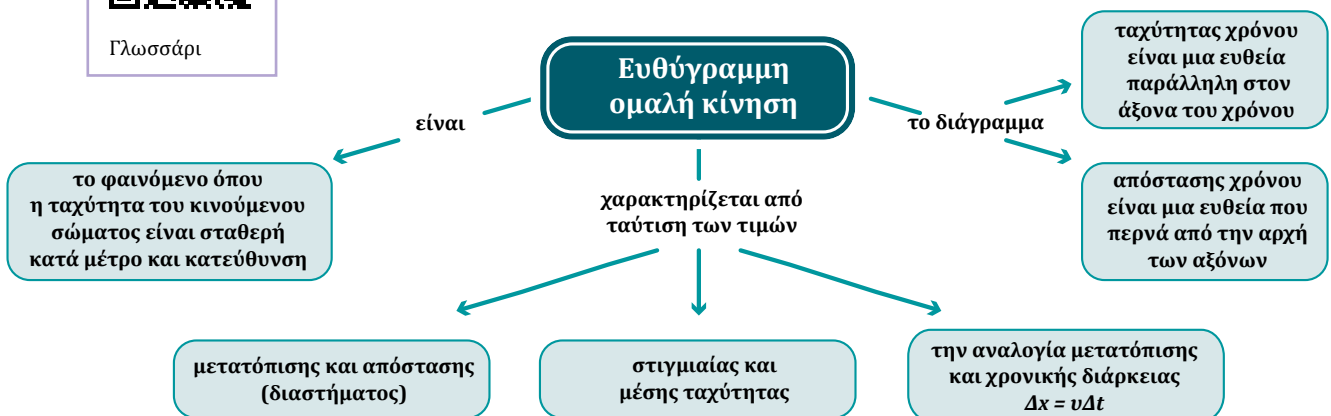


**Εικόνα 2.3.11:** Οι κεραίες επικοινωνιών εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα



Γλωσσάρι

**Εννοιολογικός χάρτης**





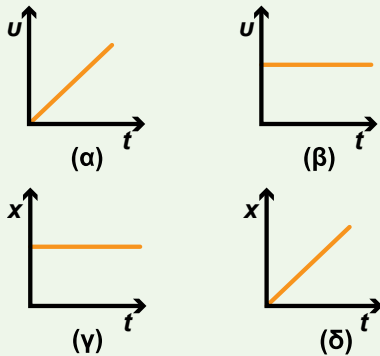
## 2.3 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

## 1. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.

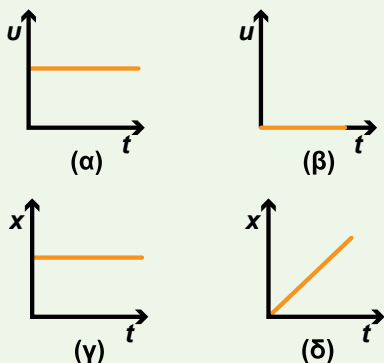
Ένα μικρό σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση όταν:

- A. η τροχιά του είναι ευθεία γραμμή.
- B. η ταχύτητά του έχει σταθερό μέτρο.
- Γ. η ταχύτητά του έχει σταθερή κατεύθυνση.
- Δ. όλα τα παραπάνω.

2. Επιλέξτε τις σωστές προτάσεις. Τα επόμενα διαγράμματα αναφέρονται σε ευθύγραμμες κινήσεις. Ποια από τα διαγράμματα αναφέρονται σε κινήσεις με σταθερή ταχύτητα;

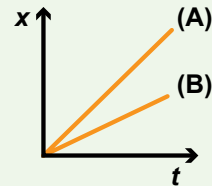


3. Επιλέξτε τις σωστές προτάσεις. Ένα σώμα παραμένει ακίνητο στην ίδια θέση. Ποια από τα διαγράμματα περιγράφουν αυτήν την κατάσταση;



4. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση και να την αιτιολογήσετε. Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται οι θέσεις δυο κινητών με τον χρόνο. Τα κινητά κινούνται ευθύγραμμα.

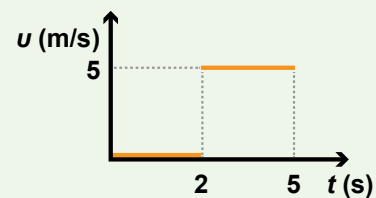
- A. Το κινητό A κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα.
- B. Το κινητό B κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα.
- Γ. Τα δυο κινητά κινούνται με την ίδια ταχύτητα.



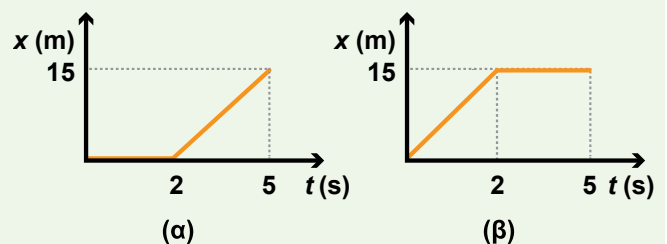
5. Ένα σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και τη χρονική στιγμή  $t_0=0$  ήταν στη θέση  $x_0=0$ . Να συμπληρώσετε τον πίνακα:

$x(m)$	$t(s)$	$u(m/s)$
0	0	
10	2	
20		
	10	

6. Το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου ενός ποδηλάτου που κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο είναι το πιο κάτω:



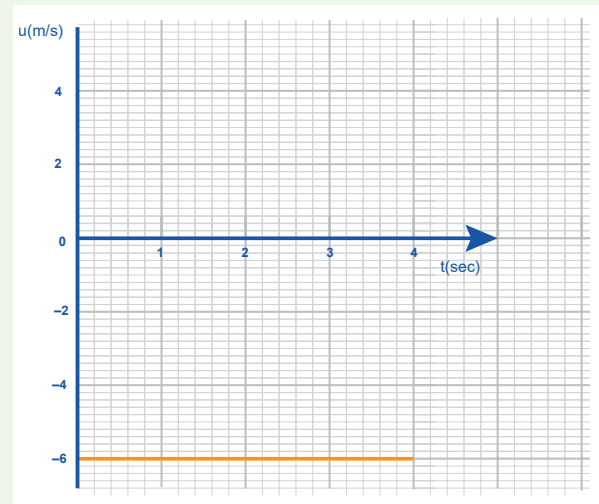
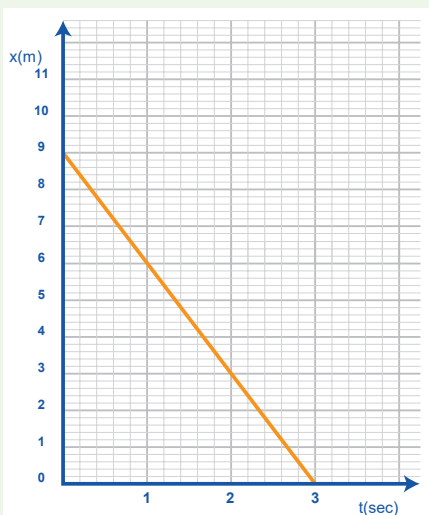
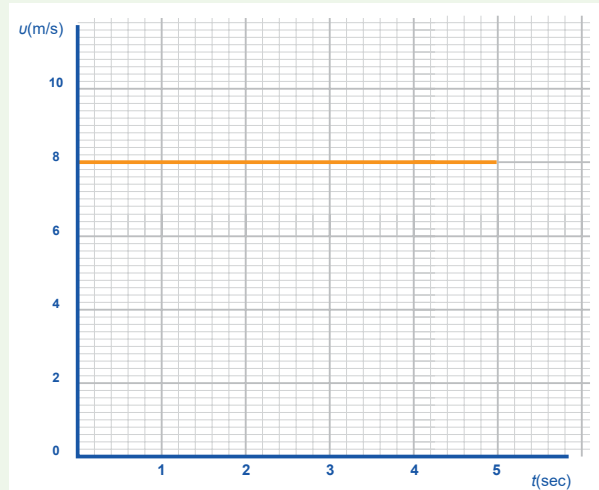
Ποιο από τα ακόλουθα διαγράμματα παριστάνει τη θέση του ποδηλάτη με τον χρόνο;





## 2.3 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

- Ένας οδηγός χρονομέτρησε την ευθύγραμμη διαδρομή του μέσα σε ένα τούνελ, που είχε μήκος 1200 m και βρήκε ότι χρειάστηκε 1 λεπτό, κινούμενος συνεχώς με σταθερή ταχύτητα.
  - Τι είδους κίνηση έκανε το αυτοκίνητο;
  - Ποιο ήταν το μέτρο της ταχύτητας του αυτοκινήτου;
- Μια μικρή σφαίρα κινείται με σταθερή ταχύτητα πάνω σε έναν αριθμημένο ευθύγραμμο οδηγό. Την  $t_0 = 0$  βρίσκεται στη θέση  $x_0 = 0$ , ενώ την  $t = 3\text{s}$  βρίσκεται στη θέση  $x = 90\text{cm}$ .
  - Προς ποια κατεύθυνση κινείται;
  - Ποια είναι η τιμή της ταχύτητάς του;
  - Να κατασκευάσετε τα διαγράμματα θέσης-χρόνου και ταχύτητας-χρόνου, για αυτήν την κίνηση.
- Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα πάνω σε ευθύγραμμο δρόμο. Την  $t_0 = 0$  βρίσκεται στη θέση  $x_0 = 100\text{m}$ , ενώ την  $t_1 = 5\text{s}$  βρίσκεται στη θέση  $x_1 = 20\text{m}$ .
  - Προς ποια κατεύθυνση κινείται;
  - Ποια είναι η τιμή της ταχύτητάς του;
  - Να κατασκευάσετε τα διαγράμματα θέσης-χρόνου και ταχύτητας-χρόνου, για αυτήν την κίνηση.
- Ένα όχημα κινείται σύμφωνα με το διάγραμμα της εικόνας.
  - Περιγράψτε την κίνηση του οχήματος.
  - Υπολογίστε την ταχύτητά του.
  - Σχεδιάστε το αντίστοιχο διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου.
- Ένα όχημα κινείται σύμφωνα με το διάγραμμα της εικόνας.
  - Περιγράψτε την κίνηση του οχήματος.
  - Υπολογίστε τη μετατόπισή του.
  - Σχεδιάστε το αντίστοιχο διάγραμμα θέσης-χρόνου, θεωρώντας ότι το όχημα τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$  βρίσκεται στη θέση  $x_0 = 30\text{m}$ .





### 2.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

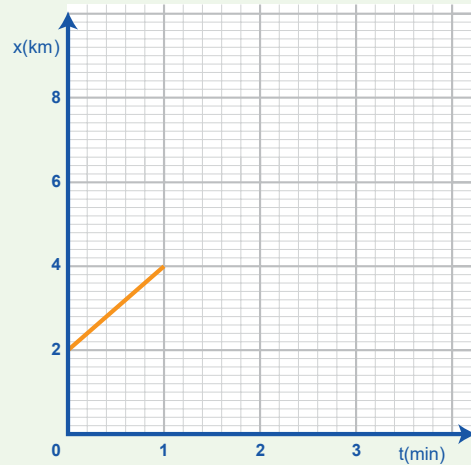
1. Ο Χρήστος Κεντέρης στους Ολυμπιακούς Αγώνες του Σίδνεϋ έτρεξε την κούρσα των 200 m σε 19 δευτερόλεπτα. Αν μπορούσε να διατηρήσει αυτήν την ταχύτητα σταθερή σε έναν ευθύγραμμο διάδρομο 5 km, πόσο χρόνο θα χρειαζόταν για να καλύψει αυτήν την απόσταση;
2. Το φως του Ήλιου κινούμενο ευθύγραμμο και με σταθερή ταχύτητα 300.000 km/s χρειάζεται χρόνο 8 λεπτά και 20 δευτερόλεπτα για να φτάσει στη Γη. Πόσα χιλιόμετρα απέχει η Γη από τον Ήλιο;
3. Ένας μαθητής στο πλαίσιο ενός πειράματος, κινείται κατά μήκος ενός άξονα  $x$ . Κινείται πρώτα προς τη θετική φορά του άξονα και έπειτα προς την αρνητική φορά, σύμφωνα με το διάγραμμα της εικόνας.
  - A. Περιγράψτε την κίνηση του μαθητή.
  - B. Υπολογίστε τη μετατόπιση του μαθητή  $\Delta x_1$  προς τα δεξιά και τη μετατόπισή του  $\Delta x_2$  προς τα αριστερά.
  - Γ. Υπολογίστε τις δύο ταχύτητές του.
  - Δ. Σχεδιάστε το αντίστοιχο διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου.
  - Ε. Υπολογίστε τη μέση ταχύτητά του.



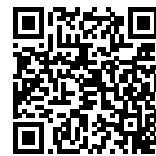
4. Στην παρακάτω εικόνα δίνεται ένα τμήμα από το διάγραμμα θέσης - χρόνου ενός αυτοκινήτου που κινείται με σταθερή ταχύτητα στον άξονα  $x$ .
  - A. Σε ποια θέση βρίσκεται το αυτοκίνητο την  $t_0 = 0$ ;
  - B. Ποια είναι η ταχύτητά του σε km/min και km/h;
  - Γ. Σε ποια θέση βρίσκεται την  $t = 3\text{min}$ , εάν συνεχίσει

να κινείται με την ίδια ταχύτητα;

- Δ. Ποια είναι η μετατόπισή του κατά τη διάρκεια του δεύτερου λεπτού;



5. Δυο αυτοκίνητα κινούνται με ταχύτητες ίδιας φοράς σε ευθύγραμμο δρόμο. Την  $t_0=0$  συναντώνται στο σημείο  $x_0=0$ . Το πρώτο αυτοκίνητο κινείται με ταχύτητα μέτρου 20m/s και το δεύτερο αυτοκίνητο κινείται με ταχύτητα 10m/s. Για την κίνησή τους, από 0 έως 5 sec, ζητείται:
  - A. Να κάνετε σε κοινούς άξονες το διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου.
  - B. Να κάνετε σε κοινούς άξονες το διάγραμμα θέσης-χρόνου.
  - Γ. Να βρείτε πόσο απέχουν τα αυτοκίνητα τη χρονική στιγμή 5 s;
  - Δ. Ποια χρονική στιγμή απέχουν μεταξύ τους 100 m;



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο



Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσεις τη βαρυτική αλληλεπίδραση, που είναι υπεύθυνη για το βάρος των σωμάτων. Θα διακρίνεις τη διαφορά μεταξύ μάζας και βάρους, καθώς και πώς το βάρος μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος από την επιφάνεια της Γης ή την παρουσία σε άλλους πλανήτες, σύμφωνα με τον **νόμο της παγκόσμιας έλξης** του Newton. Στη συνέχεια, θα μελετήσεις τις δυνάμεις επαφής, όπως η **κάθετη αντίδραση**, και η **τριβή**, η οποία μπορεί να εμποδίζει ή να διευκολύνει την κίνηση.

Προχωρώντας στα ρευστά, θα μελετήσεις την **πίεση** και την επίδρασή της στα στερεά, στα υγρά και στα αέρια. Θα γνωρίσεις τη **νομοτέλεια της υδροστατικής πίεσης** και πώς αυτή εξαρτάται από το βάθος, καθώς και για την **αρχή του Pascal**, η οποία εξηγεί πολλές πρακτικές εφαρμογές, όπως τα υδραυλικά συστήματα. Επίσης, θα εξετάσεις την **άνωση**, τη δύναμη που εξηγεί γιατί τα αντικείμενα επιπλέουν στα υγρά, διατυπώνοντας την αρχή του Αρχιμήδη. Τέλος θα επεκτείνεις την έννοια της άνωσης στον αέρα, κατανοώντας την πλεύση αερόστατων και τη σχέση της με την **ατμοσφαιρική πίεση**.

# 03.

## Δυνάμεις στην Καθημερινή Ζωή – Βάρος, Κάθετη Αντίδραση, Τριβή, Άνωση

### ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

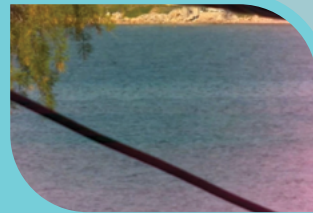
- 3.1. Βαρυτική δύναμη
- 3.2. Δυνάμεις επαφής μεταξύ στερεών σωμάτων
  - 3.2.1. Δυνάμεις αλληλεπίδρασης σωμάτων σε επαφή. Η κάθετη δράση – αντίδραση.
  - 3.2.2. Τριβή
- 3.3. Δυνάμεις επαφής σώματος με ρευστά. Άνωση
  - 3.3.1. Η πίεση
  - 3.3.2. Υδροστατική πίεση
  - 3.3.3. Αρχή του Pascal
  - 3.3.4. Σχέση πίεσης – άνωσης. Αρχή του Αρχιμήδη και Πλεύση
  - 3.3.5. Ατμοσφαιρική πίεση. Αιώρηση αερόστατων

# Κεφάλαιο 3 – Δυνάμεις στην καθημερινή ζωή: Βάρος, Κάθετη αντίδραση Τριβή, Άνωση

## 3.1. Βαρυτική δύναμη

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να αποδίδεις στην έννοια μάζα μια φυσική ιδιότητα των σωμάτων που σχετίζεται με τη βαρυτική αλληλεπίδραση.
2. Να διατυπώνεις με μαθηματική σχέση τον νόμο της παγκόσμιας έλξης και να αναγνωρίζεις την καθολική του ισχύ.
3. Να ορίζεις το βάρος σώματος στη Γη και σε διάφορους πλανήτες και να το συνδέεις με τον νόμο της παγκόσμιας έλξης.
4. Να διακρίνεις τις διαφορές βάρους και μάζας.
5. Να αναγνωρίζεις ότι το βάρος ενός σώματος στη Γη εξαρτάται από το ύψος που βρίσκεται.



Εικόνα 3.1.1: Φαινόμενα με βαρυτικές αλληλεπιδράσεις



Ο Ισαάκ Νεύτων στο έργο του *Principia* (Αρχές) γράφει μεταξύ άλλων:

«Από τις δυνάμεις με μαθηματικές προτάσεις, παράγω τις κινήσεις των πλανητών, των κομητών, της σελήνης, καθώς και της θάλασσας (παλίρροιες)»

Στο ίδιο έργο όρισε τη μάζα ως «ποσότητα της ύλης», αλλά το σημαντικό ήταν ότι έκανε τη διάκριση ανάμεσα στη μάζα και το βάρος και ενοποίησε τη γήινη με την ουράνια βαρύτητα.

Εικόνα 3.1.2. Isaac Newton (Ισαάκ Νεύτων) (1642-1727)

### Ας αναρωτηθούμε



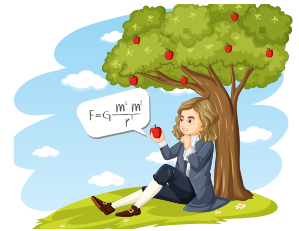
- Στο πάνω μέρος της εικόνας 3.1.1 φαίνεται ακριβώς η ίδια περιοχή στη Χαλκίδα, στην άμπωτη (πτώση της στάθμης της θάλασσας) και στην πλημμυρίδα (άνοδος της στάθμης της θάλασσας). Το φαινόμενο της περιοδικής ανόδου και καθόδου της στάθμης του νερού των θαλασσών ονομάζεται παλίρροια. Πού οφείλεται το φαινόμενο της παλίρροιας;
- Στο κάτω μέρος της εικόνας 3.1.1 φαίνεται μια αναπαράσταση του ηλιακού συστήματος και η εικόνα των δύο πρώτων ανθρώπων που περπάτησαν στη Σελήνη. Πού οφείλονται οι κινήσεις των πλανητών γύρω από τον Ήλιο; Υπάρχει αέρας στη Σελήνη; Υπάρχει βαρύτητα στη Σελήνη; Ποια η διαφορά μάζας και βάρους;

**Βαρυτική αλληλεπίδραση και μάζα**



Η μάζα είναι μια ιδιότητα των στοιχειωδών σωματιδίων. Η μάζα ενός αντικειμένου είναι το άθροισμα των μαζών των στοιχειωδών σωματιδίων που το συγκροτούν, συνεπώς είναι μια εσωτερική ιδιότητα της ύλης και μετριέται στο S.I. σε κιλά (kg). Όταν φυσάει ο αέρας «σηκώνει» τα φύλλα από το έδαφος, ενώ οι πέτρες ούτε που κουνιούνται. Επίσης, πιο εύκολα σηκώνουμε έναν άδειο κουβά από έναν κουβά με νερό. Για όλα αυτά υπεύθυνη είναι η μάζα των αντικειμένων. Στην ενότητα 1.3 αναφέρθηκε ότι μία από τις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις είναι και η βαρυτική αλληλεπίδραση η οποία οφείλεται στη μάζα των αντικειμένων.

Σύμφωνα με γραπτές πηγές, ο Newton το 1666 με αφορμή την πτώση ενός μήλου αναρωτήθηκε γιατί το μήλο πρέπει να πέφτει πάντα κατακόρυφα, δηλαδή κάθετα προς το οριζόντιο έδαφος με κατεύθυνση προς το κέντρο της Γης; Γιατί δεν πάει πλάγια ή προς τα πάνω; Σκέφτηκε λοιπόν ότι το μήλο έλκεται από το κέντρο της Γης και η πτώση του ανακόπτεται από το έδαφος. Δεν σταμάτησε όμως εκεί. Αναρωτήθηκε ότι όπως το μήλο έλκεται από τη Γη, μήπως έλκεται και η Σελήνη από τη Γη; Με άλλα λόγια, μήπως η βαρύτητα είναι μια παγκόσμια έλξη που εμφανίζεται ανάμεσα σε όλα τα αντικείμενα στο σύμπαν;



**Εικόνα 3.1.3:** Ο Νεύτωνας κάθεται κάτω από τη μηλιά!

**Ο νόμος του Νεύτωνα για την παγκόσμια έλξη**



Από ποιους παράγοντες εξαρτάται το μέτρο της δύναμης με την οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους δύο σφαιρικές μάζες; Ποια τα χαρακτηριστικά της;

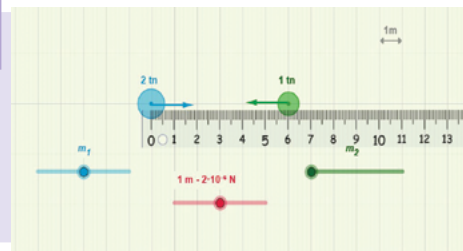
.....

.....

.....

**Ψηφιακή δραστηριότητα: Εικονικό πείραμα - Νόμος παγκόσμιας έλξης**

Γίνεται διερεύνηση των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η δύναμη της βαρυτικής αλληλεπίδρασης μεταξύ 2 σωμάτων (συνοδεύεται με ένα φύλλο εργασίας).



Βαρυτικές δυνάμεις



Ποια είναι τα συμπεράσματά σου;

.....

.....



Στο έργο του *Principia*, που δημοσιεύτηκε το 1687, ο Newton περιέγραψε πώς χρησιμοποίησε γνωστά μέχρι τότε δεδομένα για αντικείμενα στο ηλιακό σύστημα, ιδίως τη Σελήνη και την τροχιά της γύρω από τη Γη, για να ανακαλύψει τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτώνται οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ δύο αντικειμένων. Το αποτέλεσμα συνοψίζεται στον νόμο του για την παγκόσμια έλξη: «Η δύναμη της βαρυτικής έλξης μεταξύ οποιωνδήποτε δύο αντικειμένων είναι ευθέως ανάλογη με το γινόμενο των μαζών των αντικειμένων και αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης μεταξύ των κέντρων τους».

Για να εκφράσουμε αυτόν τον νόμο σε μορφή μαθηματικής σχέσης, χρησιμοποιούμε τα ακόλουθα σύμβολα για τα φυσικά μεγέθη:

$F_g$ : είναι η δύναμη της βαρυτικής έλξης μεταξύ οποιωνδήποτε δύο αντικειμένων

$m_1$ : είναι η μάζα του ενός αντικειμένου

$m_2$ : είναι η μάζα του δεύτερου αντικειμένου

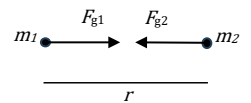
και  $r$  είναι η απόσταση μεταξύ των κέντρων των δύο αντικειμένων, τα οποία υποτίθεται ότι είναι σφαιρικά.

Η μαθηματική έκφραση του νόμου είναι:  $F_{g1} = F_{g2} = F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  (3.1.1).

Όπου η σταθερά  $G$  ονομάζεται σταθερά της παγκόσμιας έλξης, είναι ανεξάρτητη από το υλικό που παρεμβάλλεται μεταξύ των αντικειμένων και έχει την τιμή:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

Κατά την εφαρμογή του νόμου της παγκόσμιας έλξης, είναι σημαντικό να λάβετε υπόψη τις παρακάτω παρατηρήσεις:

- Υπάρχουν δύο αντίθετες δυνάμεις. Η Γη ασκεί δύναμη σε σένα (δράση) αλλά και εσύ ασκείς στην Γη δύναμη ίσου μέτρου (αντίδραση). Αυτές οι δύο δυνάμεις υπακούουν στον 3ο νόμο του Νεύτωνα. Η διεύθυνση των δυνάμεων είναι πάνω στην ευθεία που ενώνει τα κέντρα των δύο μαζών.
- Για να είναι αισθητή η δύναμη έλξης, πρέπει τουλάχιστον ένα από τα αντικείμενα να έχει πολύ μεγάλη μάζα.
- Η σχέση αντίστροφου τετραγώνου μεταξύ της  $F_g$  και της  $r$  σημαίνει ότι η δύναμη έλξης μειώνεται γρήγορα καθώς τα δύο αντικείμενα απομακρύνονται. Όμως δεν υπάρχει μια τιμή του  $r$ , όσο μεγάλη κι αν είναι, που θα μειώνει τη δύναμη έλξης στο μηδέν. Κάθε αντικείμενο στο σύμπαν ασκεί μια δύναμη βαρυτικής έλξης σε κάθε άλλο αντικείμενο.
- Η μαθηματική σχέση του νόμου της παγκόσμιας βαρύτητας ισχύει μόνο για δύο σφαιρικά αντικείμενα (όπως η Γη και ο Ήλιος) ή για δύο αντικείμενα των οποίων τα μεγέθη είναι πολύ μικρότερα από την απόστασή τους (για παράδειγμα, εσείς και ένας φίλος σας που απέχει 1,0 km) ή για ένα μικρό αντικείμενο και μια πολύ μεγάλη σφαίρα (όπως εσείς και η Γη).



**Εικόνα 3.1.4:** Μάζες  $m_1$  και  $m_2$  σε απόσταση  $r$  μεταξύ τους, δέχονται βαρυτικές δυνάμεις

### Το βάρος $w$

Η δύναμη που περιγράφει τη βαρυτική αλληλεπίδραση μεταξύ μικρών μαζών είναι εξαιρετικά μικρή. Για παράδειγμα, το μέτρο της δύναμης μεταξύ του σώματός σας και του βιβλίου σας είναι μικρότερη από  $10^{-7}\text{N}$ . Επειδή η Γη έχει μεγάλη μάζα, η βαρυτική δύναμη που ασκεί στα αντικείμενα είναι αρκετά μεγάλη προκαλώντας φαινόμενα όπως η κίνηση των αντικειμένων προς το έδαφος. Στην περίπτωση που το ένα σώμα έχει μεγάλη μάζα, όπως ένας πλανήτης, τότε η βαρυτική δύναμη  $F_g$  σε ένα αντικείμενο μάζας  $m$  λέγεται και βάρος  $w$  του αντικειμένου και μετριέται σε Νιούτον (newtons) (N).



Ποια είναι η σχέση μάζας και βάρους ενός σώματος στη Γη; .....

Ο αέρας έχει βάρος; **ΝΑΙ**

**ΟΧΙ**



**Πειραματική δραστηριότητα: Σχέση μάζας και βάρους**

Αν κρεμάσεις ένα αντικείμενο σε ένα δυναμόμετρο, η δύναμη που μετράς είναι ίση με τη βαρυτική αλληλεπίδραση μεταξύ της Γης και του αντικειμένου.

Με ένα δυναμόμετρο μίτρησε το βάρος σε Ν διαφόρων βαριδιών με γνωστές μάζες και συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα:

Μάζα $m$ (Kg)	Βάρος $w$ (N)	$\frac{w}{m}$ (N/kg)



Ποιο είναι το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγεις; Θυμήσου ότι δύο ποσά είναι ανάλογα όταν το πηλίκό τους είναι σταθερό.

.....

.....

.....



**Πρακτική δραστηριότητα: Ο αέρας έχει βάρος;**

**Θα χρειαστείς:**

- Τρία όμοια μικρά μπαλόνια,
- Νήμα ή κλωστή,
- Μία ράβδος,
- Σελοτέιπ

**Διαδικασία**

Κόψε 3 κλωστές ή νήματα περίπου 10cm το καθένα.

Φούσκωσε δύο ίδια μπαλόνια, ώστε να αποκτήσουν το ίδιο μέγεθος, δέσε κάθε στόμιο και κρέμασε τα μπαλόνια στην ίδια απόσταση από το μέσο της ράβδου. Δέσε το τρίτο νήμα στο μέσο της ράβδου και κράτησέ την, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.1.5., ώστε να ισορροπεί οριζόντια.

Αφαίρεσε τον αέρα από το ένα μπαλόνι.

Τι παρατηρείς; Γέρνει η ράβδος ή μένει οριζόντια;

.....

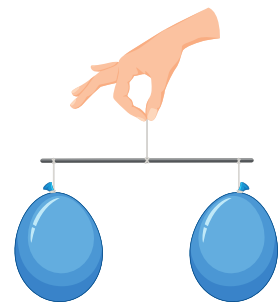
Προς ποια μεριά γέρνει;

.....



Ποιο είναι το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγεις; .....

.....



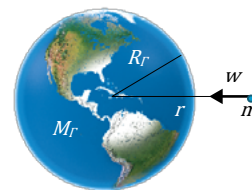
**Εικόνα 3.1.5:** Η κατασκευή που θα δημιουργήσεις κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας



Το βάρος μας  $w$  σύμφωνα με τον νόμο της παγκόσμιας έξης μπορεί να εκφραστεί από τη σχέση 3.1.1, αν θέσουμε όπου  $m_1$  τη μάζα της Γης  $M_r$  και όπου  $m_2$  τη μάζα μας  $m$ . Οπότε, σε ένα σημείο που απέχει από το κέντρο της Γης απόσταση  $r$  μεγαλύτερη ή ίση από την ακτίνα της Γης προκύπτει ότι:

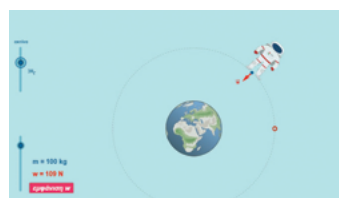
$$w = G \frac{M_r m}{r^2} \quad (3.1.2)$$

Από τη σχέση (3.1.2) φαίνεται ότι το βάρος  $w$  κάποιου αντικειμένου μειώνεται καθώς αυτό απομακρύνεται από την επιφάνεια της Γης. Επίσης, το βάρος είναι λίγο μεγαλύτερο στους πόλους από ό,τι στον Ισημερινό επειδή η Γη έχει μεγαλύτερη ακτίνα στον Ισημερινό (6.378km) από ό,τι στους πόλους (6.356km).



Εικόνα 3.1.6: Μάζα  $m$  σε απόσταση  $r$  από το κέντρο της Γης.

Ψηφιακή δραστηριότητα: **Το βάρος όταν ανεβαίνουμε ψηλά και σε διάφορα σημεία της Γης**



Βάρος στη Γη

Ψηφιακή δραστηριότητα: **Το βάρος στη Γη, στη Σελήνη και στον Άρη**



Βάρος στη Γη, στη Σελήνη και στον Άρη



### ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΙ ΜΑΖΑΣ

ΜΑΖΑ	ΒΑΡΟΣ
Μάζα είναι μια ιδιότητα της ύλης και είναι θεμελιώδες μέγεθος στο S.I.	Το βάρος είναι η δύναμη που ασκείται από τη Γη σε ένα αντικείμενο. Γενικότερα είναι η δύναμη που ασκείται σε ένα αντικείμενο από ένα άλλο σώμα μεγάλης μάζας, όπως ένας πλανήτης. Το βάρος είναι παράγωγο μέγεθος στο S.I.
Η μάζα ενός αντικειμένου είναι σταθερή.	Το βάρος ενός σώματος αλλάζει από τόπο σε τόπο.
Μετριέται με ζυγό.	Μετριέται με την παραμόρφωση που προκαλεί σε ένα ελατήριο.
Η μάζα είναι μονόμετρο μέγεθος.	Το βάρος είναι διανυσματικό μέγεθος.
Μονάδα της μάζας στο S.I. είναι το 1Kg	Μονάδα του βάρους στο S.I. είναι το 1N

Το μέτρο του βάρους και η μάζα ενός σώματος σε έναν τόπο, όπως είδαμε στην πειραματική δραστηριότητα έχουν σταθερό πηλίκο:  $\frac{W}{m} = \text{σταθ}$  (3.1.3)

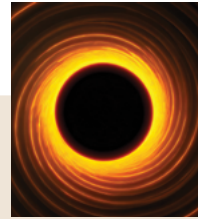
Συνεπώς το βάρος και η μάζα σε έναν τόπο είναι μεγέθη ανάλογα. Ένα σώμα με διπλάσια μάζα στον ίδιο τόπο θα δέχεται και διπλάσιο βάρος. Ένα σώμα με μάζα 1kg στην επιφάνεια της Γης δέχεται δύναμη (βάρος) από τη Γη, περίπου 9,81N. Έτσι η σταθερά αναλογίας στην επιφάνεια της Γης θα είναι 9,81 N/kg. Πολλές φορές σε ασκήσεις και προβλήματα θα τη θεωρούμε για ευκολία 10N/kg. Θα τη συμβολίζουμε με  $g$  και εκφράζει την βαρυτική δύναμη που ασκείται σε κάθε μονάδα μάζας που βρίσκεται στο σημείο αυτό οπότε η 3.1.3 μπορεί να γραφτεί ως:

$$w = mg \quad (3.1.4)$$

**Ένθετα**

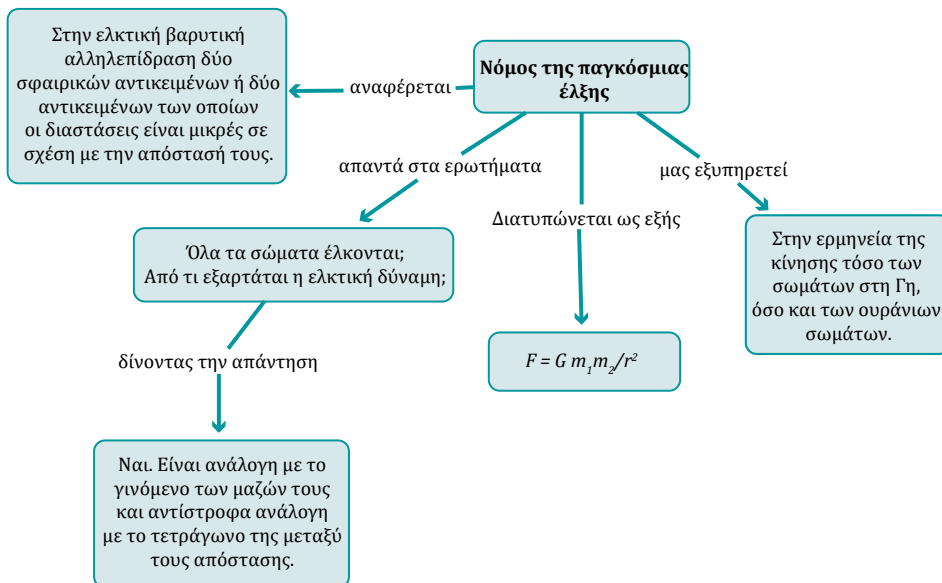
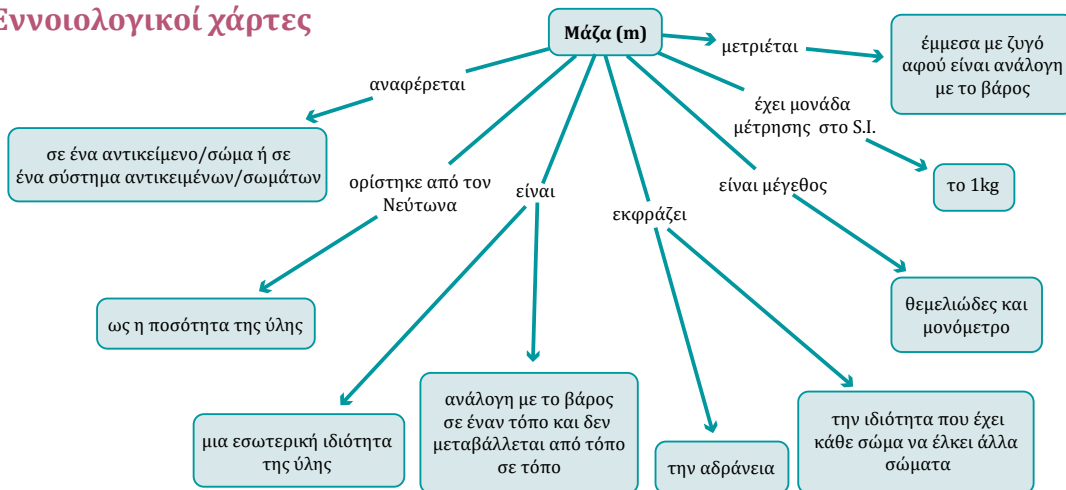


Παλίρροιες - Το φαινόμενο του Ευρίπου



Μαύρες τρύπες

**Εννοιολογικοί χάρτες**





## 3.1 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση. Στη σελήνη:

- A. το βάρος ενός σώματος είναι το ίδιο με το βάρος του στη Γη.
- B. το βάρος ενός σώματος είναι μικρότερο από το βάρος του στη Γη.
- Γ. το βάρος ενός σώματος είναι μεγαλύτερο από το βάρος του στη Γη.
- Δ. δεν έχει βάρος.

2. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση. Η βαρυτική δύναμη:

- A. εξαρτάται από το υλικό μεταξύ των σωμάτων που αλληλεπιδρούν.
- B. είναι μια δύναμη που έχει παγκόσμιο χαρακτήρα.
- Γ. είναι μια δύναμη που ασκείται μόνο από τη Γη.
- Δ. αφορά μόνο σώματα με πολύ μεγάλη μάζα.

3. Δύο σημειακές μάζες  $m$  και  $2m$  βρίσκονται σε απόσταση  $r$ . Οι μάζες έλκονται αμοιβαία με δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$ , όπου  $F_1$  είναι το μέτρο της δύναμης που ασκείται στη μάζα  $m$  και  $F_2$  το μέτρο της δύναμης που ασκείται στη μάζα  $2m$ . Ποια από τις παρακάτω σχέσεις είναι η σωστή;

- A.  $F_1 > F_2$       B.  $F_1 < F_2$       Γ.  $F_1 = F_2$

4. Συμπληρώστε τα κενά:

Το βάρος είναι μέγεθος ..... Το βάρος ..... από τόπο σε τόπο. Ένας ορειβάτης στην κορυφή του Έβερεστ έχει βάρος που είναι ..... από το βάρος του στην επιφάνεια της θάλασσας. Η βαρυτική έλξη σε ένα σώμα μειώνεται καθώς ..... η απόσταση του από το κέντρο της Γης. Δύο σώματα μάζας  $m_1$  και  $m_2$  που βρίσκονται σε απόσταση  $r$  ασκούν το ένα στο άλλο ελκτική δύναμη που είναι ..... του γινομένου των δύο μαζών  $m_1$ ,  $m_2$  και αντιστρόφως ανάλογη με το ..... της μεταξύ τους απόστασης  $r$ .

5. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση και αιτιολογήστε τη. Ένας αστροναύτης όταν βρίσκεται στο διαστημικό σταθμό τότε:

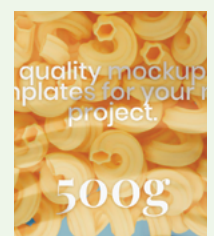
- A. δεν έχει βάρος.
- B. έχει το ίδιο βάρος με αυτό που έχει στην επιφάνεια της Γης.
- Γ. έχει μικρότερο βάρος με αυτό που έχει στην επιφάνεια της Γης



## 3.1 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. A. Να υπολογίσετε τη μάζα και το βάρος σας όταν είστε στην επιφάνεια της θάλασσας στη Γη.  
B. Ο λόγος βάρους/μάζα κάθε σώματος στη Σελήνη είναι περίπου 1,6. Να υπολογίσετε τη μάζα και το βάρος σας αν ήσασταν στη Σελήνη.

2. Πόσο είναι το βάρος των μακαρονιών στο πακέτο που φαίνεται στη διπλανή εικόνα;



## 3.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Μια αστροναύτης σε μια διαστημική αποστολή προσγειώνεται σε έναν πλανήτη με τριπλάσια μάζα και διπλάσια ακτίνα σε σχέση με της Γης. Ποιο είναι το βάρος της σε αυτόν τον πλανήτη, αν το βάρος της στην επιφάνεια της Γης είναι 700N.  
2. Να διερευνήσετε και να ερμηνεύσετε τον ρόλο της βαρύτητας για την παραμονή των φυσικών και τεχνητών δορυφόρων σε τροχιά γύρω από τη Γη.

3. Πόσο είναι το βάρος σας σε N;  
4. Εκτιμήστε τη μάζα και το βάρος του αέρα στην αίθουσα διδασκαλίας.



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

## 3.2. Δυνάμεις επαφής μεταξύ στερεών σωμάτων

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να σχεδιάζεις τις δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν σώματα που βρίσκονται σε επαφή και να εξηγείς την προέλευσή τους.
2. Να αναγνωρίζεις και να σχεδιάζεις την κάθετη δύναμη αλληλεπίδρασης όταν οι επιφάνειες δύο σωμάτων βρίσκονται σε επαφή.



### 3.2.1. Δυνάμεις αλληλεπίδρασης σωμάτων σε επαφή. Η κάθετη δράση – αντίδραση.



Εικόνα 3.2.1.1: Αγώνας διεγκυστίνας



Εικόνα 3.2.1.2: Κατακόρυφο άλμα της αθλήτριας του βόλεϊ



Εικόνα 3.2.1.3: Αναρριχητής



Εικόνα 3.2.1.4: Το χέρι που συγκρατεί μια κιμωλία



#### Ας αναρωτηθούμε

Ποιες δυνάμεις ασκούνται στα σώματα εξαιτίας της επαφής μεταξύ τους στις περιπτώσεις των παραπάνω εικόνων;



Δυνάμεις επαφής μεταξύ στερεών σωμάτων είναι αυτές που ασκούνται από το ένα σώμα στο άλλο όταν αυτά βρίσκονται σε επαφή, υπό την προϋπόθεση το ένα να σπρώχνει ή να τραβάει το άλλο. Στα στερεά, δηλαδή, δεν αρκεί η επαφή για να εμφανιστούν αυτές οι δυνάμεις. Στην περίπτωση, όμως, των υγρών και των αερίων, που θα δούμε σε επόμενες ενότητες, εμφανίζονται πάντα όταν υπάρχει επαφή. Οι δυνάμεις επαφής προκύπτουν από την περίπλοκη ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση των μορίων ή των ατόμων στις επιφάνειες των αντικειμένων που είναι σε επαφή.

### Η κάθετη δύναμη επαφής στα στερεά

Ένα βιβλίο ισορροπεί πάνω σε οριζόντιο τραπέζι, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2.1.5 (το αριστερό άκρο του βιβλίου είναι σε επαφή με ένα εμπόδιο το οποίο είναι καρφωμένο στο τραπέζι). Σχεδίασε και ονόμασε τις δυνάμεις που ασκούνται στο βιβλίο. Γράψε ποια είναι η προέλευση της κάθε δύναμης.

Με βάση τον 1ο νόμο του Νεύτωνα τι συμπέρασμα βγάζεις για τη δύναμη που ασκείται στο βιβλίο από το τραπέζι;

.....  
 .....  
 .....

Με βάση τον 3ο νόμο του Νεύτωνα τι συμπέρασμα βγάζεις για τη δύναμη που ασκείται στο τραπέζι από το βιβλίο;

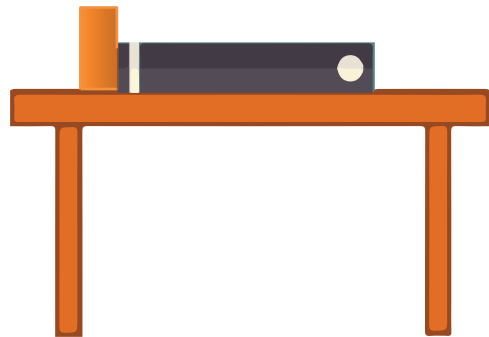
.....  
 .....  
 .....

Αν ανασηκώσουμε το τραπέζι ώστε αυτό να σχηματίζει γωνία  $\theta$  με το οριζόντιο επίπεδο, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2.1.6, το βιβλίο πάλι ισορροπεί. Σχεδίασε τις δυνάμεις που ασκούνται στο βιβλίο και γράψε ποια είναι η προέλευσή τους.

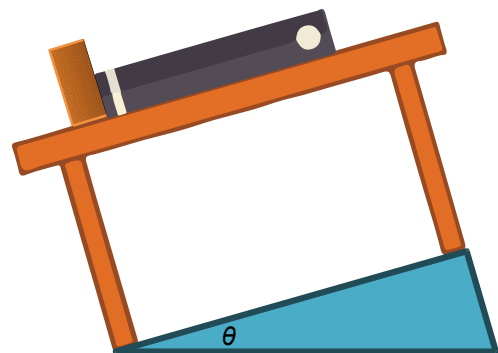
.....

Με βάση τον 1ο νόμο του Νεύτωνα τι συμπέρασμα βγάζεις για τη δύναμη που ασκείται στο βιβλίο από το τραπέζι;

.....  
 .....



Εικόνα 3.2.1.5: Βιβλίο που ισορροπεί σε οριζόντιο τραπέζι



Εικόνα 3.2.1.6: Βιβλίο που ισορροπεί σε τραπέζι που το έχουμε ανασηκώσει και σχηματίζει γωνία  $\theta$  με το οριζόντιο επίπεδο

Με βάση τον 3ο νόμο του Νεύτωνα τι συμπέρασμα βγάζεις για τη δύναμη που ασκείται στο τραπέζι από το βιβλίο;

.....

.....

.....

Αν το τραπέζι με το βιβλίο πάνω του βρισκόταν σε χώρο που δεν υπάρχει βαρύτητα, τι θα συνέβαινε με τις δυνάμεις αυτές;

.....

.....

.....



### Πειραματική δραστηριότητα: Η κάθετη αντίδραση και η ένδειξη της ζυγαριάς

#### Θα χρειαστείς:

- Έναν ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας,
- Ένα κινητό τηλέφωνο με εγκατεστημένη μια εφαρμογή πυξίδας για τον άμεσο υπολογισμό της γωνίας με το οριζόντιο επίπεδο (αλφάδι),
- Ένα κομμάτι ξύλου,
- Μια ξύλινη βάση για την τοποθέτηση πάνω σε αυτή όλης της διάταξης.

Για τον υπολογισμό των δυνάμεων μπορούμε να θεωρήσουμε ότι μάζα 100 g αντιστοιχεί σε δύναμη 1 N.

#### Διαδικασία:

- Τοποθέτησε τον ζυγό πάνω στην αρχικά οριζόντια ξύλινη βάση και μηδένισέ τον.
- Τοποθέτησε το κομμάτι ξύλου πάνω στον ζυγό και συμπλήρωσε την πρώτη γραμμή του πίνακα για γωνία  $\theta = 0^\circ$ .

**Σημείωση:** Η ένδειξη του ζυγού (2η στήλη του πίνακα) αντιστοιχεί στη μάζα του αντικειμένου που έχει τοποθετηθεί στον δίσκο. Η κάθετη δύναμη που δέχεται η επιφάνεια του ζυγού (3η στήλη του πίνακα) είναι ίση αριθμητικά με το βάρος που αντιστοιχεί στη μάζα ( $w = mg$ ).

- Τοποθέτησε πάνω στην ξύλινη βάση το κινητό τηλέφωνο έχοντας ανοίξει την εφαρμογή μέτρησης της κλίσης και ανασήκωνέ την από τη μια της άκρη σταδιακά για διάφορες γωνίες συμπληρώνοντας τον πίνακα. Η ένδειξη του ζυγού μεταβάλλεται γιατί μεταβάλλεται η κάθετη δύναμη που ασκείται στον δίσκο του.



Βίντεο παρουσίασης των υλικών και εκτέλεση του πειράματος



**Εικόνα 3.2.1.7:** Ένδειξη ζυγού σε οριζόντια θέση



**Εικόνα 3.2.1.8:** Ένδειξη ζυγού υπό γωνία ως προς το οριζόντιο επίπεδο

#### ΠΙΝΑΚΑΣ

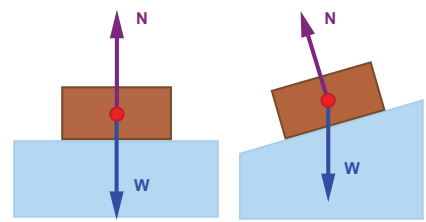
Γωνία $\theta$ ( $^\circ$ )	Ένδειξη ζυγαριάς (g)	Κάθετη δύναμη αλληλεπίδρασης (N)
0		



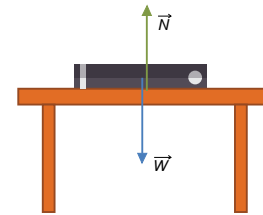
### Συμπλήρωσε τα κενά με την κατάλληλη λέξη.

Όταν ένα σώμα ισορροπεί πάνω σε οριζόντια επιφάνεια με την επίδραση μόνο του βάρους του, τότε δέχεται από την επιφάνεια με την οποία βρίσκεται σε επαφή μια κάθετη δύναμη  $N$ . Σύμφωνα με τον ..... νόμο του Νεύτωνα, το μέτρο της δύναμης  $N$  είναι ..... με το μέτρο του ..... του σώματος. Όταν το σώμα βρίσκεται σε επαφή με επιφάνεια που δεν είναι οριζόντια τότε εξακολουθεί να δέχεται κάθετη δύναμη  $N$  από την επιφάνεια, το μέτρο της οποίας είναι ..... από μέτρο του βάρους του σώματος. Μάλιστα, όσο αυξάνει η γωνία που σχηματίζει η επιφάνεια με το οριζόντιο επίπεδο, τόσο ..... θα είναι η κάθετη δύναμη. Ο όρος «κάθετη» αναφέρεται στη διεύθυνση της δύναμης, η οποία είναι πάντα κάθετη στην επιφάνεια επαφής των σωμάτων. Η κάθετη δύναμη επαφής είναι ..... φύσης όπως και οι υπόλοιπες δυνάμεις επαφής.

**Η κάθετη δύναμη επαφής ( $N$ )** είναι η δύναμη που ασκούν οι επιφάνειες των στερεών σωμάτων, η μία στην άλλη, όταν βρίσκονται σε επαφή με την επίδραση άλλων δυνάμεων, όπως το βάρος. Η διεύθυνση της κάθετης δύναμης είναι πάντα κάθετη στην επιφάνεια επαφής των σωμάτων. Η δύναμη αυτή αναφέρεται συχνά και ως κάθετη αντίδραση. Προσοχή όμως! Ο όρος αντίδραση εδώ δεν υπονοεί ότι είναι η αντίδραση του βάρους, αλλά αντίδραση στη δύναμη που δέχεται το ένα σώμα από το άλλο.



**Εικόνα 3.2.1.9:** Κάθετη δύναμη επαφής  $N$  και βάρος  $w$  σε οριζόντιο δάπεδο και σε κεκλιμένο δάπεδο χωρίς τριβή



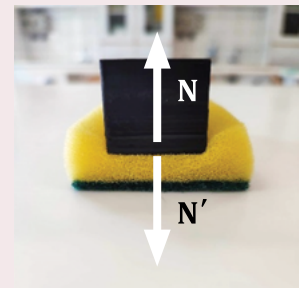
**Εικόνα 3.2.1.10:** Δυνάμεις που ασκούνται σε ένα βιβλίο που ισορροπεί στο τραπέζι



Η κάθετη δύναμη εμποδίζει τις επιφάνειες να διεισδύσουν η μία μέσα στην άλλη. Οι επιφάνειες ωστόσο παραμορφώνονται. Συνήθως η παραμόρφωσή τους είναι πάρα πολύ μικρή για να την παρατηρήσουμε. Στο παράδειγμα της εικόνας 3.2.1.11, το σώμα είναι ακίνητο στην επιφάνεια ενός τραπεζιού και η παραμόρφωση που δημιουργείται είναι αδύνατο να παρατηρηθεί με γυμνό μάτι. Σε άλλες περιπτώσεις όμως, όπως αυτή της εικόνας 3.2.1.12 όπου το σώμα ισορροπεί ακίνητο στην επιφάνεια ενός σφουγγαριού, η παραμόρφωση της επιφάνειας του σφουγγαριού είναι εμφανής και αυτή μας φανερώνει την ύπαρξη της κάθετης αντίδρασης  $N'$ . Το σύστημα σώμα - σφουγγάρι ισορροπεί σε εκείνη την κατάσταση παραμόρφωσης που το σφουγγάρι ασκεί στο σώμα μια ίση κατά μέτρο και αντίθετης κατεύθυνσης δύναμη  $N$  ικανή να ισορροπήσει το βάρος του σώματος.



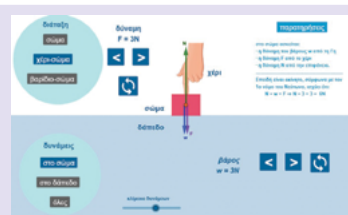
**Εικόνα 3.2.1.11**



**Εικόνα 3.2.1.12**

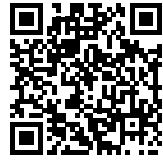
### Ψηφιακή δραστηριότητα: Δύναμη επαφής σε μία επιφάνεια από ένα σώμα

Παρουσιάζεται η δύναμη επαφής που δέχεται μία επιφάνεια από ένα σώμα. Αν στο σώμα τοποθετηθεί ένα βαρίδι ή του ασκηθεί μία δύναμη, τότε η δύναμη επαφής σώματος - επιφάνειας αλλάζει.



Δύναμη επαφής

Ψηφιακή δραστηριότητα: Τοποθέτησε τις λέξεις στα κενά

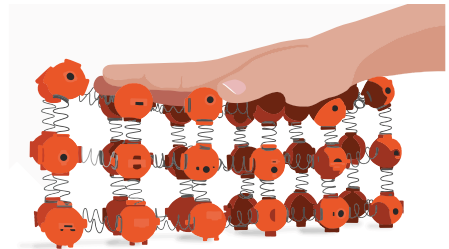


Άσκηση  
αντιστοίχισης



Η παραμόρφωση των επιφανειών οφείλεται στην αλλαγή των αποστάσεων των ατόμων του υλικού στην επιφάνεια επαφής. Στην εικόνα 3.2.1.13 οι κόκκινες σφαίρες της επιφάνειας αλλάζουν θέση με την επαφή και το σπρώξιμο. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στα άτομα των υλικών σε μικροσκοπικό επίπεδο.

Αν δεν υπήρχε επαφή, τα μόρια (κόκκινες σφαίρες) θα ήταν στη θέση ισορροπίας τους και η συνισταμένη δύναμη σε κάθε μόριο θα ήταν μηδενική. Με την επαφή και το σπρώξιμο ή το τράβηγμα απομακρύνονται από τη θέση ισορροπίας τους. Σε κάθε μόριο ενεργεί μια δύναμη, που τείνει να το φέρει στη θέση ισορροπίας. Η συνισταμένη όλων αυτών των δυνάμεων είναι η κάθετη αντίδραση.

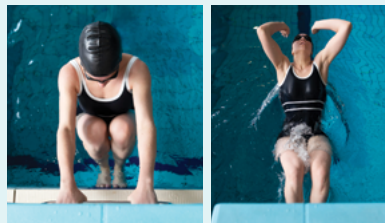


**Εικόνα 3.2.1.13:** Μηχανικό ανάλογο της δομής ενός στερεού. Το χέρι ασκεί δύναμη στην πάνω επιφάνεια και την παραμορφώνει



**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

Στο αγώνισμα του ύπτιου στην κολύμβηση, κατά την εκκίνηση η αθλήτρια της εικόνας 3.2.1.14 «σπρώχνει» με τα πόδια της την κατακόρυφη επιφάνεια του τοίχου της πισίνας. Με αυτόν τον τρόπο η διεύθυνση της κάθετης αντίδρασης γίνεται οριζόντια. Σε αυτό το παράδειγμα η κάθετη αντίδραση που δέχεται η αθλήτρια είναι ίση κατά μέτρο με τη δύναμη που άσκησε στον τοίχο της πισίνας.



**Εικόνα 3.2.1.14:** Εκκίνηση στο ύπτιο



**3.2.1.15:** Το τελευταίο «πάτημα» του άλτη στο άλμα εις ύψος

Ο μαγνήτης της Εικόνας 3.2.1.17 βρίσκεται πάνω σε κατακόρυφη μεταλλική πόρτα. Στην περίπτωση αυτή η κάθετη δράση – αντίδραση κατά την οριζόντια διεύθυνση είναι ίση κατά μέτρο με τη μαγνητική έλξη των δύο υλικών.

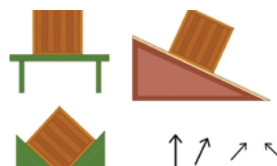


**Εικόνα 3.2.1.16:** Στιγμιότυπο της εκκίνησης ενός δρομέα.



**Εικόνα 3.2.1.17:** Μαγνήτης στην επιφάνεια κατακόρυφης μεταλλικής πόρτας. Η κάθετη αντίδραση είναι οριζόντια

Ψηφιακή δραστηριότητα: Ορθή τοποθέτηση των κάθετων αντιδράσεων



Κάθετες  
δυνάμεις



### Πρόσθετη Πειραματική δραστηριότητα: Ο ζυγός μετράει την κάθετη δύναμη



Βίντεο πρόσθετης πειραματικής δραστηριότητας



Δύναμη επαφής



Συμπλήρωση κενών



### 3.2.1 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Το κορίτσι της εικόνας ζυγίζει 65 kg. Αν γνωρίζεις ότι μάζα 1kg αντιστοιχεί σε βάρος 10N:

(δηλαδή  $g = 10 \frac{N}{kg}$ )

A. Το μέτρο του βάρους της είναι:

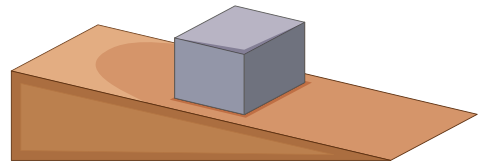
α) 0 N β) 650 N γ) 6,5 N

B. Το μέτρο της κάθετης δύναμης που δέχεται από την επιφάνεια της ζυγαριάς είναι:

α) 0 N β) 650 N γ) 6,5 N

Γ. Το μέτρο της συνισταμένης των δυνάμεων που δέχεται το κορίτσι είναι:

α) 0 N β) 650 N γ) 6,5 N



2. Σημειώστε Σ αν η πρόταση είναι σωστή ή Λ αν είναι λανθασμένη.

A. Η κάθετη αντίδραση σε ένα σώμα έχει μέτρο πάντα ίσο με το βάρος του σώματος.

B. Η κάθετη αντίδραση σε ένα σώμα είναι ίση με το βάρος του λόγω του τρίτου νόμου του Νεύτωνα.

3. Το ξύλινο κουτί της εικόνας ισορροπεί σε επιφάνεια που εμφανίζει κλίση σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Αν το βάρος του κουτιού είναι 9 N ποια από τις παρακάτω τιμές μπορεί να αντιστοιχεί στην κάθετη δύναμη που δέχεται η επιφάνεια του κουτιού, και γιατί;

A. 12 N  B. 9 N  Γ. 8 N

4. Το αγόρι της εικόνας «σπρώχνει» το κιβώτιο πάνω σε έναν τοίχο.

Πόσες και ποιες κάθετες αντιδράσεις δέχονται οι επιφάνειες του κιβωτίου; Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις αυτές.



### 3.2.1 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ο Γιάννης ζυγίζει 80kg. Στο μπάνιο του σπιτιού του διαθέτει δύο ζυγαριές. Τοποθετεί τη μια δίπλα στην άλλη. Ανεβαίνει σε αυτές έχοντας ένα πόδι στην καθεμιά. Η ένδειξη της μιας ζυγαριάς είναι 35kg και της άλλης 45kg.

A. Ποιο είναι το μέτρο της συνολικής κάθετης δύναμης που δέχεται ο Γιάννης και πώς σχετίζεται με το βάρος του Γιάννη;

B. Αν ο Γιάννης γείρει το κορμί του περισσότερο προς τη μια ζυγαριά, με αποτέλεσμα η ένδειξη της να είναι τώρα 60kg, ποια θα είναι η ένδειξη της άλλης ζυγαριάς; Θα αλλάξει η τιμή του μέτρου της συνολικής κάθετης δύναμης; Γνωρίζετε ότι σώμα μάζας 1kg έχει βάρος 10N.

2. Το σακίδιο του σχήματος ισορροπεί πάνω στην επιφάνεια του τραπέζιού. Το βάρος του σακιδίου είναι 50N.

A. Να βρείτε το μέτρο της



κάθετης δύναμης που δέχεται το σακίδιο από το τραπέζι.

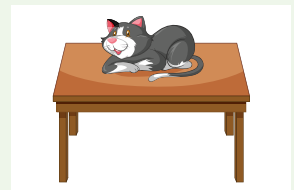
B. Να σχεδιάσετε τη δύναμη αυτή, καθώς και τη δύναμη που δέχεται το τραπέζι από το σακίδιο.

3. Η γάτα της εικόνας ζυγίζει 4 kg.

A. Να βρείτε το μέτρο της κάθετης δύναμης που δέχεται η γάτα από την επιφάνεια του τραπεζιού, αν

γνωρίζετε ότι  $g=10 \frac{N}{kg}$

B. Με βάση τις γνώσεις που αποκτήσατε σε προηγούμενη ενότητα, αν η γάτα και το τραπέζι του διπλανού σχήματος βρίσκονταν στη Σελήνη, το μέτρο



της κάθετης δύναμης που δέχεται η γάτα θα άλλαζε; Αν ναι, να υπολογίσετε εκ νέου την κάθετη δύναμη που δέχεται η γάτα από το τραπέζι. Δίνεται ότι ο λόγος βάρος / μάζα στη Σελήνη είναι περίπου 1,6N/kg.

### 3.2.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Οι δύο κούπες είναι σε επαφή, όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα και ισορροπούν ακίνητες πάνω σε οριζόντια επιφάνεια. Σχεδιάστε όλες τις δυνάμεις επαφής που δέχονται οι κούπες. Να εξηγήσετε την απάντησή σας.



2. Πάνω στην οριζόντια επιφάνεια ενός τραπεζιού τοποθετούμε δύο βιβλία το ένα πάνω στο άλλο. Το πάνω βιβλίο ζυγίζει 800g, ενώ το κάτω 1kg.

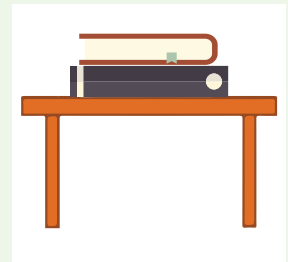
Αν γνωρίζετε ότι  $g = 10 \frac{N}{kg}$ :

A. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στο πάνω βιβλίο.

B. Να βρείτε το μέτρο της κάθετης δύναμης που δέχεται το πάνω βιβλίο από την επιφάνεια του άλλου βιβλίου.

Γ. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στο κάτω βιβλίο.

Δ. Να βρείτε το μέτρο της κάθετης δύναμης που δέχεται η επιφάνεια του τραπεζιού από το κάτω βιβλίο.



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

## 3.2.2. Τριβή

## Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να αναγνωρίζεις και να σχεδιάζεις την τριβή ως δύναμη που αναπτύσσεται μεταξύ δύο σωμάτων που εφάπτονται και τείνουν να μετακινηθούν ή μετακινούνται το ένα ως προς το άλλο.
2. Να διακρίνεις την τριβή ολίσθησης από τη στατική τριβή.
3. Να διερευνάς πειραματικά τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ή δεν εξαρτάται η τριβή ολίσθησης και να διατυπώνεις τον νόμο της.
4. Να περιγράφεις και να αναφέρεις παραδείγματα της καθημερινής ζωής όπου η τριβή άλλοτε εμποδίζει και άλλοτε βοηθά την κίνηση ή επηρεάζει την ασφάλεια της κίνησής μας.
5. Να εξηγείς την εμφάνιση τριβής με τον μικρόκοσμο.



Εικόνα 3.2.2.1: Μερικές περιπτώσεις με εμφάνιση τριβής



### Ας αναρωτηθούμε

- Ο άνθρωπος κρατά στο χέρι του το τηλέφωνο κατακόρυφα. Ποια δύναμη εξουδετερώνει το βάρος του τηλεφώνου;
- Γιατί το βιβλίο δεν γλιστρά;
- Ποια δύναμη έχει καθοριστικό ρόλο στο βάδισμα;
- Είναι το ίδιο εύκολη η βάδιση στον πάγο με αυτή στον στεγνό δρόμο;



Πιθανά θα έχεις παίξει κάποια στιγμή με το χόκεϊ αέρα. Στην εικόνα 3.2.2.2 φαίνεται αυτό το παιχνίδι. Όταν από τις τρύπες βγαίνει αέρας, δίνοντας ένα μικρό σπρώξιμο στον δίσκο αυτός κινείται χωρίς να σταματά. Αν όμως σταματήσει η παροχή αέρα, ο δίσκος σταματά γρήγορα.

Ποια δύναμη δυσκολεύει την κίνηση του δίσκου; .....

.....

Από τι εξαρτάται η δύναμη που δυσκολεύει την κίνηση του δίσκου;

.....

.....

.....

.....

A. Γιατί σφίγγεις το ποτήρι με τα δάκτυλά σου; .....

.....

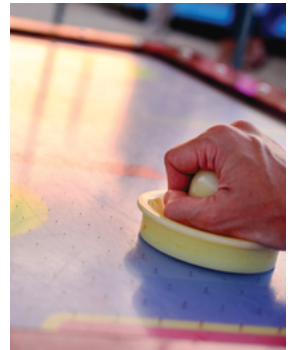
.....

.....

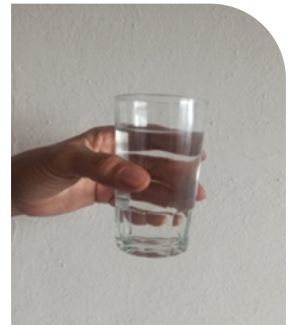
B. Τι θα πρέπει να κάνεις αν τα χέρια σου είναι βρεγμένα;

.....

.....



Εικόνα 3.2.2.2: Χόκεϊ αέρα



Εικόνα 3.2.2.3

Με βάση την εμπειρία σου αξιολόγησε τις παρακάτω υποθέσεις. Σημειώστε **Σ** αν η πρόταση είναι σωστή ή **Λ** αν είναι λανθασμένη.

- Η δύναμη της τριβής είναι ανεξάρτητη του είδους των δύο επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή.
- Μείωση στο μέτρο της κάθετης δύναμης σε μια επιφάνεια προκαλεί και μείωση στο μέτρο της τριβής.
- Η θερμοκρασία των επιφανειών επαφής δυο σωμάτων που ολισθαίνουν το ένα πάνω στο άλλο αυξάνεται. Συνεπώς, μπορεί να έχουμε θέρμανση χωρίς θερμότητα.
- Αύξηση στο μέτρο της κάθετης δύναμης σε μια επιφάνεια δεν μεταβάλλει το μέτρο της τριβής.
- Όταν δύο σώματα κινούνται ή τείνουν να κινηθούν το ένα ως προς το άλλο, το μέτρο της τριβής εξαρτάται από το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής τους.



Η αύξηση της κάθετης δύναμης προκαλεί αύξηση του μέτρου της τριβής.



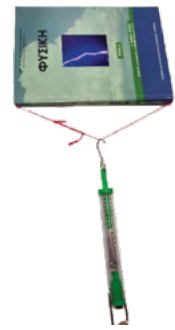
### Πειραματική δραστηριότητα: Στατική τριβή και τριβή ολίσθησης

**Θα χρειαστείς:**

- Μία ζυγαριά,
- Τρία ίδια βιβλία,
- Ένα κομμάτι σχοινί,
- Ένα δυναμόμετρο.

**Διαδικασία:**

- Ζύγισε το ένα βιβλίο.
- Δέσε τις δύο άκρες του σχοινού, άνοιξε το βιβλίο σε μια σελίδα περίπου στη μέση του και πέρασε το σχοινί ανάμεσα στις σελίδες, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2.2.4
- Σύνδεσε τη μια άκρη του δυναμόμετρου στο σχοινί και στην άλλη άκρη άρχισε να ασκείς δύναμη την οποία θα αυξάνεις αργά και σταθερά τραβώντας το βιβλίο προς το μέρος σου.
- Συμπλήρωσε σε πίνακα (αντίστοιχο με τον Πίνακα 1 που παρουσιάζεται παρακάτω) το μέτρο της δύναμης που δείχνει το δυναμόμετρο ακριβώς πριν αρχίσει το βιβλίο να ολισθαίνει και το μέτρο της δύναμης όταν το βιβλίο ολισθαίνει και επανάλαβε άλλες τρεις φορές.

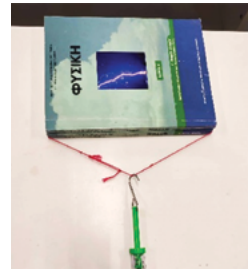


Εικόνα 3.2.2.4

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1 (με ένα βιβλίο)**

	Μέγιστη Δύναμη πριν την ολίσθηση (N)	Δύναμη μετά την ολίσθηση (N)
1		
2		
3		
4		

- Τοποθέτησε ένα ίδιο βιβλίο πάνω από το προηγούμενο (η μάζα τώρα θα έχει διπλασιαστεί) και επανάλαβε τη διαδικασία συμπληρώνοντας τον Πίνακα 2.
- Τοποθέτησε ένα τρίτο ίδιο βιβλίο (η μάζα τώρα θα έχει τριπλασιαστεί) και επανάλαβε τη διαδικασία συμπληρώνοντας τον Πίνακα 3.
- Μπορείς να επαναλάβεις όλη τη διαδικασία αυτήν τη φορά πιο γρήγορα (αλλά πάντα σταθερά), ώστε να διαπιστώσεις αν υπάρχουν αλλαγές.



Εικόνα 3.2.2.5: Η ίδια διαδικασία με χρήση δύο όμοιων βιβλίων



Εικόνα 3.2.2.6: Η ίδια διαδικασία με χρήση τριών όμοιων βιβλίων

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2 (με δύο βιβλία)**

	Μέγιστη Δύναμη πριν την ολίσθηση (N)	Δύναμη μετά την ολίσθηση (N)
1		
2		
3		
4		

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3 (με τρία βιβλία)**

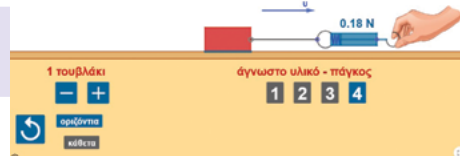
	Μέγιστη Δύναμη πριν την ολίσθηση (N)	Δύναμη μετά την ολίσθηση (N)
1		
2		
3		
4		

Να σχεδιάσεις και να πραγματοποιήσεις πείραμα που να ερευνά πιθανή εξάρτηση της τριβής από το εμβαδό της επιφάνειας επαφής του σώματος (εναλλακτικά, μπορείς να το κάνεις με την επόμενη ψηφιακή δραστηριότητα).

- Δοκίμασε επίσης, να επαναλάβεις το πείραμα τοποθετώντας στο βιβλίο που είναι σε επαφή με το οριζόντιο δάπεδο ένα πλαστικό κάλυμμα, ελέγχοντας έτσι αν το είδος των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή επηρεάζει το μέτρο των δυνάμεων.



### Ψηφιακή δραστηριότητα: Τριβή



Εικονικό πείραμα



Σύγκρινε τα αποτελέσματά σου και με βάση τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξες σημείωσε Σ αν η πρόταση είναι σωστή ή Λ αν είναι λανθασμένη.

- Η τιμή της μέγιστης δύναμης πριν την ολίσθηση είναι πάντα μεγαλύτερη από την αντίστοιχη δύναμη μετά την ολίσθηση.
- Το μέτρο των παραπάνω δυνάμεων είναι ανεξάρτητο από το βάρος του σώματος (ένα, δύο ή τρία βιβλία).
- Το μέτρο των παραπάνω δυνάμεων δεν εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία γίνεται το πείραμα (αρκεί να μην προκληθούν απότομες και βίαιες μετατοπίσεις των βιβλίων).

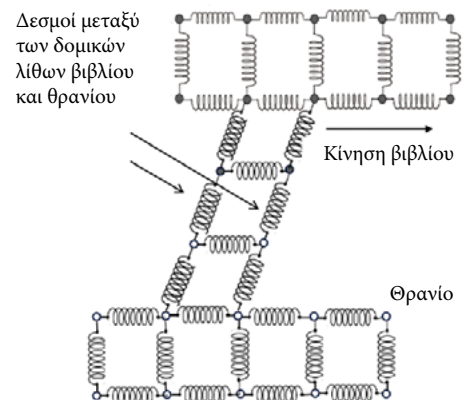
### Μικροσκοπική ερμηνεία της τριβής



Όταν ολισθαίνει ένα βιβλίο πάνω στο θρανίο, οι επιφάνειες του βιβλίου και του θρανίου ολισθαίνουν η μία ως προς την άλλη.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2.2.7, μεταξύ των δομικών λίθων (μορίων ή ατόμων) του βιβλίου και του θρανίου δημιουργούνται δεσμοί οι οποίοι συμπεριφέρονται ως ελατήρια τα οποία τεντώνονται καθώς το βιβλίο μετακινείται πάνω στο θρανίο. Οι δεσμοί αυτοί καθώς το βιβλίο κινείται συνεχώς, δημιουργούνται, τεντώνονται και σπάνε. Έτσι εξηγείται η εμφάνιση της τριβής.

Όταν οι δεσμοί σπάνε, τα άτομα επιστρέφουν απότομα και ταλαντώνονται εντονότερα. Έτσι η τριβή ολίσθησης αποτελεί έναν μηχανισμό διασποράς μέρους της μηχανικής ενέργειας του συστήματος σε θερμική ενέργεια.

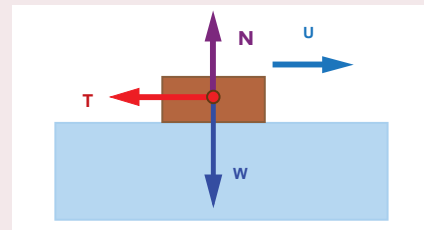


**Εικόνα 3.2.2.7:** Δομικοί λίθοι αλληλεπιδρούν στις επιφάνειες συνεπαφής



Η τριβή είναι μια δύναμη που αντιτίθεται στη σχετική κίνηση μεταξύ σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή. Η δύναμη της τριβής είναι πάντα παράλληλη με την επιφάνεια επαφής των σωμάτων και η κατεύθυνσή της αντιτίθεται στην κίνηση ή στην προσπάθεια κίνησης των σωμάτων μεταξύ τους. Αν υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ δύο σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή, η τριβή που αναπτύσσεται ονομάζεται **τριβή ολίσθησης**. Αλλά όταν τα σώματα είναι ακίνητα, η τριβή που δρα μεταξύ τους λέγεται **στατική τριβή**. Η μέγιστη στατική τριβή είναι συνήθως μεγαλύτερη από την τριβή ολίσθησης.

Στην προσπάθεια να σύρεις ένα βαρύ κιβώτιο σε οριζόντιο δάπεδο, υπάρχει η πιθανότητα να σπρώχνεις όλο και πιο δυνατά το κιβώτιο και τελικά να μην το μετακινήσεις καθόλου εξαιτίας της στατικής τριβής μεταξύ των επιφανειών του κιβωτίου και του δαπέδου. Η στατική τριβή συνεχώς αυξάνεται και είναι αντίθετη με τη δύναμη που ασκείς στο κιβώτιο. Αλλά, αν καταφέρεις να αυξήσεις τη δύναμη αρκετά, το κιβώτιο κάποια στιγμή θα αρχίσει να ολισθαίνει και να αποκτά ταχύτητα. Όταν το κιβώτιο κινηθεί, χρειάζεται λιγότερη προσπάθεια για να το κρατήσεις σε κίνηση σε σχέση με την προσπάθεια που κατέβαλες για να αρχίσει την κίνησή του. Κάτι που φανερώνει ότι η δύναμη της τριβής ολίσθησης είναι μικρότερη από τη μέγιστη στατική τριβή.



Εικόνα 3.2.2.8

Εάν προσθέσεις επιπλέον μάζα στο κιβώτιο, τοποθετώντας για παράδειγμα ένα κουτί από πάνω του, πρέπει να ασκήσεις ακόμη μεγαλύτερη δύναμη για να το κινήσεις, αλλά και για να το κρατήσεις σε κίνηση. Από την άλλη, αν λιπάνεις το οριζόντιο δάπεδο, θα ήταν πιο εύκολο να ξεκινήσει η κίνηση του κιβωτίου και πιο εύκολη και η διατήρησή της. Όταν υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ των σωμάτων, θα έχουμε την εμφάνιση της τριβής ολίσθησης, της οποίας το μέτρο θα είναι:

$$T_{ολ} = \mu_{ολ} N$$

όπου μολ είναι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης. Στην εικόνα 3.2.2.8 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο μπορείς να σχεδιάσεις την τριβή ολίσθησης  $T_{ολ}$  σε ένα σώμα που ολισθαίνει σε οριζόντιο επίπεδο. Ο συντελεστής τριβής ολίσθησης  $\mu_{ολ}$  εξαρτάται από το είδος των επιφανειών των σωμάτων που έρχονται σε επαφή. Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι τιμές του συντελεστή τριβής ολίσθησης για διάφορα ζεύγη επιφανειών.

### ΠΙΝΑΚΑΣ

Υλικά σωμάτων σε επαφή	Συντελεστής τριβής ολίσθησης $\mu_{ολ}$
Ελαστικό με τσιμέντο	0,7
Ξύλο με ξύλο	0,3
Κερωμένο ξύλο με χιόνι	0,1
Ατσάλι με ατσάλι	0,3
Ατσάλι με ατσάλι και λίπανση	0,03
Παπούτσια με ξύλο	0,7
Παπούτσια με πάγο	0,05
Πάγο με πάγο	0,03
Ατσάλι με πάγο	0,02
Οστά με αρθρικό υγρό	0,015

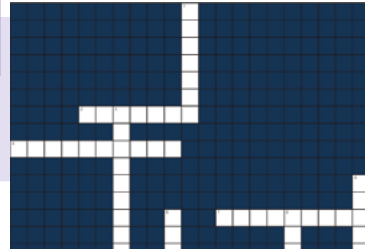
**Συνοψίζοντας:**

Η τριβή ολίσθησης που δέχεται ένα σώμα που κινείται πάνω σε μία επιφάνεια:

- Εξαρτάται από το είδος των επιφανειών που είναι σε επαφή.
- Είναι ανάλογη με την κάθετη δύναμη που δέχεται το σώμα.
- Δεν εξαρτάται από το εμβαδόν επαφής ούτε από τη σχετική ταχύτητα ολίσθησης των δύο επιφανειών (εφόσον αυτή δεν υπερβαίνει κάποιο όριο).
- Η κατεύθυνσή της είναι αντίθετη από την κατεύθυνση της ταχύτητάς του.

**Ψηφιακή δραστηριότητα: Σταυρόλεξο για την τριβή**

Προσπάθησε να λύσεις το σταυρόλεξο με τις κατάλληλες λέξεις που είναι σχετικές με τη δύναμη της τριβής.



Σταυρόλεξο

**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ****Η τριβή στις αρθρώσεις του σώματός μας**

Οι αρθρώσεις στο ανθρώπινο σώμα έχουν συντελεστή τριβής που συχνά μπορεί να είναι τρεις ή τέσσερις φορές μικρότερος από τον συντελεστή τριβής του πάγου (Εικόνα 3.2.9).

Μια άρθρωση σχηματίζεται από τα άκρα δύο οστών στα οποία υπάρχει ο αρθρικός χόνδρος, ο οποίος δημιουργεί μια λεία επιφάνεια, σχεδόν σαν αυτή του γυαλιού. Οι αρθρώσεις του γονάτου, του ώμου, του αγκώνα και του ισχίου είναι κάποιες από τις πιο σημαντικές στο σώμα μας.

Οι αρθρώσεις παράγουν ένα υγρό, το αρθρικό υγρό, που μειώνει την τριβή κατά την κίνηση των οστών, καθώς και τη φθορά τους. Η έλλειψή του μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή της άρθρωσης.

Η κατεστραμμένη ή αρθρική άρθρωση μπορεί να αντικατασταθεί από μια τεχνητή άρθρωση. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται μέταλλα, όπως ανοξείδωτο ατσάλι ή τιτάνιο, ή πλαστικά, όπως πολυαιθυλένιο, τα οποία έχουν πολύ μικρούς συντελεστές τριβής.

**Ελάττωση της τριβής**

Πολλές φορές σε εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή η ελάττωση της τριβής είναι το ζητούμενο. Αυτήν μπορούμε να την πετύχουμε με ποικίλους τρόπους.

Το δημοφιλές επιτραπέζιο χόκεϊ (Air hockey) δεν είναι καθόλου διασκεδαστικό όταν η αντλία της αεροτράπεζας δεν λειτουργεί. Ο δίσκος (puck) δεν γλιστρά αρκετά, μιας και η δύναμη της τριβής είναι μεγάλη. Όταν όμως αντλία λειτουργεί, ένα λεπτό στρώμα αέρα παρεμβάλλεται μεταξύ της επιφάνειας του δίσκου και αυτής του τραπεζιού, η τριβή ελαττώνεται δραματικά και το παιχνίδι αρχίζει!



**Εικόνα 3.2.2.9:** Η άρθρωση του γονάτου και η καταπόνησή του κατά την άθληση



**Εικόνα 3.2.2.10:** Επιτραπέζιο χόκεϊ (Air hockey)

Η αντίσταση του αέρα στα αντικείμενα που κινούνται μέσα σε αυτόν είναι και αυτή τριβή, μεταξύ των μορίων του αέρα και της επιφάνειας των αντικειμένων. Το τρένο της εικόνας μας έχει ειδικό αεροδυναμικό σχεδιασμό ώστε κατά την κίνησή του η αντίσταση του αέρα να εμφανίζεται μικρότερη σε σχέση με αυτή των συμβατικών τρένων. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στο συγκεκριμένο τρένο να επιτύχει μεγαλύτερες ταχύτητες και να έχει μειωμένη κατανάλωση καυσίμου.

Οι τριβές μεταξύ των μηχανικών μερών κινητήρων και μηχανών είναι συνήθως ανεπιθύμητες. Οι τριβές αυτές αυξάνουν τις φθορές, τη θερμοκρασία λειτουργίας και τους θορύβους. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος ελάττωσης των τριβών αυτών είναι η λίπανση των μηχανικών μερών, με τα κατάλληλα για κάθε περίπτωση λιπαντικά έλαια.

### Αύξηση της τριβής

Σε άλλες περιπτώσεις όμως επιδιώκουμε να αυξήσουμε το μέτρο της τριβής. Ο αθλητής της άρσης βαρών της εικόνας χρησιμοποιεί κατάλληλη πούδρα (ανθρακικό μαγνήσιο) για να απομακρύνει τη λίπανση που δημιουργείται από τον ιδρώτα και έτσι να αυξήσει τον συντελεστή τριβής μεταξύ των χεριών του και της μπάρας. Με αυτόν τον τρόπο η λαβή του χάρη στην τριβή είναι πιο σταθερή.

Σε πολλές χώρες ο παγετός δεν επιτρέπει το λιώσιμο του πάγου σε δρόμους και πεζοδρόμια, ακόμη και όταν έχουμε ρίξει αλάτι. Τότε η ρίψη άμμου βοηθά στη δημιουργία καλύτερης πρόσφυσης στον πάγο, μιας και με τη χρήση της ο συντελεστής τριβής αυξάνεται.



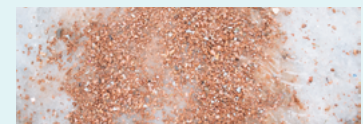
**Εικόνα 3.2.2.11:** Τρένο με αεροδυναμικό σχεδιασμό



**Εικόνα 3.2.2.12:** Χρήση λιπαντικών σε κινητήρα αυτοκινήτου



**Εικόνα 3.2.2.13:** Αθλητής πουδράρει τα χέρια του



**Εικόνα 3.2.2.14:** Άμμος στο πεζοδρόμιο

## Ένθετο

### Από τη μεταφορά με έλκηθρα στα οχήματα με τροχούς

Ο τροχός αποτέλεσε μια από τις σημαντικότερες τεχνολογικές ανακαλύψεις για τον άνθρωπο. Η πρώτη εμφάνισή του χρονολογείται στα 3500 π.Χ. και αρχικά χρησιμοποιήθηκε ως επιφάνεια πάνω στην οποία οι τεχνίτες διαμορφώνανε κατάλληλα τον πηλό για να κατασκευάσουν αγγεία. Οι Σουμέριοι ήταν αυτοί που πρώτοι χρησιμοποίησαν τον τροχό με έναν καινοτόμο για την εποχή τρόπο. Γύρισαν τις ρόδες αγγειοπλαστικής κατακόρυφα και παρατήρησαν ότι αυτές μπορούσαν να κυλήσουν οριζόντια προς τα εμπρός.

Πριν την ανακάλυψη αυτή, οι Σουμέριοι μετέφεραν τα αγαθά τους με έλκηθρα. Καρότσια δηλαδή, με επίπεδο πάτο, τα οποία τα έσερναν κατά μήκος του δρόμου. Η δύναμη της τριβής δυσκόλευε πολύ τις μεταφορές. Ειδικότερα τις βροχερές μέρες η λάσπη έκανε την κίνηση των ελκίθρων πολύ δύσκολη, ενώ μεγάλα φορτία με διαφόρων ειδών προμήθειες ήταν δύσκολο ως αδύνατο να μεταφερθούν.

Ως προς το κατασκευαστικό κομμάτι οι Σουμέριοι κατάφεραν να κατασκευάζουν τροχούς ενώνοντας κομμάτια ξύλου μεταξύ τους. Τους τροχούς τους χρησιμοποίησαν τόσο σε καρότσια για αγροτικές δουλειές, όσο και σε τροχοφόρα για στρατιωτική χρήση. Τα τροχοφόρα καρότσια έκαναν πιο εύκολους και πιο απλούς όλους τους τομείς της οικονομικής τους δραστηριότητας, που είχαν σχέση με τις μεταφορές.



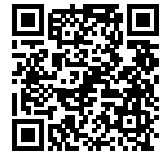
**Εικόνα 3.2.2.15:** Απεικόνιση τροχήλατου καροτσιού των Σουμερίων



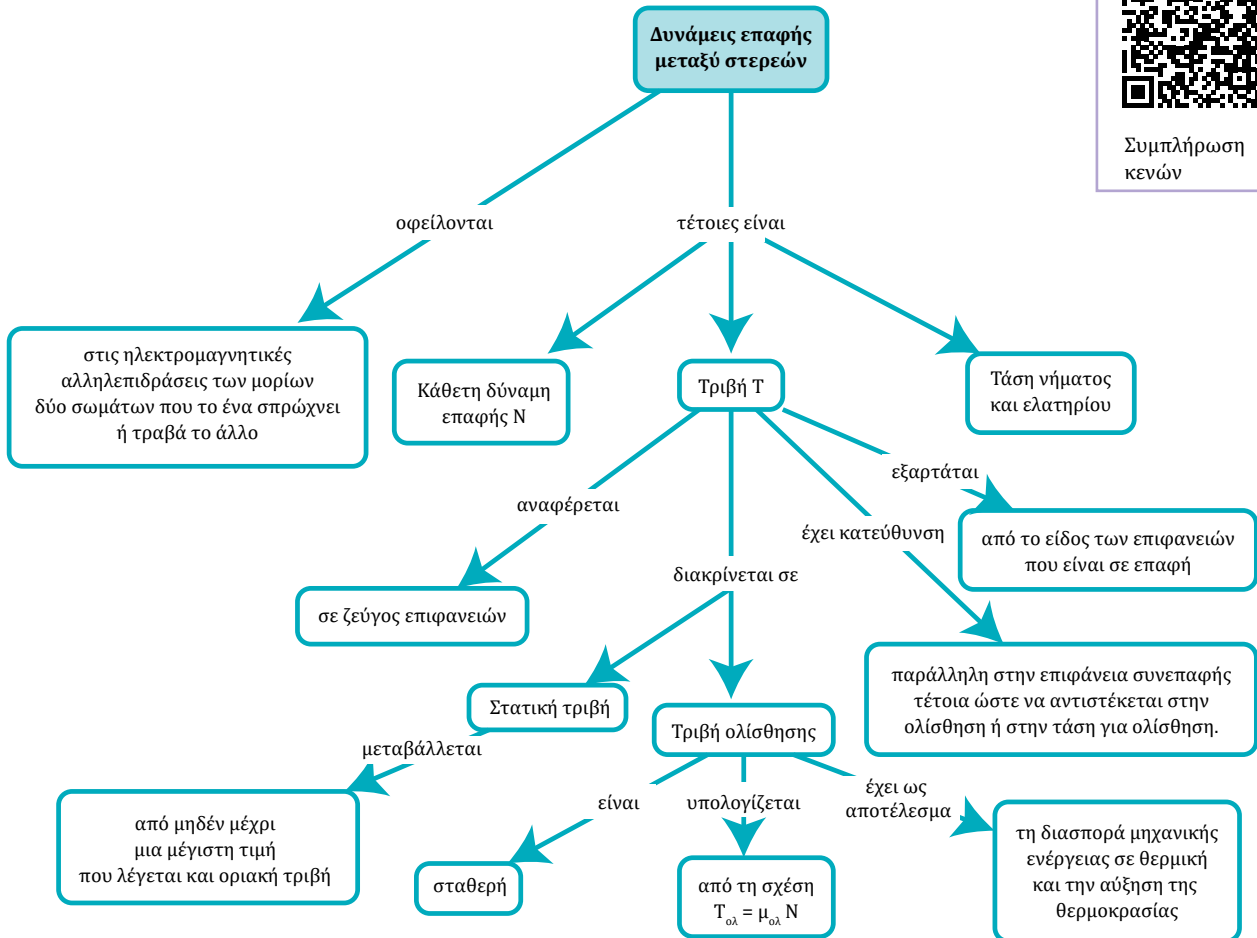
**Εικόνα 3.2.2.16:** Έλκηθρο της Μεσοποταμίας

σαντι

## Εννοιολογικός χάρτης



Συμπλήρωση  
κενών



## 3.2.2 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

**1. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Τα κορίτσια της εικόνας επιχειρούν να κατέβουν με το έλκηθρό τους μια χιονισμένη πλαγιά. Θεωρούμε ότι η τριβή μεταξύ της επιφάνειας του έλκηθρου και του χιονιού δεν μπορεί να αγνοηθεί. Η τριβή αυτή:

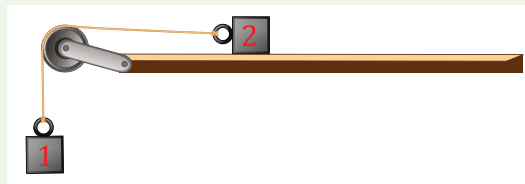


- A. Θα είναι μεγαλύτερη όταν στο έλκηθρο είναι ένα μόνο κορίτσι;
- B. Θα είναι μεγαλύτερη όταν στο έλκηθρο είναι και τα δύο κορίτσια;
- Γ. Θα είναι η ίδια, είτε στο έλκηθρο είναι ένα είτε δύο κορίτσια.

**Να εξηγήσετε την απάντησή σας.**

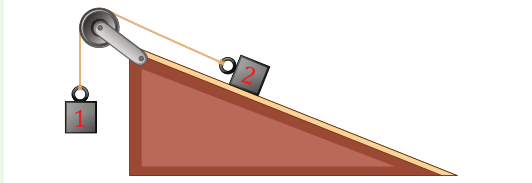
**2. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Τα κιβώτια της εικόνας ισορροπούν. Το κιβώτιο (2), το οποίο ισορροπεί στο οριζόντιο επίπεδο, δέχεται στατική τριβή:

- A. η οποία έχει φορά προς τα αριστερά.
- B. η οποία έχει φορά προς τα δεξιά.
- Γ. η οποία είναι μηδενική.
- Δ. της οποίας η φορά δεν μπορεί να προσδιοριστεί εξαιτίας έλλειψης δεδομένων.



**3. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Τα κιβώτια της εικόνας ισορροπούν. Το κιβώτιο (2), το οποίο ισορροπεί στο πλάγιο επίπεδο, δέχεται στατική τριβή:

- A. η οποία έχει διεύθυνση παράλληλη στο πλάγιο επίπεδο και φορά προς τα πάνω.
- B. η οποία έχει διεύθυνση παράλληλη στο πλάγιο επίπεδο και φορά προς τα κάτω.
- Γ. η οποία είναι μηδενική.
- Δ. η οποία έχει διεύθυνση παράλληλη στο πλάγιο επίπεδο. Η φορά της όμως δεν μπορεί να προσδιοριστεί εξαιτίας έλλειψης δεδομένων.



**4.** Αθλητής κατά τη διάρκεια της προπόνησής του σπρώχνει κατά μήκος του πατώματος ένα μεγάλο κιβώτιο μάζας 80 kg. Το κιβώτιο ολισθαίνει έχοντας σταθερή ταχύτητα. Πόση είναι η δύναμη που ασκεί ο αθλητής στο κιβώτιο, αν γνωρίζεις πως η

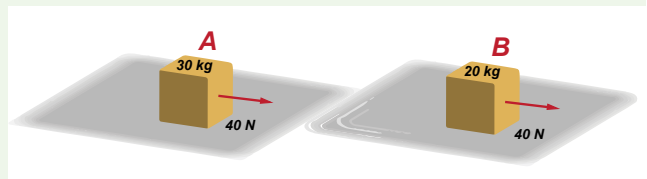
επιτάχυνση της βαρύτητας είναι  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$  και ο συντελεστής τριβής ολίσθησης είναι 0,30.

- A. 24 N.    B. 32 N.    Γ. 240 N.    Δ. 320 N.

**5. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Τα κιβώτια της εικόνας είναι ακίνητα αν και ασκείται σε αυτά σταθερή οριζόντια δύναμη μέτρου 40 N. Τα υλικά των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή (σώμα – δάπεδο) είναι ίδια και στις δύο περιπτώσεις. Η δύναμη της τριβής που ασκείται στο κιβώτιο A είναι:

- A. μεγαλύτερη από αυτή που ασκείται στο κιβώτιο B.
- B. μικρότερη από αυτή που ασκείται στο κιβώτιο B.
- Γ. ίση με αυτή που ασκείται στο κιβώτιο B.

**Να εξηγήσετε την απάντησή σας.**



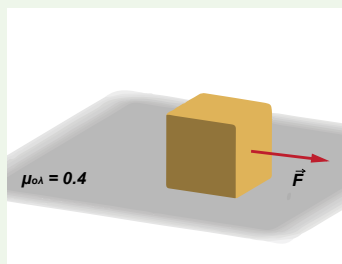
**6. Επιλέξτε τη σωστή πρόταση.** Αν υποθέσουμε ότι τα κιβώτια της προηγούμενης ερώτησης ολισθαίνουν εξαιτίας κάποιων άλλων οριζόντιων δυνάμεων, η δύναμη της τριβής που ασκείται σε αυτήν την περίπτωση στο κιβώτιο A είναι:

- A. μεγαλύτερη από αυτή που ασκείται στο κιβώτιο B.
- B. μικρότερη από αυτή που ασκείται στο κιβώτιο B.
- Γ. ίση με αυτή που ασκείται στο κιβώτιο B.

**Να εξηγήσετε την απάντησή σας.**

### 3.2.2. ΑΣΚΗΣΕΙΣ

**1.** Το κιβώτιο της εικόνας κινείται με σταθερή ταχύτητα πάνω σε οριζόντιο δάπεδο. Ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μεταξύ δαπέδου και κιβωτίου έχει



τιμή  $\mu_{\text{ολ}} = 0,4$ . Αν το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}$  που ασκείται στο κιβώτιο είναι 40N, να βρεις το μέτρο της κάθετης αντίδρασης που δέχεται το κιβώτιο από το δάπεδο, καθώς και τη μάζα του σώματος. Δίνεται:  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

**2.** Δύο υπάλληλοι μιας εταιρείας μετακομίσεων σέρνουν κατά μήκος ενός μαρμάρινου πατώματος έναν μεγάλο καναπέ μάζας 120kg. Ο ένας υπάλληλος σπρώχνει τον καναπέ ασκώντας οριζόντια δύναμη 160N. Ενώ, ο δεύτερος τραβά τον καναπέ μέσω οριζόντιου σχοινιού προς την ίδια κατεύθυνση με τον άλλο υπάλληλο ασκώντας δύναμη 140N. Αν γνωρίζεις ότι ο καναπές ολισθαίνει στο μαρμάρινο πάτωμα με σταθερή ταχύτητα και ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι  $g = 10 \text{ N/kg}$ , υπολόγισε τον συντελεστή της τριβής ολίσθησης.

3. Ένα κιβώτιο μάζας 20kg είναι ακίνητο πάνω σε οριζόντιο τσιμεντένιο δάπεδο. Στο κιβώτιο αρχικά ασκείται μια σταθερή οριζόντια δύναμη μέτρου 35N, αλλά αυτό εξακολουθεί και είναι ακίνητο.

**A.** Ποιο είναι το μέτρο της στατικής τριβής που δέχεται το κιβώτιο;

**B.** Αν αυξήσουμε σταδιακά τη δύναμη που ασκείται στο κιβώτιο αυτό, κάποια στιγμή αρχίζει να ολισθαίνει. Κατά την ολίσθησή του το κιβώτιο έχει σταθερή ταχύτητα και το μέτρο της οριζόντιας δύναμης είναι 40N. Να υπολογίσεις τον συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ της επιφάνειας του κιβωτίου και αυτής του τσιμεντένιου δαπέδου. Δίνεται:  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ .

4. Το μέτρο της κάθετης αντίδρασης που δέχεται από το οριζόντιο επίπεδο το ξύλινο κιβώτιο της εικόνας είναι 100N και ο συντελεστής τριβής ολίσθησης είναι 0,3. Ο Νικόλας ασκεί στο κιβώτιο δύναμη 45N με τον τρόπο

που παρουσιάζεται στη παρακάτω εικόνα. Ποιο είναι το μέτρο και ποια η κατεύθυνση της δύναμης που πρέπει να ασκήσει κανείς στο κιβώτιο ώστε αυτό να κινείται με σταθερή ταχύτητα;



## 3.3. Δυνάμεις επαφής σώματος με ρευστά. Άνωση

### 3.3.1. Η πίεση

#### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να διαπιστώνεις την αναγκαιότητα ορισμού της πίεσης ως φυσικού μεγέθους.
2. Να διακρίνεις τη διαφορά της πίεσης από τη δύναμη.
3. Να ορίζεις την πίεση, τις μονάδες μέτρησής της και να χειρίζεσαι όργανα μέτρησής της.



1



2



4



6



3



5



7

Εικόνα 3.3.1.1: Περιπτώσεις άσκησης δυνάμεων σε διαφορετικές επιφάνειες



#### Ας αναρωτηθούμε

Η εικόνα 3.3.1.1 δείχνει περιπτώσεις στις οποίες ασκούνται δυνάμεις σε διαφορετικές επιφάνειες και τότε προκαλούνται διαφορετικά αποτελέσματα.

- Σε ποιες από αυτές τις περιπτώσεις η δύναμη ασκείται σε επιφάνεια με μικρό εμβαδόν; Τι προκαλεί τότε;
- Σε ποιες περιπτώσεις η δύναμη ασκείται σε επιφάνειες με μεγάλο εμβαδόν; Τι προκαλεί τότε;



**Δυνάμεις επαφής** αναπτύσσονται και μεταξύ στερεών και ρευστών. Τα ρευστά (υγρά και αέρια) πάντα σπρώχνουν κάθετα τις επιφάνειες στερεών με τα οποία έρχονται σε επαφή. Πράγμα που όπως είδαμε δεν συμβαίνει πάντα όταν δύο στερεά είναι σε επαφή. Στις επόμενες ενότητες θα γνωρίσουμε περισσότερα για αυτές τις δυνάμεις επαφής. Και αυτές όμως προκύπτουν από την περίπλοκη ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση των μορίων ή των ατόμων, των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή.

Όταν η δράση μιας δύναμης κατανέμεται σε μια επιφάνεια, το αποτέλεσμα δεν εξαρτάται μόνο από τη δύναμη αλλά και από το εμβαδόν της επιφάνειας. Αυτό μπορεί κανείς να το αντιληφθεί αν σπρώξει με το δάχτυλό του έναν πίνακα ασκώντας δύναμη  $F$  η οποία κατανέμεται σε επιφάνεια επαφής ίση με το εμβαδόν  $A$  του δακτύλου του. Στη συνέχεια, αν σπρώξει ασκώντας την ίδια δύναμη  $F$ , αλλά μέσω μιας πινέζας, όπως φαίνεται στην περίπτωση 7 της εικόνας 3.3.1.1. το αποτέλεσμα θα είναι μια τρύπα (παραμόρφωση) στον πίνακα. Βλέπουμε λοιπόν την ανεπάρκεια του φυσικού μεγέθους «δύναμη» να περιγράψει το αποτέλεσμα. Για τον λόγο αυτό θα ορίσουμε το φυσικό μέγεθος «πίεση» με το οποίο θα μπορούμε να περιγράψουμε αποτελεσματικότερα τέτοια φαινόμενα και κυρίως φαινόμενα σε υγρά και αέρια που βρίσκονται σε ισορροπία.

## Δύναμη επαφής και το αποτέλεσμα που προκαλεί

### Α. Διερεύνηση της σχέσης του μέτρου της δύναμης επαφής και της παραμόρφωσης που προκαλείται



Μια δύναμη που ασκείται κάθετα σε μία επιφάνεια, όσο μεγαλύτερη είναι, προκαλεί:

Πιο μεγάλη παραμόρφωση



Πιο μικρή παραμόρφωση



Πάντα την ίδια παραμόρφωση



**Σημείωση:** Με τη λέξη παραμόρφωση εννοούμε το σχίσιμο, το κόψιμο, το βύθισμα που δημιουργείται σε μία επιφάνεια.



### Πρακτική δραστηριότητα: Παραμόρφωση και μέτρο δύναμης επαφής

#### Θα χρειαστείς:

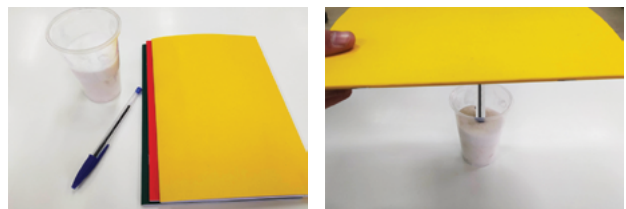
- Ζάχαρη,
- Ποτήρι,
- Ένα στίλο με καπάκι,
- 3 ίδια μικρά τετράδια.

#### Ετοιμασία της διάταξης

- Ρίξε τη ζάχαρη στο ποτήρι ώστε να φτάσει σε ύψος 7 έως 8cm.
- Χτύπησε ελαφρά το ποτήρι ώστε από πάνω να σχηματιστεί μία ομοιόμορφη επίπεδη επιφάνεια ζάχαρης.

#### 1ο Πείραμα

- Τοποθέτησε πάνω στη ζάχαρη κάθετα το στίλο ώστε να ακουμπάει με τη μύτη.
- Μέτρησε πόσο βυθίστηκε στη ζάχαρη.
- Τοποθέτησε πάνω στο στίλο ένα τετράδιο, ώστε όλο το βάρος του να πέφτει πάνω στο στίλο.
- Με τον χάρακα, μέτρησε πόσο βυθίστηκε το στίλο.
- Στη συνέχεια τοποθέτησε στο στίλο με τον ίδιο τρόπο 2 τετράδια και έπειτα τρία τετράδια.
- Κατάγραψε τις τιμές στον Πίνακα 1.

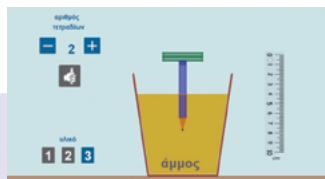


Εικόνα 3.3.1.2: α) υλικά πειράματος, β) πειραματική διάταξη

• Εικονικό πείραμα: Πίεση (μέρος Α)



Εικονικό πείραμα



Εναλλακτικά μπορείς να εκτελέσεις το εικονικό πείραμα και να συμπληρώσεις τις τιμές στον Πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Τετράδια	Βάθος (cm)
0	
1	
2	
3	

Επίλεξε μία από τις προτάσεις:

Η βύθιση του στιλό στη ζάχαρη, όταν τοποθετούνται περισσότερα τετράδια:

Αυξάνεται  Μειώνεται  Παραμένει σταθερή



Συμπλήρωσε την παρακάτω πρόταση με τις λέξεις: **μεγαλύτερη, μεγαλύτερο, κάθετα**.

Μία δύναμη που ασκείται ..... σε μία επιφάνεια, όσο ..... μέτρο έχει, τόσο ..... παραμόρφωση προκαλεί.



**Β. Διερεύνηση της σχέσης του εμβαδού της επιφάνειας στο οποίο ασκείται η δύναμη και της παραμόρφωσης που προκαλείται**

Μια δύναμη όταν ασκείται κάθετα σε επιφάνειες διαφορετικού εμβαδού προκαλεί μεγαλύτερη παραμόρφωση στην περίπτωση της επιφάνειας:

Μεγαλύτερου εμβαδού  Μικρότερου εμβαδού



**Πρακτική δραστηριότητα: Παραμόρφωση και εμβαδό επιφάνειας**

Θα χρησιμοποιήσεις τη διάταξη του πειράματος 1.

**2ο Πείραμα**

- Τοποθέτησε το στιλό κάθετα πάνω στη ζάχαρη από τη μεριά της μύτης. Μέτρησε με τον χάρακα πόσο βυθίζεται μέσα στη ζάχαρη.
- Σε ένα διπλανό σημείο της επιφάνειας της ζάχαρης, επανάλαβε το ίδιο αλλά τοποθέτησε στη μύτη το καπάκι του στιλό.
- Σε ένα διπλανό σημείο της επιφάνειας της ζάχαρης, επανάλαβε το ίδιο αλλά γύρισε το στιλό να ακουμπάει στη ζάχαρη με το πίσω μέρος του.
- Συμπλήρωσε την πρώτη σειρά του πίνακα 2 και απάντησε στην παρακάτω ερώτηση:

Το στιλό βυθίστηκε περισσότερο στη ζάχαρη, όταν τοποθετήθηκε:

Με τη μύτη  Με το καπάκι  Με το πίσω μέρος του

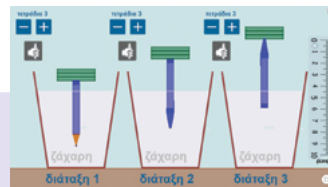
ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Τετράδια	$h_1$ (cm) Στιλό τοποθετημένο με τη μύτη	$h_2$ (cm) Στιλό τοποθετημένο με το καπάκι	$h_3$ (cm) Στιλό τοποθετημένο με το πίσω μέρος του
0			
1			
2			
3			

**3ο Πείραμα**

- Τοποθέτησε πάνω στη ζάχαρη το στιλό με τη μύτη και πάνω από το στιλό τοποθέτησε ένα μικρό τετράδιο.
- Μέτρησε με τον χάρακα πόσο βυθίστηκε το στιλό στη ζάχαρη.
- Τοποθέτησε στη μύτη του στιλό το καπάκι του και επανάλαβε το ίδιο.
- Γύρισε το στιλό από την άλλη μεριά ώστε να ακουμπάει στη ζάχαρη με το πίσω μέρος του και επανάλαβε το ίδιο.
- Συμπλήρωσε τη δεύτερη σειρά του Πίνακα 2.
- Μπορείς να προσθέσεις σε κάθε περίπτωση δύο και έπειτα τρία τετράδια και να μετρήσεις πόσο βυθίστηκε το στιλό σε κάθε περίπτωση.

Εικονικό πείραμα: **Πίεση (μέρος Β)** Εναλλακτικά, μπορείς να εκτελέσεις το εικονικό πείραμα και να συμπληρώσεις τις τιμές στον Πίνακα 2.



Εικονικό πείραμα



Επίλεξε μία από τις προτάσεις:

Η βύθιση του στιλό όταν αυξάνεται το εμβαδόν επαφής του με τη ζάχαρη ενώ διατηρείται ο ίδιος ο αριθμός τετραδίων:

Αυξάνεται  Μειώνεται  Παραμένει σταθερή

Συμπλήρωσε την παρακάτω πρόταση με τις λέξεις: **μικρότερη, μεγαλύτερο, κάθετα**.

Μία δύναμη που ασκείται ..... σε μία επιφάνεια, προκαλεί ..... παραμόρφωση όσο ..... είναι το εμβαδόν της επιφάνειας.

**Πίεση**

Συμπλήρωσε τα κενά με την κατάλληλη λέξη.

Τα προηγούμενα συμπεράσματα ήταν ότι η παραμόρφωση που προκαλεί μία δύναμη επαφής που ασκείται κάθετα σε μία επιφάνεια αυξάνεται, όταν:

- 1 ..... η δύναμη επαφής
- 2 ..... το εμβαδόν επαφής



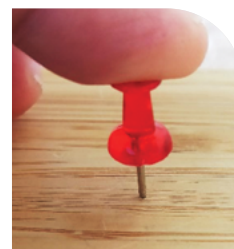
Μερικές φορές δεν αρκεί μόνο η γνώση του μεγέθους της δύναμης που ασκείται σε μία επιφάνεια, αλλά χρειάζεται να γνωρίζουμε και πώς αυτή η δύναμη κατανέμεται στην επιφάνεια, για να περιγράψουμε το αποτέλεσμα που προκαλεί, δηλαδή την παραμόρφωση του σώματος με το οποίο έρχεται σε επαφή. Το φυσικό μέγεθος που δείχνει την κατανομή της δύναμης στην επιφάνεια και είναι υπεύθυνη για την παραμόρφωση που προκαλεί, λέγεται πίεση  $p$  και δίνεται από τη σχέση:

$$p = \frac{F}{A}$$

Η πίεση  $p$  όταν πολλαπλασιάζεται με το εμβαδόν  $A$  μιας επιφάνειας μας δίνει το μέτρο της δύναμης  $F = pA$  η οποία ασκείται κάθετα στην επιφάνεια. Δηλαδή για μια δύναμη που δρα κάθετα σε μια επιφάνεια, η πίεση ορίζεται ως η δύναμη σε κάθε μονάδα επιφάνειας.

Η πίεση είναι ένα μονόμετρο μέγεθος. Η μονάδα της στο S.I. είναι το  $1N/m^2$  η οποία ονομάζεται και  $1Pa$  (*Pascal*). Το Pascal είναι πολύ μικρή μονάδα πίεσης. Στην πράξη είναι πιο βολικό να χρησιμοποιούμε το *kilopascal* ( $kPa$ ).  $1kPa = 1000 Pa$ .

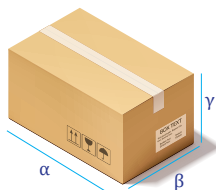
Για παράδειγμα, η πίεση μεταξύ του δακτύλου και της κεφαλής της πινέζας (εικόνα 3.3.1.3), είναι περίπου  $1000 kPa$  και μεταξύ της αιχμηρής άκρης της και του ξύλου περίπου  $5.000.000 kPa$ .



Εικόνα 3.3.1.3

### Κάνε τους υπολογισμούς και συμπλήρωσε τα κενά.

Ένα κιβώτιο έχει βάρος  $w = 300N$  και είναι ακίνητο πάνω σε ένα οριζόντιο δάπεδο.



Εικόνα 3.3.1.4: Κιβώτιο πάνω σε δάπεδο

Η επιφάνεια επαφής του με το έδαφος είναι ορθογώνιο παραλληλόγραμμο με διαστάσεις  $50cm \times 30cm$ . Το εμβαδόν επαφής του κιβωτίου με το έδαφος, είναι:  $A = \dots\dots\dots m \times \dots\dots\dots m = \dots\dots\dots m^2$

Στο κιβώτιο ασκείται η δύναμη του βάρους  $w$  και η κάθετη δύναμη στήριξης  $N$  από το έδαφος. Επειδή είναι ακίνητο, για τα μέτρα τους ισχύει:

Το κιβώτιο ασκεί τη δύναμη  $N'$  στο δάπεδο, που είναι η αντίδραση της  $N$  και για τα μέτρα τους ισχύει:  $\dots\dots\dots$

Η δύναμη επαφής  $N'$  θα είναι ίση με:  $\dots\dots\dots$

Η πίεση που ασκεί το κιβώτιο στο δάπεδο, θα είναι:  $p = \frac{N'}{A} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$

Αν πάνω στο κιβώτιο, καθίσει ένας μαθητής που έχει βάρος  $w_1 = 600N$ , τότε η δύναμη επαφής  $N'$  θα γίνει ίση με:  $\dots\dots\dots$

Η πίεση που ασκεί τώρα το κιβώτιο στο δάπεδο, θα είναι:  $p = \frac{N'}{A} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$

### Όργανα μέτρησης πίεσης



Εικόνα 3.3.1.5: Μανόμετρο

Η πίεση μεταξύ δύο στερεών σωμάτων, υπολογίζεται έμμεσα από τη δύναμη που ασκεί το ένα στερεό στο άλλο και από το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής. Δηλαδή χρειάζεται δυναμόμετρο και μετροταινία.

Όπως θα δούμε παρακάτω, και τα υγρά και τα αέρια ασκούν δυνάμεις και άρα πιέσεις. Για τη μέτρηση αυτών των πιέσεων υπάρχουν τα μανόμετρα που θα δούμε στις επόμενες ενότητες.



## ΕΜΠΕΔΩΣΗ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΓΕΝΙΚΕΥΣΕΙΣ

### 1. Μελέτη βαδίσματος σε διαφορετικές επιφάνειες

Όταν βαδίζουμε πάνω σε αφράτο χιόνι βυθιζόμαστε (εικόνα 3.3.1.1-6). Η δύναμη του βάρους ασκείται στην επιφάνεια των παπουτσιών και η πίεση για αυτήν την επιφάνεια είναι αρκετά μεγάλη και βυθιζόμαστε. Αν χρησιμοποιήσουμε παγοπέδιλα, η δύναμη του βάρους μας κατανέμεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια και η πίεση στην επιφάνεια του χιονιού μειώνεται. Έτσι τώρα παραμένουμε στην επιφάνεια χωρίς να βυθιζόμαστε γιατί δεν προκαλείται μεγάλη παραμόρφωση στο χιόνι (εικόνα 3.3.1.1-4)

Τα λίγα καρφιά στα παπούτσια για το ποδόσφαιρο, εικόνα 3.3.1.6, έχουν μόνο μια πολύ μικρή επιφάνεια επαφής με το έδαφος. Η πίεση κάτω από τα καρφιά είναι αρκετά υψηλή ώστε να βυθίζονται στο έδαφος, πράγμα που δίνει καλύτερη πρόσφυση και δυνατότητες στον ποδοσφαιριστή.



Εικόνα 3.3.1.6: Παπούτσια ποδοσφαίρου

## 2. Εργαλεία κοπής και σμίλευσης και ερμηνεία της μορφής τους

Τα εργαλεία κοπής (μαχαίρια, τσεκούρια, ψαλίδια) έχουν μικρή επιφάνεια στην οποία με την άσκηση δύναμης, αυξάνεται πάρα πολύ η πίεση. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργείται κόψιμο του αντίστοιχου υλικού.

Το ίδιο συμβαίνει και στα εργαλεία σμίλευσης που χρησιμοποιούνται για να κόβουν και να διαμορφώνουν διάφορα υλικά, όπως το ξύλο και η πέτρα. Αυτά τα εργαλεία έχουν μύτη και η δύναμη που προέρχεται από ένα χτύπημα, στη μύτη του εργαλείου δημιουργεί μεγάλη πίεση. Έτσι σπάει η πέτρα. Με τον ίδιο τρόπο λειτουργούν και τα κομπρεσέρ.



Εικόνα 3.3.1.7: Κοπίδι ξύλου για τη διαμόρφωσή του

## 3. Ο ρόλος της χρήσης των αλυσίδων στους τροχούς στην οδήγηση στο χιόνι

Οι αλυσίδες βοηθούν τα αυτοκίνητα να κινηθούν σε χιονισμένο δρόμο. Χωρίς τις αλυσίδες το όχημα γλιστράει και δεν υπάρχει έλεγχος του οχήματος από τον οδηγό.

Επειδή έχουν μικρή επιφάνεια, μπαίνουν μέσα στο χιόνι και έτσι ο οδηγός έχει τον έλεγχο του οχήματος ενώ θα πρέπει να κινείται με μικρές ταχύτητες.



Εικόνα 3.3.1.8: Ροδέλες και βίδες με παξιμάδια

## 4. Η ροδέλα δεν επιτρέπει στο παξιμάδι να κάνει ζημιά όταν το σφίγγουμε

Η ροδέλα έχει μεγαλύτερο εμβαδόν από το παξιμάδι και έτσι έχουμε ελάττωση της πίεσης στην επιφάνεια του σώματος στο οποίο βιδώνουμε τη βίδα.



Συμπλήρωση  
κενών



### 3.3.1. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- 1. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.** Για να περπατήσει κάποιος στο χιόνι χρειάζεται παπούτσια που να έχουν:
  - A. Μεγάλο εμβαδόν.
  - B. Μικρό εμβαδόν.
  - Γ. Δεν παίζει ρόλο το εμβαδόν.
- 2. Γιατί αν ακονίσουμε ένα μαχαίρι, κόβει καλύτερα;**
- 3. Για ποιον λόγο τα παπούτσια ποδοσφαίρου, στο κάτω μέρος τους έχουν καρφιά;**
- 4. Για ποιον λόγο ο ελέφαντας έχει μεγάλα πέλματα;**
- 5. Σημειώστε Σ αν η πρόταση είναι σωστή ή Λ αν είναι λανθασμένη.**
  - A. Η πίεση είναι μια δύναμη που ασκείται κάθετα στην επιφάνεια ενός σώματος.
  - B. Η πίεση όταν πολλαπλασιάζεται με το εμβαδόν A μιας επιφάνειας μας δίνει το μέτρο της δύναμης η οποία ασκείται κάθετα στην επιφάνεια.
  - Γ. Μονάδα μέτρησης της πίεσης στο S.I. είναι το  $1 \text{ N/m}^2$



## 3.3.1 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

- Ένα κιβώτιο βάρους  $w = 200\text{N}$  βρίσκεται πάνω σε ένα τραπέζι. Εάν το εμβαδόν επαφής του κιβωτίου με την επιφάνεια του τραπεζιού είναι ίσο με  $0,5\text{m}^2$ , να βρείτε την πίεση που υπάρχει.
- Ένα τούβλο που βρίσκεται πάνω σε ένα δάπεδο, έχει βάρος  $w = 10\text{N}$  και διαστάσεις  $\alpha = 20\text{cm}$ ,  $\beta = 10\text{cm}$  και  $\gamma = 5\text{cm}$ . Υπολογίστε την πίεση που επικρατεί στο δάπεδο, όταν βρίσκεται σε επαφή με το τούβλο στις παρακάτω περιπτώσεις:
 
  - Ακουμπάει η έδρα με τις πλευρές  $\alpha$ - $\beta$ .
  - Ακουμπάει η έδρα με τις πλευρές  $\alpha$ - $\gamma$ .
  - Ακουμπάει η έδρα με τις πλευρές  $\beta$ - $\gamma$ .
- Ανάμεσα στους δείκτες των χεριών σου, τοποθέτησε ένα μολύβι. Αν με τον έναν δείκτη ασκήσεις δύναμη στον άλλο δείκτη, τότε:
  - Οι δυνάμεις που δέχονται οι δύο δείκτες είναι ίδιες ή διαφορετικές;
  - Η παραμόρφωση που δέχονται οι δύο δείκτες είναι ίδιες ή διαφορετικές;

**Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.**



## 3.3.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Ένας μαθητής έχει βάρος  $600\text{N}$ . Αν το εμβαδόν που έχει κάθε παπούτσι του είναι ίσο με  $150\text{cm}^2$ , να βρείτε:
  - Πόση είναι η πίεση στο δάπεδο;
  - Πόση θα είναι η πίεση στο δάπεδο, αν σταθεί στο ένα πόδι του;
- Μία γυναίκα έχει βάρος  $70\text{kg}$  και έχει δύο ζευγάρια παπουτσιών. Το ένα ζευγάρι είναι αθλητικά και το άλλο ζευγάρι είναι γόβες. Το κάθε παπούτσι αθλητικών έχει εμβαδόν  $200\text{cm}^2$  ενώ το κάθε παπούτσι γόβας έχει εμβαδόν  $50\text{cm}^2$  (Δίνεται ότι το  $g = 10\text{N/kg}$ ).
  - Πόση είναι η πίεση στο δάπεδο από τη γυναίκα σε κάθε περίπτωση;
  - Αν η γυναίκα για λίγο στηριχτεί μόνο στο τακούνι της μίας γόβας που έχει εμβαδόν επαφής με το δάπεδο  $0,5\text{cm}^2$ , πόση είναι η πίεση στο δάπεδο τότε;
- Το κάθε πόδι μιας καρέκλας έχει εμβαδόν  $10\text{cm}^2$ . Το βάρος της καρέκλας είναι  $60\text{N}$ .
  - Να βρείτε πόση είναι η πίεση στην επιφάνεια του δαπέδου κάτω από κάθε πόδι.
  - Εάν πάνω της καθίσει ένας άνθρωπος που έχει μάζα  $80\text{kg}$  πόση θα γίνει η πίεση αυτή; (Δίνεται ότι το  $g = 10\text{N/kg}$ ).



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

### 3.3.2. Υδροστατική πίεση

#### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να ορίζεις την υδροστατική πίεση μέσω πειραματικής διερεύνησης και να εξάγεις τον νόμο της.
2. Να εφαρμόζεις τον νόμο της υδροστατικής πίεσης σε απλά προβλήματα.



Εικόνα 3.3.2.1: Υποβρύχιο



Εικόνα 3.3.2.2: Ελεύθερη κατάδυση



Εικόνα 3.3.2.3: Φράγμα



Εικόνα 3.3.2.4: Νερό που βγαίνει από τις οπές σε ένα γεμάτο ποτιστήρι



Εικόνα 3.3.2.5: Ποτήρι με νερό, τοποθετημένο με κλίση στην άμμο



#### Ας αναρωτηθούμε

- Πώς εξηγείται ο πόνος στο τύμπανο του αυτιού μας όταν βουτάμε στη θάλασσα; Πότε ο πόνος αυτός είναι πιο έντονος, όταν βουτάμε στα ρηχά ή στα βαθιά;
- Γιατί τα υποβρύχια και τα βαθυσκάφη απαιτείται να είναι φτιαγμένα με υλικά μεγάλης αντοχής;
- Γιατί τα τεχνητά φράγματα κατασκευάζονται παχύτερα στο κάτω μέρος τους;
- Γιατί το νερό στο ποτιστήρι βγαίνει κάθετα από τις οπές στην επιφάνειά του ακόμα και αν αυτή είναι προσανατολισμένη προς τα πάνω;
- Γιατί η ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού σε ισορροπία είναι πάντα οριζόντια;

Πάρε μια πλαστική φιάλη με νερό και με τη βοήθεια του καθηγητή σου άνοιξε με μια πινέζα τρεις οπές στην ίδια κατακόρυφη και σε διαφορετικά ύψη (εναλλακτικά μπορείς να κάνεις την ψηφιακή δραστηριότητα). Άφησε πάνω τις πινέζες.

Στη συνέχεια τοποθέτησε το μπουκάλι λίγο ψηλότερα από μια λεκάνη, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3.2.6 και αφαίρεσε τις πινέζες.

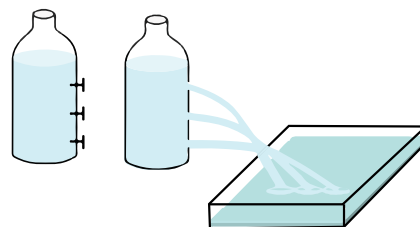
Γιατί το νερό από το μπουκάλι πετάγεται μακρύτερα από την οπή που είναι χαμηλότερα;

.....

.....

.....

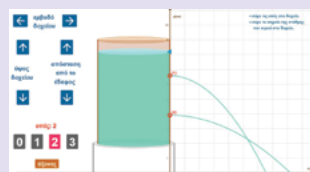
.....



Εικόνα 3.3.2.6: Πείραμα επίδειξης

#### Ψηφιακή δραστηριότητα: Δοχείο με οπές

Η προσομοίωση δείχνει ένα κυλινδρικό δοχείο στο οποίο μπορούν να υπάρχουν από μία έως τρεις οπές. Μπορούμε να μεταβάλλουμε τις διαστάσεις του δοχείου, τη θέση των οπών και της επιφάνειας του νερού και να παρατηρήσουμε την πορεία των ακτίνων του νερού που εξέρχεται από τις οπές.



Δοχείο με οπές

### Υδροστατική πίεση – Νόμος της υδροστατικής πίεσης

Το προηγούμενο πείραμα μας δείχνει ότι κάτι σπρώχνει το νερό πλάγια και έξω από την τρύπα. Αυτό το κάτι είναι μεγαλύτερο σε μεγαλύτερα βάθη. Λέμε ότι το νερό εκτοξεύεται γιατί υπάρχει πίεση και έτσι το νερό ασκεί δύναμη σε κάθε επιφάνεια. Η πίεση αυτή ονομάζεται υδροστατική και όπως είδαμε και στην ενότητα 3.3.1 όταν πολλαπλασιάζεται με το εμβαδόν μιας επιφάνειας μας δίνει το μέτρο της δύναμης  $F$  η οποία ασκείται κάθετα στην επιφάνεια.

$$F = \rho A$$

Με τον όρο υδροστατική πίεση περιγράφουμε την πίεση που υπάρχει στα υγρά, όταν βρίσκονται σε ισορροπία, δηλαδή χωρίς να ρέουν από το ένα σημείο στο άλλο.



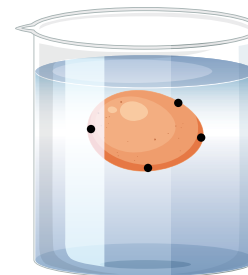
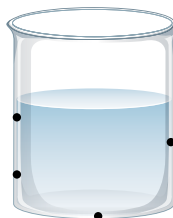
Η δύναμη που δέχεται μια επιφάνεια από το υγρό εξαρτάται από τον προσανατολισμό της;

Σχεδίασε στην εικόνα 3.3.2.7, με μολύβι, τις δυνάμεις που δέχονται τα διάφορα τμήματα των επιφανειών των δοχείων και του αυγού που βρίσκονται μέσα στο υγρό.

Τα τμήματα των επιφανειών είναι μικρά και απεικονίζονται ως μαύρες τελίτσες.

Πού οφείλεται η υδροστατική πίεση που υπάρχει μέσα σε ένα υγρό που βρίσκεται σε ισορροπία;

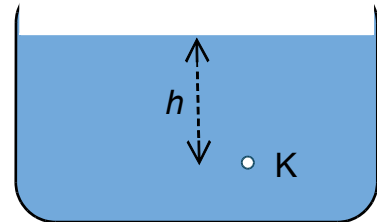
.....



Εικόνα 3.3.2.7

Μπορείς να προβλέψεις από ποιους παράγοντες εξαρτάται η υδροστατική πίεση σε ένα σημείο Κ του υγρού; Σημείωσε με ένα x με ποιους από τους παρακάτω παράγοντες συμφωνείς.

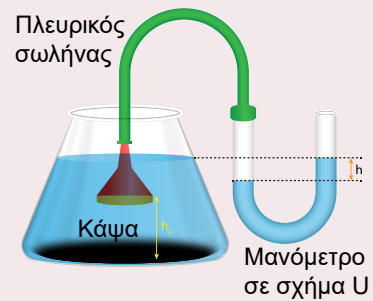
- το βάθος ( $h$ ) στο οποίο βρίσκεται το σώμα
- το είδος του υγρού, δηλαδή την πυκνότητα ( $\rho$ ) του υγρού
- τη σταθερά ( $g$ ) της βαρύτητας
- τον όγκο και την ποσότητα του υγρού στο δοχείο
- το σχήμα του δοχείου
- άλλον παράγοντα.



Εικόνα 3.3.2.8



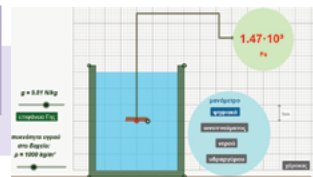
Μπορούμε να μετρήσουμε την υδροστατική πίεση με τη διάταξη της εικόνας 3.3.2.9. Η κάψα συνήθως είναι κυλινδρική. Εδώ είναι κωνική και στη βάση της έχει προσαρμοστεί μια ελαστική μεμβράνη. Στην κορυφή της έχει συνδεθεί ένας πλευρικός σωλήνας ο οποίος συνδέεται με το μανόμετρο σε σχήμα U. Τα μανόμετρα όπως αυτό του διπλανού σχήματος, μετρούν τη διαφορά πίεσης. Η διαφορά ύψους στα δύο σκέλη του μανόμετρου μας δείχνει την παραπάνω πίεση. Στην περίπτωση μας αυτή είναι η υδροστατική πίεση στο βάθος που βρίσκεται κάθε φορά η κάψα.



Εικόνα 3.3.2.9



Ψηφιακή δραστηριότητα: Από τι εξαρτάται η υδροστατική πίεση



Εικονικό πείραμα

Κράτησε την κάψα στο ίδιο βάθος και άρχισε να την περιστρέφεις παρατηρώντας την ένδειξη του μανομέτρου. Τι παρατηρείς;

Τοποθέτησε την κάψα σε διάφορα βάθη όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και κατάγραψε την αντίστοιχη διαφορά ύψους στα δύο σκέλη του μανόμετρου και την υδροστατική πίεση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1		
Βάθος κάψας (cm)	Διαφορά ύψους (cm)	Υδροστατική πίεση (kPa)
0		
5		
10		
15		

Τοποθέτησε την κάψα σε ένα συγκεκριμένο βάθος, άλλαξε την πυκνότητα  $\rho$  του υγρού και κατάγραψε την αντίστοιχη διαφορά ύψους στα δύο σκέλη του μανόμετρου και την υδροστατική πίεση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Πυκνότητα υγρού ( $\text{kg/m}^3$ )	Διαφορά ύψους (cm)	Υδροστατική πίεση (kPa)
500		
1000		
1500		
2000		

Η σταθερά  $g$  έχει διαφορετική τιμή σε άλλους πλανήτες. Τοποθέτησε την κάψα σε ένα συγκεκριμένο βάθος, άλλαξε τη σταθερά  $g$ , όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και κατάγραψε την αντίστοιχη διαφορά ύψους στα δύο σκέλη του μανόμετρου και την υδροστατική πίεση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Σταθερά $g$ (N/kg)	Διαφορά ύψους (cm)	Υδροστατική πίεση (kPa)
5		
10		
15		
20		

Τοποθέτησε την κάψα σε ένα συγκεκριμένο βάθος και άλλαξε το σχήμα του δοχείου συνεπώς και τον συνολικό όγκο του υγρού. Η υδροστατική πίεση μεταβάλλεται;

ΝΑΙ



ΟΧΙ



Με βάση τις παρατηρήσεις και τα δεδομένα σου, συμπλήρωσε τα κενά στο παρακάτω συμπέρασμα με τις λέξεις: **ανεξάρτητη, ανάλογη, υπάρχει, σχήμα, ασκείται, όγκο.**

- Η δύναμη που ..... σε μια επιφάνεια από το υγρό είναι ..... από τον προσανατολισμό της επιφάνειας μέσα στο υγρό.
- Η υδροστατική πίεση που ..... σε ένα σημείο ενός υγρού που ισορροπεί είναι ..... με την πυκνότητα του υγρού  $\rho$ , με τη σταθερά  $g$  και με το βάθος  $h$  (δηλαδή την απόσταση του σημείου από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού).
- Η υδροστατική πίεση είναι ανεξάρτητη από το εμβαδόν της επιφάνειας καθώς και από το ..... του δοχείου και τον συνολικό ..... του υγρού.



Η υδροστατική πίεση οφείλεται στο βάρος της υπερκείμενης στήλης του υγρού και δίνεται από τη σχέση:

$$p = \rho gh$$

η οποία αποτελεί και τη μαθηματική έκφραση του νόμου της υδροστατικής πίεσης. Σε όλα τα σημεία που βρίσκονται στο ίδιο βάθος η υδροστατική πίεση είναι η ίδια ακόμα και αν πάνω από κάποιο σημείο δεν υπάρχει κατακόρυφη στήλη υγρού.

Μονάδα της υδροστατικής πίεσης στο S.I. είναι το  $1\text{N/m}^2$  και είναι η υδροστατική πίεση που ασκεί στήλη υγρού βάρους  $1\text{N}$ , όταν ενεργεί κάθετα σε μια επιφάνεια εμβαδού  $1\text{m}^2$ . Όπως είδαμε, η μονάδα αυτή της πίεσης λέγεται και Pascal (Pa).

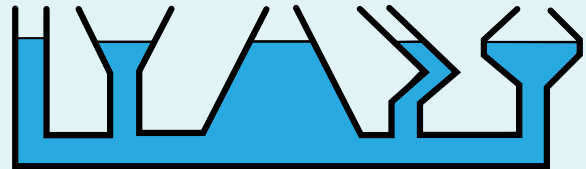
Μία άλλη μονάδα πίεσης είναι το 1 Torr, το οποίο είναι η υδροστατική πίεση στη βάση στήλης υδραργύρου με ύψος 1 mm. Το 1 Torr καλείται και 1mm Hg.



## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Συγκοινωνούντα δοχεία

Η ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού σε ισορροπία είναι πάντα οριζόντια. Αυτό έχει ως συνέπεια η πίεση στο εσωτερικό ενός υγρού να είναι η ίδια για όλα τα σημεία που βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο και εξαρτάται μόνο από το βάθος. Αυτό ισχύει ανεξάρτητα από το σχήμα του δοχείου και αποτελεί την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων.



**Εικόνα 3.3.2.10:** Συγκοινωνούντα δοχεία και σημεία του υγρού στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο

## Υποβρύχια

Τα υποβρύχια μπορούν και αναδύονται και καταδύονται βγάζοντας και βάζοντας νερό μέσα τους. Όταν θέλουν να καταδυθούν, μεγαλώνουν την πυκνότητά τους (και το βάρος τους) βάζοντας νερό σε ειδικούς θαλάμους. Όταν θέλουν να αναδυθούν, βγάζουν το νερό μικραίνοντας την πυκνότητά τους (και το βάρος τους).

## Υποθαλάσσια σπήλαια

Η υδροστατική πίεση σε μια σπηλιά εξαρτάται από το βάθος και την πυκνότητα του νερού που την περιβάλλει. Όσο πιο βαθιά είναι η σπηλιά, τόσο μεγαλύτερη είναι η πίεση που ασκείται στους τοίχους και την οροφή της. Η υδροστατική πίεση αυξάνεται με το βάθος και επηρεάζει την πίεση του αέρα.



**Εικόνα 3.3.2.11:** Επικίνδυνη κατάδυση σε σπήλαιο

## Υπολογισμός της υδροστατικής πίεσης

Ένα βαθυσκάφος βρίσκεται σε βάθος  $h = 300\text{m}$  από την επιφάνεια της θάλασσας. Αν η πυκνότητα του θαλασσινού νερού είναι  $\rho = 1025\text{ kg/m}^3$  και  $g = 10\text{ N/m}$ , να υπολογιστεί:

**α.** η υδροστατική πίεση στο σημείο που βρίσκεται το βαθυσκάφος

**β.** η πιεστική δύναμη που ασκείται σε ένα παράθυρο του βαθυσκάφους με εμβαδόν  $A = 2\text{m}^2$

## Απάντηση:

**α.** Η πυκνότητα του θαλασσινού νερού είναι  $\rho = 1025\text{ kg/m}^3$ , το βάθος από την επιφάνεια της θάλασσας είναι  $h = 300\text{ m}$  και  $g = 10\text{ N/m}$ . Εφαρμόζουμε τον νόμο της υδροστατικής πίεσης  $p = \rho gh$

$$\text{Με αντικατάσταση: } p = 1025 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) 10 \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}}\right) 300(\text{m}) = 3.075.000 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)$$

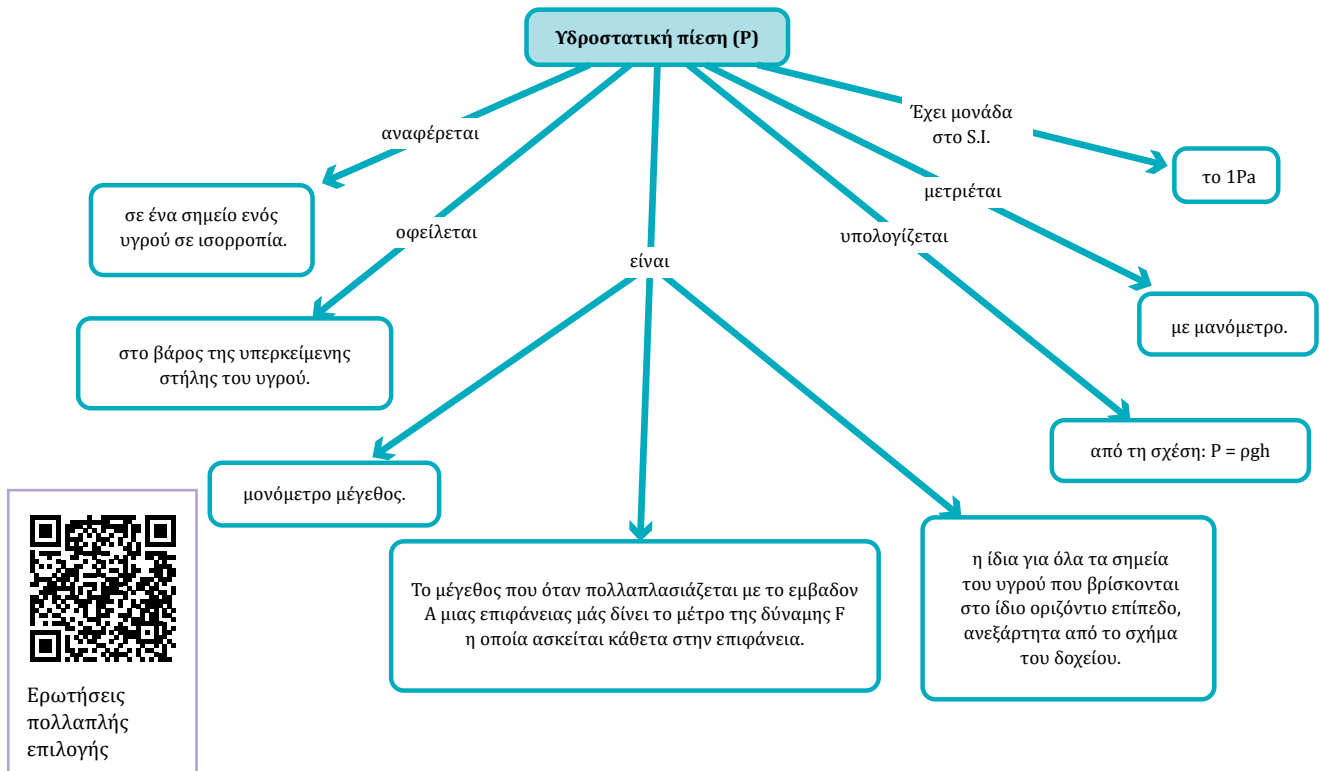
**β.** Για τον υπολογισμό της πιεστικής δύναμης που ασκείται σε ένα παράθυρο του βαθυσκάφους με εμβαδόν  $A = 2\text{m}^2$ , εφαρμόζουμε τη σχέση πίεσης δύναμης. Δηλαδή:

$$F = \rho A$$

Αλλά η υδροστατική πίεση από το ερώτημα Α είναι  $p = 3.075.000 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)$  και το εμβαδόν του παραθύρου

$$A = 2\text{m}^2. \text{ Άρα: } F = 3.075.000 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) 2\text{m}^2 = 6.150.000(\text{N})$$

## Εννοιολογικός χάρτης



### 3.3.2 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σημειώστε Σ αν η πρόταση είναι σωστή ή Λ αν είναι λανθασμένη.

- Α. Η πίεση στον πυθμένα ενός δοχείου με υγρό είναι ανάλογη με το βάρος του υπερκείμενου υγρού.
- Β. Η υδροστατική πίεση είναι μια δύναμη που ασκείται κάθετα σε κάθε επιφάνεια που βρίσκεται μέσα σε ένα υγρό.
- Γ. Η υδροστατική πίεση είναι αντιστρόφως ανάλογη του βάθους του υγρού.
- Δ. Η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από τον τόπο.
- Ε. Η υδροστατική πίεση στον πυθμένα ενός δοχείου εξαρτάται από τον όγκο του υγρού που περιέχεται στο δοχείο.

2. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση. Μονάδα μέτρησης της υδροστατικής πίεσης είναι το:

- α. 1 N/kg
- β. 1 N/m<sup>2</sup>
- γ. 1 N
- δ. 1 kg/m<sup>3</sup>

3. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση. Αν αλλάξουμε τον προσανατολισμό της μεμβράνης πάνω στην κάψα ενός μανομέτρου από οριζόντια σε κατακόρυφη διατηρώντας τη στο ίδιο βάθος, τότε η ένδειξη του  $p$  θα:

- α. αυξηθεί.
- β. μειωθεί.
- γ. μηδενιστεί.
- δ. παραμένει ίδια.

4. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση. Σε δύο όμοια δοχεία προσθέτουμε στο ένα αλατόνερο, στο άλλο καθαρό νερό, ώστε το ύψος του υγρού να είναι ίδιο και στα δύο δοχεία. Το αλατόνερο έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το καθαρό νερό. Η υδροστατική πίεση στον πυθμένα των δύο δοχείων είναι:

- α. ίδια και στα δύο δοχεία.
- β. μεγαλύτερη στο δοχείο με το αλατόνερο.
- γ. μικρότερη στο δοχείο με το αλατόνερο.

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

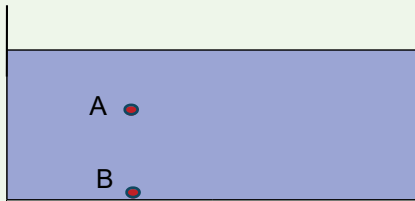
5. Σημειώστε Σ αν η πρόταση είναι σωστή ή Λ αν είναι λανθασμένη. Δυο δοχεία, ένα φαρδύ και ένα στενό, περιέχουν νερό που είναι και στα δύο στο ίδιο ύψος h.

- α. Η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του στενού δοχείου είναι μικρότερη από το άλλο.
- β. Η υδροστατική πίεση είναι ίδια και στα δύο δοχεία.

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

### 3.3.2 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

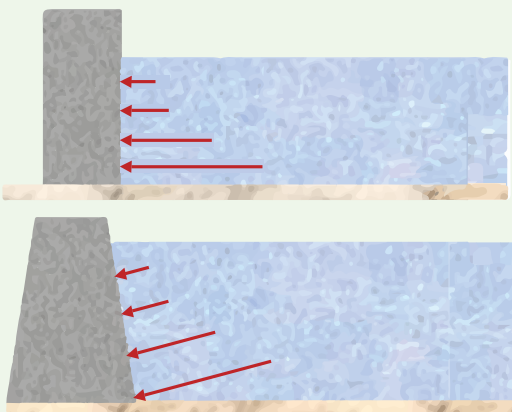
1. Η υδροστατική πίεση που δέχεται η μικρή σφαίρα στο σημείο Α που είναι σε βάθος 1 m είναι 10.000 Pa. Πόση θα είναι αν μεταφέρουμε τη σφαίρα στο σημείο Β σε βάθος 3 m;



2. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα σχέδια από δύο τεχνητά φράγματα. Η τομή του πρώτου φράγματος έχει σχήμα παραλληλογράμμου, ενώ του δεύτερου σχήμα τραπεζίου. Στα δύο σχήματα φαίνονται δυνάμεις που ασκούνται από το νερό πάνω στα δύο φράγματα.

A. Εξηγήστε γιατί οι δυνάμεις μεγαλώνουν προς τη βάση των φραγμάτων.

B. Ποιο από τα δύο φράγματα έχει σχεδιαστεί πιο σωστά;



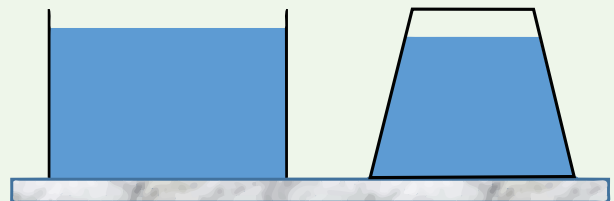
Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

3. Το βαθύτερο σημείο της Μεσογείου είναι το Φρέαρ των Οινουσσών ή αλλιώς το Πηγάδι των Οινουσσών και βρίσκεται στην Ελλάδα στο Ιόνιο Πέλαγος, νοτιοδυτικά της Πύλου, νότια των μικρών νησιών που αποκαλούνται Μεσσηνιακές Οινούσσες. Το μέγιστο βάθος είναι 5.269 μέτρα. Πόση είναι εκεί η υδροστατική πίεση; Δίνονται:

$$\text{Πυκνότητα του θαλασσινού νερού } \rho = 1.030 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{και } g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

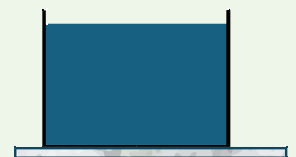
4. Τα δοχεία Α και Β περιέχουν και τα δύο νερό. Να συγκρίνετε τις υδροστατικές πιέσεις στους πυθμένες των δοχείων.



5. Το διπλανό δοχείο περιέχει νερό πυκνότητας  $\rho = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ . Αν το ύψος του νερού στο δοχείο είναι  $h = 1 \text{ m}$ , να υπολογίσετε:

A. την υδροστατική πίεση στον πυθμένα του δοχείου.

B. τη δύναμη που δέχεται ο πυθμένας του δοχείου αν έχει εμβαδόν  $A = 2 \text{ m}^2$ . Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ .



6. Ένας δύτης βουτά στη θάλασσα και κατεβαίνει σε βάθος 10m. Πόση είναι η υδροστατική πίεση σε αυτό το βάθος; Δίνονται η πυκνότητα του

$$\text{θαλασσινού νερού } \rho = 1.030 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \text{ και } g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$



### 3.3.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

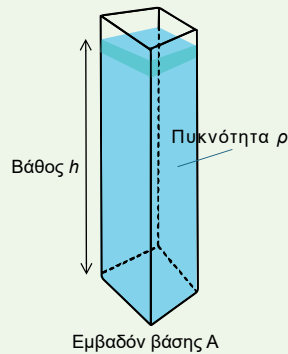
1. Αν η πυκνότητα του νερού της θάλασσας είναι

$$\rho_{\theta} = 1.027 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}, \text{ η ατμοσφαιρική πίεση}$$

$$P_{\text{ατμ}} = 100.000 \text{ Pa και η } g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \text{ να βρείτε σε τι}$$

βάθος μέσα στη θάλασσα η υδροστατική πίεση είναι ίση με την ατμοσφαιρική.

2. **Απόδειξη του νόμου της υδροστατικής πίεσης.** Για να υπολογίσετε την υδροστατική πίεση  $p$  στη βάση του δοχείου της εικόνας 3.3.2.9, δηλαδή σε βάθος  $h$  θα διαιρέσετε το βάρος της υπερκείμενης στήλης του υγρού με το εμβαδόν  $A$  της βάσης του δοχείου.



Εικόνα 3.3.2.9: Δοχείο με υγρό που ισορροπεί

Θυμηθείτε τον ορισμό της πυκνότητας

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ τη σχέση}$$

μάζας και βάρους  $w = mg$  και τον ορισμό της πίεσης

$$p = \frac{F}{A} \text{ και με δεδομένο ότι ο όγκος του νερού στο}$$

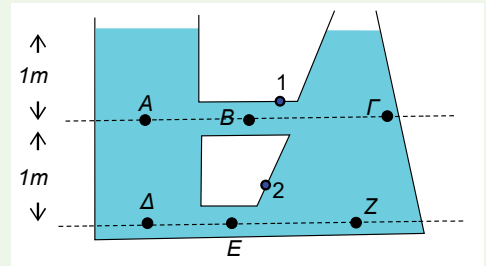
δοχείο αυτό ισούται με το εμβαδόν της βάσης  $A$  επί το βάθος  $h$  δηλαδή  $V = Ah$ , εξαγάγετε τον νόμο της υδροστατικής πίεσης  $p = \rho gh$ .

3. Προσπαθήστε να εξηγήσετε γιατί η ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού σε ισορροπία είναι πάντα οριζόντια. Υπόδειξη: Θεωρήστε μια μικρή ποσότητα επιφανειακού νερού στην περίπτωση που η ελεύθερη επιφάνεια δεν ήταν οριζόντια. Σχεδιάστε το βάρος της και αναλύστε το σε δύο κατάλληλους άξονες.

4. **A.** Να σχεδιάσετε στα σημεία 1 και 2 των τοιχωμάτων του δοχείου τη δύναμη από το υγρό.

- B.** Να συγκρίνετε τις υδροστατικές πιέσεις στα σημεία:

A και B  
Γ και Z  
Δ και E  
A και Δ  
A και Γ



Συμπλήρωση  
κενών



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

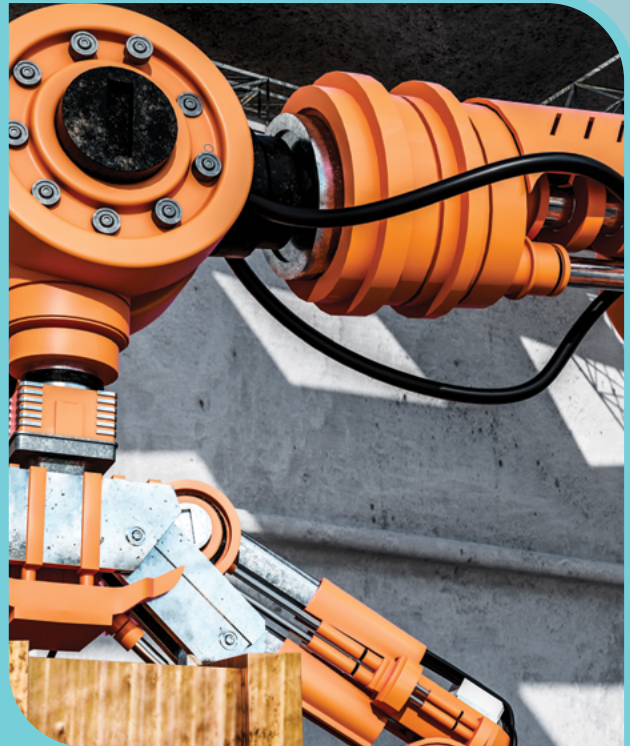
### 3.3.3. Αρχή του Pascal

#### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να διατυπώνεις την αρχή του Pascal, να την επαληθεύεις πειραματικά και να αναγνωρίζεις εφαρμογές της.
2. Να επιλύεις αντίστοιχα προβλήματα εφαρμόζοντας την αρχή του Pascal.



**Εικόνα 3.3.3.1:** Υδραυλικός ανυψωτής αυτοκινήτων (γρύλος)



**Εικόνα 3.3.3.2:** Υδραυλικά στοιχεία σε ανυψωτικό μηχάνημα



#### Ας αναρωτηθούμε

Πώς λειτουργεί ο υδραυλικός γρύλος της εικόνας 3.3.3.1 αλλά και υδραυλικές μηχανές, όπως τα υδραυλικά φρένα, το υδραυλικό πιεστήριο και άλλα υδραυλικά στοιχεία πάνω σε διάφορα μηχανήματα, όπως αυτό της εικόνας 3.3.3.2.



Αν αλλάξουμε την πίεση στην επιφάνεια ενός υγρού σε ισορροπία κατά  $\Delta p$ , θα μεταβληθεί η πίεση σε βάθος  $h$ ;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

Αν ναι, αυτή η μεταβολή θα είναι η ίδια σε όλα τα σημεία του υγρού ανεξάρτητα από το μέγεθος ή το σχήμα του δοχείου;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

Είναι δυνατόν ασκώντας μια μικρή δύναμη να ανυψώσουμε ένα πολύ βαρύ σώμα;



### Πρακτική δραστηριότητα: Ο δύτες του Καρτέσιου

Θα χρειαστείς:

Μια πλαστική διαφανής φιάλη του 1,5 L, ένα στιλό με το καπάκι του, έναν συνδετήρα των 50 mm.



Εικόνα 3.3.3.3



Εικόνα 3.3.3.4



Εικόνα 3.3.3.5

#### Διαδικασία

- Αφαίρεσε από το στιλό την εσωτερική διάταξη με το σωληνάριο της μελάνης (Εικόνα 3.3.3.3). Θα χρειαστείς μόνο το πλαστικό περίβλημα και το καπάκι το οποίο στην κορυφή του έχει οπή (αν το καπάκι δεν έχει ήδη οπή στην κορυφή του μπορείς να ανοίξεις μία χρησιμοποιώντας έναν χαρτοκόπτη).
- Κρέμασε έναν συνδετήρα των 50mm όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3.3.4
- Στη συνέχεια, γέμισε με νερό μέχρι επάνω την πλαστική φιάλη του 1,5 L και βύθισε το στιλό με το καπάκι προς τα κάτω. Θα παρατηρήσεις ότι επιπλέει (Εικόνα 3.3.3.5).
- Κλείσε τη φιάλη και η κατασκευή σου είναι έτοιμη για χρήση.

#### Εκτέλεση:

Πίεσε με το χέρι σου το μπουκάλι όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3.3.6.  
Τι παρατηρείς;



Εικόνα 3.3.3.6

Καθώς πιέζεις τα τοιχώματα του πλαστικού μπουκαλιού τι συμβαίνει με το ύψος του νερού μέσα στο στυλό και τι με τον όγκο του θύλακα αέρα; Πώς ερμηνεύεις τις παρατηρήσεις αυτές και πώς σχετίζονται με την κίνηση της κατασκευής μέσα στο μπουκάλι;

.....

.....

.....

.....

.....



Συμπλήρωσε τα κενά στο παρακάτω συμπέρασμα με τις λέξεις: **είσοδο, ασυμπίεστο, βύθιση.**

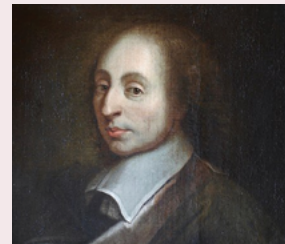
Το νερό είναι πρακτικά..... Πιέζοντας τα τοιχώματα της φιάλης αυξάνεται η πίεση του αέρα πάνω από την ελεύθερη στάθμη του νερού. Η αύξηση αυτή μεταφέρεται σε όλα τα σημεία του νερού, άρα και στη βάση του στυλό με αποτέλεσμα την ..... νερού μέσα σε αυτό. Η αύξηση του βάρους του έχει ως αποτέλεσμα την ..... του.

Βίντεο «Ο δύτης του Καρτέσιου»



### Η αρχή του Pascal

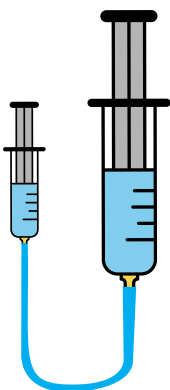
Ο Blaise Pascal ήταν ο πρώτος που αναγνώρισε ότι μια αλλαγή στην πίεση σε ένα σημείο ενός ασυμπίεστου υγρού εμφανίζεται αμείωτη σε όλα τα σημεία του. Η αρχή του Pascal είναι η βάση για τα υδραυλικά συστήματα, όπως ο υδραυλικός ανυψωτήρας, τα υδραυλικά φρένα, το υδραυλικό πιεστήριο κ.λπ.



**Εικόνα 3.3.3.7:**  
Blaise Pascal (1623-1662)



### Πρακτική δραστηριότητα: Πολλαπλασιάζοντας τη δύναμη



Εικόνα 3.3.3.8

Σύνδεσε μια μικρή και μια μεγάλη σύριγγα με έναν πλαστικό σωλήνα γεμάτο με νερό όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3.3.8. Κράτησε τις σύριγγες μία στο κάθε χέρι και τοποθέτησε τους αντίχειρές σου πάνω από το έμβολο της καθεμιάς. Άσκησε με τον αντίχειρά σου δύναμη στο έμβολο της μικρής σύριγγας. Μετά κάνε το ίδιο αλλά άσκησε δύναμη στο έμβολο της μεγάλης σύριγγας.

Τι παρατηρείς;.....

.....

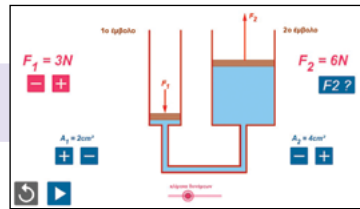
.....

.....

.....

.....

## Ψηφιακή δραστηριότητα: Υδραυλικό πιεστήριο



Η προσομοίωση παρουσιάζει το υδραυλικό πιεστήριο που αποτελείται από δύο έμβολα που συνδέονται μεταξύ τους με σωλήνα και στο εσωτερικό τους έχουν νερό. Αν στο έμβολο εμβαδού  $A_1$  ασκηθεί μία δύναμη  $F_1$ , στο δεύτερο έμβολο εμβαδού  $A_2$  θα εμφανιστεί η δύναμη  $F_2$ . Είναι αυτές οι δυνάμεις ίσες ή όχι; Ποιος είναι ο ρόλος των εμβαδών  $A_1$  και  $A_2$  στη τιμή της δύναμης  $F_2$ ;



## Το υδραυλικό πιεστήριο: Ένας πολλαπλασιαστής της δύναμης

Με το υδραυλικό πιεστήριο της εικόνας 3.3.3.9 μπορούμε να πολλαπλασιάσουμε τη δύναμη που ασκούμε προκειμένου να συνθλίψουμε ένα αντικείμενο. Για παράδειγμα, ασκώντας μια μικρή δύναμη  $F_1$  στο έμβολο με το μικρό εμβαδόν (είσοδος), ασκείται μια πολύ μεγαλύτερη δύναμη  $F_2$  από το υγρό στο έμβολο με το μεγάλο εμβαδόν (έξοδος).

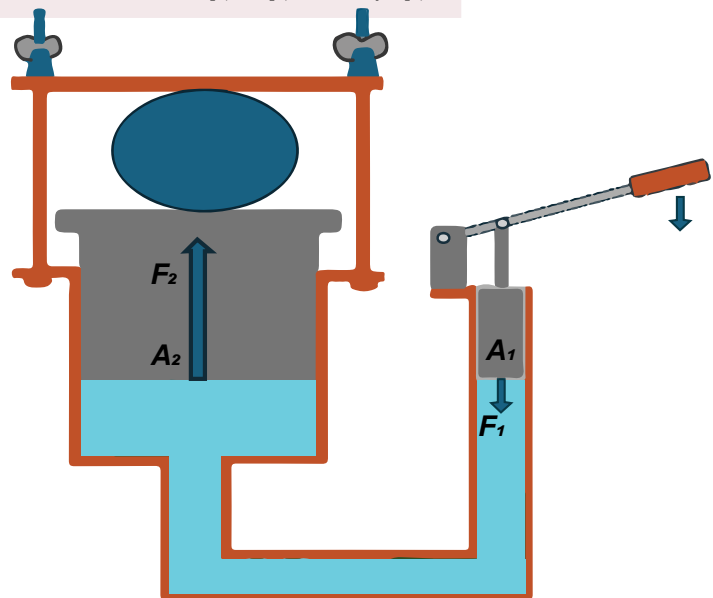
Όταν στο έμβολο το οποίο έχει εμβαδόν  $A_1$  ασκούμε μια δύναμη  $F_1$ , η επιπλέον πίεση λόγω της δύναμης  $F_1$  είναι:

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

Σύμφωνα με την αρχή του Pascal, η μεταβολή της πίεσης μεταδίδεται αναλλοίωτη σε όλο το υγρό. Επομένως το έμβολο που έχει εμβαδόν  $A_2$

$$p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

Αλλά  $p_1 = p_2$  Οπότε:  $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$  και  $F_2 = F_1 \cdot \frac{A_2}{A_1}$



Εικόνα 3.3.3.9: Υδραυλικό πιεστήριο

**Σημείωση:** Η πίεση στα έμβολα του υδραυλικού πιεστήριου δεν είναι υδροστατική πίεση.

Από την παραπάνω σχέση φαίνεται ότι, όσες φορές είναι μεγαλύτερο το εμβαδόν στην έξοδο σε σχέση με το εμβαδόν στην είσοδο, τόσες φορές θα είναι μεγαλύτερη και η δύναμη στην έξοδο. Για παράδειγμα, αν το εμβαδόν  $A_2$  του εμβόλου στην έξοδο είναι δεκαπλάσιο του εμβαδού  $A_1$  στην είσοδο, τότε η δύναμη  $F_2$  στην έξοδο θα είναι δεκαπλάσια της  $F_1$  στην είσοδο. Βέβαια υπάρχει ένα τίμημα για αυτό το κέρδος σε δύναμη. Το έμβολο στην έξοδο ανεβαίνει μόνο κατά το ένα δέκατο σε σχέση με το πόσο κατεβαίνει το έμβολο στην είσοδο. Οπότε, ότι κερδίζουμε σε δύναμη το χάνουμε σε απόσταση. Στην ενότητα 5.1 θα δούμε ότι αυτός είναι ο χρυσός κανόνας της μηχανικής και είναι αποτέλεσμα της αρχής διατήρησης της ενέργειας.

Γενικά λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι ενώ η πίεση παραμένει σταθερή στα δύο έμβολα, η δύναμη πολλαπλασιάζεται ανάλογα με τη σχέση των εμβαδών των εμβόλων.



**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

**Υδραυλικά φρένα**

Για παράδειγμα, τα υδραυλικά φρένα που υπάρχουν στα αυτοκίνητα χρησιμοποιούνται για να μειώσουν την ταχύτητά τους. Η κατασκευή τους στηρίζεται στην αρχή του Pascal. Όταν πιέζουμε το πεντάλ φρένου, εφαρμόζουμε μια δύναμη η οποία δημιουργεί πίεση σε ένα έμβολο με μικρό εμβαδόν. Η πίεση μεταδίδεται στο υγρό των φρένων και άμεσα μεταδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Η ίδια πίεση εμφανίζεται σε ένα δεύτερο έμβολο μεγαλύτερου εμβαδού. Η δύναμη στο δεύτερο έμβολο είναι μεγαλύτερη και με έναν μηχανισμό που περιλαμβάνει δίσκους ή τύμπανα φρενάρει τα ελαστικά του αυτοκινήτου.



**Εικόνα 3.3.3.10:** Συνηθισμένο δισκόφρενο αυτοκινήτου

**Πίεση σε δοχείο με υγρό ανοικτό**

Έστω ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι ίση με  $p_0$ . Σύμφωνα με την αρχή του Pascal, η πίεση σε οποιοδήποτε σημείο στο εσωτερικό του νερού μέσα σε ένα ποτήρι θα είναι το άθροισμα της υδροστατικής και της ατμοσφαιρικής πίεσης. Άρα σε ένα σημείο που βρίσκεται σε βάθος  $h$ , η συνολική πίεση θα είναι ίση με:

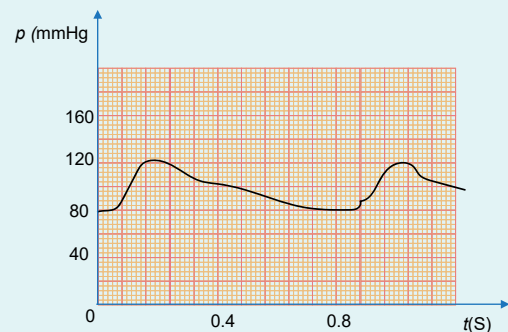
$$p_{ολ} = p_0 + \rho gh$$

**Μέτρηση της πίεσης του αίματος**

Όταν η καρδιά σας κάνει 75 παλμούς σε κάθε λεπτό, αυτό σημαίνει ότι κάθε καρδιακός παλμός διαρκεί 0,8s. Οι καρδιακοί μύες συστέλλονται και ωθούν το αίμα προς τα έξω στην αρτητή. Αυτή η συστολή αυξάνει την πίεση και αυτή η αύξηση της πίεσης σύμφωνα με την αρχή του Pascal μεταδίδεται μέσω όλων των αρτηριών σας. Στο γράφημα της εικόνας 3.3.3.12 φαίνεται η μεταβολή της αρτηριακής πίεσης κατά τη διάρκεια ενός καρδιακού παλμού. Το μέγιστο στην περίπτωση αυτή είναι 120 mmHg και καλείται συστολική πίεση η οποία είναι και η πρώτη ένδειξη που δείχνουν τα «πιεσόμετρα». Το ελάχιστο στην περίπτωση αυτή είναι 80mmHg και καλείται διαστολική πίεση. Οι τιμές αυτές είναι τυπικές για την περίπτωση ενός υγιούς νέου ανθρώπου. Η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης γίνεται με μια περιχειρίδα γύρω από το χέρι, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3.3.11. Στην αρχή η περιχειρίδα φουσκώνει μέχρι να κόψει τη ροή του αίματος. Στη συνέχεια ξεφουσκώνει αργά και όταν πέσει η πίεση, στην περιχειρίδα κάτω από τη συστολική πίεση αποκαθίσταται η ροή του αίματος και ακούγεται ο καρδιακός παλμός. Τότε γίνεται η καταγραφή της συστολικής πίεσης. Οι καρδιακοί παλμοί ακούγονται μέχρι η πίεση της περιχειρίδας να φτάσει τη διαστολική πίεση, οπότε γίνεται η καταγραφή της και το αίμα ρέει ομαλά. Υψηλές αρτηριακές πιέσεις προκαλούν καταπόνηση σε ολόκληρο το κυκλοφορικό σύστημα και οδηγούν σε σοβαρά ιατρικά προβλήματα. Χαμηλές αρτηριακές πιέσεις μπορεί να προκαλέσουν ζαλάδα, επειδή δεν επαρκούν για να στείλουν αίμα στον εγκέφαλο.



**Εικόνα 3.3.3.11:** Μέτρηση της πίεσης ασθενούς κατά τη διάρκεια μιας ιατρικής εξέτασης



**Εικόνα 3.3.3.12:** Αρτηριακή πίεση κατά τη διάρκεια ενός καρδιακού παλμού



Συμπλήρωση κενών



## 3.3.3 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να συμπληρώσετε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:

Σύμφωνα με την αρχή του Pascal, αν μεταβληθεί η .....  
..... σε οποιοδήποτε σημείο ενός ρευστού που ηρεμεί και περιέχεται σε ένα δοχείο, τότε η ..... αυτής της πίεσης μεταφέρεται αναλλοίωτη σε όλα τα σημεία του ρευστού.

2. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση. Σε ένα υδραυλικό πιεστήριο:

- A. η πίεση στο μικρό έμβολο είναι μικρότερη της πίεσης στο μεγάλο έμβολο.
- B. η πίεση στο μεγάλο έμβολο είναι μικρότερη της πίεσης στο μικρό έμβολο.
- Γ. ο λόγος των εμβαδών των εμβόλων είναι ίσος με τον λόγο των μέτρων των δυνάμεων που ασκούνται στα έμβολα.
- Δ. η δύναμη που ασκείται στο ένα έμβολό του μεταδίδεται αμετάβλητη σε όλα τα σημεία του υγρού.

3. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση. Σε ένα υδραυλικό πιεστήριο το εμβαδόν  $A_2$  του μεγάλου εμβόλου είναι διπλάσιο του αντίστοιχου  $A_1$  του μικρού, δηλαδή  $A_2 = 2A_1$ . Το μέτρο της δύναμης  $F_2$  στο μεγάλο έμβολο και το μέτρο  $F_1$  της δύναμης στο μικρό συνδέονται με τη σχέση:

- A.  $F_1 = F_2$
- B.  $F_2 = 20F_1$
- Γ.  $F_1 = 2F_2$
- Δ.  $F_2 = 2F_1$

4. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση. Η αρχή του Pascal βρίσκει εφαρμογή:

- A. στην υδραυλική πρέσα και λοιπά υδραυλικά συστήματα.
- B. στο υδραυλικό σύστημα των φρένων του αυτοκινήτου.
- Γ. στον υπολογισμό της συνολικής πίεσης ενός σημείου υγρού.
- Δ. σε όλα τα παραπάνω.



## 3.3.3 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Σε έναν υδραυλικό ανυψωτήρα το μικρό του έμβολο έχει εμβαδόν  $A_1 = 10 \text{ cm}^2$  και το μεγάλο του εμβαδόν  $A_2 = 40 \text{ cm}^2$ . Να βρεθεί η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο για να ανυψωθεί με σταθερή ταχύτητα σώμα βάρους  $w = 1000 \text{ N}$ .

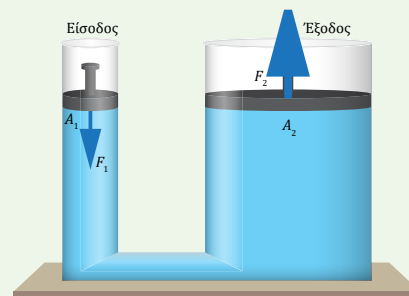
2. Στην εικόνα 3.3.3 φαίνεται ένας απλός υδραυλικός ανυψωτής. Το εμβαδόν του εμβόλου στην είσοδο είναι  $A_1 = 0,1 \text{ m}^2$  και στην έξοδο  $A_2 = 0,9 \text{ m}^2$  και η δύναμη στην είσοδο  $F_1 = 40 \text{ N}$ :

A. Πόση είναι η πίεση στην είσοδο;

B. Πόση είναι η πίεση στην έξοδο;

Γ. Πόση είναι η δύναμη στην έξοδο;

Δ. Αν μειωθεί το εμβαδόν του εμβόλου της εισόδου, τι θα συμβεί στην έξοδο; Εξηγήστε την απάντησή σας.



Εικόνα 3.3.3.13

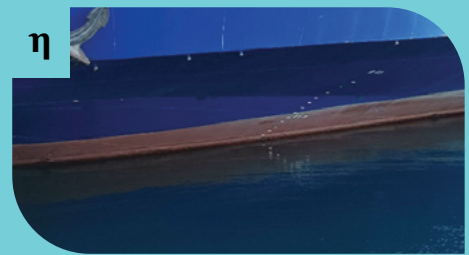


Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

### 3.3.4. Σχέση πίεσης – άνωσης. Αρχή του Αρχιμήδη. Πλεύση.

#### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να εξηγείς την προέλευση της άνωσης, να διατυπώνεις την αρχή του Αρχιμήδη και να την επαληθεύεις πειραματικά.
2. Να αναγνωρίζεις τη συνθήκη πλεύσης.



Εικόνα 3.3.4.1: Πλεύση και βύθιση σωμάτων

#### Ας αναρωτηθούμε

- Σε μια λεκάνη με νερό τοποθέτησε αντικείμενα διαφορετικών υλικών και σχημάτων, όπως στην Εικόνα 3.3.4.1 α και β. Τι παρατηρείς σχετικά με την πλεύση των αντικειμένων; Ποια από αυτά επιπλέουν και ποια όχι;
- Η Νεκρά Θάλασσα είναι μια λίμνη στη Μέση Ανατολή, που το νερό της εμφανίζει περιεκτικότητα 24% σε αλάτι. Στην Εικόνα 3.3.4.1 εμφανίζεται η προσπάθεια ενός κοριτσιού να επιπλεύσει σε μια λίμνη με γλυκό νερό (γ) και η αντίστοιχη προσπάθεια ενός αγοριού στη Νεκρά Θάλασσα (δ). Τι παρατηρείς; Είναι το ίδιο εύκολη η πλεύση στις δύο περιπτώσεις; Τι είναι αυτό που αλλάζει;
- Το κρουαζιερόπλοιο πλέει στην επιφάνεια της θάλασσας (Εικόνα 3.3.4.1 ε), ενώ το σκάφος βρίσκεται βυθισμένο στον πυθμένα (Εικόνα 3.3.4.1 στ). Ποιες δυνάμεις ασκούνται στα πλοία; Τι συμβαίνει και το ένα πλοίο πλέει στην επιφάνεια, ενώ το άλλο είναι βυθισμένο;
- Στις Εικόνες 3.3.4.1 (ζ) και (η) παρουσιάζεται το ίδιο πλοίο, το οποίο είναι άδειο. Παρατήρησε τη νοητή γραμμή της τομής της επιφάνειας της θάλασσας με αυτή του караβιού (ίσαλος γραμμή). Πόσο ψηλά ή χαμηλά είναι η γραμμή αυτή; Το συγκεκριμένο πλοίο θα φορτωθεί με φορτηγά αυτοκίνητα προκειμένου να τα μεταφέρει σε άλλο λιμάνι. Τι θα συμβεί σχετικά με την γραμμή ισάλου όταν το πλοίο φορτωθεί;



Ποια δύναμη συγκρατεί ένα πλοίο στην επιφάνεια;

.....

.....

.....

Στην εικόνα 3.3.4.2 εμφανίζεται ένα υποβρύχιο που μόλις έχει αναδυθεί. Πώς ένα υποβρύχιο βυθίζεται και πώς αναδύεται;

.....

.....

.....



Εικόνα 3.3.4.2: Υποβρύχιο



### Πειραματική δραστηριότητα: Άνωση-Αρχή του Αρχιμήδη

#### Θα χρειαστείς:

- Ένα δυναμόμετρο,
- Ηλεκτρονικό ζυγό ακριβεία,
- Δύο γυάλινα δοχεία,
- Πλαστελίνη.

#### Διαδικασία:

- Κόψε ένα κομμάτι πλαστελίνη και κρέμασέ τη στο δυναμόμετρο. Σημείωσε την ένδειξη  $F$  του δυναμόμετρου:

$$F = \dots\dots\dots N$$

Με τη βοήθεια του πρώτου νόμου του Νεύτωνα αφού η πλαστελίνη ισορροπεί το βάρος της θα είναι:

$$w = \dots\dots\dots N$$

- Κατέβασε σιγά το δυναμόμετρο όσο χρειάζεται ώστε να ακουμπήσει η πλαστελίνη στον πάγκο αλλά η ένδειξη του δυναμόμετρου να είναι περίπου στη μισή τιμή από την αρχική. Πώς εξηγείς τη μείωση της ένδειξης;

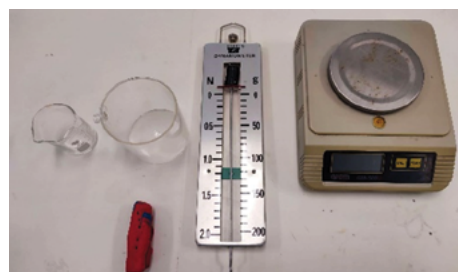
.....

.....

.....

- Γέμισε το μεγάλο γυάλινο δοχείο με νερό μέχρι το χείλος του.
- Κατέβασε σιγά το δυναμόμετρο ώστε η πλαστελίνη να βυθιστεί στο νερό και συγκέντρωσε το νερό που χύθηκε σε ένα άλλο μικρότερο δοχείο (εικόνα 3.3.4.4).
- Σημείωσε τη νέα ένδειξη του δυναμόμετρου με την πλαστελίνη βυθισμένη στο νερό.

$$F' = \dots\dots\dots N$$



Εικόνα 3.3.4.3: Υλικά και όργανα απαραίτητα για την εκτέλεση του πειράματος



Εικόνα 3.3.4.4: Αρχικά ζυγίζεις την πλαστελίνη εκτός του νερού, στη συνέχεια τη βυθίζεις και συγκεντρώνεις το νερό που χύθηκε

Πώς εξηγείς τη μείωση της ένδειξης;

.....

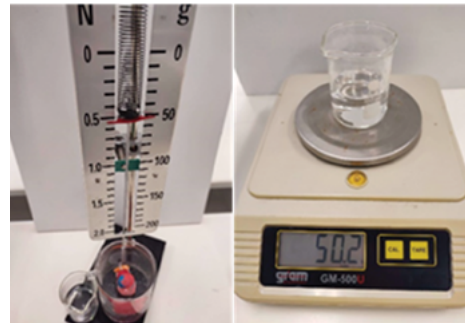
.....

Η μείωση της ένδειξης του δυναμομέτρου είναι:.....N

- Ζύγισε το νερό που συλλέχθηκε στο άλλο μικρότερο δοχείο.
- Σημείωσε την ένδειξη του ζυγού για τη μάζα του νερού που εκτοπίστηκε:  $m_v = \dots\dots\dots g$
- Υπολόγισε το βάρος του νερού που εκτοπίστηκε:  $w_v = \dots\dots\dots N$
- Η μείωση της ένδειξης του δυναμομέτρου είναι περίπου ίση με το βάρος του νερού που εκτοπίστηκε;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Επανάλαβε αν έχεις χρόνο και με μεγαλύτερα ή μικρότερα κομμάτια πλαστελίνης προκειμένου να συγκρίνεις κάθε φορά τη μείωση της ένδειξης του δυναμομέτρου με το βάρος του νερού που εκτοπίστηκε.



**Εικόνα 3.3.4.5:** Καταγράφεις τη νέα ένδειξη του δυναμομέτρου και ζυγίζεις το νερό που συλλέχθηκε



**α.** Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις: **υγρό, άνωση, βυθισμένο, κατακόρυφη, αντίθετη.**

Κάθε σώμα που βρίσκεται ..... μέσα σε ένα υγρό δέχεται μια δύναμη από το ..... που έχει ..... διεύθυνση και φορά ..... από το βάρος του. Η δύναμη αυτή λέγεται .....

**β.** Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις: **εκτοπίζει, άνωσης, βάρος.**

Αρχή του Αρχιμήδη.

Το μέτρο της ..... που δέχεται ένα σώμα που είναι βυθισμένο μέσα σε ένα υγρό είναι ίσο με το ..... του υγρού που ..... το σώμα.



Από τον ορισμό της πυκνότητας  $\rho = \frac{m}{V}$ . Οπότε, η μάζα  $m_{\text{υγρ}}$  του **εκτοπιζόμενου** υγρού (στην περίπτωση μας το υγρό ήταν το νερό) θα είναι:  $m_{\text{υγρ}} = \rho_{\text{υγρ}} V$ .

Όπου  $V$  ο όγκος του **εκτοπιζόμενου** υγρού.

Το βάρος του εκτοπιζόμενου υγρού όμως είναι ανάλογο της μάζας του και δίνεται από τη σχέση:

$$w_{\text{υγρ}} = m_{\text{υγρ}} g$$

Η άνωση, όπως διαπίστωσες πειραματικά και σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη ισούται με το βάρος του εκτοπιζόμενου υγρού συνεπώς:  $A = w_{\text{υγρ}} = m_{\text{υγρ}} g = \rho_{\text{υγρ}} Vg$

Δηλαδή η άνωση είναι ανάλογη με την πυκνότητα του υγρού, με τον όγκο του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα και με την τιμή της  $g$ . Το σχήμα και το βάρος του σώματος δεν επηρεάζουν την τιμή της άνωσης (Μπορείς να το διαπιστώσεις αυτό πειραματικά).

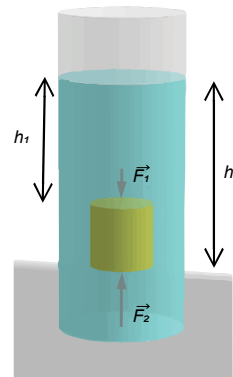
**Σημείωση:** Ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα είναι ίσος με τον όγκο του βυθισμένου τμήματος του σώματος.

### Η προέλευση της άνωσης

Είδαμε στην ενότητα 3.3.2 ότι τα υγρά σε αντίθεση με τα στερεά σπρώχνουν κάθετα τις επιφάνειες των σωμάτων με τα οποία έρχονται σε επαφή. Σπρώχνουν προς τα κάτω, προς τα πάνω και πλάγια ανάλογα με τον προσανατολισμό της επιφάνειας. Ο κύλινδρος της εικόνας 3.3.4.6., εκτός από το βάρος του, δέχεται και δυνάμεις από το υγρό. Οι δυνάμεις αυτές θα έχουν συνισταμένη στην οριζόντια διεύθυνση μηδέν. Στην εικόνα η  $F_2$  είναι η συνισταμένη των δυνάμεων από το υγρό που ασκείται στην κάτω βάση του κυλίνδρου και η  $F_1$  είναι η συνισταμένη των δυνάμεων από το υγρό στην πάνω βάση του κυλίνδρου. Το βάθος  $h_2$  που βρίσκεται η κάτω βάση είναι μεγαλύτερο από το βάθος που βρίσκεται η πάνω βάση. Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη του βάθους. Συνεπώς, η πίεση θα είναι μεγαλύτερη στην κάτω βάση και έτσι η δύναμη  $F_2$  θα είναι μεγαλύτερη της  $F_1$ , οπότε η συνισταμένη τους θα είναι προς τα πάνω.

Η συνισταμένη των δύο αυτών δυνάμεων  $F_1$  και  $F_2$  είναι η άνωση δηλαδή:

$$A = F_2 - F_1$$



Εικόνα 3.3.4.6: Κύλινδρος βυθισμένος σε υγρό

### Συνθήκη πλευσης



Όταν ένα σώμα επιπλέει σε ένα υγρό.

α. Πώς σχετίζονται οι πυκνότητες του σώματος και του υγρού;

.....  
.....

β. Πώς σχετίζονται τα μέτρα του βάρους του σώματος και της άνωσης που δέχεται από το υγρό;

.....  
.....

Όταν ένα σώμα βυθίζεται σε ένα υγρό.

α. Πώς σχετίζονται οι πυκνότητες του σώματος και του υγρού;

.....  
.....

β. Πώς σχετίζονται τα μέτρα του βάρους του σώματος και της άνωσης που δέχεται από το υγρό;

.....  
.....

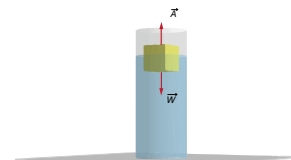
Υπάρχει περίπτωση ένα σώμα να επιπλέει αλλά να είναι βυθισμένο ολόκληρο στο υγρό; Αν ναι, τότε:

α. Πώς σχετίζονται οι πυκνότητες του σώματος και του υγρού;

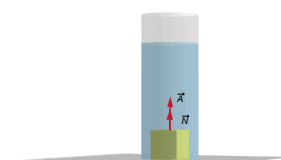
.....  
.....

β. Πώς σχετίζονται τα μέτρα του βάρους του σώματος και της άνωσης που δέχεται από το υγρό;

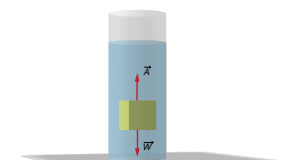
.....  
.....



Εικόνα 3.3.4.7: Κύλινδρος πλέει στην επιφάνεια υγρού



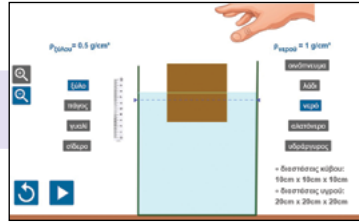
Εικόνα 3.3.4.8: Κύλινδρος βυθισμένος στον πυθμένα δοχείου με υγρό



Εικόνα 3.3.4.9: Κύλινδρος πλέει ολόκληρος βυθισμένος σε δοχείο με υγρό, δίχως να ακουμπά πυθμένα και τοιχώματα



Ψηφιακή δραστηριότητα: Πλεύση



Εικονικό πείραμα

Τοποθέτησε το σώμα στο υγρό, που υποδεικνύει η πρώτη σειρά του πίνακα.

- Συμπλήρωσε τις πυκνότητες του σώματος και του υγρού στον πίνακα, εξέτασε αν αυτό επιπλέει ή όχι και συμπλήρωσε το αποτέλεσμα.
- Επανάλαβε το ίδιο για τις άλλες σειρές του πίνακα.
- Έπειτα στις κενές σειρές δημιούργησε τα δικά σου ζευγάρια σώμα-υγρό και όπως και πριν συμπλήρωσε τις πυκνότητες και το αποτέλεσμα πλεύσης.
- Χρησιμοποίησε τον πίνακα και απάντησε τώρα στα ερωτήματα:

ΠΙΝΑΚΑΣ				
σώμα	$\rho_{\text{σώματος}} \text{ (g/cm}^3\text{)}$	Υγρό	$\rho_{\text{υγρού}} \text{ (g/cm}^3\text{)}$	Βυθίζεται (ναι/όχι)
πάγος		νερό		
πάγος		λάδι		
σίδηρο		αλατόνερο		



Όταν ένα σώμα επιπλέει σε ένα υγρό, πώς σχετίζονται οι πυκνότητες του σώματος και του υγρού;

.....

.....

.....

Όταν ένα σώμα βυθίζεται σε ένα υγρό, πώς σχετίζονται οι πυκνότητές τους;

.....

.....

.....

Υπάρχει περίπτωση ένα σώμα να επιπλέει αλλά να είναι βυθισμένο ολόκληρο στο υγρό; Αν ναι, πότε ισχύει αυτό;

.....

.....

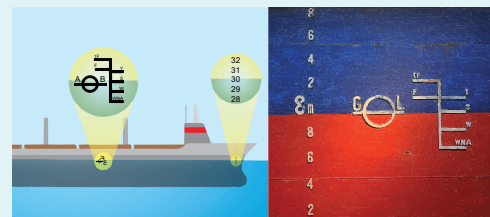
.....



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Πλεύση πλοίων σε νερό με διαφορετική πυκνότητα

Για τα μεγάλα εμπορικά πλοία, που μπορεί να ταξιδέψουν σε περιοχές με νερά διαφορετικής πυκνότητας, υπάρχουν κανονισμοί οι οποίοι θέτουν τα όρια φόρτου τους με βάση το ύψος της ισάλου γραμμής. Έτσι, όπως φαίνεται και στην εικόνα, υπάρχουν συγκεκριμένες θέσεις στις οποίες πρέπει να φτάνει η ισάλος γραμμή όταν φορτωθεί το πλοίο ανάλογα με την πυκνότητα του νερού στις θάλασσες στις οποίες ταξιδεύει. Έχει σημασία δηλαδή αν αυτό ταξιδεύει χειμώνα ή καλοκαίρι ή αν ταξιδεύει σε τροπικές περιοχές ή στον Βόρειο Ατλαντικό κτλ.



(α) Εικόνα 3.3.4.10: Γραμμή (β) μεγίστου φόρτου πλοίου

### Σχεδιασμός, κατασκευή και βαθμονόμηση πυκνόμετρο

Είναι εύκολο να κατασκευάσεις το δικό σου πυκνόμετρο υγρών και να το βαθμονομήσεις. Τα περισσότερα υλικά τα διαθέτεις ήδη από την κατασκευή του δύτε του Καρτέσιου. Θα χρειαστείς επιπλέον απιονισμένο νερό και ίσως για μεγαλύτερη ευκολία χρειαστείς ένα κομμάτι πλαστελίνη.

Αρχικά, με ένα ψαλίδι κόψε το πάνω μέρος του μπουκαλιού 1,5 L ώστε να είναι μεγάλο το άνοιγμά του και γέμισε με νερό. Αφαίρεσε από το στίλο την εσωτερική διάταξη με το μελάνι καθώς και το πάνω πώμα του (όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3.4.11). Κλείσε με ένα κομμάτι σελοτέιπ τη μικρή τρύπα στο κέντρο του διάφανου πλαστικού και με ένα άλλο την τρύπα του καπακιού. Για βαρίδι μπορείς να χρησιμοποιήσεις ένα μικρό κομμάτι πλαστελίνης που θα κολλήσεις στην άκρη από το καπάκι.



Εικόνα 3.3.4.11

Έπειτα, βύθισε το στίλο με το καπάκι προς τα κάτω στο νερό και φρόντισε (χρησιμοποιώντας λιγότερη ή περισσότερη πλαστελίνη) η ανοικτή άκρη του να είναι ελάχιστα πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού. Μπορείς με έναν μαρκαδόρο να σημειώσεις το σημείο στο οποίο φτάνει το νερό.

Αν τώρα αντικαταστήσεις το αποσταγμένο νερό από νερό βρύσης θα δεις πως η διάταξη βυθίζεται λιγότερο. Αν το αντικαταστήσεις με θαλασσινό νερό βυθίζεται ακόμη πιο λίγο, μπορείς να σημειώσεις και εδώ με μαρκαδόρο το νέο σημείο στο οποίο φτάνει το νερό. Η πυκνότητα του καθαρού νερού είναι  $1\text{Kg}/\text{m}^3$ , ενώ του θαλασσινού  $1,03\text{ kg}/\text{m}^3$ , οπότε έχεις τα δύο απαραίτητα σημεία με βάση τα οποία μπορείς ακόμη και να βαθμονομήσεις το αυτοσχέδιο πυκνόμετρο που κατασκεύασες με υλικά της καθημερινότητάς σου.

### Η άνωση σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας!

Σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη, η άνωση έχει μέτρο ίσο με το βάρος του ρευστού που εκτοπίζεται από το βυθισμένο στο ρευστό σώμα.

Τι γίνεται όμως όταν επικρατούν συνθήκες έλλειψης βαρύτητας όπως στον διεθνή διαστημικό σταθμό;

Τι πιστεύεις ότι θα γίνει αν οι αστροναύτες ενός διαστημικού σταθμού βύθιζαν ένα μπαλάκι του πινγκ πονγκ σε ένα δοχείο γεμάτο με νερό και το αφήνανε ελεύθερο να κινηθεί; Μπορείς να αναζητήσεις στο διαδίκτυο το βίντεο με το αντίστοιχο πείραμα στον διεθνή διαστημικό σταθμό, ώστε να ελέγξεις την απάντησή σου.

### Πλεύση πλοίων και αιώρηση αερόστατων

Για τη Φυσική τα υγρά και τα αέρια ανήκουν σε μια μεγαλύτερη κατηγορία, τα **ρευστά**. Έτσι, υγρά και αέρια εξετάζονται με τον ίδιο τρόπο.

Η ιδιότητα που διαφοροποιεί σημαντικά τα αέρια από τα υγρά είναι η πυκνότητά τους. Η πυκνότητα του αέρα είναι 1,29 γραμμάρια σε κάθε λίτρο, ενώ του νερού είναι 1000 γραμμάρια σε κάθε λίτρο.

Σε όλα τα σώματα στην ατμόσφαιρα ασκείται μια μικρή άνωση. Τα αερόστατα ή τα μπαλόνια με He αιωρούνται γιατί  $A = W$ .



(α)

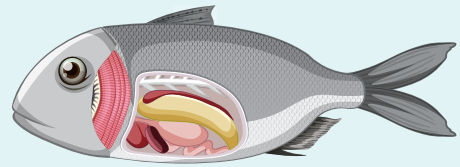


(β)

Εικόνα 3.3.4.12: Πλεύση πλοίου (α) και αιώρηση αερόστατου (β)

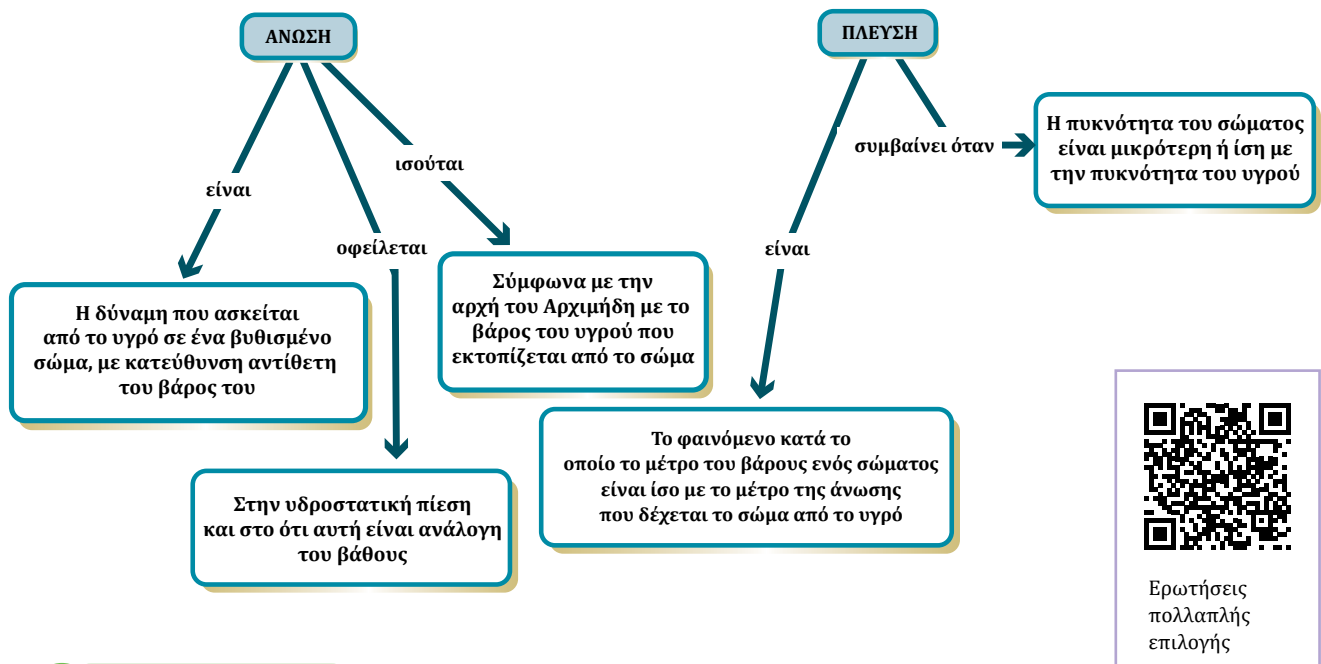
### Νηκτική κύστη στα ψάρια

Η νηκτική κύστη στα περισσότερα οστεώδη ψάρια βρίσκεται σε μια έξοδο του πεπτικού σωλήνα και περιέχει αέριο (συνήθως οξυγόνο). Είναι ένα όργανο άνωσης και λειτουργεί ως έρμα, επιτρέποντας στο ψάρι να διατηρεί το βάθος του χωρίς να επιπλέει προς τα πάνω ή να βυθίζεται. Χρησιμεύει επίσης ως θάλαμος συντονισμού για την παραγωγή ή τη λήψη ήχου. Η νηκτική κύστη λείπει σε ορισμένα οστεώδη ψάρια που κατοικούν στον βυθό και στα βαθιά νερά και σε όλα τα χόνδρινα ψάρια (καρχαρίες, σαλάχια και ακτίνες).



Εικόνα 3.3.4.13: Νηκτική κύστη

### Εννοιολογικοί χάρτες



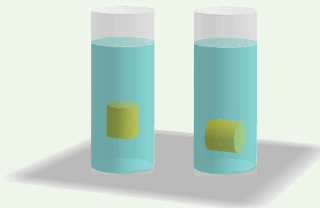
Ερωτήσεις  
πολλαπλής  
επιλογής



### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Παίζοντας το καλοκαίρι στη θάλασσα μπορείς να διαπιστώσεις ότι μπορείς να σηκώσεις εύκολα μια μεγάλη πέτρα από τον βυθό, ενώ κάτι τέτοιο είναι δυσκολότερο όταν αυτή είναι έξω από το νερό. Γιατί συμβαίνει αυτό;
2. Τι θα συμβεί αν βυθίσεις μια μπάλα μέσα στη θάλασσα και ύστερα την αφήσεις ελεύθερη; Πώς εξηγείς τη δυσκολία που αντιμετωπίζεις στη βύθισή της και πώς εξηγείται το γεγονός ότι αν την αφήσεις ελεύθερη θα κινηθεί προς τα πάνω;
3. Γιατί το σωσίβιο όταν είναι φουσκωμένο μας βοηθά να επιπλέουμε στο νερό;
4. Πώς εξηγείται ότι ένα πλοίο επιπλέει στο νερό ενώ μια καρφίτσα βυθίζεται;
5. Ένα κομμάτι πλαστελίνης βυθίζεται στο νερό. Πώς θα μπορούσατε να το κάνετε να επιπλέει;
6. Σε ένα δοχείο με νερό βυθίζουμε έναν κύλινδρο ο οποίος πλέει βυθισμένος ολόκληρος μέσα σε αυτό. Στην εικόνα 3.3.4.11 παρουσιάζεται ο κύλινδρος

να πλέει τοποθετημένος με τον άξονά του μια σε κατακόρυφη και μια σε οριζόντια διεύθυνση. Η τοποθέτηση επηρεάζει το μέτρο της άνωσης που δέχεται ο κύλινδρος; Να εξηγήσετε την απάντησή σας.



Εικόνα 3.3.4.11

7. Η Άννα τοποθετεί ένα πορτοκάλι σε μια γυάλα που έχει γεμίσει με νερό και βλέπει ότι το πορτοκάλι επιπλέει. Στη συνέχεια αφαιρεί τη φλούδα του πορτοκαλιού και τοποθετεί ξανά το υπόλοιπο πορτοκάλι στη γυάλα με το νερό. Αυτή τη φορά το βλέπει να βυθίζεται. Το συμπέρασμά της ήταν πως η φλούδα του πορτοκαλιού έχει πυκνότητα μικρότερη από την πυκνότητα του νερού. Συμφω-

νείς μαζί της; Να προτείνεις ένα πείραμα που το αποτέλεσμά του θα μπορούσε να επιβεβαιώσει την άποψή σου.

8. Ο σολομός είναι ένα ψάρι που κάποια περίοδο της ζωής του την περνά στα γλυκά νερά των ποταμών και κάποια άλλη στα αλμυρά νερά των ωκεανών. Καθώς κολυμπά διαπιστώνει πως παρόλο που το μέγεθός του δεν άλλαξε η άνωση που δέχεται από το νερό είναι μεγαλύτερη. Τι από τα παρακάτω πιστεύετε ότι συνέβη;

- A. Ταξιδεύει από τον ωκεανό προς το ποτάμι.  
 B. Ταξιδεύει από το ποτάμι στον ωκεανό.  
 Γ. Αυτή την περίοδο βρίσκεται αποκλειστικά στον ωκεανό.  
 Δ. Αυτή την περίοδο βρίσκεται αποκλειστικά στο ποτάμι.

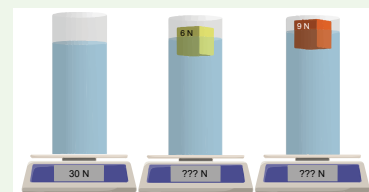
**Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.**



### 3.3.4 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Κρατάμε πλήρως βυθισμένους δύο κύβους ίδιων διαστάσεων σε ένα δοχείο γεμάτο με νερό. Ο ένας είναι από ατσάλι και ο άλλος από ξύλο.
- A. Σε ποιον κύβο ασκείται μεγαλύτερη άνωση; Δικαιολογήστε την επιλογή σας.
- B. Αφήνοντάς τους κάποια στιγμή, ο ατσάλινος κύβος βουλιάζει και πάει στον πυθμένα του δοχείου, ενώ ο ξύλινος ανεβαίνει και τελικά επιπλέει. Πώς εξηγείται αυτό;
2. Η ένδειξη μιας ζυγαριάς πάνω στην οποία έχει τοποθετηθεί δοχείο με νερό είναι 30N. Τοποθετούμε μέσα στο δοχείο έναν πλαστικό κύβο βάρους 6N. Ο κύβος επιπλέει χωρίς να έχει χυθεί καθόλου νερό από το δοχείο. Ποια είναι τώρα η ένδειξη της ζυγαριάς; Αν ο

κύβος που επιπλέει είχε βάρος 9N και πάλι δεν είχε χυθεί καθόλου νερό, ποια θα ήταν η ένδειξη της ζυγαριάς;

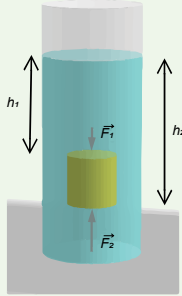


Εικόνα 3.3.4.12

3. Ένας ξύλινος κύβος επιπλέει στο νερό. Τον τοποθετούμε στο λάδι και επιπλέει και στο λάδι. Να συγκρίνετε τις ανώσεις που δέχεται από το νερό και από το λάδι όταν επιπλέει.

**3.3.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ**

1. Γνωρίζετε ότι ο όγκος ενός κυλίνδρου είναι ίσος με το εμβαδόν της βάσης του  $S$  επί το ύψος  $h$  (Συμβολίζουμε εδώ με  $S$  το εμβαδόν της βάσης για να μην το μπερδεύουμε με την άνωση  $A$ ). Το ύψος του κυλίνδρου της εικόνας είναι  $h = h_2 - h_1$ . Ξεκινώντας από τη σχέση  $A = F_2 - F_1$  με τη βοήθεια του νόμου της υδροστατικής πίεσης να δείξετε ότι:  $A = \rho_{\text{υγρ}} Vg$



2. Ένα δοχείο με νερό είναι τοποθετημένο πάνω σε έναν ζυγό. Αν βυθίσετε το χέρι σας, όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα, χωρίς να ακουμπά τα τοιχώματα του δοχείου, τότε η ένδειξη του ζυγού:

- A. θα μειωθεί
- B. θα αυξηθεί
- Γ. θα παραμείνει αμετάβλητη

**Να επιχειρηματολογήσετε για την επιλογή σας.**

.....

.....

.....

.....

Να εκτελέσετε το πείραμα. Επαληθεύτηκε η υπόθεσή σας;

- ΝΑΙ
- ΟΧΙ

Να ερμηνεύσετε το αποτέλεσμα με βάση όσα έχετε μάθει έως τώρα.

.....

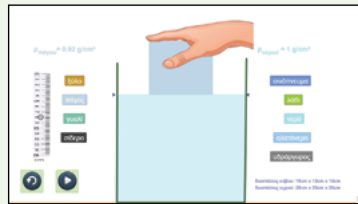
.....

.....

.....



Αντιστοιχίστε την κατάλληλη συνθήκη στο αντίστοιχο σχήμα και ελέγξτε αν οι απαντήσεις σας είναι οι σωστές.

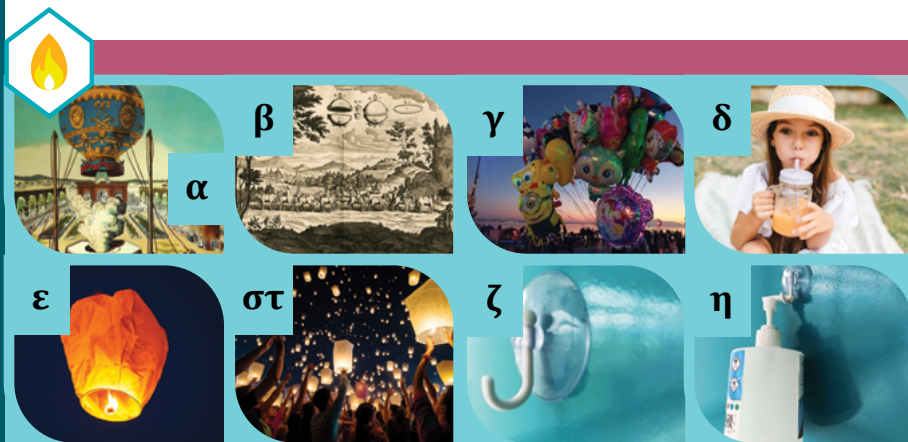


Ψηφιακό ερωτηματολόγιο

### 3.3.5. Ατμοσφαιρική πίεση. Αιώρηση αερόστατων

#### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να περιγράφεις με πειράματα την ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πίεσης.
2. Να εξηγείς την προέλευση της ατμοσφαιρικής πίεσης και τα φαινόμενα που σχετίζονται με αυτή.
3. Να αναγνωρίζεις την άνωση στον αέρα, να αναφέρεις ομοιότητες και διαφορές με την άνωση στα υγρά και να ερμηνεύεις την πτήση αερόστατων.



Εικόνα 3.3.5.1: Εφαρμογές της ατμοσφαιρικής πίεσης και αιώρηση αερόστατων



#### Ας αναρωτηθούμε

- Η πρώτη πτήση ανθρώπου με αερόστατο έγινε το 1783 χάρη στους αδελφούς Montgolfier. Η πτήση αυτή αποτυπώνεται στον πίνακα ζωγραφικής της Εικόνας 3.3.5.1.(α). Ποιος ο ρόλος της φωτιάς κάτω από το αερόστατο;
- Το 1654 έγινε στο Μαγδεβούργο (Magdeburg) της Γερμανίας ένα ιστορικό πείραμα, το οποίο σχεδίασε ο Otto von Guericke, σχετικό με την ατμοσφαιρική πίεση. Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν δύο μεγάλα χάλκινα ημισφαίρια, που σφραγίστηκαν ερμητικά και στη συνέχεια αντλήθηκε ο αέρας από το εσωτερικό τους, μέσω ειδικής βαλβίδας. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.3.5.1.(β), τα δύο ημισφαίρια δεν ήταν δυνατό να διαχωριστούν ακόμη και όταν τα τραβούσαν ομάδες αλόγων. Όταν όμως έγινε επιτρεπτή η είσοδος αέρα από τη βαλβίδα, ο διαχωρισμός ήταν εύκολος. Ποια η προέλευση της δύναμης που συγκρατεί τα δύο ημισφαίρια;
- Στην Εικόνα 3.3.5.1.(γ) φαίνονται μπαλόνια γεμάτα με ήλιο τα οποία κάποιος πωλητής εμπορεύεται την περίοδο των Χριστουγέννων στην παραλία της Θεσσαλονίκης. Γιατί τα μπαλόνια αυτά αιωρούνται; Τι πιστεύεις ότι θα γίνει αν ο πωλητής τα αφήσει ελεύθερα;
- Το κορίτσι της Εικόνας 3.3.5.1 (δ) χρησιμοποιεί καλαμάκι για να απολαύσει την πορτοκαλάδα του. Με ποιον τρόπο γίνεται δυνατή η άνοδος του χυμού στο καλαμάκι;
- Σε πολλές περιοχές της χώρας μας, όπως το Λεωνίδιο, την περίοδο του Πάσχα ο νυχτερινός ουρανός γεμίζει από μικρά χάρτινα αερόστατα, όπως αυτά των Εικόνων 3.3.5.1.(ε) και (στ), τα οποία προσφέρουν ένα μοναδικό θέαμα στους παρευρισκόμενους. Πώς εξασφαλίζεται η πτήση αυτών των χάρτινων αερόστατων;
- Με τη χρήση της βεντούζας (Εικόνες 3.3.5.1 (ζ) και (η)) έχουμε τη δυνατότητα να ισορροπήσουμε στον κατακόρυφο τοίχο το γεμάτο μπουκάλι. Ποιος είναι ο τρόπος λειτουργίας της βεντούζας;



Ψηφιακή δραστηριότητα: **Βίντεο ενδεικτικής εκτέλεσης**

Δες ένα μικρό βίντεο με μια ενδεικτική εκτέλεση του πειράματος.



Βίντεο



Η Γη περιβάλλεται από ένα λεπτό, σε σχέση με την ακτίνα της, στρώμα αερίων, τα οποία δεν μπορούν να διαφύγουν εξαιτίας της βαρύτητας. Το στρώμα αυτό ονομάζεται ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα είναι πυκνότερη κοντά στην επιφάνεια της Γης και αραιώνει προς τα πάνω. Τα ανώτερα στρώματα πιέζουν λόγω του βάρους τους τα κατώτερα και έτσι προκαλείται η ατμοσφαιρική πίεση. Ατμοσφαιρική πίεση είναι η πίεση που οφείλεται στο βάρος των αερίων της ατμόσφαιρας που βρίσκονται πάνω από ένα συγκεκριμένο υψόμετρο.

Η ατμοσφαιρική πίεση στο επίπεδο της θάλασσας ποικίλλει ελαφρώς ανάλογα με τον καιρό. Η παγκόσμια μέση ατμοσφαιρική πίεση στη στάθμη της θάλασσας είναι 101.300 Pa. Ορίζουμε λοιπόν ως μια μονάδα μέτρησης τη μία τυπική ατμόσφαιρα  $1\text{atm} = 101.300\text{ Pa} = 101,3\text{kPa}$ . Η τυπική ατμόσφαιρα δεν είναι μονάδα του S.I.

**Σημείωση:** Σε αντίθεση με την ατμοσφαιρική πίεση, η πίεση ενός αερίου σε κλειστό δοχείο δεν οφείλεται στο βάρος της αέριας στήλης όπως συμβαίνει στα υγρά. Οι δομικοί λίθοι των αερίων κινούνται ευθύγραμμα, με μεγάλες ταχύτητες. Αλληλεπιδρούν μόνο τη στιγμή που συγκρούονται είτε μεταξύ τους, είτε με τους δομικούς λίθους άλλων σωμάτων, όπως των τοιχωμάτων του δοχείου. Αυτό εξηγεί γιατί τα αέρια καταλαμβάνουν όλο τον διαθέσιμο όγκο και ασκούν δυνάμεις στα τοιχώματα του δοχείου ακόμα και σε συνθήκες που δεν υπάρχει βαρύτητα.

Τα αέρια όπως και τα υγρά σπρώχνουν προς όλες τις κατευθύνσεις.



Συμπλήρωσε τα κενά με τις ακόλουθες λέξεις: **μεγαλύτερη, δύναμη, πάνω.**

Λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης ασκείται ..... στην επιφάνεια του καπακιού προς τα ..... η οποία είναι αρκετά ..... από το βάρος του καπακιού και τη δύναμη που ασκεί το νερό στο καπάκι προς τα κάτω. Έτσι το καπάκι δεν πέφτει και το νερό δεν χύνεται.



**Εικόνα 3.3.5.3:**  
Αντεστραμμένο ποτήρι γεμάτο με νερό και πλαστικό καπάκι

Ψηφιακή δραστηριότητα: **Το πείραμα του Torricelli (Τοριτσέλι)**

Με το πείραμα αυτό ο Ιταλός φυσικός Evangelista Torricelli το 1643 κατάφερε να μετρήσει την ατμοσφαιρική πίεση. Ο Torricelli γέμισε έναν γυάλινο σωλήνα με υδράργυρο και τον ανέστρεψε μέσα σε μια μικρή λεκάνη επίσης με υδράργυρο. Ο υδράργυρος στον γυάλινο σωλήνα κατέβηκε και σταθεροποιήθηκε σε ύψος  $h = 76\text{cm}$  ή  $760\text{mm}$ . Κατεβαίνοντας ο υδράργυρος στον σωλήνα άφησε κενό αέρος από πάνω του. Στην ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου και συνεπώς στο κάτω μέρος της στήλης του στον σωλήνα υπάρχει η ατμοσφαιρική πίεση, ενώ στο πάνω μέρος της στήλης η πίεση ήταν μηδέν λόγω του κενού αέρα. Εφόσον ο υδράργυρος στη στήλη ισορροπεί, θα πρέπει η ατμοσφαιρική πίεση να αντισταθμίζεται από την υδροστατική, δηλαδή:  $p_{\text{atm}} = \rho gh$ .

Όπου  $\rho$  η πυκνότητα του υδραργύρου. Ο Torricelli έγραψε: «Φαίνεται ότι ζούμε στον πυθμένα ενός “ωκεανού” αέρα».



Θεώρησε ότι το βάρος του ωκεανού αυτού προκαλεί την ατμοσφαιρική πίεση και γι' αυτό ονόμασε τη διάταξη του βαρόμετρο. **ΠΡΟΣΟΧΗ:** Με το βαρόμετρο δεν μετράμε βάρος αλλά πίεση.

Με τη βοήθεια της προσομοίωσης του ιστορικού πειράματος του Torricelli μέτρησε την ατμοσφαιρική πίεση σε cmHg σε διάφορες τοποθεσίες και συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ	
Τοποθεσία	Ατμοσφαιρική πίεση (cmHg)
Επιφάνεια της θάλασσας	
Εργαστήριο	
Όλυμπος	
Έβερεστ	
Σελήνη	

Τι παρατηρείς; .....

Πώς εξηγούνται οι παρατηρήσεις σου;

.....



### Η άνωση στον αέρα

Στην προηγούμενη ενότητα γνώρισες την άνωση και την πλευση για αντικείμενα βυθισμένα σε υγρά. Τα φαινόμενα αυτά όμως δεν αφορούν μόνο τα υγρά, αλλά ισχύουν για όλα τα ρευστά.

Οποιοδήποτε αντικείμενο βυθιστεί σε αέριο δέχεται την άνωση. Η αρχή του Αρχιμήδη ισχύει και στα αέρια. Κάθε σώμα που βρίσκεται μέσα σε ένα αέριο δέχεται άνωση, ίση με το βάρος του εκτοπιζόμενου αερίου. Η άνωση αυτή υπολογίζεται όπως και στα υγρά, από τη σχέση:  $A = \rho_{\text{αερ}} gV$

Όμως η πυκνότητα των αερίων είναι πολύ μικρότερη από εκείνη των υγρών. Η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα είναι πολύ μικρή  $\rho_{\text{αερ}} = 1,29 \text{ g/L}$  και αυτό έχει ως συνέπεια η άνωση που δέχονται τα σώματα από τον αέρα να είναι πολύ μικρή σε σχέση με το βάρος τους. Η άνωση από τον αέρα γίνεται αισθητή μόνο όταν ο όγκος του σώματος είναι πολύ μεγάλος και το βάρος του σχετικά μικρό. Αυτό συμβαίνει στα μπαλόνια, στα αερόστατα και τα αερόπλοια, τα οποία συνήθως είναι γεμάτα από ήλιο He, ένα αέριο πολύ ελαφρύτερο από τον αέρα. Έτσι η άνωση που δέχονται είναι ίση ή μεγαλύτερη από το βάρος τους με αποτέλεσμα να ανέρχονται ή να αιωρούνται στον αέρα. Υπάρχει λοιπόν η δυνατότητα ένα σώμα να ανέλθει στην ατμόσφαιρα αν το βάρος του είναι μικρότερο από το βάρος του αέρα που εκτοπίζει.

### Ιδιοκατασκευή αερόστατου

Η κατασκευή ενός αερόστατου θερμού αέρα είναι αρκετά εύκολη και μπορεί να γίνει με χρήση απλών υλικών, τα οποία μπορεί ήδη να διαθέτεις στο σπίτι σου. Οι επιλογές που έχεις είναι αρκετές. Έτσι, ένα παράδειγμα θα μπορούσε να είναι το παρακάτω:



Εικόνα 3.3.5.4.

Τα απαραίτητα υλικά για την ιδιοκατασκευή

**Θα χρειαστείς:**

- Μια λεπτή πλαστική σακούλα (για παράδειγμα ένα πλαστικό κάλυμμα καθαριστηρίου),
- Πλαστικά καλαμάκια,
- Τέσσερα μικρά κεράκια γενεθλίων,
- Ένα κομμάτι αλουμινόχαρτο,
- Ένα ψαλίδι, έναν αναπτήρα, μια μετροταινία και σελοτέιπ.

Επίλεξε κατάλληλα τα υλικά, ώστε η συνολική κατασκευή να είναι όσο πιο ελαφριά γίνεται.

**Διαδικασία κατασκευής του αερόστατου:**

- Με τη μετροταινία μέτρα τη διάμετρο της ανοικτής πλευράς της σακούλας.
- Ένωσε τα καλαμάκια μεταξύ τους και κόψε με το ψαλίδι δύο κομμάτια ίδιου μήκους.
- Τοποθέτησε τα δύο κομμάτια από τα πλαστικά καλαμάκια με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι μεταξύ τους κάθετα στα κέντρα τους και κόλλησέ τα με μικρή ποσότητα σελοτέιπ.
- Λιώσε ελάχιστα με τον αναπτήρα το κάτω μέρος των κεριών και πίεσέ τα για λίγα δευτερόλεπτα κοντά στις τέσσερις γωνίες του αλουμινόχαρτου, ώστε να κολλήσουν.
- Κόλλησε με σελοτέιπ την κατασκευή αλουμινόχαρτο – κεριά στο κέντρο της κατασκευής από καλαμάκια.
- Τέλος, άνοιξε την πλαστική σακούλα και κόλλησε την άκρη της με σελοτέιπ στις τέσσερις άκρες της κατασκευής από καλαμάκια, φροντίζοντας τα κεριά να βρίσκονται προς το εσωτερικό της σακούλας.



**Εικόνα 3.3.5.5.** Διαδικασία κατασκευής του αερόστατου θερμού αέρα. Μέτρηση της διαμέτρου της οπής, κατασκευή της βάσης από καλαμάκια και της βάσης των κεριών

**Πτήση αερόστατου:**

- Τοποθέτησε τη βάση του αερόστατου σε μια επίπεδη επιφάνεια, για παράδειγμα ένα τραπέζι.
- Με τον αναπτήρα άναψε τα τέσσερα κεράκια.
- Στην αρχή με τα χέρια σου άνοιξε καλά τη σακούλα, ώστε να μην έρθει σε επαφή με τις φλόγες και καταστραφεί.
- Στη συνέχεια, αρκεί να φροντίσεις η σακούλα, όσο ο αέρας στο εσωτερικό της θερμαίνεται, να είναι κατακόρυφη. Πλευρικά ρεύματα αέρα μπορεί να φέρουν σε επαφή το πλαστικό με τις φλόγες.
- Περίμενε όσο χρειαστεί. Όταν ο αέρας στο εσωτερικό της σακούλας γίνει αρκετά θερμός, θα αρχίσει η ανύψωση!



**(α)** **(β)**  
**Εικόνα 3.3.5.6.** Ενδεικτική πτήση του αερόστατου θερμού αέρα

Για την επιτυχία του πειράματος θα πρέπει το μέγεθος της πλαστικής σακούλας να είναι αρκετά μεγάλο, τα υλικά να είναι όσο πιο ελαφριά γίνεται και ιδανικά το πείραμα να εκτελεστεί είτε μια σχετικά ψυχρή χειμωνιάτικη μέρα σε εξωτερικό χώρο είτε σε έναν ψυχρό χωρίς θέρμανση εσωτερικό χώρο.

Γιατί νομίζεις ότι οι παραπάνω προϋποθέσεις ευνοούν την πτήση του αερόστατου θερμού αέρα που κατασκεύασες;

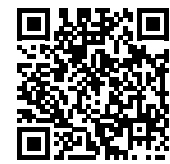
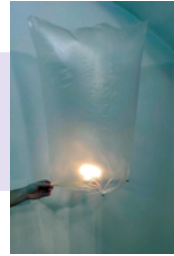
.....

.....

.....

**Ψηφιακή δραστηριότητα: Βίντεο ενδεικτικής πτήσης του αερόστατου**

Δες ένα μικρό βίντεο με την πτήση του αερόστατου που κατασκευάστηκε με την πιο πάνω μέθοδο.



Βίντεο

Εναλλακτικά, θα μπορούσες να κατασκευάσεις ένα αερόστατο θερμού αέρα χρησιμοποιώντας μια σχετικά μεγάλη μαύρη πλαστική σακούλα σκουπιδιών και ένα κομμάτι σπάγκου.

Το μόνο που έχεις να κάνεις είναι να γεμίσεις με αέρα τη σακούλα (κρατάς το άνοιγμά της με τα δύο χέρια και έπειτα με μια απότομη κίνηση προς κάποια κατεύθυνση η σακούλα γεμίζει ή με χρήση ενός ανεμιστήρα), να την κλείσεις ερμητικά με τον σπάγκο και να την αφήσεις εκτεθειμένη στον ήλιο. Ίσως χρειαστεί να περιμένεις αρκετά ώστε να θερμανθεί ο αέρας στο εσωτερικό της σακούλας και να αρχίσει η ανύψωση.



**Εικόνα 3.3.5.7.** Αερόστατο θερμού αέρα με χρήση μαύρης σακούλας σκουπιδιών

Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα εύκολη και το πλεονέκτημά της είναι ότι δεν απαιτεί κάποια καύσιμη ύλη, καθώς εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια.

Στην περίπτωση που η μέρα δεν είναι ηλιόλουστη ή θα ήθελες να κάνεις κάτι αντίστοιχο σε κλειστό χώρο και με μικρότερες διαστάσεις, μια λεπτή σακούλα τροφίμων και ένα πιστολάκι μαλλιών είναι αρκετά. Ρύθμισε το πιστολάκι ώστε να εξάγει θερμό αέρα, άνοιξε τη σακούλα και γέμισέ την με τον αέρα αυτό. Θα παρατηρήσεις πώς θα πετύχεις το αποτέλεσμα που θες και με αυτόν τον απλό τρόπο.

**Ψηφιακή δραστηριότητα: Βίντεο ενδεικτικής πτήσης του αερόστατου**

Δες ένα μικρό βίντεο πτήσης αερόστατου με τον θερμό αέρα που εξάγεται από ένα πιστολάκι μαλλιών.



Βίντεο

Διάλεξε έναν από τους παραπάνω τρόπους, κατασκεύασε το δικό σου αερόστατο θερμού αέρα και παρουσίασέ το στην τάξη σου. Εξήγησε στους συμμαθητές σου τα βήματα που ακολούθησες για την κατασκευή του, καθώς και τον τρόπο λειτουργίας του.

**Εικόνα 3.3.5.8.** Βίντεο ενδεικτικής πτήσης του αερόστατου

**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ****Η ατμοσφαιρική πίεση και οι μεταβολές της**

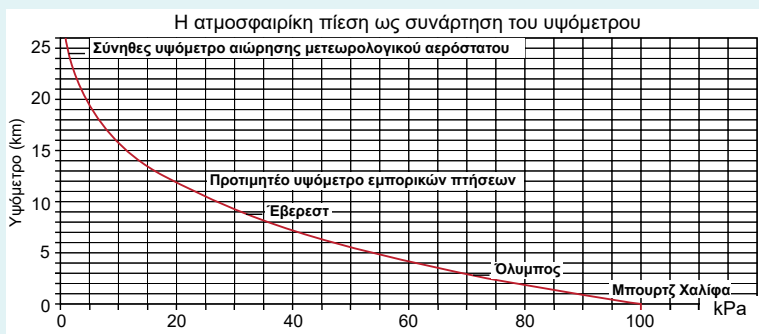
Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας είναι διαφορετική από αυτή στην κορυφή ενός βουνού και διαφορετική από αυτή στο μέγιστο ύψος της πτήσης ενός αεροπλάνου.

Στην εικόνα 3.3.5.9 φαίνεται το γράφημα της ατμοσφαιρικής πίεσης σε σχέση με το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας. Με τη βοήθεια του γραφήματος θα μπορούσαμε να βρούμε το υψόμετρο ενός τόπου αν γνωρίζουμε την πίεση.

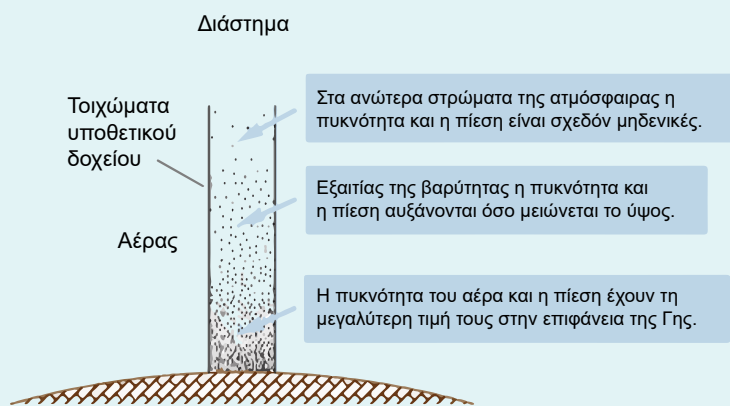
Επιπλέον, η ατμοσφαιρική πίεση κοντά στην επιφάνεια μπορεί να έχει διαφορετικές τιμές εξαιτίας της ροής της ατμόσφαιρας, η οποία οφείλεται στην περιστροφή της Γης. Το φαινόμενο αυτό δημιουργεί τα βαρομετρικά υψηλά και τα βαρομετρικά χαμηλά, τα οποία είναι υπεύθυνα για την εναλλαγή των καιρικών συνθηκών.

Παρόλα αυτά, μπορεί κανείς να θεωρήσει ότι η μέση ατμοσφαιρική πίεση στο επίπεδο της θάλασσας είναι ίση με 1 atm (ατμόσφαιρα), που στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων αντιστοιχεί σε 101300 Pa.

Η ατμόσφαιρα της Γης εκτείνεται σε ύψος μέχρι περίπου 3500 km από την επιφάνειά της. Όμως το 99% των αερίων της ατμόσφαιρας βρίσκονται σε ύψος μικρότερο των 30 km. Αυτό συμβαίνει γιατί, σε αντίθεση με τα υγρά, τα αέρια συμπιέζονται. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.3.5.10, η πυκνότητα της ατμόσφαιρας κοντά στην επιφάνεια της Γης είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα σε μεγαλύτερα ύψη.



Εικόνα 3.3.5.9: Η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται όσο πάμε πιο ψηλά



Εικόνα 3.3.5.10.

**Εννοιολογικός χάρτης**



**3.3.5 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

- 1. Σημειώστε Σ αν η πρόταση είναι σωστή ή Λ αν είναι λανθασμένη.**
- A.** Η πίεση ενός αερίου σε κλειστό δοχείο οφείλεται στη βαρύτητα.
  - B.** Η ατμοσφαιρική πίεση σε ένα υψόμετρο οφείλεται στο βάρος των αερίων της ατμόσφαιρας που βρίσκονται πάνω από το υψόμετρο αυτό.
  - Γ.** Ο αέρας μέσα σε ένα δωμάτιο σπρώχνει το ταβάνι προς τα πάνω.
  - Δ.** Η αρχή του Αρχιμήδη δεν ισχύει στην περίπτωση των αερίων.
  - Ε.** Το αερόστατο ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα αν το βάρος του είναι μικρότερο από το βάρος του αέρα που εκτοπίζει.
- 2. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.** Καθώς οι ορειβάτες ανεβαίνουν προς την κορυφή του Ολύμπου η ατμοσφαιρική πίεση:
- A.** Αυξάνεται.
  - B.** Μειώνεται.
  - Γ.** Παραμένει η ίδια.
- Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.**
- 3. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.** Δύο σημεία, Σ και Ρ, της ατμόσφαιρας βρίσκονται στο ίδιο υψόμετρο. Αν στο σημείο Ρ μετρήσουμε 10% μικρότερη πίεση από αυτή που μετρούμε στο Σ, τότε:
- A.** Άνεμος θα φυσήσει από το Σ στο Ρ.
  - B.** Άνεμος θα φυσήσει από το Ρ στο Σ.
  - Γ.** Δεν θα υπάρξει άνεμος.
- Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.**

**3.3.5 ΑΣΚΗΣΕΙΣ**

- 1.** Βάζοντας το χέρι μπροστά στο στόμιο μιας ηλεκτρικής σκούπας αισθανόμαστε να τραβά το χέρι μας προς το στόμιο. Πώς εξηγείται αυτό;
- 2.** Να εξηγήσετε πώς λειτουργεί η βεντούζα.
- 3.** Να εξηγήσετε πώς λειτουργεί το καλαμάκι με το οποίο ρουφάμε το ποτό μας, πώς γεμίζει το σταγονόμετρο (εικόνα 3.3.5.11) και η ιατρική σύριγγα.



Εικόνα 3.3.5.11

**3.3.5 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ**

- 1.** Σε ένα άδειο μεταλλικό κουτί από αναψυκτικό βάζουμε λίγο νερό. Τοποθετούμε το κουτί στο μάτι της κουζίνας ή σε λύχνο ώστε να βράσει το νερό. Μόλις το νερό βράσει, με μια λαβίδα αναποδογυρίζουμε το κουτί μέσα στο κρύο νερό μιας λεκάνης και παρατηρούμε ότι το κουτί συνθλίβεται. Πώς εξηγείται αυτό;
- 2.** Εάν το πείραμα Torricelli γίνει με νερό αντί για υδράργυρο, τι προβλέπετε ότι θα συμβεί; Δικαιολογήστε την πρόβλεψή σας (Στο πείραμα Torricelli ο σωλήνας έχει μήκος 90cm).

Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

Γλωσσάρι





Σε αυτό το κεφάλαιο, θα διερευνήσεις πώς η δύναμη μπορεί να αλλάξει την κινητική κατάσταση ενός σώματος, είτε αυξάνοντας είτε μειώνοντας την ταχύτητά του, καθώς και πώς μπορεί να επηρεάσει την κατεύθυνσή της.

Θα μάθεις το φυσικό μέγεθος «**επιτάχυνση**». Θα εξετάσεις τη σχέση μεταξύ δύναμης, μάζας και επιτάχυνσης, διατυπώνοντας τον **2ο νόμο του Newton**. Θα μελετήσεις ένα ιδιαίτερο παράδειγμα επιταχυνόμενης κίνησης το οποίο είναι η **ελεύθερη πτώση**.

Τέλος, θα μελετήσεις την **ομαλή κυκλική κίνηση** και θα συνδέσεις αυτή την κίνηση με την έννοια της **κεντρομόλου δύναμης**, η οποία απαιτείται για να διατηρηθεί ένα σώμα σε κυκλική τροχιά, και θα ορίσεις τις έννοιες της **περιόδου** και της **συχνότητας**, της κυκλικής κίνησης.

# 04.

## Η Δύναμη Μπορεί να Αλλάξει την Κίνηση

### ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

- 4.1. Η δύναμη επηρεάζει την κίνηση των σωμάτων
- 4.2. Επιτάχυνση
- 4.3. Ο 2ος νόμος του Newton (Νεύτωνα)
- 4.4. Ελεύθερη πτώση
- 4.5. Ομαλή κυκλική κίνηση

# Κεφάλαιο 4 – Η Δύναμη μπορεί να αλλάξει την κίνηση

## 4.1. Η δύναμη επηρεάζει την κίνηση των σωμάτων

Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

Ότι η δύναμη μπορεί να προκαλέσει τη μεταβολή της κινητικής κατάστασης των σωμάτων.



Εικόνα 4.1.1: Διάφορες περιπτώσεις μεταβολής της κινητικής κατάστασης



**Ας αναρωτηθούμε**

Ποιο είναι το αποτέλεσμα

- α)** της δύναμης που ασκεί το δίχτυ στην μπάλα;
- β)** του βάρους στη γυναίκα που πέφτει;
- γ)** της δύναμης από το έδαφος στο άλογο;
- δ)** της δύναμης από το έδαφος στη μοτοσυκλέτα;

## Τι μπορεί να αλλάξει την ταχύτητα ενός σώματος;



Στην εικόνα 4.1.2 παρατήρησε μια εντυπωσιακή απόκρουση του τερματοφύλακα. Η μπάλα κατευθυνόταν «πολύ γρήγορα προς τα δίχτυα και ο τερματοφύλακας την απέκρουσε και την έβγαλε εκτός εστίας», όπως ανέφερε ο εκφωνητής που παρουσίασε τον αγώνα.

Προσπάθησε τώρα, μιας και έχουμε μιλήσει για τα μεγέθη ταχύτητα και δύναμη, να περιγράψεις με τη γλώσσα της Φυσικής την απόκρουση της μπάλας.



Δίνεται η παρακάτω περιγραφή με τρία κενά. Συμπλήρωσε τα κενά με τους δύο όρους **ταχύτητα** και **δύναμη**.

Ενώ η μπάλα κατευθυνόταν με μεγάλη ..... προς τα δίχτυα, ο τερματοφύλακας άσκησε κατάλληλη ..... στη μπάλα και η ..... της μπάλας άλλαξε κατά μέτρο και κατεύθυνση, άλλαξε όπως λέμε η κινητική της κατάσταση.

Μπορούμε να γενικεύσουμε την προηγούμενη πρόταση; Πώς επηρεάζει η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα την κινητική του κατάσταση; Ας πειραματιστούμε σε κάποιες περιπτώσεις.



Εικόνα 4.1.2: Εντυπωσιακή απόκρουση του τερματοφύλακα



### Πρακτική δραστηριότητα: Απότομο σπρώξιμο καροτσιού

Τοποθέτησε πάνω σε ένα τραπέζι ή στο θρανίο σου ένα καροτσάκι του εργαστηρίου (ή ένα αυτοκινητάκι παιχνίδι) και σπρώξε το ώστε να αποκτήσει κάποια ταχύτητα. Δώσε κατόπιν στο καροτσάκι απότομα ένα χτύπημα, δηλαδή άσκησε δύναμη, στην κατεύθυνση της κίνησης, και παρατήρησε την κίνηση του καροτσιού αμέσως μετά το χτύπημα. Επίλεξε από τα παρακάτω αυτό που παρατήρησες.

Η ταχύτητα του καροτσιού, κατά μέτρο, αμέσως μετά το χτύπημα:

- A. αυξήθηκε  B. μειώθηκε  Γ. παρέμεινε ίδια



### Πρακτική δραστηριότητα: Πλάγιο κτύπημα μπάλας

Τοποθέτησε πάνω σε ένα τραπέζι ή στο θρανίο σου μια μικρή μπάλα και σπρώξε τη ώστε να αποκτήσει κάποια ταχύτητα. Στη συνέχεια, καθώς η μπάλα κινείται, χτύπησέ τη, δηλαδή άσκησε δύναμη, σε διεύθυνση περίπου κάθετη στη διεύθυνση της κίνησης και παρατήρησε την κίνηση της μπάλας αμέσως μετά το χτύπημα.

Η ταχύτητα της μπάλας, μετά το χτύπημα, σε σχέση με την ταχύτητα πριν το χτύπημα, έχουν:

- A. την ίδια διεύθυνση και φορά   
 B. την ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά   
 Γ. διαφορετικές διευθύνσεις



### Δραστηριότητα στο χαρτί: Κρούση μπάλας με εμπόδιο (συνοδεύεται με μία ψηφιακή δραστηριότητα)

#### A. Κάθετα στην επίπεδη επιφάνεια του εμποδίου

Παρατήρησε την εικόνα 4.1.3 όπου φαίνεται η κίνηση μίας μικρής μπάλας πάνω σε ένα τραπέζι, που πέφτει κάθετα σε ένα σταθερό εμπόδιο (τοιχο). Στην εικόνα (α) η μπάλα κινείται προς τα δεξιά και χτυπάει στο εμπόδιο. Στην εικόνα (β) η μπάλα κινείται προς αριστερά, αφού έχει χτυπήσει στο εμπόδιο. Φαίνονται τρεις διαδοχικές θέσεις της μπάλας και τα αντίστοιχα μέτρα των ταχυτήτων.

Στις θέσεις (1) και (3), σχεδιάσε τα διανύσματα της ταχύτητας σε κλίμακα 1m/s – 1cm.  
 Στη θέση (2), σχεδιάσε το διάνυσμα της δύναμης που ασκήθηκε από τον τοίχο στην μπάλα. Το διάνυσμα αυτό να έχει τη σωστή κατεύθυνση και αυθαίρετο μήκος, αφού δεν είναι γνωστό το μέτρο του.

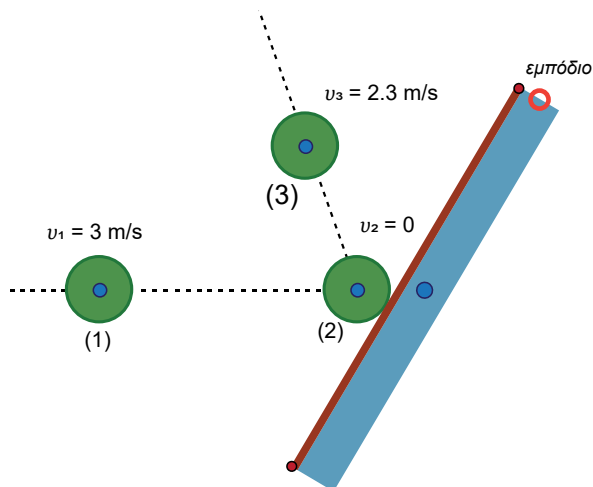


Εικόνα 4.1.3: Κίνηση μπάλας πάνω σε τραπέζι και κάθετη κρούση με σταθερή επιφάνεια

**Β. Πλάγια στην επίπεδη επιφάνεια του εμποδίου**

Παρατήρησε την εικόνα 4.1.4 όπου φαίνεται η κίνηση της μπάλας πάνω στο ίδιο τραπέζι που τώρα πέφτει πλάγια στο εμπόδιο.

Στις θέσεις (1) και (3), σχεδιάσε ξανά τα διανύσματα της ταχύτητας στην ίδια κλίμακα και στη θέση (2) σχεδιάσε το διάνυσμα της δύναμης που ασκήθηκε από την επιφάνεια στην μπάλα.



Εικόνα 4.1.4: Κίνηση μπάλας πάνω σε τραπέζι και πλάγια κρούση με σταθερή επιφάνεια

**Γ. Ποιες διαφορές εντοπίζεις στις δύο κρούσεις για την ταχύτητα και τη δύναμη;**

Στην εικόνα 4.1.3: .....

.....

.....

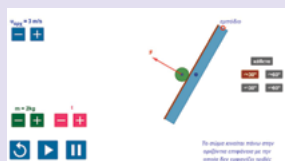
Στην εικόνα 4.1.4: .....

.....

.....

**Ψηφιακή δραστηριότητα: Κρούση σώματος με εμπόδιο**

Παρουσιάζεται ένα σώμα που κινείται πάνω σε μία οριζόντια επιφάνεια και συγκρούεται με ένα εμπόδιο. Παρατήρησε την αλλαγή της ταχύτητας που θα συμβεί στο σώμα κατά την κρούση. Ποια είναι η αιτία αυτής της αλλαγής;



Για να αποτυπώσεις τα συμπεράσματά σου από τις προηγούμενες δραστηριότητες, συμπλήρωσε τις προτάσεις που ακολουθούν με τις λέξεις: **κατεύθυνσης, αίτιο, αύξηση, δύναμης, μείωση, δύναμη.**

- Η άσκηση μίας ..... σε ένα σώμα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα:
- την ..... ή τη ..... του μέτρου της ταχύτητας του σώματος,
  - την αλλαγή της ..... της ταχύτητας του σώματος.

**Σημείωση:** Όταν λέμε αύξηση ή μείωση ταχύτητας εννοούμε και τις περιπτώσεις αντίστοιχα που το σώμα ξεκινά την κίνησή του από την ηρεμία ή σταμάτα μετά από κίνηση.

Άρα, τελικά:

**Η ..... είναι το ..... της μεταβολής της κινητικής κατάστασης ενός σώματος.**

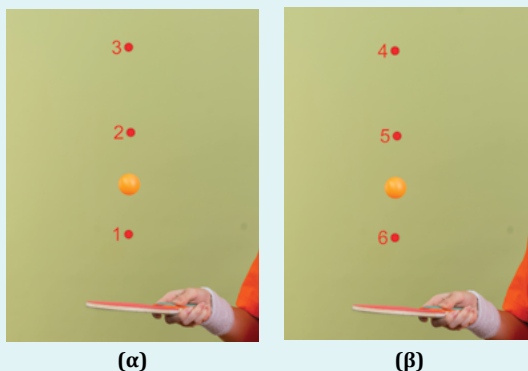


**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ**

**Η ρακέτα και το μπαλάκι**

Ένας τενίστας παίζει με τη ρακέτα και το μπαλάκι. Συγκεκριμένα χτυπάει με τη ρακέτα το μπαλάκι κατάλληλα ώστε αυτό να ανεβοκατεβαίνει.

- Στην εικόνα 4.1.5 φαίνονται δύο στιγμιότυπα της κίνησης της μπάλας. Το πρώτο στιγμιότυπο είναι καθώς η μπάλα ανεβαίνει. Με τις κόκκινες κουκκίδες έχουν σημειωθεί τρεις θέσεις του κέντρου της μπάλας. Η θέση 3 είναι η ανώτερη θέση που φτάνει η μπάλα. Αυτή ταυτίζεται με τη θέση (4) στο δεύτερο στιγμιότυπο, καθώς η μπάλα κατεβαίνει.



**Εικόνα 4.1.5:** Το μπαλάκι ανεβαίνει στο (α) και κατεβαίνει στο (β)

**Σχεδιάσε διανύσματα ...**

- Για τις θέσεις (1), (2), (3), (4), (5) και (6), σχεδιάσε ποιοτικά το διάνυσμα της ταχύτητας της μπάλας.
- Στις δύο θέσεις που βρίσκεται η μπάλα, σχεδιάσε ποιοτικά το διάνυσμα της δύναμης ή των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτή (Η αντίσταση του αέρα να θεωρηθεί αμελητέα).

Ποιες διαφορές εντοπίζεις στις ταχύτητες και τις δυνάμεις κατά την άνοδο και κατά την κάθοδο της μπάλας;

**Άνοδος μπάλας:** .....

**Κάθοδος μπάλας:** .....



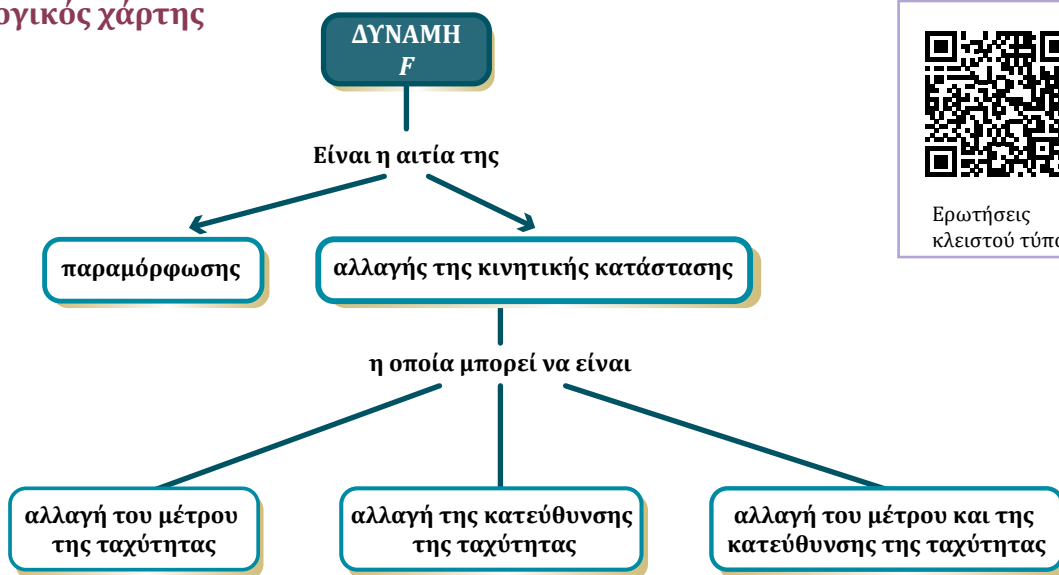
Σύμφωνα με τον νόμο της αδράνειας σε συνδυασμό με ό,τι μάθαμε στην παρούσα ενότητα μπορούμε να πούμε ότι:

**Η δύναμη δεν αποτελεί το αίτιο της κίνησης, αλλά το αίτιο της μεταβολής της κίνησης.**

Χρειάστηκαν πάρα πολλοί αιώνες ώστε οι απόψεις των επιστημόνων να μετατοπιστούν από την αριστοτελική θεωρία ότι η κίνηση απαιτεί δύναμη, στην άποψη του Γαλιλαίου ότι η κίνηση ενός σώματος διατηρείται εφόσον δεν ασκούνται δυνάμεις.

Να συλλέξεις πληροφορίες ώστε να γράψεις ένα κείμενο περίπου 500 λέξεων στο οποίο συνοπτικά να αναφέρεις αυτήν την ιστορική εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών.

**Εννοιολογικός χάρτης**

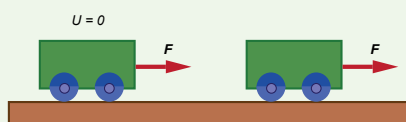


Ερωτήσεις κλειστού τύπου

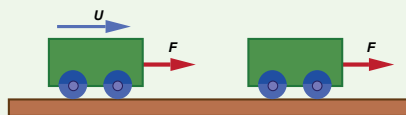


## 4.1 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

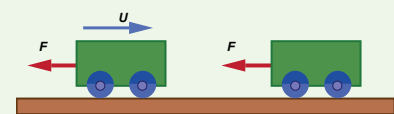
1. Στην εικόνα αποτυπώνονται 3 περιπτώσεις κίνησης που εκτελεί ένα εργαστηριακό αμαξίδιο που βρίσκεται πάνω σε έναν πάγκο, όταν ασκείται σε αυτό συνεχώς μία οριζόντια δύναμη  $F$ . Για κάθε περίπτωση εμφανίζονται δύο στιγμιότυπα της κίνησης, το ένα τη χρονική στιγμή  $t$  και το άλλο τη χρονική στιγμή  $t+\Delta t$ .



(α)

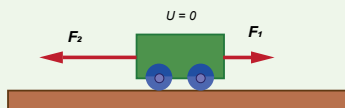


(β)



(γ)

- A. Για κάθε περίπτωση, παρατηρήστε το πρώτο στιγμιότυπο και σχεδιάστε στο δεύτερο στιγμιότυπο το διάνυσμα της ταχύτητας (ποιοτικά) που θα αποκτήσει το αμαξίδιο.  
 B. Ποια περίπτωση είναι παρόμοια με την κίνηση της μπάλας που πέφτει στα δίχτυα στην εικόνα 4.1.1;  
 Γ. Ποια περίπτωση είναι παρόμοια με την κίνηση της κοπέλας που πέφτει προς τα κάτω στην εικόνα 4.1.1;
2. Στην εικόνα φαίνεται ένα εργαστηριακό αμαξίδιο που βρίσκεται πάνω σε πάγκο και του ασκούνται οι οριζόντιες δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$ .



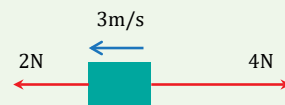
- A. Σχεδιάστε τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκείται στο αμαξίδιο.  
 B. Προς τα πού θα κινηθεί το αμαξίδιο; Σχεδιάστε ποιοτικά, σε ένα επόμενο στιγμιότυπο, την ταχύτητα που θα αποκτήσει το αμαξίδιο.  
 3. Το σώμα που παριστάνεται στην εικόνα έχει κάποια στιγμή ταχύτητα  $3\text{m/s}$  προς τα αριστερά και

δέχεται τις δύο δυνάμεις που παριστάνονται με τα κόκκινα διανύσματα. Μετά από λίγο και ενώ το σώμα κινείται προς τα αριστερά θα έχει ταχύτητα:

A. Μικρότερη από  $3\text{m/s}$ .

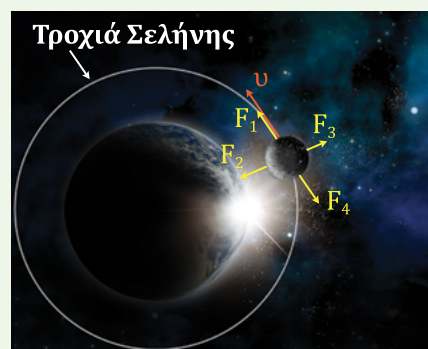
B. Ίση με  $3\text{m/s}$

Γ. Μεγαλύτερη από  $3\text{m/s}$



Επιλέξτε τη σωστή κατά τη γνώμη σας απάντηση και αιτιολογήστε τη.

4. Στην εικόνα παριστάνεται η Σελήνη σε μία θέση της τροχιάς της γύρω από τη Γη. Το κόκκινο διάνυσμα αναπαριστά την ταχύτητα της Σελήνης εκείνη τη στιγμή.



- A. Ποιο από τα τέσσερα κίτρινα διανύσματα αναπαριστά τη δύναμη που ασκείται στη Σελήνη από τη Γη;  
 B. Εξηγήστε σύντομα πώς «επηρεάζει» η δύναμη που θα επιλέξετε στο προηγούμενο ερώτημα την κίνηση της Σελήνης.  
 Γ. Αν υποθέσουμε ότι η Σελήνη στη θέση που αναπαριστάνεται έπαυε να δέχεται δύναμη, πώς θα κινούνταν στη συνέχεια;  
 Δ. Αν υποθέσουμε ότι για κάποιον λόγο η ταχύτητα της Σελήνης μηδενιζόταν ακαριαία στη θέση που αναπαριστάνεται, ενώ συνέχιζε να δέχεται τη δύναμη από τη Γη, πώς θα κινούνταν στη συνέχεια;

Επίλεξε τις σωστές προτάσεις στο ψηφιακό ερωτηματολόγιο (Μπορείς να επαναλάβεις το ερωτηματολόγιο όσες φορές θέλεις).



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να ορίζεις την επιτάχυνση ως τον ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας και να την περιγράφεις ως διανυσματικό μέγεθος.
2. Να διακρίνεις την επιταχυνόμενη από την επιβραδυνόμενη ευθύγραμμη κίνηση.
3. Να αναγνωρίζεις την αλλαγή κατεύθυνσης της ταχύτητας ως επιτάχυνση (ποιοτικά).
4. Να υπολογίζεις την επιτάχυνση σε ευθύγραμμη κίνηση από πειραματικά δεδομένα.



Εικόνα 4.2.1: Διάφορες περιπτώσεις κινήσεων



#### Ας αναρωτηθούμε

Στην εικόνα 4.2.1. φαίνονται περιπτώσεις κινήσεων όπου μεταβάλλεται γρήγορα η ταχύτητα. Σε ποιες περιπτώσεις μπορεί το μέτρο της να αυξάνεται, σε ποιες μπορεί να μειώνεται και σε ποια περίπτωση η ταχύτητα μπορεί να αλλάζει κατεύθυνση χωρίς αλλαγή του μέτρου της;



Ας υποθέσουμε ότι είσαι θεατής σε έναν ιδιότυπο αγώνα ταχύτητας αυτοκινήτων. Θα συμμετάσχουν ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο Formula 1 με ένα συμβατικό ΙΧ αυτοκίνητο. Θα ξεκινήσουν από την αφετηρία μιας ευθύγραμμης πίστας μήκους 1 Km και θα τερματίσουν στο τέλος της πίστας. Ο κανονισμός λέει ότι κανένα αυτοκίνητο δεν θα ξεπεράσει το όριο των 100 Km/h, μία ταχύτητα που είναι εφικτή και για τα δύο αυτοκίνητα. Πιστεύεις ότι τα αυτοκίνητα θα τερματίσουν μαζί λόγω του κανονισμού ή κάποιο θα τερματίσει πρώτο; Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

.....  
 .....

Για να περιγράψουμε πόσο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητα ενός σώματος χρειαζόμαστε ένα νέο φυσικό μέγεθος, την **επιτάχυνση**.



Πώς θα μπορούσες να υπολογίσεις την επιτάχυνση; Ας ξεκινήσουμε από το βίντεο με τον πύραυλο που είδες.

Στον Πίνακα 1 καταγράφονται ενδεικτικά κάποιες χρονικές στιγμές και οι αντίστοιχες τιμές της ταχύτητας.

Χρονική διάρκεια  $\Delta t_A$ : Από 34(s) έως 37 (s)

Δηλαδή:  $\Delta t_A = 3(s)$

Χρονική διάρκεια  $\Delta t_B$ : Από 37(s) έως 40 (s)

Δηλαδή:  $\Delta t_B = 3(s)$

Χρονική διάρκεια  $\Delta t_r$ : Από 40(s) έως 44 (s)

Δηλαδή:  $\Delta t_r = 4(s)$

Χρονική διάρκεια  $\Delta t_\Delta$ : Από 44(s) έως 47 (s)

Δηλαδή:  $\Delta t_\Delta = 3(s)$

ΠΙΝΑΚΑΣ 1	
Χρονική στιγμή (s)	Ταχύτητα (Km/h)
34	608
37	659
40	744
44	844
47	944

Η επιτάχυνση του πυραύλου είναι μεγαλύτερη στη χρονική διάρκεια  $\Delta t_A$  ή στη  $\Delta t_B$ ;

.....  
 Η επιτάχυνση του πυραύλου είναι μεγαλύτερη στη χρονική διάρκεια  $\Delta t_r$  ή στη  $\Delta t_\Delta$ ;

.....



- Οι χρονικές διάρκειες  $\Delta t_A$  και  $\Delta t_B$  είναι ίσες, αλλά η μεταβολή της ταχύτητας ήταν μεγαλύτερη στη χρονική διάρκεια ....., συνεπώς είναι λογικό να πούμε ότι μεγαλύτερη ήταν η επιτάχυνση στη χρονική διάρκεια .....
- Στη χρονική διάρκεια  $\Delta t_r$ , δηλαδή σε 4s, ο πύραυλος αύξησε την ταχύτητά του κατά  $(844 - 744)\text{Km/h} = 100 \text{ Km/h}$ . Στη χρονική διάρκεια  $\Delta t_\Delta$ , δηλαδή σε 3s, ο πύραυλος αύξησε την ταχύτητά του κατά  $(944 - 844)\text{Km/h} = 100 \text{ Km/h}$ . Τώρα έχουμε την ίδια μεταβολή ταχύτητας, αλλά η χρονική διάρκεια  $\Delta t_\Delta$  είναι μικρότερη από την  $\Delta t_r$ , συνεπώς είναι λογικό να πούμε ότι μεγαλύτερη ήταν η επιτάχυνση στη χρονική διάρκεια .....
- Όπως είδαμε, στη χρονική διάρκεια  $\Delta t_A = 3s$ , ο πύραυλος αύξησε την ταχύτητά του κατά 51 Km/h, ενώ στη χρονική διάρκεια  $\Delta t_r = 4s$  ο πύραυλος αύξησε την ταχύτητά του κατά 100 Km/h. Εδώ δεν έχουμε ούτε ίδια χρονική διάρκεια  $\Delta t$  ούτε την ίδια μεταβολή ταχύτητας  $\Delta v$ . Πώς θα συγκρίνεις τους δύο ρυθμούς μεταβολής της ταχύτητας, δηλαδή τις επιταχύνσεις;

.....  
 .....

## Η επιτάχυνση με σταθερή κατεύθυνση κίνησης



Η επιτάχυνση  $a$  ενός σώματος, που κινείται σε ευθεία γραμμή προς ορισμένη κατεύθυνση, υπολογίζεται από το πηλίκο της μεταβολής της ταχύτητας  $\Delta v$  προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα  $\Delta t$ .

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (4.2.1)$$

Η μονάδα μέτρησης της επιτάχυνσης στο S.I. θα είναι το  $1 \frac{m}{s^2}$ , την οποία μονάδα για συντομία τη γράφουμε  $1m/s^2$ . Αν ένα σώμα που κινείται έχει επιτάχυνση  $1m/s^2$ , αυτό σημαίνει ότι μεταβάλλει την ταχύτητά του κατά  $1m/s$  μέσα σε χρόνο  $1s$ .

Αν το μέτρο της ταχύτητας του σώματος αυξάνεται, λέμε ότι η κίνηση είναι επιταχυνόμενη.

Αν το μέτρο της ταχύτητας του σώματος μειώνεται, λέμε ότι η κίνηση είναι επιβραδυνόμενη.

### Παράδειγμα υπολογισμού της επιτάχυνσης

**(A)** Ένα αυτοκίνητο κινείται σε μία ευθεία και κάποια στιγμή κατά την οποία ο οδηγός πατάει γκάζι, ο συνοδηγός θέτει σε λειτουργία το χρονόμετρό του, ενώ ταυτόχρονα παρατηρεί το κοντέρ. Τη στιγμή  $4s$  βλέπει στο κοντέρ  $36Km/h$  και τη στιγμή  $9s$  βλέπει στο κοντέρ  $72Km/h$ . Ποια η τιμή της επιτάχυνσης σε  $m/s^2$  στο παραπάνω χρονικό διάστημα, δηλαδή από  $4s$  έως  $9s$ ;

#### Απάντηση

Μετατρέπω την ταχύτητα  $36Km/h$  σε  $m/s$ :  $36Km/h = \dots\dots\dots$

Μετατρέπω την ταχύτητα  $72Km/h$  σε  $m/s$ :  $72Km/h = \dots\dots\dots$

Υπολογίζω τη μεταβολή της ταχύτητας:  $\Delta v = \dots\dots\dots$

Υπολογίζω το χρονικό διάστημα:  $\Delta t = \dots\dots\dots$

Υπολογίζω την επιτάχυνση:  $a = \dots\dots\dots$

**(B)** Ένα αυτοκίνητο κινείται σε μία ευθεία και κάποια στιγμή κατά την οποία ο οδηγός πατάει φρένο, ο συνοδηγός θέτει σε λειτουργία το χρονόμετρό του, ενώ ταυτόχρονα παρατηρεί το κοντέρ. Τη στιγμή  $4s$  βλέπει στο κοντέρ  $72Km/h$  και τη στιγμή  $9s$  βλέπει στο κοντέρ  $36Km/h$ . Ποια η τιμή της επιτάχυνσης σε  $m/s^2$  στο παραπάνω χρονικό διάστημα, δηλαδή από  $4s$  έως  $9s$ ;

#### Απάντηση

.....

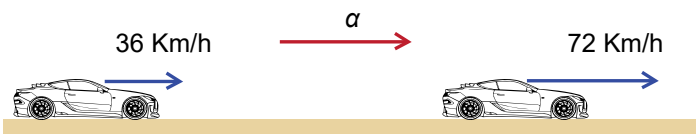
.....

## Η επιτάχυνση με σταθερή κατεύθυνση κίνησης

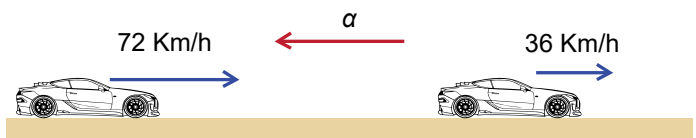


Η ταχύτητα, όπως έχουμε δει, είναι διανυσματικό μέγεθος, συνεπώς και η μεταβολή της είναι διάνυσμα. Η επιτάχυνση όμως εκφράζει τη μεταβολή της ταχύτητας σε ορισμένο χρονικό διάστημα, άρα και η επιτάχυνση είναι διανυσματικό μέγεθος.

Ας εξετάσουμε την απλή περίπτωση της κίνησης με σταθερή κατεύθυνση, όπως για παράδειγμα στην προηγούμενη εφαρμογή. Στην περίπτωση της εικόνας 4.2.2 η μεταβολή της ταχύτητας, άρα και η επιτάχυνση θα έχουν θετική τιμή και κατεύθυνση την κατεύθυνση της κίνησης. Η κίνηση τότε καλείται επιταχυνόμενη. Στην περίπτωση της εικόνας 4.2.3 η μεταβολή της ταχύτητας, άρα και η επιτάχυνση θα έχουν αρνητική τιμή και κατεύθυνση αντίθετη από αυτή της κίνησης. Η κίνηση τότε καλείται επιβραδυνόμενη.



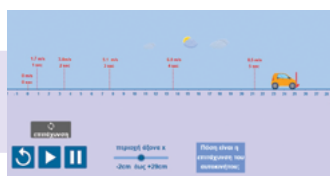
Εικόνα 4.2.2: Επιτάχυνση που έχει ίδια κατεύθυνση με την ταχύτητα



Εικόνα 4.2.3: Επιτάχυνση που έχει αντίθετη κατεύθυνση με την ταχύτητα

Γενικά όμως, επιτάχυνση έχει ένα σώμα όταν αλλάζει η ταχύτητά του κατά μέτρο ή/και κατά κατεύθυνση. Για παράδειγμα, στη γλώσσα της επιστήμης της Φυσικής, ένα όχημα που στρίβει έστω και αν το κοντέρ καταγράφει σταθερή τιμή του μέτρου της ταχύτητας, έχει επιτάχυνση γιατί αλλάζει το διάνυσμα της ταχύτητας όχι κατά μέτρο αλλά κατά κατεύθυνση.

Ψηφιακή δραστηριότητα: Υπολογισμός της επιτάχυνσης



Κατάγραψε στον Πίνακα 2 τις τιμές της ταχύτητας και συμπλήρωσε στον Πίνακα 3 τη στήλη με τις τιμές της επιτάχυνσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2	
$t(s)$	$u(m/s)$
0	
1	
2	
3	
4	
5	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3	
Χρονική διάρκεια $\Delta t$	$a(m/s^2)$
0(s) έως 1 (s)	
1(s) έως 2 (s)	
2(s) έως 3 (s)	
3(s) έως 4 (s)	
4(s) έως 5 (s)	

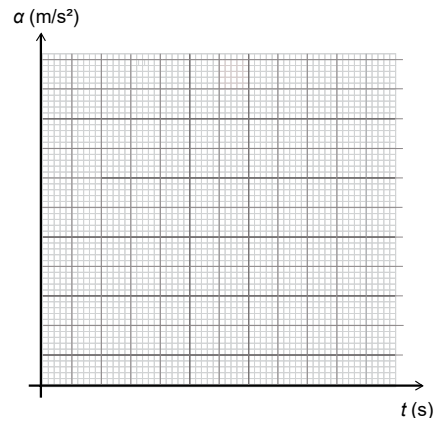
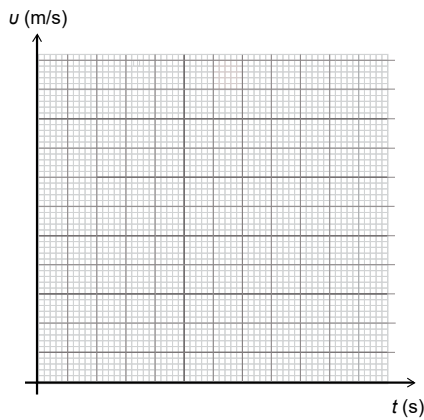
Από τις τιμές του Πίνακα 2 μπορείς να βγάλεις κάποιο συμπέρασμα για τη μεταβολή της ταχύτητας σε σχέση με τον χρόνο;

.....

Από τις τιμές του Πίνακα 3 μπορείς να βγάλεις κάποιο συμπέρασμα για τη μεταβολή της επιτάχυνσης σε σχέση με τον χρόνο;

.....

Με βάση τις τιμές των πινάκων να σχεδιάσεις τα διαγράμματα της ταχύτητας και της επιτάχυνσης σε σχέση με τον χρόνο, στα συστήματα αξόνων που σας δίνονται.



Ποια νομίζεις ότι θα είναι η τιμή της ταχύτητας τη χρονική στιγμή 2,5s;

.....

.....



### Επιδόσεις αυτοκινήτων

Ένα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αυτοκινήτων στους καταλόγους που παρουσιάζουν οι αυτοκινητοβιομηχανίες είναι και ο ελάχιστος χρόνος, σε δευτερόλεπτα, που ο κάθε τύπος αυτοκινήτου χρειάζεται για να αυξήσει την ταχύτητά του από 0 ως 100km/h. Με άλλα λόγια, πρόκειται για τη μέγιστη επιτάχυνση που μπορεί να αναπτύξει το συγκεκριμένο αυτοκίνητο που παρουσιάζεται στον κατάλογο. Στην εικόνα βλέπουμε ένα μικρό τμήμα ενός τέτοιου καταλόγου. Θα μπορούσες να υπολογίσεις τη μέγιστη επιτάχυνση του αυτοκινήτου του καταλόγου σε  $m/s^2$ ;

.....	.....
Εκπομπές CO <sub>2</sub>	95 g/km
Τύπος καυσίμου	Πετρέλαιο
<b>Επιτάχυνση 0 - 100 χλμ/ώρα</b>	<b>11,9 δευτ</b>
.....	.....

### Η επιτάχυνση «g» ως μονάδα μέτρησης μεγάλων επιταχύνσεων

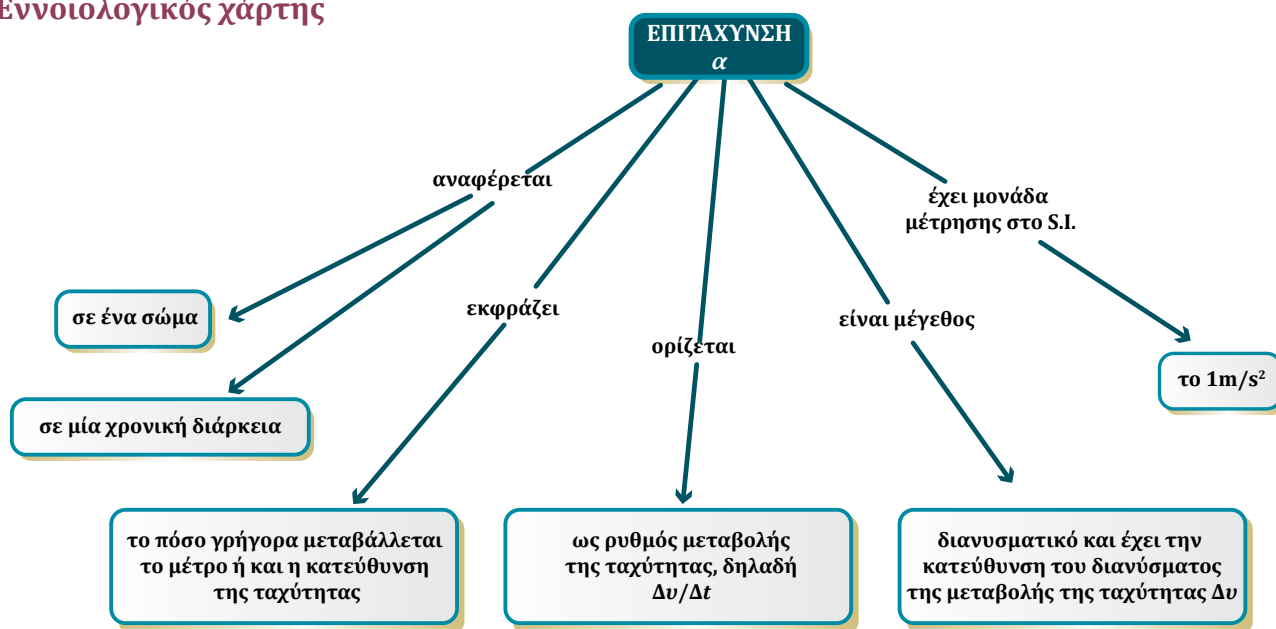
Όταν ένα σώμα πέφτει ελεύθερα κοντά στην επιφάνεια της Γης αυξάνει την ταχύτητά του, έχει δηλαδή επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας. Αν δεν υπάρχει σημαντική αντίσταση από τον αέρα, αυτή η επιτάχυνση έχει τιμή περίπου  $10m/s^2$  και συμβολίζεται με  $g$ . Για οχήματα που αποκτούν μεγάλες επιταχύνσεις, όπως αγωνιστικά αυτοκίνητα, αεροπλάνα ή πύραυλοι, πολλές φορές μετράμε την επιτάχυνσή τους με μονάδα το  $g$ . Για παράδειγμα, αν ένα τέτοιο όχημα έχει επιτάχυνση περίπου  $30m/s^2$ , λέμε ότι έχει επιτάχυνση  $3g$ .

Ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο, με πολύ καλή πρόσφυση στα ελαστικά, όταν μπαίνει σε στροφή με μεγάλη ταχύτητα λόγω της αλλαγής της κατεύθυνσης της ταχύτητάς του, έχει επιτάχυνση που μπορεί να φτάσει το  $1,5g$ . Τα μονοθέσια της Formula 1, όχι μόνο λόγω των ελαστικών, αλλά και λόγω της αεροδυναμικής τους, έχουν πολύ καλή πρόσφυση στο έδαφος και μερικές φορές έχουν επιτάχυνση μέχρι  $5g$ . Ενώ τα αεροπλάνα χρησιμοποιούν τον αέρα για να απογειωθούν, τα μονοθέσια τον χρησιμοποιούν για να παραμένουν στο έδαφος. Λειτουργούν δηλαδή σαν «ανεστραμμένα» αεροπλάνα. Κάνε μέσω διαδικτύου μία έρευνα και γράψε ενδεικτικά επιταχύνσεις με μονάδα το  $g$  για αγωνιστικά αυτοκίνητα Formula 1, για πολεμικά αεροπλάνα και πύραυλους.



**Εικόνα 4.2.4:** Οι πιλότοι των μαχητικών αεροσκαφών υφίστανται μεγάλες επιταχύνσεις

## Εννοιολογικός χάρτης

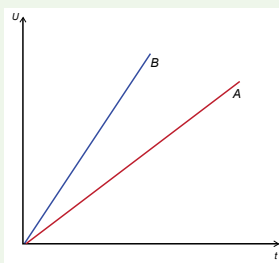


Ερωτήσεις  
κλειστού τύπου



## 4.2 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Δίνεται το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου για δύο ποδηλάτες A και B κατά την εκκίνηση ενός αγώνα. Ποιος από τους δύο απέτυξε μεγαλύτερη επιτάχυνση και γιατί;



2. Ένας πύραυλος ανεβαίνει κατακόρυφα αυξάνοντας συνεχώς το μέτρο της ταχύτητάς του. Να σχεδιάσεις ένα σχήμα στο οποίο να απεικονίζεται ο πύραυλος σε μια θέση κατά την άνοδο και τα διανύσματα της ταχύτητας και της επιτάχυνσης.

3. Ένα παιδί πετά κατακόρυφα προς τα πάνω μια πέτρα. Να σχεδιάσεις δύο σχήματα. Στο ένα σχήμα να παριστάνεται η πέτρα σε μια θέση κατά την άνοδο και στο άλλο σχήμα να παριστάνεται η πέτρα σε μια

θέση κατά την κάθοδο. Σε κάθε σχήμα να σχεδιάσεις τα διανύσματα της ταχύτητας και της επιτάχυνσης της πέτρας.

4. Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθεία με σταθερή ταχύτητα  $120\text{Km/h}$ . Ποια η τιμή της επιτάχυνσής του σε  $\text{m/s}^2$ ;

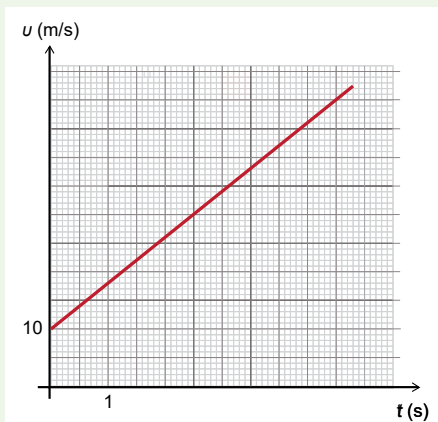
5. Ένας μαθητής υποστηρίζει ότι ένα μοτοποδήλατο που κινείται σε κυκλικό κόμβο και στο κοντέρ φαίνεται ότι η ταχύτητα είναι συνέχεια σταθερή  $20\text{Km/h}$ , δεν έχει επιτάχυνση αφού δεν μεταβάλλεται η ταχύτητα. Ποια η δική σου γνώμη;

6. Μπορεί κάποια στιγμή ένα φορτηγό που κινείται σε ευθεία και έχει ταχύτητα  $60\text{Km/h}$  να έχει μεγαλύτερη επιτάχυνση από ΙΧ που κινείται στην ίδια ευθεία και προς την ίδια κατεύθυνση με ταχύτητα  $100\text{Km/h}$ ;

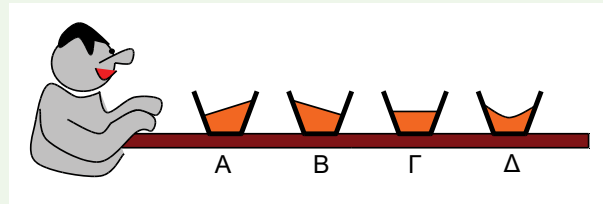


## 4.2 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Σε ένα φυλλάδιο που αναγράφονται τα χαρακτηριστικά ενός ΙΧ αυτοκινήτου διαβάζουμε ότι το αυτοκίνητο από το ξεκίνημα φτάνει στην ταχύτητα 100Km/h σε χρόνο 10s. Ποια η μέγιστη επιτάχυνση σε  $m/s^2$  που μπορεί να αναπτύξει το ΙΧ με στρογγυλοποίηση στο ένα δεκαδικό ψηφίο.
2. Σε μια μεγάλη ευθεία της Εθνικής Οδού κινείται ένα όχημα Α του οποίου ο οδηγός πατάει γκάζι και η ταχύτητα αυξάνεται με σταθερό ρυθμό από 54Km/h σε 90Km/h μέσα σε χρόνο 10s. Τη στιγμή που η ταχύτητά του ήταν, κατά την αύξησή της, 70Km/h το προσπερνά ένα άλλο όχημα Β που κινείται με σταθερή ταχύτητα 130Km/h. Να υπολογιστεί η επιτάχυνση κάθε οχήματος τη στιγμή της προσπέρασης.
3. Στο σχήμα απεικονίζεται το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου για ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο που κινείται σε ευθεία. Στους άξονες φαίνεται η πρώτη κύρια υποδιαίρεση του μιλιμετρί. Να υπολογίσετε την επιτάχυνση του αυτοκινήτου δίνοντας τις απαραίτητες εξηγήσεις.

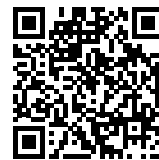


4. Ένας επιβάτης τρένου κάθεται σε κάθισμα ώστε να βλέπει κατά την κατεύθυνση κίνησης του τρένου. Ο επιβάτης έχει μπροστά του τραπέζακι πάνω στο οποίο υπάρχει ένα ποτήρι με τσάι. Το τρένο επιβραδύνεται καθώς εισέρχεται στον σταθμό. Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα στα οποία φαίνεται το τσάι μέσα στο ποτήρι κατά τη διάρκεια της επιβραδυνόμενης κίνησης είναι σωστό;



5. Ένα αυτοκίνητο κινείται στη λεωφόρο Συγγρού με ταχύτητα +20 m/s. Η μηχανή του αυτοκινήτου σβήνει και η ταχύτητά του μειώνεται με σταθερό ρυθμό. Το αυτοκίνητο σταματά μετά από χρονικό διάστημα 40s. Υπολογίστε την επιτάχυνσή του.

Επίλεξε τις σωστές προτάσεις στο ψηφιακό ερωτηματολόγιο (Μπορείς να επαναλάβεις το ερωτηματολόγιο όσες φορές θέλεις).

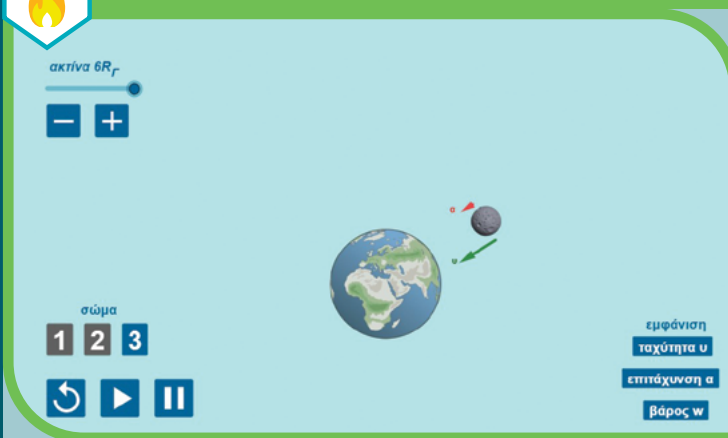


Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

## 4.3. 2ος νόμος Newton

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

- α) Ποια είναι η αναλογία - δύναμης επιτάχυνσης και β) Ποια είναι η σχέση επιτάχυνσης - μάζας για σταθερή δύναμη μέσω πειραματικής διερεύνησης σε πραγματικό ή εικονικό εργαστήριο.
- Να συσχετίζεις την επιτάχυνση (αποτέλεσμα) και τη δύναμη (αίτια) μέσω της σχέσης του 2ου νόμου του Newton.



Κίνηση σώματος προς τη Γη

Εικόνα 4.3.1: Αστεροειδής που πλησιάζει τη Γη



### Ας αναρωτηθούμε

Από τι εξαρτάται η μεταβολή της κινητικής κατάστασης ή αλλιώς η επιτάχυνση ενός σώματος;

### Ποια είναι η αιτία που ο αστεροειδής επιταχύνεται;



Έστω ότι παίζεις ποδόσφαιρο και κυνηγάς την μπάλα η οποία κινείται και θέλεις να την επιταχύνεις προς την ίδια κατεύθυνση όσο γίνεται περισσότερο. Θα πρέπει να ασκήσεις μεγάλη ή μικρή δύναμη με το πόδι σου;

Στην παραπάνω περίπτωση, δύο μπάλες με διαφορετικές μάζες, που δέχονται την ίδια δύναμη από το πόδι σου, θα επιταχυνθούν το ίδιο; Αν όχι, ποια θα αποκτήσει μεγαλύτερη επιτάχυνση;

Σε προηγούμενο κεφάλαιο μελετήσαμε τα αποτελέσματα της δύναμης και είδαμε ότι μπορεί να προκαλέσει μεταβολή της κινητικής κατάστασης σε ένα σώμα. Με τον όρο μεταβολή κινητικής κατάστασης εννοούμε ότι θα μεταβληθεί η ταχύτητα κατά μέτρο ή / και κατά κατεύθυνση. Δηλαδή το σώμα θα έχει επιτάχυνση. Ποια είναι όμως η σχέση που συνδέει τη δύναμη (αίτιο) με την επιτάχυνση (αποτέλεσμα);



### Εικονικό πείραμα: 2ος Νόμος του Νεύτωνα

Στο περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου εμφανίζονται:  
Ένα αμαξίδιο μάζας 0,6kg που πάνω του μπορεί να πάρει μέχρι τρία βαρίδια με μάζα επίσης 0,6kg το καθένα.  
Ένα δυναμόμετρο που υπάρχει μεταξύ του αμαξιδίου και του χεριού.

Ένα επιταχυνσιόμετρο που είναι προσαρτημένο πάνω στο αμαξίδιο.

Επίσης, υπάρχουν ρυθμιστικά (δρομείς) που καθορίζουν τη δύναμη που ασκείται στο σύστημα του αμαξιδίου με τα βαρίδια.

Τέλος, υπάρχουν τα πλήκτρα (έναρξη, παύση, συνέχιση και αρχική θέση) για την εκτέλεση της προσομοίωσης.



Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα

### Σκοπός του εικονικού πειράματος

- Να διερευνήσεις πώς μεταβάλλεται η επιτάχυνση που αποκτά το σύστημα αμαξίδιο-βαρίδια όταν μεταβάλλεται (διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λπ.) η δύναμη που του ασκείται, αλλά η μάζα του παραμένει σταθερή.
- Να διερευνήσεις πώς μεταβάλλεται η επιτάχυνση που αποκτά το σύστημα αμαξίδιο-βαρίδια όταν του ασκείται σταθερή δύναμη και μεταβάλλεται η συνολική του μάζα (διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λπ.).

#### A. Διερεύνηση της μεταβολής της επιτάχυνσης με τη δύναμη

ΠΙΝΑΚΑΣ 1	
$m(\text{kg})$ :	
$F(\text{N})$	$a(\text{m/s}^2)$

- Να ρυθμίσεις τους δρομείς ώστε στο αμαξίδιο να έχει μάζα  $m = \dots\dots\dots$  (επίλεξε)
- Να ασκήσεις στο αμαξίδιο μέσω του δυναμόμετρου δύναμη ίση με 0,5N.
- Να καταγράψεις την τιμή της επιτάχυνσης που αποκτά.
- Να επαναλάβεις το ίδιο για τις δυνάμεις 1N και 1,5N.
- Να μεταφέρεις τις τιμές στον Πίνακα 1.

**Συμπέρασμα 1:** Η επιτάχυνση που αποκτά το αμαξίδιο το οποίο έχει σταθερή συνολική μάζα εξαρτάται από δύναμη που του ασκείται;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Αν ΝΑΙ, πώς μεταβάλλεται όταν διπλασιάζεται ή τριπλασιάζεται η δύναμη;

#### B. Διερεύνηση της επιτάχυνσης με τη μάζα

ΠΙΝΑΚΑΣ 2	
$F(\text{N})$	
$m(\text{kg})$ :	$a(\text{m/s}^2)$

- Να ρυθμίσεις τους δρομείς ώστε στο αμαξίδιο να ασκείται σταθερή δύναμη:  
 $F = \dots\dots\dots$  (επίλεξε)
- Να ρυθμίσεις τον δρομέα της μάζας ώστε αυτός να έχει συνολική μάζα ίση με 0,6kg.
- Να ασκήσεις στο αμαξίδιο μέσω του δυναμόμετρου την παραπάνω δύναμη.
- Να καταγράψεις την τιμή της επιτάχυνσης που αποκτά.
- Να επαναλάβεις την παραπάνω διαδικασία το ίδιο για διπλάσια και τριπλάσια συνολική μάζα.
- Να μεταφέρεις τις τιμές στον Πίνακα 2.

**Συμπέρασμα 1:** Η επιτάχυνση που αποκτά το αμαξίδιο όταν του ασκείται σταθερή δύναμη εξαρτάται από τη συνολική του μάζα;  ΝΑΙ  ΟΧΙ

Αν ΝΑΙ, πώς μεταβάλλεται όταν διπλασιάζεται ή τριπλασιάζεται η συνολική μάζα;

.....



Διατύπωσε το τελικό σου συμπέρασμα, συμπληρώνοντας τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:

Η επιτάχυνση που αποκτάει ένα σώμα είναι:

- ..... της δύναμης που του ασκείται.
- αντιστρόφως ανάλογη της .....

Να καταγράψεις τη σχέση της επιτάχυνσης  $a$ , της δύναμης  $F$  που του ασκείται και της μάζας του  $m$ .

.....

.....



Τα παραπάνω συμπεράσματα θα μπορούσαν να εκφραστούν μαθηματικά από τη σχέση  $a = \frac{\Sigma F}{m}$ , την οποία μπορούμε να γράψουμε και στη μορφή:

$$\Sigma F = ma$$

Η παραπάνω σχέση αποτελεί τη μαθηματική διατύπωση του 2ου νόμου της κίνησης του Newton ή του θεμελιώδους νόμου της Μηχανικής.

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Ο νόμος αυτός συνδέει το αίτιο (δύναμη) με το αποτέλεσμα (επιτάχυνση).
- Η δύναμη και η επιτάχυνση είναι διανυσματικά μεγέθη και έχουν την ίδια κατεύθυνση.
- Όπως προκύπτει από τον νόμο αυτό, όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός σώματος τόσο δυσκολότερα μεταβάλλεται η κινητική του κατάσταση. Γι' αυτό, όπως είδαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, μπορούμε να πούμε ότι η μάζα αποτελεί μέτρο της αδράνειας ενός σώματος.
- Ο 2ος νόμος μας εξυπηρετεί στον ορισμό της μονάδας δύναμης 1N στο S.I. 1N είναι η δύναμη που απαιτείται ώστε σώμα μάζας 1kg να αποκτήσει επιτάχυνση  $1\text{m/s}^2$ .



#### ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

##### Εφαρμογή 1.

Με τις μετρήσεις που έχεις μέχρι τώρα, μπορείς να προβλέψεις ποια θα είναι η επιτάχυνση που θα αποκτήσει το αμαξίδιο, αν:

Διπλασιάσεις τη μάζα (1,2kg) και ταυτόχρονα τριπλασιάσεις τη δύναμη (1,5N) που του ασκείται;

.....

.....

Τριπλασιάσεις τη μάζα (1,8kg) και ταυτόχρονα διπλασιάσεις τη δύναμη (1N) που του ασκείται;

.....

.....

Επιβεβαίωσε τις προβλέψεις σου με την προσομοίωση.

.....

.....

**Εφαρμογή 2.**

Το αυτοκινητάκι της εικόνας έχει μάζα  $m = 2\text{kg}$  και δέχεται σταθερή συνισταμένη δύναμη  $F$ . Από τις χρονικές στιγμές που εμφανίζονται στην εικόνα και τις αντίστοιχες τιμές της ταχύτητας να υπολογίσετε:

Την επιτάχυνση  $a$  με την οποία κινείται το αυτοκινητάκι.

.....

.....

Τη σταθερή συνισταμένη δύναμη  $F$  που δέχεται.

.....

.....

**Εφαρμογή 3.**

Το αυτοκινητάκι της εικόνας δέχεται σταθερή συνισταμένη δύναμη  $F = 6,5\text{N}$ . Από τις χρονικές στιγμές που εμφανίζονται στην εικόνα και τις αντίστοιχες τιμές της ταχύτητας να υπολογίσετε:

Την επιτάχυνση  $a$  με την οποία κινείται το αυτοκινητάκι.

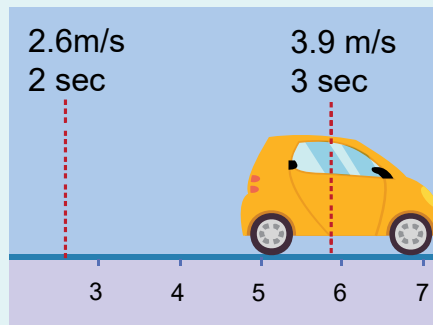
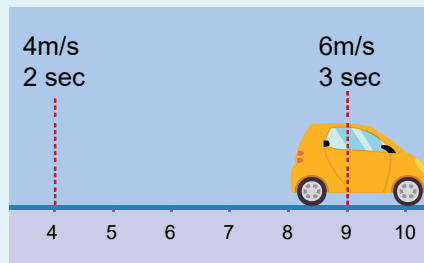
.....

.....

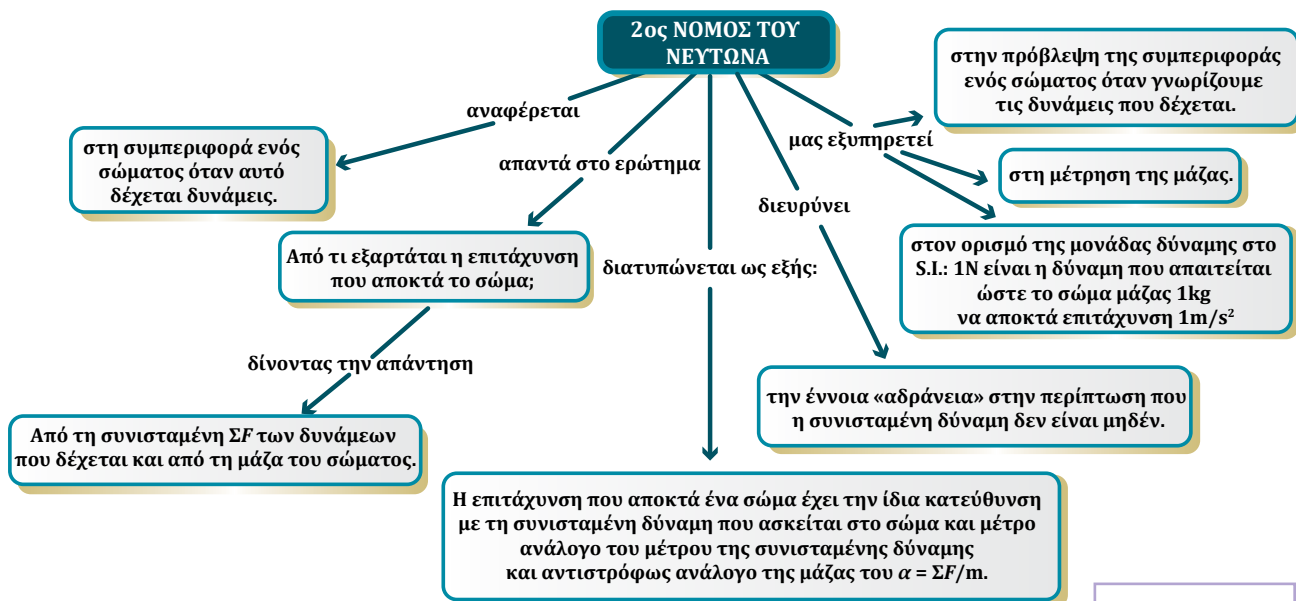
Τη μάζα του.

.....

.....



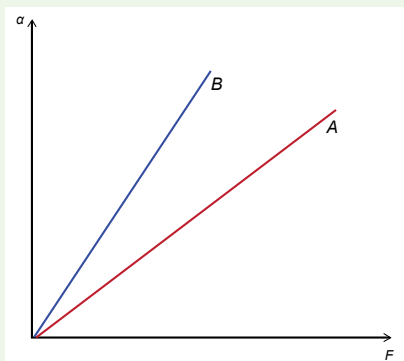
**Εννοιολογικός χάρτης**





## 4.3 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Στην εικόνα φαίνεται, στους ίδιους άξονες, η γραφική παράσταση της επιτάχυνσης που αποκτούν δύο σώματα A, B διαφορετικής μάζας συναρτήσει της συνισταμένης των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτά. Ποιο από τα σώματα έχει μεγαλύτερη μάζα; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.



2. Στην περίπτωση ενός αυτοκινήτου που κινείται σε ευθεία και φρενάρει, στη διάρκεια του φρεναρίσματος, τα διανύσματα της ταχύτητας και της συνισταμένης δύναμης έχουν:

- Α. την ίδια διεύθυνση και φορά  
 Β. την ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά  
 Γ. διαφορετική διεύθυνση και φορά

**Επιλέξτε τη σωστή απάντηση με κατάλληλη αιτιολόγηση.**

3. Ένα δοχείο με νερό σπρώχνεται σε οριζόντιο δάπεδο όπου επιταχύνεται. Το δοχείο έχει μία τρύπα από την οποία φεύγει νερό. Αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο δοχείο παραμένει σταθερή, τότε η επιτάχυνση του δοχείου, αυξάνεται, μειώνεται ή μένει σταθερή;

**Αιτιολογήστε την απάντησή σας.**

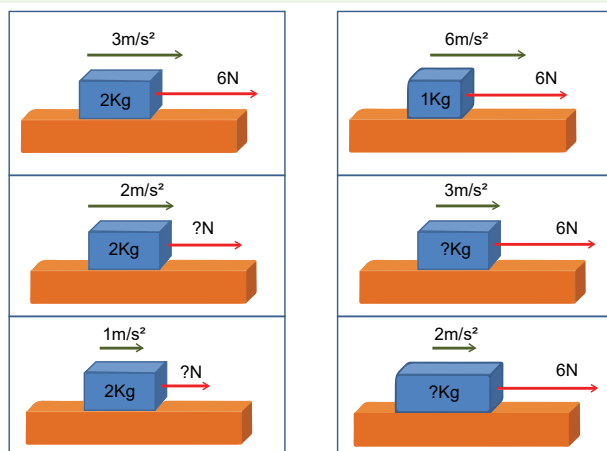
4. Ένας άνδρας και ένα παιδί, παγοδρόμοι, στέκονται σε μία πίστα και είναι μεταξύ τους σε κάποια απόσταση δεμένοι με σχοινί. Ο άνδρας αρχίζει να τραβά προς το μέρος του το παιδί ασκώντας δύναμη στο σχοινί, οπότε και οι δύο αρχίζουν να κινούνται ο ένας προς τον άλλο πρακτικά χωρίς τριβές. Το παιδί ή ο άνδρας θα αποκτήσει μεγαλύτερη κατά μέτρο επιτάχυνση; Ή θα έχουν την ίδια κατά μέτρο επιτάχυνση;

5. Μία ομάδα μαθητριών πραγματοποίησε τα παρακάτω δύο πειράματα, που αναφέρονται χωρίς τις τεχνικές λεπτομέρειες:

Στο 1ο πείραμα διατηρούσαν σταθερή τη μάζα  $m$  και άλλαζαν τη δύναμη  $F$  που ασκείται μέσω ενός σχοινιού στο σώμα μάζας  $m$ , το οποίο μπορεί να κινείται πάνω σε λείο δάπεδο.

Στο 2ο πείραμα κρατούσαν σταθερή τη δύναμη  $F$  και άλλαζαν τη μάζα  $m$  του σώματος.

Τα δεδομένα των πειραμάτων παρουσιάζονται με τη βοήθεια των εικόνων. Ωστόσο, στις εικόνες υπάρχουν 4 ερωτηματικά αντί οι αριθμητικές τιμές των αντίστοιχων μεγεθών. Αντικαταστήστε τα ερωτηματικά με τις τιμές των μεγεθών.



1ο Πείραμα

2ο Πείραμα

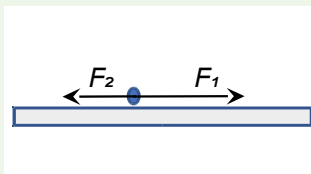


## 4.3 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ένας χιονοδρόμος κινείται σε μία πίστα χιονοδρομικού κέντρου και κάποια στιγμή έχει επιτάχυνση  $3\text{m/s}^2$ . Αν η μάζα του χιονοδρόμου μαζί με τον εξοπλισμό είναι  $80\text{Kg}$ , να υπολογίσετε τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στον χιονοδρόμο.
2. Ο Γιάννης σπρώχνει σε μια οριζόντια πίστα χιονοδρομικού το έλκηθρο της Μαρίας ασκώντας οριζόντια δύναμη  $140\text{N}$ , οπότε το έλκηθρο στο οποίο βρίσκεται και η Μαρία αποκτά επιτάχυνση  $2\text{m/s}^2$ . Να υπολογίσετε τη μάζα του έλκηθρου μαζί με τη Μαρία. Οι τριβές να θεωρηθούν αμελητέες.

3. Μία μαθήτρια σπρώχνει την τσάντα της μάζας 4Kg πάνω σε ένα τραπέζι και αυτή αποκτά επιτάχυνση  $3\text{m/s}^2$ . Αν η δύναμη που ασκεί η μαθήτρια είναι 18N να υπολογισθεί η τριβή μεταξύ της τσάντας και του τραπεζιού.

4. Το υλικό σημείο του σχήματος έχει μάζα  $m$  και τη στιγμή μηδέν δέχεται τις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  του σχήματος που έχουν μέτρα



40N και 25N αντίστοιχα. Το σώμα αποκτά επιτάχυνση μέτρου  $4\text{m/s}^2$  που έχει την κατεύθυνση της  $F_1$ . Να υπολογίσετε τη μάζα του.

5. Σε μια πίστα δοκιμών καταγράφεται η ταχύτητα μοτοσυκλετών κάθε δύο δευτερόλεπτα. Μια μοτοσυκλέτα με μάζα 250kg κινείται ευθύγραμμα και η καταγραφή στην περίπτωση της εικονίζεται στον διπλανό πίνακα.  
**A.** Να σχεδιάσετε τα γραφήματα ταχύτητας-χρόνου και επιτάχυνσης-χρόνου.  
**B.** Βρείτε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στη μοτοσυκλέτα.

Ταχύτητα (m/s)	Χρόνος (s)
0	0
6	2
12	4
18	6
24	8

Επίλεξε τις σωστές προτάσεις στο ψηφιακό ερωτηματολόγιο. Η εφαρμογή βαθμολογεί την προσπάθειά σου.

(Μπορείς να επαναλάβεις το ερωτηματολόγιο όσες φορές θέλεις).



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

## 4.4. Ελεύθερη πτώση

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να αναγνωρίζεις την ελεύθερη πτώση ως μια ευθύγραμμη επιταχυνόμενη κίνηση με σταθερή επιτάχυνση.
2. Να εφαρμόζεις τον 2ο νόμο του Newton (Νεύτωνα) στην περίπτωση της ελεύθερης πτώσης.
3. Να εξηγείς, αναφέροντας την επίδραση άλλων δυνάμεων (άνωση, τριβή), γιατί σε πραγματικές συνθήκες τα σώματα δεν πέφτουν «ελεύθερα».



**Εικόνα 4.4.1:** Στις 2 Αυγούστου 1971 ο David Scott (Ντέιβιντ Σκοτ) άφησε ένα σφυρί και ένα φτερό να πέσουν ελεύθερα από το ίδιο ύψος στην επιφάνεια της Σελήνης



**Εικόνα 4.4.2:** Δύο στιγμιότυπα από την εκτέλεση πειράματος σε ειδικό θάλαμο κενού της NASA με ταυτόχρονη πτώση μπάλας του μπόουλινγκ και φτερών



### Ας αναρωτηθούμε

- Για ποιον λόγο το σφυρί και το φτερό δεν πέφτουν ταυτόχρονα στο έδαφος όταν αφεθούν από το ίδιο ύψος στη Γη ενώ στη Σελήνη πέφτουν ταυτόχρονα;
- Γιατί η μπάλα του μπόουλινγκ και το φτερό φτάνουν ταυτόχρονα στο έδαφος του θαλάμου κενού της NASA;

### Ελεύθερη πτώση



Ποια τα χαρακτηριστικά της κίνησης που εκτέλεσαν η μπάλα του μπόουλινγκ και το φτερό στον θάλαμο κενού; (Τροχιά, ταχύτητα, επιτάχυνση, χρόνος πτώσης). Είναι ίδια ή διαφορετικά;

.....

.....

.....

.....

.....

Αν αφήσεις να πέσουν ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος ένα φύλλο χαρτιού και ένα βιβλίο, τι περιμένεις να γίνει κατά την πτώση τους; Θα φτάσουν ταυτόχρονα στο έδαφος; Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

Αν αφήσεις ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος, ένα φύλλο χαρτιού A4 και ένα πολύ μικρό τσαλακωμένο σαν σφαίρα χαρτάκι, ποιο από τα δύο περιμένεις να φτάσει πρώτο στο έδαφος;

.....

.....

Αν αφήσεις ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος ένα φύλλο χαρτιού και ένα βιβλίο να πέσουν, με το χαρτί να είναι τώρα πάνω από το βιβλίο, τι περιμένεις να γίνει κατά την πτώση τους; Θα φτάσουν ταυτόχρονα στο έδαφος; Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

Τέλος, αν αφήσεις ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος ένα φύλλο χαρτιού και ένα βιβλίο να πέσουν, με το χαρτί να είναι τώρα κάτω από το βιβλίο, τι περιμένεις να γίνει κατά την πτώση τους; Θα φτάσουν ταυτόχρονα στο έδαφος; Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....



### Πειραματική δραστηριότητα: Ελεύθερη πτώση

Στην εικόνα 4.4.3 φαίνεται μια ιχνηλάτηση της κίνησης ενός μεταλλικού σφαιριδίου που αφέθηκε να πέσει με την επίδραση μόνο του βάρους του. Με τον όρο ιχνηλάτηση εννοούμε την καταγραφή των θέσεων του σε ίσα χρονικά διαστήματα.

**Τι παρατηρείς από την ιχνηλάτηση;**

.....

.....

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ενδεικτικές τιμές των ταχυτήτων της μπάλας του μπόουλινγκ και του φτερού σε θάλαμο κενού, όπως θα μπορούσαν να μετρηθούν με κατάλληλο εξοπλισμό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1		
Χρόνος (s)	Ταχύτητα μπάλας (m/s)	Ταχύτητα φτερού(m/s)
0	0	0
1	9,8	9,8
2	19,6	19,6
3	29,4	29,4
4	39,2	39,2
5	49,0	49,0

**Τι παρατηρείς;**

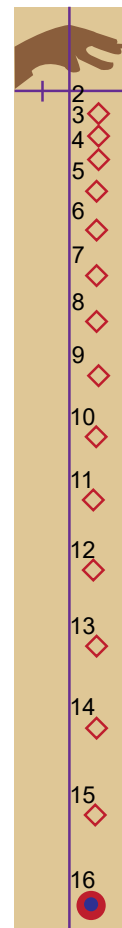
.....

.....

**Υπολόγισε την επιτάχυνση της μπάλας και του φτερού.**

.....

.....



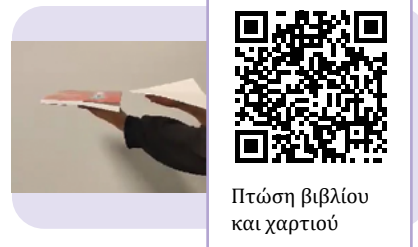
**Εικόνα 4.4.3:** Θέσεις ενός σφαιριδίου που αφήνεται τη χρονική στιγμή μηδέν να πέσει με την επίδραση μόνο του βάρους του. Η καταγραφή έγινε σε ίσα χρονικά διαστήματα με λογισμικό προσομοίωσης

### Πτώση βιβλίου και χαρτιού

Άφησε από το ίδιο ύψος ένα φύλλο χαρτιού και ένα βιβλίο να πέσουν ταυτόχρονα. Επιβεβαιώθηκε ή υπόθεσή σου; Εξήγησε.

.....

.....



### Πτώση χαρτιού A4 και μικρού τσαλακωμένου τμήματός του

Άφησε ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος ένα φύλλο χαρτιού A4 και ένα πολύ μικρό τσαλακωμένο σαν σφαίρα χαρτάκι. Επιβεβαιώθηκε ή υπόθεσή σου; Εξήγησε.

.....

.....

### Το χαρτί πάνω από το βιβλίο

Άφησε ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος ένα φύλλο χαρτιού και ένα βιβλίο να πέσουν, με το χαρτί να είναι τώρα πάνω από το βιβλίο. Επιβεβαιώθηκε ή υπόθεσή σου; Εξήγησε.

.....

.....



### Το χαρτί κάτω από το βιβλίο

Άφησε ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος ένα φύλλο χαρτιού και ένα βιβλίο να πέσουν, με το χαρτί να είναι τώρα κάτω από το βιβλίο. Επιβεβαιώθηκε ή υπόθεσή σου; Εξήγησε.

.....

.....



Γράψε τα συμπεράσματά σου απαντώντας και στα αρχικά ερωτήματα.

Για ποιον λόγο το σφυρί και το φτερό δεν πέφτουν ταυτόχρονα στο έδαφος όταν αφεθούν από το ίδιο ύψος στη Γη, ενώ στη Σελήνη πέφτουν ταυτόχρονα;

.....

.....

Πώς εξηγείς το γεγονός ότι η βαρύτερη μπάλα του μπόουλινγκ και το φτερό φτάνουν ταυτόχρονα στο έδαφος του θαλάμου κενού της NASA;

.....

.....



**Ελεύθερη πτώση** είναι η κίνηση που εκτελεί ένα σώμα με την επίδραση μόνο του βάρους του. Εδώ θα περιοριστούμε στην περίπτωση που το σώμα αφήνεται χωρίς αρχική ταχύτητα από μικρό ύψος σε σχέση με την ακτίνα της Γης και επιταχύνεται με την επίδραση μόνο του βάρους του. Τότε η ελεύθερη πτώση είναι ευθύγραμμη σε κατακόρυφη διεύθυνση επιταχυνόμενη κίνηση με σταθερή επιτάχυνση ανεξάρτητη από τη μάζα του σώματος.

Στην πραγματικότητα η ελεύθερη πτώση συμβαίνει μόνο στο κενό, όπου δεν υπάρχει αντίσταση αέρα. Όμως η επίδραση της αντίστασης του αέρα είναι μικρή για σώματα με μεγάλη μάζα. Τα σώματα με μεγάλη μάζα μπορούμε να θεωρούμε ότι εκτελούν ελεύθερη πτώση όταν αφήνονται από μικρό ύψος, κάνοντας μικρό σφάλμα. Μπορείς να το διαπιστώσεις αυτό αφήνοντας από κάποιο ύψος δύο μπουκάλια νερού ίδιου σχήματος, το ένα γεμάτο με νερό και το άλλο μισογεμάτο, όπως φαίνεται στην εικόνα.





## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

**Σύγκριση του νόμου της παγκόσμιας έλξης με τον 2ο νόμο του Νεύτωνα για την εύρεση των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας.**

Στην ενότητα 3.1 είδαμε τη σχέση βάρους και μάζας ενός σώματος που βρίσκεται σε κάποιο σημείο της Γης:

$$w = mg \quad (4.4.1)$$

όπου  $g$  είναι βαρυτική δύναμη ανά μονάδα μάζας που βρίσκεται στο σημείο αυτό. Για σημεία κοντά στην επιφάνεια της Γης η  $g$  έχει μέτρο περίπου  $9,81 \text{ N/kg}$ .

Επειδή στην ελεύθερη πτώση το βάρος είναι η συνισταμένη δύναμη, από τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα έχουμε:

$$w = ma \quad (4.4.2)$$

Από τις (4.4.1) και (4.4.2) προκύπτει ότι:  $mg = ma$  συνεπώς  $a = g$  (4.4.3)

Στην ελεύθερη πτώση από σημεία κοντά στην επιφάνεια της Γης η επιτάχυνση του σώματος θα είναι σταθερή, ανεξάρτητη από τη μάζα του και το μέτρο της θα είναι ίσο με  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Αυτό σημαίνει ότι η ταχύτητα του σώματος αυξάνεται κατά  $9,81 \text{ m/s}$  σε κάθε δευτερόλεπτο.

Αυτή η επιτάχυνση καλείται επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας και βέβαια τη συμβολίζουμε με  $g$ .

Στη Σελήνη η επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας έχει μέτρο  $g = 1,62 \text{ m/s}^2$ .

Στην ενότητα 3.1 είδαμε ότι το βάρος  $w$  ενός σώματος με μάζα  $m$  στην επιφάνεια της Γης, σύμφωνα με τον νόμο της παγκόσμιας έλξης, μπορεί να εκφραστεί από τη σχέση:

$$w = G \frac{M_{\Gamma} m}{R_{\Gamma}^2} \quad (4.4.4)$$

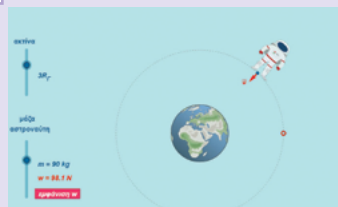
Με τη βοήθεια της σχέσης (4.4.1) προκύπτει ότι:

$$mg = G \frac{M_{\Gamma} m}{R_{\Gamma}^2} \quad \text{οπότε} \quad g = G \frac{M_{\Gamma}}{R_{\Gamma}^2} \quad (4.4.5)$$

Δηλαδή η επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας είναι ανάλογη της μάζας του πλανήτη και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της ακτίνας του.

**Ψηφιακή δραστηριότητα: Η επιτάχυνση της βαρύτητας γίνεται μικρότερη όσο ανεβαίνουμε πιο ψηλά**

Η προσομοίωση δείχνει τη Γη και έναν άνθρωπο (σε μεγέθυνση) που μπορεί να τοποθετηθεί στην επιφάνεια και περιφερειακά της Γης (έως την απόσταση  $4R_{\Gamma}$  από το κέντρο της, με βήμα  $R_{\Gamma}$ ).



Βάρος και  $g$  στη Γη

## «Ελεύθερη πτώση» αλεξιπτωτιστών, κίνηση σωμάτων σε ρευστά, οριακή ταχύτητα

Όταν ένα σώμα πέφτει στον αέρα από μεγάλο ύψος, όπως ένας αλεξιπτωτιστής ή ένας κόκκος χαλαζιού, δέχεται τη δύναμη του βάρους  $w$  από τη Γη προς τα κάτω και την αντίσταση του αέρα  $A$  προς τα πάνω (εικόνα 4.4.5). Η αντίσταση του αέρα αυξάνεται όταν αυξάνεται η ταχύτητα. Για παράδειγμα, αν βγάλετε το χέρι σας από το

παράθυρο του αυτοκινήτου δέχεται από τον αέρα τόσο μεγαλύτερη δύναμη όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα.

Η συνολική δύναμη  $\Sigma F$  που δέχεται το σώμα είναι  $\Sigma F = w - A$  και η επιτάχυνση  $a = \frac{\Sigma F}{m}$ . Όσο αυξάνεται η ταχύτητα αυξάνεται και η τιμή της αντίστασης  $A$ , οπότε η  $\Sigma F$  μειώνεται, όπως και η επιτάχυνση. Κάποια στιγμή η επιτάχυνση θα μηδενιστεί, οπότε πλέον το σώμα πέφτει με σταθερή ταχύτητα. Αν δεν υπήρχε η αντίσταση του αέρα, η πτώση του χαλαζιού θα είχε τρομακτικά αποτελέσματα! Υποθέστε ότι ένας αρχικά ακίνητος κόκκος χαλαζιού πεφτει ελεύθερα κινούμενος επί 20s. Τότε η επιτάχυνσή του  $a$  ήταν σταθερή και ίση με την επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .



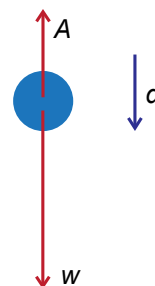
Εικόνα 4.4.4: Πτώση αλεξιπτωτιστή

Δηλαδή  $g = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - 0}{t - 0}$  από την οποία:

$v = gt$  δηλαδή η ταχύτητά του θα είναι ανάλογη του χρόνου κίνησης.

Σε 20s ο κόκκος θα είχε ταχύτητα

$$v = 9,81 \left( \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot 20(\text{s}) = 196,2 \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right), \text{ δηλαδή } v = 706,3 \frac{\text{km}}{\text{h}} !$$



Εικόνα 4.4.5: Οι δυνάμεις στον κόκκο χαλαζιού

## Συζήτηση για ιστορικά πειράματα μελέτης ελεύθερης πτώσης

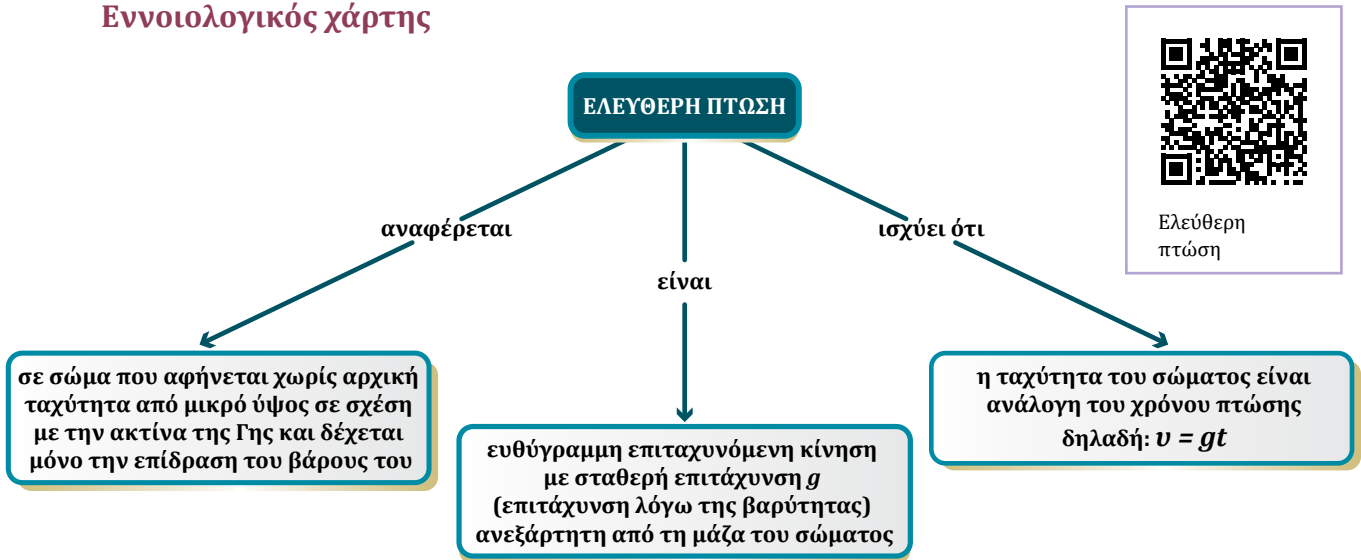
Ο Γαλιλαίος μπορούσε να μετρήσει τον χρόνο με το εκκρεμές. Ήταν δύσκολο όμως να μετρήσει πολύ μικρά χρονικά διαστήματα προκειμένου να βρει την ταχύτητα αντικειμένων που εκτελούν ελεύθερη πτώση, διότι αυτά πέφτουν πολύ γρήγορα. Πειραματίστηκε όμως αφήνοντας σφαίρες να κυλήσουν σε κεκλιμένα επίπεδα. Οι κινήσεις των σφαιρών πάνω στο κεκλιμένο είναι πιο αργές και έτσι μπορούσε να μετρήσει με ικανοποιητική ακρίβεια την απόσταση και τον αντίστοιχο χρόνο. Με τα πειράματα αυτά επαλήθευσε την υπόθεσή του ότι οι σφαίρες κινούνται με ταχύτητα που αυξάνεται με σταθερό ρυθμό, δηλαδή ότι εκτελούν ευθύγραμμη κίνηση με σταθερή επιτάχυνση. Στη συνέχεια παρατήρησε ότι όσο αύξανε τη γωνία του κεκλιμένου τόσο μεγαλύτερη γινόταν η επιτάχυνση. Όταν δε η γωνία γινόταν 90 μοίρες, δηλαδή το επίπεδο γινόταν κατακόρυφο, τότε η επιτάχυνση της σφαίρας γινόταν ίση με την επιτάχυνση της ελεύθερης πτώσης, δηλαδή η επιτάχυνση γινόταν ίση με τη  $g$ , την επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας.

Ψηφιακή δραστηριότητα: **Νοητικό πείραμα του Γαλιλαίου «Η πτώση των συνδεδεμένων σφαιρών»**



Η πτώση των  
συνδεδεμένων  
σφαιρών

## Εννοιολογικός χάρτης



## 4.4 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς είναι δυνατόν σε σωλήνα κενού το φτερό και η μπάλα του μπόουλινγκ που είναι 100 φορές βαρύτερη να πέφτουν ταυτόχρονα;
2. Σημειώστε  $\Sigma$  αν η πρόταση είναι σωστή ή  $\Lambda$  αν είναι λανθασμένη.
  - Α. Το ελαφρότερο σώμα πέφτει πιο αργά από το βαρύτερο, διότι δέχεται μεγαλύτερη αντίσταση από τον αέρα.
  - Β. Στον σωλήνα κενού δεν υπάρχει βαρύτητα, γι' αυτό πέφτουν ταυτόχρονα ένα βαρίδι και ένα φτερό.
  - Γ. Ένα βαρίδι έχει 1000 φορές μεγαλύτερη μάζα από ένα φτερό. Αν τα αφήσουμε ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος σε θάλαμο κενού, αποκτούν την ίδια επιτάχυνση.
  - Δ. Όλα τα σώματα στο κενό πέφτουν ταυτόχρονα.
  - Ε. Όταν αφήνουμε από το ίδιο ύψος, ένα μικρό τσαλακωμένο χαρτάκι και ένα μεγάλο χαρτί Α4, φτάνει πρώτο στο έδαφος το μικρό τσαλακωμένο χαρτάκι διότι υπάρχει αέρας.



## 4.4 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Μια μπάλα αφήνεται από ψηλά και εκτελεί ελεύθερη πτώση. Μετά από χρόνο 2s η ταχύτητα της μπάλας θα είναι μεγαλύτερη από 30m/s; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
2. Από κάποιο ύψος αφήνουμε να πέσει ελεύθερα μια μεταλλική σφαίρα. Ποια θα είναι η ταχύτητά της μετά από χρόνο 1s;



Ερωτήσεις  
πολλαπλής  
επιλογής



## 4.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Με τη βοήθεια ακουστικού χρονομέτρου μια ομάδα μαθητών βρίσκει ότι ο χρόνος της ελεύθερης πτώσης (χωρίς αρχική ταχύτητα) μιας πλαστικής φιάλης με νερό από κάποιο ύψος είναι 0,6s (δείτε το βίντεο από αντίστοιχο πείραμα).

**A.** Υπολογίστε την ταχύτητα της φιάλης πριν χτυπήσει στο έδαφος.

**B.** Αν κάνετε την υπόθεση ότι η μέση ταχύτητα της πτώσης της φιάλης είναι η μισή από την τελική της τιμή, να υπολογίσετε το ύψος από το οποίο αφέθηκε η φιάλη.

Θεωρήστε αμελητέα την αντίσταση του αέρα και  $g = 10\text{m/s}^2$ .

2. Ένας αλεξιπτωτιστής πέφτει ελεύθερα από ελικόπτερο. Ο αλεξιπτωτιστής δεν ανοίγει αμέσως το αλεξίπτωτο. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η ταχύτητά του σε σχέση με τον χρόνο.

Ταχύτητα (m/s)	Χρόνος (s)
0	0
10	1
20	2
	3
40	4
25	5
17	6
12	7
10	8
10	9
10	10

**A.** Να παραστήσετε γραφικά την ταχύτητα σε σχέση με τον χρόνο.

**B.** Να συμπληρώσετε τον πίνακα με την τιμή της ταχύτητας στα 3s.

**Γ.** Σε πόσο χρονικό διάστημα από τη στιγμή που ο αλεξιπτωτιστής εγκατέλειψε το ελικόπτερο άνοιξε το αλεξίπτωτο; Πώς προκύπτει αυτό από τα δεδομένα;

**Δ.** Ποιες δυνάμεις ασκούνται στον αλεξιπτωτιστή 2s αφότου αυτός εγκατέλειψε το ελικόπτερο; Να συγκρίνετε τα μέτρα τους κατά την παραπάνω χρονική στιγμή.

**E.** Ποιες δυνάμεις ασκούνται στον αλεξιπτωτιστή 6s αφότου αυτός εγκατέλειψε το ελικόπτερο; Να συγκρίνετε τα μέτρα τους κατά την παραπάνω χρονική στιγμή.

**ΣΤ.** Ποιες δυνάμεις ασκούνται στον αλεξιπτωτιστή 9s αφότου αυτός εγκατέλειψε το ελικόπτερο; Να συγκρίνετε τα μέτρα τους κατά την παραπάνω χρονική στιγμή.

**Z.** Αν ο αλεξιπτωτιστής επαναλάμβανε την πτώση, ανοίγοντας αλεξίπτωτο με διπλάσιο εμβαδόν στον ίδιο χρόνο με την πρώτη φορά, πώς θα επηρεαζόταν η γραφική παράσταση της ταχύτητάς του σε σχέση με τον χρόνο;

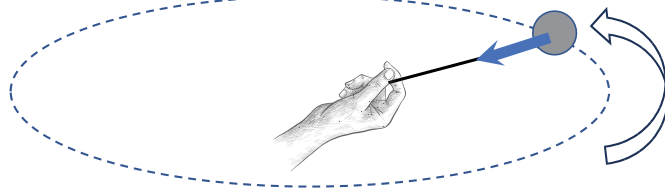


Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

## 4.5. Ομαλή κυκλική κίνηση

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να ορίζεις την ομαλή κυκλική κίνηση και να αναγνωρίζεις ότι σε αυτήν αλλάζει μόνο η κατεύθυνση και όχι το μέτρο της ταχύτητας.
2. Να ερμηνεύεις την ομαλή κυκλική κίνηση ως αποτέλεσμα ασκούμενων δυνάμεων σε εφαρμογή του 2ου νόμου του Newton.
3. Να αναγνωρίζεις την περίοδο και τη συχνότητα ως μεγέθη που περιγράφουν την ομαλή κυκλική κίνηση.



Εικόνα 4.5.1: Χέρι που περιστρέφει μπάλα δεμένη με νήμα



Εικόνα 4.5.2: Δορυφόρος



Εικόνα 4.5.3: Τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος



### Ας αναρωτηθούμε

Περιστρέφουμε μια μπάλα δεμένη με ένα νήμα ώστε να κινείται σε κυκλική τροχιά με σταθερό το μέτρο της ταχύτητας, όπως φαίνεται στην εικόνα (4.5.1). Με ποια χαρακτηριστικά μεγέθη θα μπορούσαμε να περιγράψουμε μια τέτοια κίνηση; Η δύναμη  $F$  από το νήμα στην μπάλα της προσδίδει κάποια επιτάχυνση; Τι κοινό χαρακτηριστικό έχει η κίνηση αυτή με την κίνηση ενός δορυφόρου της Γης;

## Ομαλή κυκλική κίνηση – εισαγωγή



Μία κίνηση που χαρακτηρίζεται ως «ομαλή κυκλική κίνηση» θα έχει τροχιά:

ευθύγραμμη  κυκλική  τυχαία καμπυλόγραμμη

Τι συμβαίνει με το μέτρο της ταχύτητας ενός σώματος που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση;

αυξάνεται  μειώνεται  παραμένει σταθερό

Τι θα συμβεί και γιατί, αν κοπεί το νήμα με το οποίο περιστρέφεται η μπάλα της εικόνας 4.5.1;

.....

.....

.....



### Α. Πρακτική δραστηριότητα: Κατασκευή διάταξης που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση

**Θα χρειαστείς:**

- Ένα νήμα μήκους περίπου 50cm,
- Γομολάστιχα.

**Ετοιμασία της διάταξης - πείραμα**

- Δέσε το ένα άκρο του νήματος με τη γομολάστιχα.
- Κράτησε το άλλο άκρο με το χέρι σου και προσπάθησε να εκτελέσεις μία κυκλική κίνηση με τη γομολάστιχα σε οριζόντιο επίπεδο.
- Προσπάθησε να κάνεις το ίδιο αλλά η ταχύτητα της γομολάστιχας να έχει σταθερό μέτρο.

**α.** Με μικρή ταχύτητα **β.** Με λίγο μεγαλύτερη ταχύτητα.

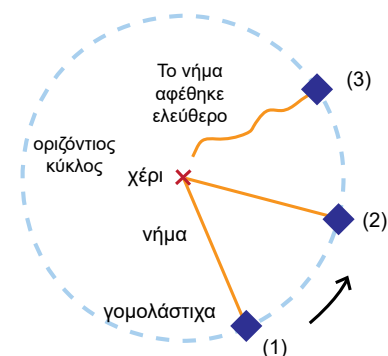
### Β. ΣΥΝΕΧΕΙΑ Δραστηριότητα στο χαρτί: (σχεδιάσε με μολύβι)

**B1 – ταχύτητα**

- Προς ποια κατεύθυνση θα κινηθεί η γομολάστιχα, αν περιστρέφεται σε οριζόντιο επίπεδο και αφήσεις ελεύθερο το νήμα; (θέση 3)

.....

- Στην εικόνα 4.5.4 σχεδίασε με διακεκομμένες γραμμές, την πορεία που νομίζεις ότι θα ακολουθήσει η γομολάστιχα, αν αφήσεις το νήμα ελεύθερο, στη θέση 3.
- Ποια νομίζεις ότι θα είναι η κατεύθυνση της ταχύτητας εκείνη τη στιγμή; Σχεδίασε το διάνυσμά της.
- Ποια νομίζεις ότι θα είναι η κατεύθυνση της ταχύτητας στις θέσεις (1) και (2). Σχεδίασε τα αντίστοιχα διανύσματα.



**Εικόνα 4.5.4:** Γομολάστιχα που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση.

**B2 – δύναμη**

- Όπως γνωρίζεις από τις προηγούμενες ενότητες, το τεντωμένο νήμα ασκεί μία δύναμη στο σώμα. Σχεδίασε αυτήν τη δύναμη στην εικόνα, στις θέσεις (1) και (2).
- Στη θέση (3) ασκείται αυτή η δύναμη; **ΝΑΙ**  **ΟΧΙ**
- Υπάρχει επιτάχυνση εξαιτίας αυτής της δύναμης; **ΝΑΙ**  **ΟΧΙ**

- Αν ΝΑΙ, ποια θα είναι η κατεύθυνσή της;
- .....

### Γ. Ψηφιακή δραστηριότητα: Ομαλή κυκλική κίνηση

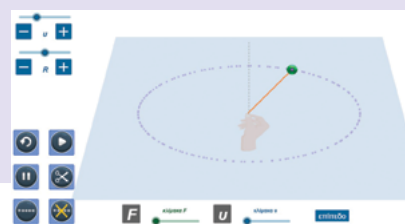
Με την προσομοίωση μπορείς να εκτελέσεις μία ομαλή κυκλική κίνηση και:

- να αλλάξεις την ακτίνα περιστροφής και το μέτρο της ταχύτητας,
- να «κόψεις» το νήμα και να δεις την πορεία που θα ακολουθήσει το σώμα,
- να δεις την κατεύθυνση του διανύσματος της ταχύτητας σε κάθε θέση,
- να δεις την κατεύθυνση της δύναμης που ασκεί το νήμα στο σώμα.

Αφού εκτελέσεις την προσομοίωση, κάνε τις απαραίτητες διορθώσεις στην εικόνα 4.5.4.



Ομαλή κυκλική κίνηση



Αποτύπωσε τα συμπεράσματά σου, συμπληρώνοντας τα παρακάτω κενά: **ομαλή, δύναμη(2), ταχύτητας, επιτάχυνση, κέντρο, ταχύτητα, εφαπτόμενη.**

Στην ομαλή κυκλική κίνηση η ..... είναι εφαπτόμενη της κυκλικής τροχιάς.

Η ..... που ασκείται σε ένα σώμα που εκτελεί μία τέτοια κίνηση έχει κατεύθυνση προς το ..... της τροχιάς. Υπάρχει επίσης ..... και έχει την ίδια κατεύθυνση με την .....

Όταν κόβεται το νήμα, δεν ασκείται η αναγκαία δύναμη που αλλάζει την κατεύθυνση της ..... του σώματος. Έτσι το σώμα δεν επιταχύνεται πλέον και εκτελεί ευθύγραμμη..... κίνηση σε κατεύθυνση ..... στην κυκλική τροχιά που εκτελούσε πριν κοπεί το νήμα.

## Περιγραφή της ομαλής κυκλικής κίνησης. Περίοδος, συχνότητα και ταχύτητα



Ποια μεγέθη νομίζεις ότι μπορούν να περιγράψουν **ποσοτικά** μία επαναλαμβανόμενη κίνηση, όπως είναι η ομαλή κυκλική κίνηση;

.....

.....



Η ομαλή κυκλική κίνηση εντάσσεται σε μία μεγάλη κατηγορία κινήσεων που επαναλαμβάνονται οι ίδιες σε ίσους χρόνους και λέγονται **περιοδικές**.

Ονομάζουμε **περίοδο  $T$**  της κυκλικής κίνησης τον χρόνο που χρειάζεται για έναν πλήρη κύκλο. Μονάδα της περιόδου στο S.I. είναι το 1s.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος της κυκλικής κίνησης είναι η συχνότητα.

Ορίζουμε ως **συχνότητα  $f$**  στην ομαλή κυκλική κίνηση το πηλίκο του αριθμού των κύκλων  $N$  που εκτελεί το σώμα σε χρονικό διάστημα  $\Delta t$  προς το χρονικό διάστημα  $\Delta t$ .

$$f = \frac{N}{\Delta t} \quad (4.5.1)$$

Η συχνότητα μας δείχνει πόσοι κύκλοι εκτελούνται από το υλικό σημείο στη μονάδα του χρόνου. Μονάδα της συχνότητας είναι ο κύκλος ανά δευτερόλεπτο (c/s) που λέγεται 1Hz (Χερτζ) προς τιμή του Γερμανού φυσικού Hertz.

Για παράδειγμα, μια κυκλική κίνηση που έχει συχνότητα 5Hz σημαίνει ότι το σώμα εκτελεί 5 περιφορές σε κάθε 1s.

### Σχέση συχνότητας – περιόδου.

Το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  που χρειάζεται για να ολοκληρώσει το σώμα ( $N = 1$ ) μια πλήρη περιφορά είναι μία περίοδος, δηλαδή:  $\Delta t = T$

Αντικαθιστούμε στην 4.5.1, οπότε:  $f = \frac{N}{T}$  (4.5.2)



## A. Πειραματική δραστηριότητα: Μέτρηση της περιόδου $T$ και της συχνότητας $f$

### Θα χρειαστείς:

- τη διάταξη που σχεδίασες,
- χρονόμετρο,
- μέτρο.

Το πείραμα μπορεί να εκτελεστεί κατά ομάδες.

### Πείραμα

- Κάποιο μέλος της ομάδας με τη διάταξη νήμα-γομολάστιχα εκτελεί μία ομαλή κυκλική κίνηση.
- Κάποιο άλλο μέλος μετράει με το χρονόμετρο πόσο διαρκούν οι 10 περιφορές.

Από τις μετρήσεις της ομάδας υπολόγισε:

- πόσο διαρκεί 1 περιφορά, δηλαδή την περίοδο της κίνησης,
- τη συχνότητα  $f$  της κίνησης,
- συμπλήρωσε τον Πίνακα 1.



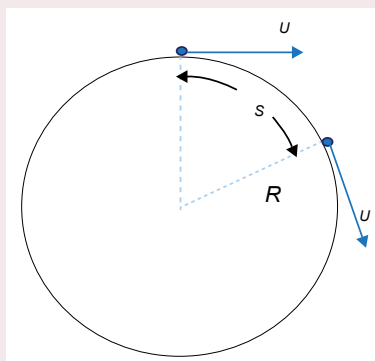
Ένα σώμα εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση όταν η τροχιά του είναι περιφέρεια κύκλου με ακτίνα  $R$  και το μέτρο της ταχύτητάς του είναι σταθερό. Η διεύθυνση της ταχύτητας είναι εφαπτόμενη στην τροχιά και δείχνει προς τα πού κινείται το σώμα (εικόνα 4.5.5).

Το μέτρο της ταχύτητας μπορεί να υπολογιστεί από το μήκος του τόξου  $s$  που διανύει το σώμα προς τον αντίστοιχο χρόνο  $t$ :

$$v = \frac{s}{t} \quad (4.5.3)$$

Επειδή το μέτρο είναι σταθερό, μπορούμε να το υπολογίσουμε από μία περιφορά. Τότε η απόσταση που διανύει θα είναι η περιφέρεια του κύκλου  $2\pi R$  (όπου  $\pi = 3.14$ ) και ο αντίστοιχος χρόνος θα είναι η περίοδος  $T$ .

Αρα μπορούμε να γράψουμε ότι:  $v = \frac{2\pi R}{T}$  (4.5.4)



Εικόνα 4.5.5: Η κατεύθυνση της ταχύτητας



## B. Πειραματική δραστηριότητα: Μέτρηση του μέτρου της ταχύτητας $v$

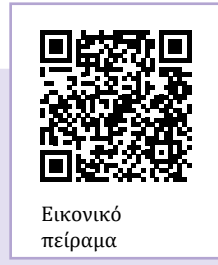
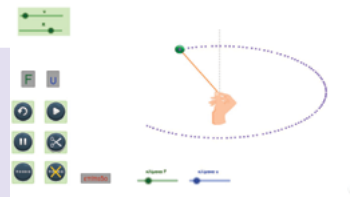
Για το πείραμα που εκτέλεσες, μέτρησε την ακτίνα περιφοράς:  $R = \dots\dots\dots$

Υπολόγισε την ταχύτητα από τη σχέση 4.5.4:  $v \dots\dots\dots$

**Γ. Ψηφιακή δραστηριότητα: Εικονικό πείραμα: Ομαλή κυκλική κίνηση**

Εναλλακτικά, μπορείς να εκτελέσεις μία ομαλή κυκλική κίνηση και:

- να μετρήσεις την περίοδο,
- να υπολογίσεις τη συχνότητα και την ταχύτητα (συνοδεύεται από φύλλο εργασίας).



Εικονικό πείραμα

**Αποτύπωσε τα συμπεράσματά σου, συμπληρώνοντας τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:**

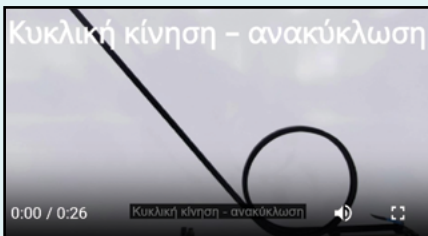


Η ομαλή κυκλική κίνηση είναι μία ..... κίνηση που μπορεί να περιγραφεί από την ..... και την .....  
Επίσης αν γνωρίζουμε και την ακτίνα της, μπορούμε να υπολογίσουμε το μέτρο της .....



**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΓΕΝΙΚΕΥΣΕΙΣ**

**Κυκλική κίνηση και ανακύκλωση**



**Βίντεο: Κυκλική κίνηση και ανακύκλωση**

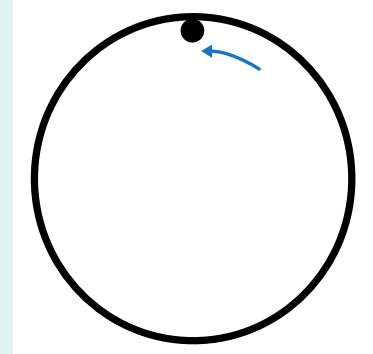
Το βίντεο εμφανίζει την κίνηση που θα εκτελέσει μία μπίλια όταν αφεθεί ελεύθερη στο πάνω αριστερό σημείο της διάταξης.



Αφού παρακολουθήσεις το βίντεο, απάντησε στο εξής:

Ποια ή ποιες νομίζεις ότι είναι οι δυνάμεις που ασκούνται στην μπίλια, όταν βρίσκεται στην ανώτερη θέση της κυκλικής τροχιάς; Σχεδιάσε τις πάνω στην εικόνα 4.5.6;

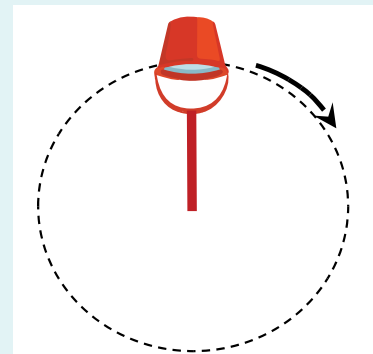
(Αυτές οι δυνάμεις κάνουν ό,τι κάνει η τάση του νήματος, όταν περιφέρεται το σώμα σε κυκλική τροχιά).



Εικόνα 4.5.6

**Κατακόρυφη περιφορά κάδου με νερό.**

Αν η συχνότητα περιφοράς είναι αρκετά μεγάλη, το νερό παραμένει στον κάδο και δεν χύνεται. Το βάρος του και η δύναμη που δέχεται από τον κάδο προκαλούν επιτάχυνση αλλάζοντας την κατεύθυνση της ταχύτητας του νερού. Μην επιχειρήσετε να το κάνετε σε εσωτερικό χώρο, αν δεν βεβαιωθείτε πρώτα ότι οι λαβές του κάδου δεν αποσπώνται και ότι ο κάδος δεν χτυπά στο έδαφος όταν φτάνει στο κατώτερο σημείο.



Εικόνα 4.5.7

**Περίοδος και συχνότητα περιστροφής της Γης**

Η Γη ολοκληρώνει μια περιστροφή γύρω από τον άξονά της σε 24 ώρες. Επομένως κάθε σημείο στην επιφάνεια της Γης (εκτός από τα δύο σημεία που ανήκουν στον άξονα περιστροφής) εκτελεί μια κυκλική κίνηση με περίοδο:

$$T = 24\text{h}$$

Αλλά  $1\text{h} = 60\text{min}$ ,  $1\text{min} = 60\text{s}$ . Έτσι η περίοδος της στο S.I. σε s είναι:  $T = 24 \cdot 60 \cdot 60 = 86.400\text{s}$  και η συχνότητά της είναι:

$$f = \frac{N}{T} \text{ ή } f = \frac{1}{86400\text{s}} = 0,000012 \text{ Hz}$$

Η Γη επίσης περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο. Ο χρόνος περιφοράς της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι ένα έτος, δηλαδή περίπου 365 ημέρες.

### Η κυκλική κίνηση της Σελήνης γύρω από τη Γη και οι ερμηνείες από τον Πλάτωνα μέχρι τον Αϊνστάιν

**Πλάτωνας:** Όλες οι κινήσεις των ουράνιων σωμάτων, συνεπώς και της Σελήνης, γίνονται σε τέλειους κύκλους, διότι έτσι είναι φτιαγμένος ο κόσμος.

**Αριστοτέλης:** Η Γη περιβάλλεται από επτά ομόκεντρους διαφανείς ουρανούς οι οποίοι περικλείουν ο ένας τον άλλον. Τα γήινα σώματα αποτελούνται από τέσσερα στοιχεία, τη Γη, το Ύδωρ, το Πυρ και τον Αέρα. Τα ουράνια σώματα όμως είναι φτιαγμένα από μια «πέμπτη ουσία» αγνή και αμετάβλητη. Η τέλεια κίνηση που αρμόζει στο πέμπτο αυτό στοιχείο είναι η ομαλή κυκλική κίνηση. Η Σελήνη, επειδή βρίσκεται στον ουρανό, θα κινείται κυκλικά.

**Γαλιλαίος:** Η κίνηση που εκτελούν τα επίγεια σώματα, χωρίς την επίδραση δύναμης, είναι η ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Επίσης, η Γη δεν βρίσκεται στο κέντρο του Σύμπαντος, αλλά περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο. Από την άλλη πλευρά, η κίνηση των ουράνιων σωμάτων, χωρίς την επίδραση δύναμης, είναι η ομαλή κυκλική. Έτσι η κίνηση της Σελήνης γύρω από τη Γη δεν χρειάζεται κάποια δύναμη για να γίνεται.

**Νεύτωνας:** Ενοποίηση της γήινης με την ουράνια βαρύτητα. Η κίνηση της Σελήνης γύρω από τη Γη είναι μια αδιάκοπη πτώση που οφείλεται στη βαρύτητα της Γης. Η δύναμη που κάνει ένα μήλο να πέφτει στο έδαφος αναγκάζει τη Σελήνη να αλλάζει διαρκώς ταχύτητα και να είναι σε κυκλική τροχιά γύρω από τη Γη.

**Αϊνστάιν:** Η βαρύτητα είναι καμπύλωση του χωρόχρονου. Έτσι η Σελήνη κινείται κυκλικά λόγω της καμπύλωσης του χωρόχρονου.

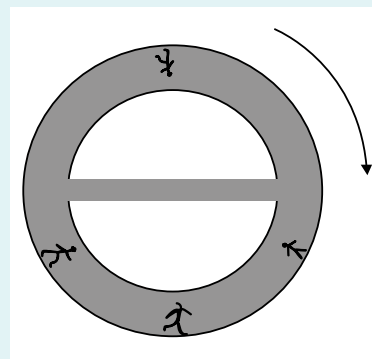
#### Τεχνητή βαρύτητα σε έναν διαστημικό σταθμό

Σε έναν διαστημικό σταθμό, που περιφέρεται γύρω από τη Γη, τα διάφορα σώματα στο εσωτερικό του αιωρούνται. Οι αστροναύτες αισθάνονται σαν να μην υπάρχει βαρύτητα. Λέμε ότι επικρατούν συνθήκες έλλειψης βαρύτητας. Τα σώματα όμως έχουν βάρος, το οποίο είναι η απαραίτητη δύναμη που χρειάζεται για να εκτελούν με τον διαστημικό σταθμό κυκλική κίνηση γύρω από τη Γη.

Επίσης, σε μελλοντικούς διαστημικούς σταθμούς στο βαθύ διάστημα η βαρύτητα μπορεί να είναι αμελητέα και οι αστροναύτες στο εσωτερικό τους να αιωρούνται επίσης.

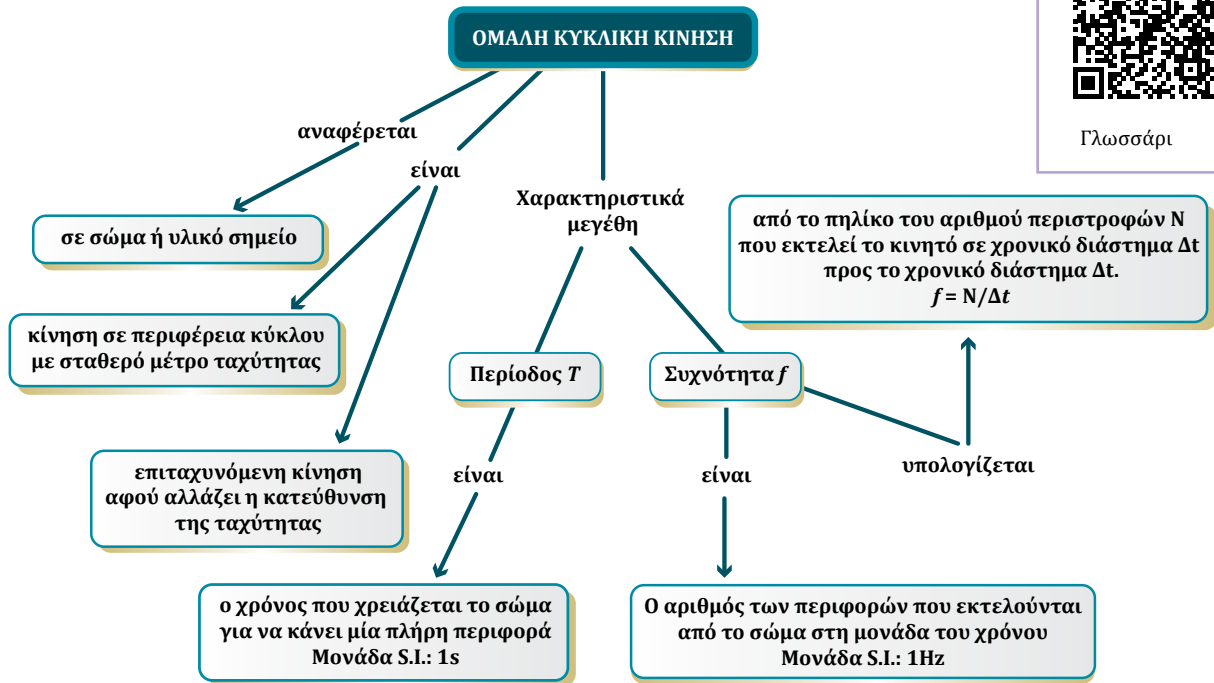
Για να αισθάνονται σε κάθε περίπτωση οι αστροναύτες σαν να υπάρχει βαρύτητα, όπως στη Γη θα πρέπει ο σταθμός να περιστρέφεται. Ο διαστημικός σταθμός προτείνεται να έχει τη μορφή σαμπρέλας με έναν τομέα σύνδεσης ο οποίος ευρίσκεται κατά μήκος μιας διαμέτρου του, όπως φαίνεται στην κάτοψη του σταθμού εικόνα 4.5.8.

Τότε κάθε αστροναύτης θα εκτελεί μια κυκλική κίνηση ώστε η κάθετη δύναμη από το πάτωμα, όταν είναι ακίνητος, να είναι ίση με το βάρος που θα είχε στη Γη. Αυτή η κάθετη δύναμη θα είναι υπεύθυνη για την κυκλική κίνηση του αστροναύτη.



Εικόνα 4.5.8

## Εννοιολογικός χάρτης

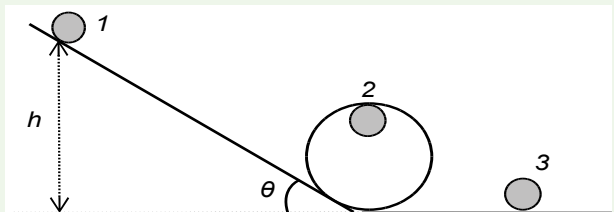


### 4.5 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια δύναμη αλλάζει την κατεύθυνση της ταχύτητας:

- A. Ενός αυτοκινήτου που κινείται σε κυκλική πλατεία;
- B. Ενός δορυφόρου της Γης σε κυκλική τροχιά;
- Γ. Ενός αεροπλάνου που κινείται σε οριζόντιο κύκλο;
- Δ. Της Γης κατά την περιφορά της γύρω από τον Ήλιο;
- Ε. Της Σελήνης κατά την περιφορά της γύρω από τη Γη;

**ΣΤ.** Της μπάλας στη θέση 2, όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα; Η μπάλα αφήνεται από κατάλληλο ύψος  $h$  στη θέση 1 ενός εργαστηριακού στίβου ανακύκλωσης και οριακά κινείται σε κατακόρυφο κύκλο (εκτελώντας ανακύκλωση). Βγαίνοντας από τον κατακόρυφο κύκλο η μπάλα συνεχίζει κινούμενη σε οριζόντιο έδαφος στη θέση 3.



**Z.** Της μπάλας στη θέση 2, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα; Η μπάλα αφήνεται από ύψος μεγαλύτερο από το προηγούμενο  $h$  και εκτελεί ανακύκλωση στον εργαστηριακό στίβο.

**H.** Ενός αστροναύτη σε μελλοντικό διαστημικό σταθμό, ο οποίος περιστρέφεται δημιουργώντας συνθήκες τεχνητής βαρύτητας;

2. **Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.** Ένα σώμα εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση με συχνότητα 2Hz. Αυτό σημαίνει ότι το κινητό εκτελεί:

- A. 2 κύκλους κάθε 2s.
- B. 1 κύκλο κάθε 2s.
- Γ. 1 κύκλο κάθε 2s.
- Δ. δύο κύκλους κάθε 1s.

- 3. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.** Για ένα σώμα που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, το διάνυσμα της ταχύτητας  $v$  του σώματος:
- A. είναι σταθερό.
  - B. είναι συνεχώς εφαπτόμενο της τροχιάς.
  - Γ. έχει κατεύθυνση προς το εσωτερικό της τροχιάς.
  - Δ. έχει συνεχώς κατεύθυνση προς το κέντρο του κύκλου.
- 4. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.** Ένα σώμα εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση με συχνότητα 10Hz. Η περίοδός του είναι ίση με:
- A. 10s
  - B. 1s.
  - Γ. 0,5s
  - Δ. 0,1s.
- 5. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.** Στην ομαλή κυκλική κίνηση:
- A. Η περίοδος είναι ίση με τον αριθμό των περιστροφών στη μονάδα του χρόνου.
  - B. Η ταχύτητα είναι σταθερή.
  - Γ. Η επιτάχυνση είναι μηδέν.
  - Δ. Η περίοδος είναι σταθερή.
- 6. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.** Δορυφόρος κινείται γύρω από τη Γη. Θεωρούμε την κίνησή του ομαλή κυκλική κίνηση.
- A. Η ταχύτητά του είναι σταθερή.
  - B. Η δύναμη που τον κρατά σε κυκλική τροχιά είναι η βαρυτική δύναμη από τη Γη.
  - Γ. Η επιτάχυνσή του είναι μηδέν.
  - Δ. Ο δορυφόρος δεν δέχεται καμία δύναμη.
- 7. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.** Μία μικρή σφαίρα δεμένη σε νήμα, που το άλλο του άκρο είναι στερεωμένο, εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Κόβουμε το νήμα. Η μικρή σφαίρα θα:
- A. Σταματήσει αυτόματα να κινείται.
  - B. Κινηθεί διαγράφοντας τυχαία καμπύλη τροχιά.
  - Γ. Κινηθεί στην κατεύθυνση της εφαπτομένης της κυκλικής τροχιάς, στο σημείο που κόπηκε το νήμα.
  - Δ. Κινηθεί προς το κέντρο του κύκλου.

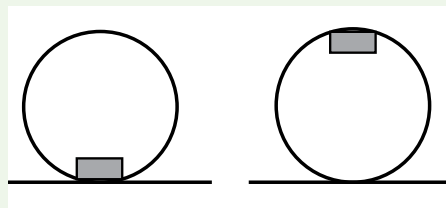
**Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.**



#### 4.5 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

- 1.** Ένα αντικείμενο δένεται στην άκρη ενός κορδονιού και εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση σε οριζόντιο κύκλο ακτίνας 4 m, συμπληρώνοντας 2 περιφορές σε 6 δευτερόλεπτα. Να προσδιορίσετε την ταχύτητα του αντικειμένου.
- 2. Α.** Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω στο αυτοκινητάκι του Λούνα Παρκ όταν βρίσκεται στο ανώτερο και στο κατώτερο σημείο της κυκλικής κίνησης που εκτελεί πάνω στην κατακόρυφη σιδηροτροχιά.
- Β.** Το αυτοκινητάκι έχει μάζα  $m = 100\text{kg}$ . Στο ανώτερο σημείο της τροχιάς του έχει επιτάχυνση  $24\text{ m/s}^2$  με

κατεύθυνση προς τα κάτω και στο κατώτερο σημείο της τροχιάς του έχει επιτάχυνση  $12\text{ m/s}^2$  με κατεύθυνση προς τα πάνω. Χρησιμοποιήστε τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα για να καλύψετε όλα τα κενά και για να προσδιορίσετε τελικά την κάθετη δύναμη που ασκείται στο αυτοκινητάκι. Δίνεται  $g = 10\text{m/s}^2$ .



#### ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΣΗΜΕΙΟ

$\Sigma F = \dots\dots\dots$

$w = \dots\dots\dots$

$N = \dots\dots\dots$

#### ΑΝΩΤΕΡΟ ΣΗΜΕΙΟ

$\Sigma F = \dots\dots\dots$

$w = \dots\dots\dots$

$N = \dots\dots\dots$

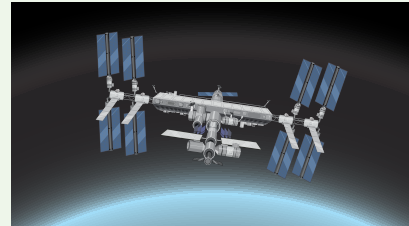
3. Ένα αυτοκίνητο κινείται με ταχύτητα σταθερού μέτρου  $15 \text{ m/s}$  σε κυκλικό δρόμο με ακτίνα  $30 \text{ m}$ . Να υπολογίσετε:

- A.** την περίοδο της κυκλικής κίνησης του αυτοκινήτου.  
**B.** τη συχνότητα της κυκλικής κίνησης του αυτοκινήτου.  
**Γ.** την απόσταση που διανύει το αυτοκίνητο σε  $10 \text{ s}$ .



#### 4.5 ΠΡΟΒΛΗΜΑ

1. Ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός (ISS) κινείται σε κυκλική τροχιά γύρω από τη Γη σε μέση απόσταση περίπου  $400 \text{ km}$  πάνω από την επιφάνειά της. Ο σταθμός εκτελεί μια πλήρη περιφορά γύρω από τη Γη κάθε  $92 \text{ min}$ . Υπολογίστε την ταχύτητα του ISS στην τροχιά του γύρω από τη Γη. Δίνεται η ακτίνα της Γης  $R_T = 6.371 \text{ km}$ .



Επίλεξε τις σωστές προτάσεις στο ψηφιακό ερωτηματολόγιο.  
(Μπορείς να επαναλάβεις το ερωτηματολόγιο όσες φορές θέλεις).



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο



#### ΕΡΓΑΣΙΑ

Να συλλέξετε πληροφορίες εργαζόμενοι σε ομάδες για τις κινήσεις των πλανητών του ηλιακού μας συστήματος και για τις πεποιθήσεις αρχαίων πολιτισμών σχετικά με τα ουράνια αντικείμενα, προλήψεις, μύθους κτλ. Να τις παρουσιάσετε στην τάξη.





Η ενέργεια είναι μία από τις πιο θεμελιώδεις έννοιες της φυσικής, καθώς συνδέεται με κάθε μορφή κίνησης και αλληλεπίδρασης. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα μελετήσεις το **έργο δύναμης** και στη συνέχεια θα γνωρίσεις δύο βασικές μορφές ενέργειας την **Κινητική ενέργεια**, που σχετίζεται με την ταχύτητα ενός σώματος, και την **Δυναμική ενέργεια**, η οποία αποθηκεύεται λόγω της θέσης ή της κατάστασης ενός σώματος.

Επίσης θα μελετήσεις πώς η **βαρυτική δυναμική ενέργεια** εξαρτάται από το ύψος ενός σώματος και τη μάζα του.

Τέλος θα εξετάσεις τη **διατήρηση της ενέργειας** σε ένα μηχανικό σύστημα, όπου η συνολική ενέργεια παραμένει σταθερή, ακόμα κι αν μετατρέπεται από τη μία μορφή στην άλλη. Ιδιαίτερα θα εξετάσεις τη **μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε θερμική** λόγω της τριβής.

# 05.

## Ενέργεια και Διατήρηση Ενέργειας

### ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

5.1. Κινητική και Δυναμική Ενέργεια

5.2. Διατήρηση ενέργειας σε μηχανικό σύστημα

# Κεφάλαιο 5 – Ενέργεια και διατήρηση ενέργειας

## 5.1. Κινητική και Δυναμική ενέργεια

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να ορίζεις το έργο μιας δύναμης.
2. Να ορίζεις τις μονάδες έργου.
3. Να ορίζεις την κινητική ενέργεια και να την υπολογίζεις.
4. Να διερευνάς ποιοτικά την κινητική ενέργεια μέσω των αποτελεσμάτων της.
5. Να αναγνωρίζεις τη δυναμική ενέργεια ως την ενέργεια λόγω θέσης ή κατάστασης.
6. Να αναγνωρίζεις τη μαθηματική σχέση που περιγράφει τη βαρυτική δυναμική ενέργεια και να εξηγείς τα σύμβολα που εμπεριέχονται σε αυτή.



Εικόνα 5.1.1: Υδροηλεκτρικό εργοστάσιο



Εικόνα 5.1.2: Άνθρωπος σπρώχνει αυτοκίνητο



Εικόνα 5.1.3: Γερανός



Εικόνα 5.1.4: Ανύψωση παλετών



### Ας αναρωτηθούμε

- Στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο, από πού προέχεται η ηλεκτρική ενέργεια; Θα είχαμε ενέργεια αν το νερό δεν είχε ταχύτητα; Θα είχε ταχύτητα αν δεν έπεφτε από ψηλά; Ποιες δυνάμεις μεταμορφώνουν την ενέργεια στις περιπτώσεις των παραπάνω εικόνων; Τι μορφή έχει η ενέργεια του νερού και των παλετών ψηλά και χαμηλά;
- Στις εικόνες 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4 φαίνονται περιπτώσεις όπου ένας άνθρωπος ή μια μηχανή ασκεί δύναμη σε ένα σώμα που μετατοπίζεται. Με άλλα λόγια, ο άνθρωπος ή η μηχανή εκτελεί, όπως λέμε, κάποιο έργο. Αν υποθέσουμε ότι έπρεπε να δοθεί κάποια αμοιβή ανάλογα με το έργο σε κάθε περίπτωση, πώς θα έπρεπε να σκεφτούμε; Τι θα έπρεπε να λάβουμε υπόψη;

### Το έργο δύναμης



Ο άνθρωπος σπρώχνει ένα αυτοκίνητο, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.1.2. Τότε μεταφέρεται ενέργεια με τη μορφή μηχανικού έργου από τον άνθρωπο στο αυτοκίνητο. Μέρος της χημικής ενέργειας που ήταν αποθηκευμένη στους μύες του, μεταμορφώνεται σε κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου.

**Το μηχανικό έργο είναι μια μορφή μεταφερόμενης ενέργειας, ενώ η χημική και η κινητική ενέργεια είναι μορφές αποθηκευμένης ενέργειας.**

Το έργο είναι μονόμετρο μέγεθος και συμβολίζεται με  $W$ .

## Υπολογισμός του έργου



Ένας γερανός ανεβάζει παλέτες με τούβλα ίδιου βάρους από το ισόγειο στους διάφορους ορόφους ενός κτιρίου που είναι σε κατασκευή. Οι διαδοχικοί όροφοι μεταξύ τους απέχουν όλοι την ίδια απόσταση. Η άνοδος κάθε παλέτας γίνεται πάρα πολύ αργά, πρακτικά με σταθερή ταχύτητα. Συνεπώς, η δύναμη που ασκεί ο γερανός θα είναι ίση με το βάρος του αντικειμένου που ανεβάζει.

Ας επικεντρωθούμε στο έργο που εκτελείται από τη δύναμη του γερανού σε τρεις περιπτώσεις:

**ΕΡΓΟ 1:** Ο γερανός ανέβασε μια παλέτα στον 1ο όροφο

**ΕΡΓΟ 2:** Ο γερανός ανέβασε μια παλέτα στον 2ο όροφο

**ΕΡΓΟ 3:** Ο γερανός ανέβασε μαζί δύο παλέτες στον 1ο όροφο

Ποια η σχέση των τριών έργων που εκτελούνται από τη δύναμη που ασκεί ο γερανός; Πώς σκέφτηκες;

.....

.....



### Πρακτική δραστηριότητα: Έργο και κούραση

Ανύψωσε με το ένα χέρι σου ένα βιβλίο σε ύψος 0,5m, στη συνέχεια ανύψωσε το ίδιο βιβλίο σε ύψος 1m και μετά ανύψωσε δύο ίδια βιβλία σε ύψος 1m. Τέλος, κράτησε με το ένα χέρι τα δύο βιβλία σε ύψος ενός μέτρου για δύο λεπτά.



Συζήτησε για το πότε κουράστηκες περισσότερο και δώσε ερμηνείες με βάση τον ορισμό του έργου δύναμης. Η κούραση που αισθάνεσαι μπορεί σε κάθε περίπτωση να βαθμολογήσει το έργο που εκτέλεσες;

.....

.....

.....

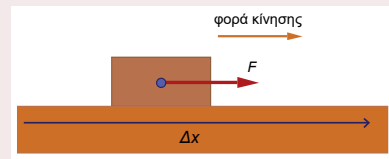


Στη γλώσσα της Φυσικής λέμε ότι μια δύναμη εκτελεί έργο όταν μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της. Θα εξετάσουμε τις περιπτώσεις που η διεύθυνση της δύναμης  $F$  είναι παράλληλη με τη μετατόπιση  $\Delta x$ .

**A.** Η κατεύθυνση της δύναμης είναι ίδια με την κατεύθυνση της μετατόπισης (εικόνα 5.1.5(α)).

Το έργο δίνεται από τη σχέση:  $W = F \cdot \Delta x$  (5.1.1)

Το έργο είναι θετικό, το λέμε παραγόμενο έργο και η δύναμη «δίνει» ενέργεια στο σώμα.



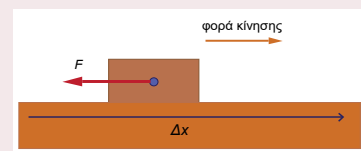
(α)

**B.** Η κατεύθυνση της δύναμης είναι αντίθετη με την κατεύθυνση της μετατόπισης (εικόνα 5.1.5(β)).

Το έργο δίνεται από τη σχέση :

$$W = -F \cdot \Delta x \quad (5.1.2)$$

Το έργο είναι αρνητικό, το λέμε καταναλισκόμενο έργο και η δύναμη «αφαιρεί» ενέργεια από το σώμα.



(β)

**Εικόνα 5.1.5:** (α) Το έργο της δύναμης  $F$  είναι θετικό. (β) Το έργο της δύναμης  $F$  είναι αρνητικό

#### Έργα δυνάμεων σε μία οριζόντια μετακίνηση

Στην εικόνα 5.1.6 ένα σώμα κινείται πάνω σε ένα συνηθισμένο δάπεδο εξαιτίας της δύναμης  $F$ .

Το έργο της δύναμης  $F$  είναι θετικό και υπολογίζεται από τη σχέση:  $W_F = F \cdot \Delta x$

Υπάρχει τριβή  $T$  η οποία είναι αντίθετη της φοράς κίνησης και το έργο της είναι αρνητικό. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$W_T = -T \cdot \Delta x \quad (5.1.3)$$

Οι δυνάμεις  $N$  και  $w$  είναι κάθετες στη μετατόπιση και το έργο τους είναι μηδέν.

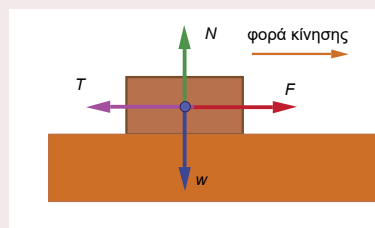


Εικόνα 5.1.7

**Μονάδα έργου:** Η μονάδα του έργου στο S.I. είναι το 1 Joule ή συνοπτικά 1J προς τιμή του επιστήμονα James Prescott Joule.

Το 1J είναι το έργο που εκτελείται από μια δύναμη όταν αυτή μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της κατά 1m πάνω στη διεύθυνσή της.

Ισχύει ότι:  $1J = 1N \cdot m$



Εικόνα 5.1.6: Κίνηση σώματος εξαιτίας μίας δύναμης  $F$

**Σημείωση:** Με βάση τον προηγούμενο ορισμό του έργου, αν μια δύναμη δεν μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της, δεν εκτελεί έργο. Ο αθλητής της άρσης βαρών της εικόνας 5.1.7 ασκεί δυνάμεις που παράγουν έργο κατά την άνοδο των βαρών, αλλά δεν εκτελούν έργο για όσο χρόνο τα κρατάει ακίνητα.

## Η κινητική ενέργεια



Αφού η κινητική ενέργεια είναι η ενέργεια ενός σώματος λόγω κίνησης, η ποσοτική σχέση από την οποία υπολογίζεται ποιο ή ποια μεγέθη νομίζεις ότι θα πρέπει να εμπεριέχει;

.....

.....



Ψηφιακή δραστηριότητα - Εικονικό πείραμα: **Από τι εξαρτάται η κινητική ενέργεια - Διερεύνηση μέσω των αποτελεσμάτων της**

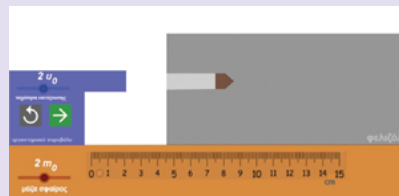
Δίνεται ένα εργαστηριακό πυροβόλο που ρίχνει σφαίρες με ρυθμιζόμενη ταχύτητα. Μπορείς να αλλάξεις την ταχύτητα εκτόξευσης ( $v_0, 2v_0, 3v_0$ ) και τη μάζα της σφαίρας ( $m, 2m, 3m$ ). Η σφαίρα κινείται και εισέρχεται σε ένα σταθερό κομμάτι φελιζόλ. Κατά την κίνησή της μέσα στο φελιζόλ δέχεται μια δύναμη που αντιστέκεται στην κίνησή της μέχρι που μηδενίζει την ταχύτητά της. Για ευκολία θεωρούμε ότι η δύναμη αυτή είναι σταθερή.

Η κινητική ενέργεια της σφαίρας είναι ίση κατά απόλυτη τιμή με το έργο που εκτελείται από τη δύναμη αυτή, η οποία αντιστέκεται στην κίνησή της μέχρι να μηδενιστεί η ταχύτητά της. Το έργο της δύναμης αυτής όμως είναι:  $W_F = -F \cdot \Delta x$ . Συνεπώς, η κινητική ενέργεια θα είναι:  $K = F \cdot \Delta x$ , δηλαδή ανάλογη του βάθους  $\Delta x$  στο οποίο εισχωρεί η σφαίρα μέσα στο φελιζόλ μέχρι να σταματήσει.

Στη δραστηριότητα αυτή σου ζητείται να προσδιορίσεις από τι εξαρτάται η κινητική ενέργεια.



Εικονικό πείραμα



## A. Κινητική ενέργεια και ταχύτητα

ΠΙΝΑΚΑΣ 1	
Μάζα σφαίρας	
Ταχύτητα εκτόξευσης	Βάθος στο φελιζόλ(cm)

• Επίλεξε μία μάζα για τη σφαίρα: .....

.....

- Επίλεξε ταχύτητα εκτόξευσης  $v_0$  και μέτρησε το βάθος στο οποίο θα φτάσει η μύτη της σφαίρας μέσα στο φελιζόλ.
- Επανάλαβε τη διαδικασία με ταχύτητες  $2v_0$  και  $3v_0$ .
- Συμπλήρωσε τις τιμές στον **Πίνακα 1**.

Με τις μετρήσεις που έκανες, συμπλήρωσε τις παρακάτω προτάσεις:

1. Όταν διπλασιάζεται η ταχύτητα εκτόξευσης, το βάθος στο οποίο φτάνει η μύτη της σφαίρας  
.....
2. Όταν τριπλασιάζεται η ταχύτητα εκτόξευσης, το βάθος στο οποίο φτάνει η μύτη της σφαίρας  
.....
3. Το βάθος στο οποίο φτάνει η σφαίρα και άρα η κινητική της ενέργεια, είναι ..... της ταχύτητας της σφαίρας.  
.....

## B. Κινητική ενέργεια και μάζα

ΠΙΝΑΚΑΣ 2	
Ταχύτητα εκτόξευσης	
Μάζα σφαίρας	Βάθος στο φελιζόλ(cm)

• Επίλεξε μία ταχύτητα εκτόξευσης για τη σφαίρα: .....

.....

- Επίλεξε μάζα σφαίρας το  $m$  και μέτρησε το βάθος στο οποίο θα φτάσει η μύτη της σφαίρας στο φελιζόλ.
- Επανάλαβε τη διαδικασία με μάζες  $2m$  και  $3m$ .
- Συμπλήρωσε τις τιμές στον **Πίνακα 2**.

Με τις μετρήσεις που έκανες, συμπλήρωσε τις παρακάτω προτάσεις:

4. Όταν διπλασιάζεται η μάζα της σφαίρας, το βάθος στο οποίο φτάνει η μύτη της σφαίρας  
.....
5. Όταν τριπλασιάζεται η μάζα της σφαίρας, το βάθος στο οποίο φτάνει η μύτη της σφαίρας  
.....
6. Το βάθος στο οποίο φτάνει η σφαίρα και άρα η κινητική της ενέργεια, είναι ..... της μάζας της σφαίρας.  
.....



Από την προηγούμενη επεξεργασία, αποτύπωσε τα συμπεράσματά σου, χρησιμοποιώντας τις επόμενες λέξεις/εκφράσεις: **κινητική ενέργεια, μάζα, τετράγωνο ταχύτητας, ανάλογη(2)**.

.....

.....

.....

.....

## Υπολογισμός έργου και κινητικής ενέργειας



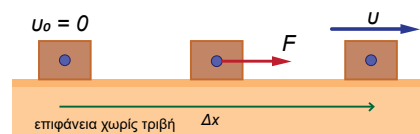
Η κινητική ενέργεια ενός σώματος είναι ανάλογη με τη μάζα του σώματος και ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητάς του. Ο συντελεστής αναλογίας αποδεικνύεται ότι είναι  $\frac{1}{2}$  και η κινητική ενέργεια υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (5.1.4)$$



Αν σε ένα ακίνητο σώμα που βρίσκεται πάνω σε ένα οριζόντιο δάπεδο που δεν εμφανίζει τριβές δράσει μία δύναμη  $F$ , αυτό θα αρχίσει να επιταχύνεται. Πώς συνδέεται το έργο της δύναμης  $W_F$  με την κινητική ενέργεια  $K$  που αποκτάει το σώμα κάποια χρονική στιγμή;

1.  $W_F > K$
2.  $W_F = K$
3.  $W_F < K$
4. Τίποτα από τα προηγούμενα



Εικόνα 5.1.8: Κίνηση του σώματος εξαιτίας μιας δύναμης  $F$



Ψηφιακή δραστηριότητα: Εικονικό πείραμα: Έργο και κινητική ενέργεια

Στο εικονικό πείραμα φαίνεται ένα σώμα – τουβλάκι που βρίσκεται ακίνητο πάνω σε μία οριζόντια επιφάνεια που δεν έχει τριβή. Όταν στο τουβλάκι ασκηθεί μία δύναμη  $F$ , αρχίζει να κινείται και καταγράφεται η ταχύτητά του και η μετατόπισή του.

Για μία τυχαία θέση σταμάτησε την εκτέλεση της προσομοίωσης και κάνε τα εξής:

Κατάγραψε την τιμή της δύναμης  $F$ , της μετατόπισης  $\Delta x$  και της ταχύτητας  $v$ :

$F = \dots\dots\dots N$ ,  $\Delta x = \dots\dots\dots m$ ,  $v = \dots\dots\dots m/s$ .

Υπολόγισε το έργο της δύναμης  $W_F$  από τη σχέση (5.1.1)

.....

Υπολόγισε την κινητική ενέργεια  $K$  από τη σχέση (5.1.4)

.....

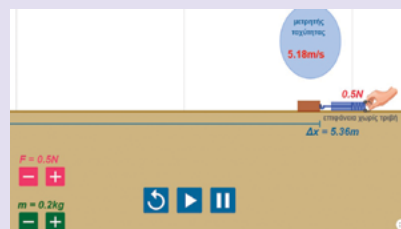
Επίλεξε τη σωστή απάντηση. Από τους υπολογισμούς που έκανες διαπίστωσες ότι:

$W_F > K$         $W_F = K$         $W_F < K$

Αν έχεις χρόνο μπορείς να επαναλάβεις τη διαδικασία με διαφορετική μάζα σώματος και δύναμη  $F$ .



Έργο - Κινητική Ενέργεια



Συμπλήρωσε τα κενά στην παρακάτω πρόταση:

Όταν σε ένα ακίνητο σώμα που βρίσκεται πάνω σε ένα οριζόντιο επίπεδο που ..... εμφανίζει τριβές, ασκηθεί μία δύναμη  $F$ , τότε αυτή μετακινεί το σημείο ..... της κατά  $\Delta x$ , το σώμα αποκτάει ..... ενέργεια ..... με το έργο της δύναμης. Συνεπώς ισχύει ότι: .....

## Η δυναμική ενέργεια



Ας σκεφτούμε την περίπτωση του αθλητή της άρσης βαρών. Αυτός άσκησε δύναμη για να σηκώσει την μπάρα με τα βαρίδια. Σύμφωνα με όσα έχουν ήδη αναφερθεί, η χημική ενέργεια που κατανάλωσε ο αθλητής μέσω του έργου της δύναμής του μεταφέρθηκε στην μπάρα με τα βαρίδια. Ποια μορφή ενέργειας έχει η μπάρα με τα βαρίδια στην ανώτερη θέση που την κρατά ο αθλητής;

.....



### Πειραματική δραστηριότητα: Έργο και δυναμική ενέργεια

#### Θα χρειαστείς:

- Ένα βιβλίο και μία ζυγαριά.

#### Εκτέλεση πειράματος

- Να ζυγίσεις το βιβλίο και να καταγράψεις τη μάζα του:  $m = \dots\dots\dots$
- Υπολόγισε το βάρος του  $w$ , αν γνωρίζεις ότι το  $g = 9,81\text{m/s}^2$ :  $w = \dots\dots\dots$
- Ανέβασε σιγά-σιγά το βιβλίο σε ύψος  $0,5\text{m}$ . Τότε, σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, η δύναμη  $F$  που άσκησες στο βιβλίο θα είναι ίση με το βάρος του  $w$ . Άρα η  $F = \dots\dots\dots$
- Υπολόγισε το έργο της δύναμης  $F$  για αυτήν τη μετακίνηση:  $W_F = \dots\dots\dots$

Το έργο της δύναμης, σύμφωνα με όσα ήδη αναφέραμε, εκφράζει το ποσό ενέργειας που μεταφέρθηκε στο βιβλίο. Αυτό βρίσκεται σε μία θέση που αν αφεθεί ελεύθερο θα κινηθεί.

- Άρα το βιβλίο σε αυτήν τη θέση έχει ενέργεια ίση με το έργο  $W_F$  και ονομάζεται **βαρυτική δυναμική ενέργεια**  $U = \dots\dots\dots$



#### Η σχέση της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας

Όταν το βιβλίο βρίσκεται σε κάποιο ύψος  $h$  από μία επιφάνεια, έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια  $U$  και εξαιτίας αυτής θα κινηθεί όταν αφεθεί ελεύθερο (από τη δύναμη του βάρους του).

Και λίγους υπολογισμούς:

- Η μικρότερη δύναμη που μπορεί να σηκώσει το βιβλίο σιγά-σιγά είναι:  $F = w = mg$
- Το έργο της δύναμης  $F$  είναι θετικό και ίσο με:  $W_F = Fh$  ή  $W_F = mgh$
- Το έργο  $W_F$  εκφράζει το ποσό ενέργειας που μεταφέρθηκε στο βιβλίο και αποθηκεύτηκε ως βαρυτική δυναμική ενέργεια. Οπότε:

$$U = mgh \quad (5.1.5)$$



#### Συμπλήρωσε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις.

Ένα σώμα που βρίσκεται σε ύψος  $h$  από το έδαφος έχει βαρυτική ..... ενέργεια  $U$ . Αυτό όταν αφεθεί ελεύθερο, θα .....

Ο τύπος της (βαρυτικής) δυναμικής ενέργειας δίνεται από τη σχέση .....

#### Παράδειγμα

Να υπολογιστεί σε J η δυναμική ενέργεια μιας μπάλας με μάζα  $400\text{g}$ , την οποία κρατά ένα παιδί σε ύψος  $1,8\text{m}$  από το έδαφος. Δίνεται ότι μάζα  $1\text{Kg}$  αντιστοιχεί σε βάρος  $10\text{N}$ .

.....

.....



Η βαρυτική δυναμική ενέργεια αναφέρεται σε σύστημα σωμάτων τα οποία αλληλεπιδρούν με βαρυτικές αλληλεπιδράσεις. Εδώ μας ενδιαφέρει η βαρυτική αλληλεπίδραση μεταξύ ενός σώματος και της Γης. Στην περίπτωση αυτή για ευκολία μπορούμε να αναφερόμαστε σε βαρυτική δυναμική ενέργεια του σώματος η οποία περιγράφει την αλληλεπίδραση αυτή. Η θέση μηδενικής δυναμικής ενέργειας καθορίζεται αυθαίρετα και συνήθως είναι το κατώτερο σημείο στο οποίο βρίσκεται το σώμα.

Δυναμική ενέργεια μπορεί να έχουμε όχι μόνο λόγω θέσης αλλά και λόγω κατάστασης. Για παράδειγμα, ένας τοξοβόλος, για να τεντώσει το τόξο, καταναλώνει χημική ενέργεια η οποία μεταφέρεται στο σύστημα τόξο-βέλος μέσω της δύναμης που ασκεί για να τεντώσει το βέλος. Αυτή η ενέργεια μένει «αποθηκευμένη» ως ελαστική δυναμική ενέργεια, η οποία μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια όταν εκτοξευτεί το βέλος.



## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

### Ασφάλεια αυτοκινήτου

Ένα αυτοκίνητο σε μια σύγκρουση σταματά απότομα και ασκούνται μεγάλες δυνάμεις στο αυτοκίνητο και στους επιβάτες του και η κινητική τους ενέργεια «διασπείρεται» απότομα. Οι ζώνες ασφαλείας τεντώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε η κινητική ενέργεια των επιβατών να μειώνεται σταδιακά. Σε ένα αυτοκίνητο που ταξιδεύει με  $15 \text{ m/s}$  ( $54 \text{ Km/h}$ ), το αποτέλεσμα που αισθάνεται κάποιος που δεν χρησιμοποιεί ζώνη ασφαλείας είναι το ίδιο με αυτό που προκαλείται από πτώση από ένα κτίριο ύψους 12 μέτρων!

Οι αερόσακοι σε ορισμένα αυτοκίνητα φουσκώνουν και προστατεύουν τον οδηγό από τραυματισμό από το τιμόνι. Τα προσκέφαλα διασφαλίζουν την κίνηση του κεφαλιού μαζί με το σώμα για αποφυγή ζημιάς στην κορυφή της σπονδυλικής στήλης.

Οι πρωταρχικοί παράγοντες ασφάλειας βοηθούν στην αποφυγή ατυχημάτων και εξαρτώνται από το κράτημα του αυτοκινήτου στον δρόμο, τα φρένα, το τιμόνι, τον χειρισμό και πάνω απ' όλα από τον οδηγό, καθώς τα περισσότερα ατυχήματα οφείλονται σε λάθος του οδηγού.

Η πιθανότητα να σκοτωθεί ο επιβάτης σε ατύχημα είναι περίπου πέντε φορές μικρότερη εάν φορά ζώνες ασφαλείας και υπάρχουν προσκέφαλα.



**Εικόνα 5.1.9:** Δοκιμή σύγκρουσης (crash test) αυτοκινήτου σε ακίνητο εμπόδιο. Αντί για επιβάτες υπάρχουν ειδικές κούκλες (ανδρείκελα).

## Ένθετο

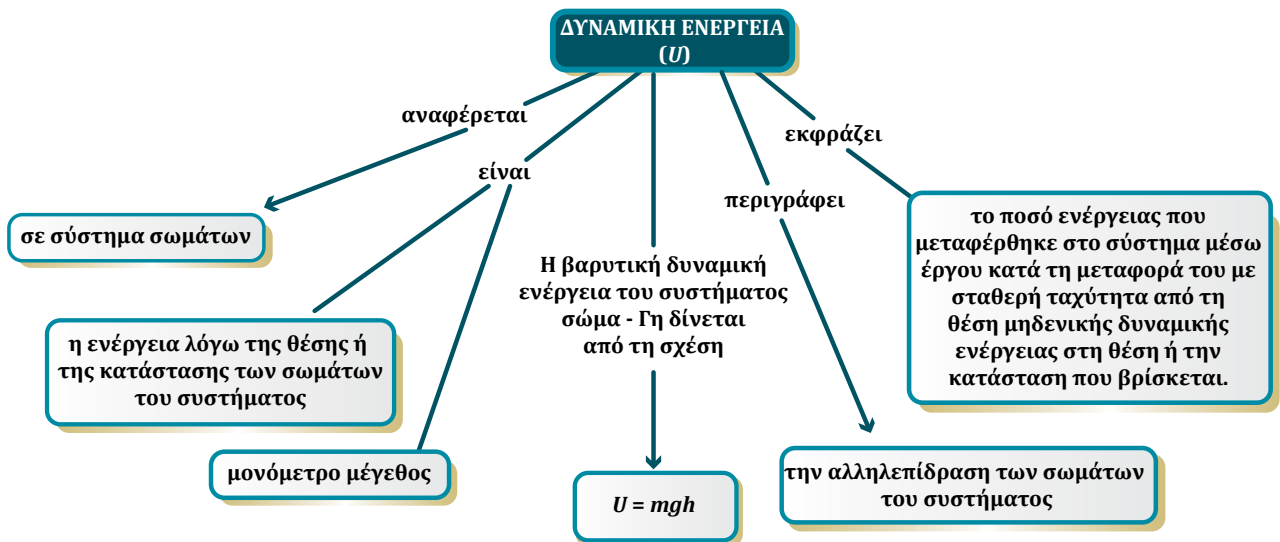
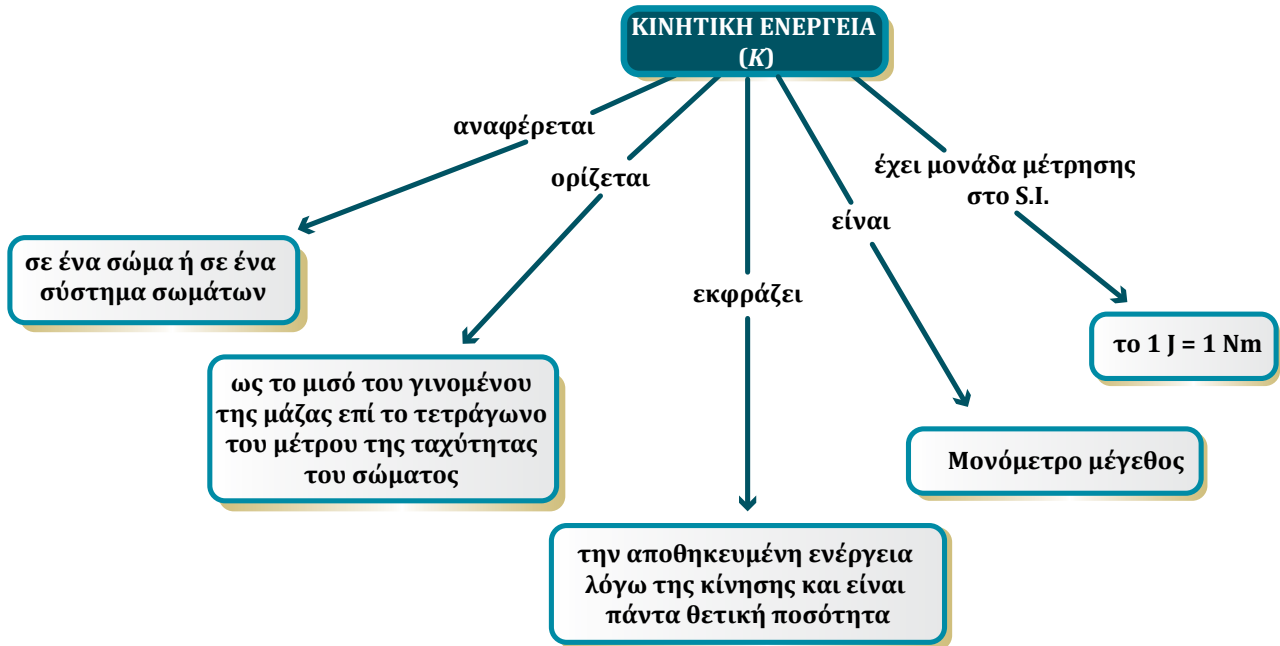
### Ο χρυσός κανόνας μηχανικής «Ό,τι κερδίζουμε σε δύναμη το χάνουμε σε μετατόπιση»

Όταν ο μικρός κάθεται στην μπλε καρέκλα με την κινητή τριπλή τροχαλία, είναι εύκολο για τον αδελφό του να τον ανεβάσει. Η δύναμη που ασκεί γίνεται έξι φορές μεγαλύτερη. Όμως, όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.1.10, η άνοδος είναι πολύ μικρότερη από το μήκος του σχοινιού που τραβήχτηκε. Μπορούμε να αυξήσουμε τη δύναμή μας όσο θέλουμε (εδώ έξι φορές), αλλά όσο κερδίζουμε σε δύναμη τόσο χάνουμε σε απόσταση. Όταν ο μικρός κάθεται στην κόκκινη καρέκλα με την απλή τροχαλία, δεν μπορεί να τον ανεβάσει ο αδελφός του.



**Εικόνα 5.1.10:** Αριστερά η διάταξη στην μπλε καρέκλα με κινητή τριπλή τροχαλία και στην κόκκινη καρέκλα με μονή ακίνητη τροχαλία. Δεξιά φαίνεται η μικρή αλλά εύκολη άνοδος

Εννοιολογικοί χάρτες



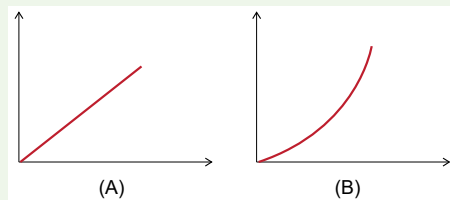


## 5.1 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σημειώστε **Σ** αν η πρόταση είναι σωστή ή **Λ** αν είναι λανθασμένη.

- Α. Ένα σώμα μπορεί να έχει έργο.
- Β. Ένα σώμα έχει κινητική ενέργεια όταν κινείται και δυναμική ενέργεια όταν είναι ακίνητο.
- Γ. Ένα σύστημα με δύο σώματα που κινούνται με αντίθετες ταχύτητες έχει κινητική ενέργεια μηδέν.
- Δ. Όταν διπλασιάζεται η ταχύτητα ενός σώματος, τότε τετραπλασιάζεται η κινητική του ενέργεια.
- Ε. Ο θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής λέει πως ό,τι κερδίζουμε σε δύναμη το χάνουμε σε μετατόπιση.

2. Μια μπάλα αφήνεται να εκτελέσει ελεύθερη πτώση από κάποιο ύψος. Το ένα διάγραμμα παριστάνει τη δυναμική ενέργεια της μπάλας σε συνάρτηση με το ύψος από το έδαφος, ενώ το άλλο την κινητική ενέργεια σε συνάρτηση με την ταχύτητα. Να τοποθετήσετε στους άξονες των διαγραμμάτων τα σύμβολα των αντίστοιχων μεγεθών.



3. Δύο ποδοσφαιριστές κλωτσούν δύο ίδιες μπάλες. Η πρώτη μπάλα ανέβηκε κατακόρυφα και η δεύτερη κινήθηκε πλάγια προς τα πάνω μετά την κλωτσιά. Από βίντεο που «τραβήχτηκε» διαπιστώθηκε ότι οι μπάλες έφτασαν στο ίδιο μέγιστο ύψος από το ταρτάν. Σε ποια από τις δύο μπάλες πιστεύεις ότι μεταφέρθηκε με την κλωτσιά μεγαλύτερη ενέργεια;

4. Ένα αντικείμενο με μάζα 6kg έχει ταχύτητα 5m/s.

Α. Υπολογίστε την κινητική του ενέργεια.

Β. Αν διπλασιαστεί η ταχύτητα του αντικειμένου, πόση θα γίνει η κινητική του ενέργεια;

5. Ένα αντικείμενο έχει μάζα 6kg και βρίσκεται 4m πάνω από οριζόντιο έδαφος. Υπολογίστε τη βαρυτική δυναμική του ενέργεια με αναφορά το οριζόντιο έδαφος. Υποθέστε ότι  $g = 10\text{N/kg}$ .



## 5.1 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Μία μπάλα με μάζα 500g πέφτει ελεύθερα. Θεωρήστε επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας το έδαφος. Σε ύψος 5m από το έδαφος η κινητική ενέργεια της μπάλας ισούται με τη δυναμική της ενέργεια. Να υπολογίσετε την ταχύτητα της μπάλας. Δίνεται ότι μάζα 1kg αντιστοιχεί σε βάρος 10N.

2. Να υπολογίσετε σε J την κινητική ενέργεια ενός αθλητή των 100m τη στιγμή του τερματισμού αν η ταχύτητά του είναι 36Km/h και η μάζα του 70kg.

3. Να υπολογιστεί η ενέργεια που καταναλώνει ένας αρσιβαρίστας για να σηκώσει βάρη με μάζα 100kg σε ύψος

2m. Υποθέτουμε ότι όλη η χημική ενέργεια που θα καταναλώσει ο αθλητής θα μεταφερθεί στα βάρη.

4. Να υπολογιστεί σε J η κινητική ενέργεια ενός αυτοκινήτου με μάζα 1000kg το οποίο κινείται με ταχύτητα 72Km/h.

5. Ένας εργάτης σπρώχνει κιβώτιο πάνω σε οριζόντιο δάπεδο. Η οριζόντια δύναμη που ασκεί ο εργάτης στο κουτί έχει μέτρο  $F = 300\text{N}$  και το μέτρο της δύναμης της τριβής είναι  $T = 100\text{N}$ . Να υπολογιστεί το έργο καθεμιάς από τις δύο δυνάμεις για μια μετακίνηση του κιβωτίου κατά  $s = 2\text{m}$ .



5.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ας υποθέσουμε ότι ένα αυτοκίνητο με μάζα 1000Kg κινείται με κάποια ταχύτητα. Αν αυτό συγκρουστεί, το αποτέλεσμα της σύγκρουσης και οι διάφορες ζημιές θα είναι ανάλογες με την κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου. **Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα:**

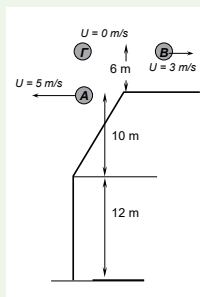
Ταχύτητα σε Km/h	Ταχύτητα σε (m/s)	Κινητική ενέργεια σε J
36		
72		
108		
144		

Τι μπορείτε να συμπεράνετε σχετικά με τα δυσάρεστα αποτελέσματα μιας σύγκρουσης όταν αυξάνεται η ταχύτητα του αυτοκινήτου;

.....

.....

2. Τρία αντικείμενα (Α, Β και Γ) με ίσες μάζες τοποθετούνται σε τρεις διαφορετικές θέσεις, όπως φαίνεται στην εικόνα. Ποιο από τα τρία αντικείμενα έχει το μεγαλύτερο άθροισμα κινητικής και δυναμικής ενέργειας; Να υποστηρίξετε την άποψή σας.

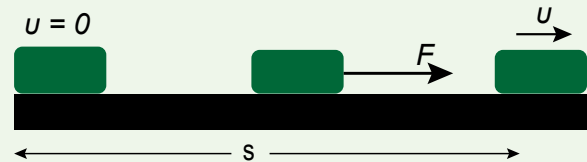


Εικόνα 5.1.11

3. Θεωρούμε ότι σε ένα σώμα με μάζα  $m$  ασκείται σταθερή συνισταμένη δύναμη  $F$ . Το σώμα ξεκινά από την ηρεμία με επιτάχυνση  $a$  και, αφού διανύσει διάστημα  $s$ , αποκτά ταχύτητα  $v$  (εικόνα 5.1.12). Αν συμβολίσουμε με  $K$  την κινητική ενέργεια, αυτή θα ισούται με το έργο  $W$  της συνισταμένης δύναμης  $F$ . Σας δίνεται επίσης η πληροφορία ότι όταν το μέτρο της ταχύτητας αυξάνεται με σταθερό ρυθμό, τότε η μέση ταχύτητα κατά τη διάρκεια της κίνησης είναι ίση με το μισό της τελικής ταχύτητας. Με βάση τα παραπάνω προσπαθήστε να αποδείξετε ότι η κινητική ενέργεια δίνεται από τη σχέση:

$K = \frac{1}{2}mv^2$ . Η απόδειξη δίνεται στην παρουσίαση: Υπολογισμός  $K$ .

Υπολογισμός  $K$



Εικόνα 5.1.12

Ψηφιακό ερωτηματολόγιο

## 5.2. Διατήρηση ενέργειας σε μηχανικό σύστημα

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να μελετάς τη διατήρηση της ενέργειας σε μηχανικό σύστημα πειραματικά.
2. Να ερμηνεύεις τη μεταμόρφωση της ενέργειας σε θερμική στα μηχανικά συστήματα λόγω τριβών.



Εικόνα 5.2.1: Αθλητής με τροχοσανίδα (skateboard) σε πίστα σχήματος U



Εικόνα 5.2.2: Τρενάκι λούνα παρκ το οποίο πέφτοντας ελεύθερα αποκτά ταχύτητα 180km/h μέσα σε πέντε δευτερόλεπτα



Εικόνα 5.2.3: Κούνιες σε παιδικές χαρές



### Ας αναρωτηθούμε

- Στις παραπάνω εικόνες τα άτομα που συμμετέχουν έχουν δυναμική ή κινητική ενέργεια ή και τα δύο;
- Τι θα συμβεί λίγο μετά; Θα έχουν ξανά το ίδιο είδος ενέργειας που είχαν ή θα γίνουν κάποιες μεταμορφώσεις;



Μάθαμε στην προηγούμενη ενότητα να υπολογίζουμε τη δυναμική ( $U$ ) και την κινητική ενέργεια ( $K$ ) ενός σώματος. Το άθροισμα των δύο αυτών ενεργειών ονομάζεται **μηχανική ενέργεια** του σώματος ( $E_{\mu}$ ), δηλαδή:

$$E_{\mu} = K + U$$

## Μηχανική ενέργεια στην ελεύθερη πτώση



Όταν πέφτει μια πέτρα μειώνεται το ύψος της από το έδαφος, άρα μειώνεται η δυναμική ενέργεια, αλλά ταυτόχρονα αυξάνεται η ταχύτητα και άρα αυξάνεται η κινητική ενέργεια. Τι συμβαίνει όμως με το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας, δηλαδή με τη μηχανική ενέργεια;

Αυξάνεται  Μειώνεται  Παραμένει σταθερή

Να αιτιολογήσεις σύντομα την άποψή σου .....

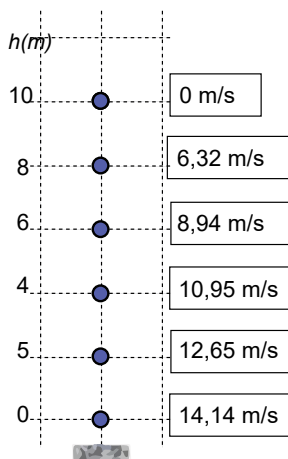
**Υπενθύμιση:** Στην ελεύθερη πτώση η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.



### Δραστηριότητα επεξεργασίας πειραματικών δεδομένων: Μηχανική ενέργεια στην ελεύθερη πτώση

Στην εικόνα 5.2.4 έχει αποτυπωθεί το αποτέλεσμα ενός εικονικού πειράματος στο οποίο μια σφαίρα μάζας 2kg, αφήνεται να πέσει ελεύθερα από ύψος 10m.

Κάθε 2 μέτρα, κατά την πτώση, καταγράφεται η ταχύτητα της σφαίρας.



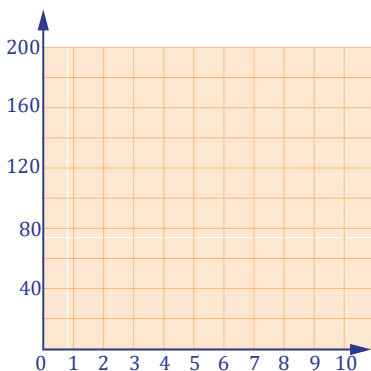
**Εικόνα 5.2.4:** Τιμές ταχύτητας σε μία ελεύθερη πτώση σε σχέση με το ύψος

- Να συμπληρώσεις τον Πίνακα 1 με τις τιμές της κινητικής, της δυναμικής και της μηχανικής ενέργειας.

(Τις τιμές των ενεργειών να τις στρογγυλοποιήσεις στον πλησιέστερο ακέραιο).

- Θεώρησε ότι το  $g = 10\text{m/s}^2$ .

ΠΙΝΑΚΑΣ 1			
h (m)	U (J)	K (J)	E <sub>μ</sub> (J)
10			
8			
6			
4			
2			
0			



- Σχεδιάσε στο ίδιο σύστημα αξόνων τα γραφήματα της κινητικής, της δυναμικής και της μηχανικής ενέργειας σε σχέση με το ύψος. Χρησιμοποίησε τις τιμές του προηγούμενου πίνακα και διαφορετικό χρώμα για κάθε γράφημα.



Τι συμπέρασμα βγάζεις για τη μηχανική ενέργεια ενός σώματος που πέφτει ελεύθερα, δηλαδή χωρίς αντιστάσεις και τριβές;

.....  
 .....

### Μηχανική ενέργεια στο εκκρεμές (χωρίς αντίσταση αέρα και τριβές)



Αν αφήσεις τη σφαίρα του εκκρεμούς (εικόνα 5.2.5) από τη θέση 1, αυτή κατέρχεται, άρα μειώνεται η δυναμική της ενέργεια. Ταυτόχρονα αυξάνεται η ταχύτητα και άρα αυξάνεται η κινητική της ενέργεια. Τι συμβαίνει όμως με το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας, δηλαδή με τη μηχανική ενέργεια, αν θεωρήσουμε ότι δεν υπάρχουν τριβές αντίσταση αέρα;

Αυξάνεται  Μειώνεται  Παραμένει σταθερή

Αιτιολόγησε σύντομα την άποψή σου. ....

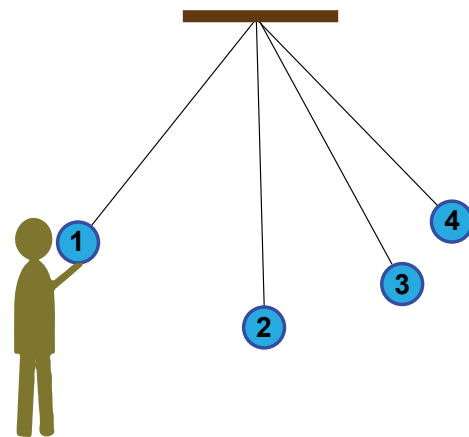
.....

.....

.....

Υπάρχει περίπτωση η σφαίρα κατά την επιστροφή της να φτάσει πιο αριστερά από τη θέση 1;

.....

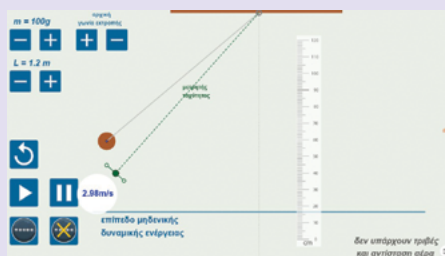


Εικόνα 5.2.5: Κίνηση εκκρεμούς χωρίς αντίσταση αέρα και τριβές



#### Ψηφιακή δραστηριότητα: Μηχανική ενέργεια στο εκκρεμές (χωρίς αντίσταση αέρα και τριβές)

Μπορείς να εκτρέψεις το βαρίδι ενός εκκρεμούς και να το αφήσεις ελεύθερο. Μπορείς να μετρήσεις σε άλλες θέσεις, την ταχύτητά του και το ύψος του (από το επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας). Μπορείς να υπολογίσεις τη δυναμική, την κινητική και τη μηχανική ενέργεια του σώματος σε κάθε θέση. (Θεωρήθηκε ότι δεν υπάρχουν τριβές και αντίσταση αέρα).



Εικονικό πείραμα



Τι συμπέρασμα βγάζεις για τη μηχανική ενέργεια ενός εκκρεμούς που αιωρείται ελεύθερα, δηλαδή χωρίς τριβές και αντίσταση αέρα.

.....

.....

### Μηχανική ενέργεια στο εκκρεμές (με αντίσταση αέρα και τριβές)

Όταν κάνεις κούνια και ξεκινήσεις από ψηλά την ταλάντωσή σου, για να τη διατηρήσεις χρειάζεται κάποιος να σπρώχνει την κούνια σε τακτά διαστήματα; Ποιος είναι ο λόγος;

.....

.....

Αν η σφαίρα του εκκρεμούς αφεθεί να ταλαντώνεται πολύ χρόνο, τι πιστεύεις ότι θα παρατηρήσεις; Διατηρείται η μηχανική ενέργεια ή υπάρχει κάποια απώλεια;

### Θερμική ενέργεια

Η θερμική ενέργεια ενός σώματος είναι η κινητική ενέργεια που οφείλεται στην άτακτη κίνηση των δομικών λίθων (μορίων ή ατόμων) του. Στην ενότητα 3.2.2 είδαμε ότι η τριβή ολίσθησης αποτελεί έναν μηχανισμό διασποράς μέρους της μηχανικής ενέργειας του συστήματος σε θερμική ενέργεια η οποία δεν μας είναι εκμεταλλεύσιμη (είναι υποβαθμισμένη). Το ίδιο συμβαίνει και με την αντίσταση του αέρα. Αποτελεί και αυτή έναν μηχανισμό διασποράς μέρους της μηχανικής ενέργειας σε θερμική. Η κούνια και το εκκρεμές παρουσιάζουν κάποια απώλεια μηχανικής ενέργειας. Αυτή η απώλεια εκφράζεται από το έργο των αντιστάσεων του αέρα και των τριβών και μεταμορφώνεται σε θερμική ενέργεια.

$$\Delta E_{\text{MHX}} = E_{\theta}$$

Οι μεταμορφώσεις της ενέργειας γίνονται ικανοποιώντας την υποβάθμιση αλλά και τη διατήρηση της ενέργειας. Η λειτουργία όλων των τεχνολογικών μας εφαρμογών στηρίζεται στις μεταμορφώσεις της ενέργειας.

### Πειραματική δραστηριότητα: Μηχανική ενέργεια στο εκκρεμές (ιδιοκατασκευή)

#### Θα χρειαστείς:

- Ένα κομμάτι νήμα περίπου 60cm,
- Ένα βαρίδι 50g και έναν μεταλλικό κύλινδρο,
- Έναν μεγάλο χάρακα.

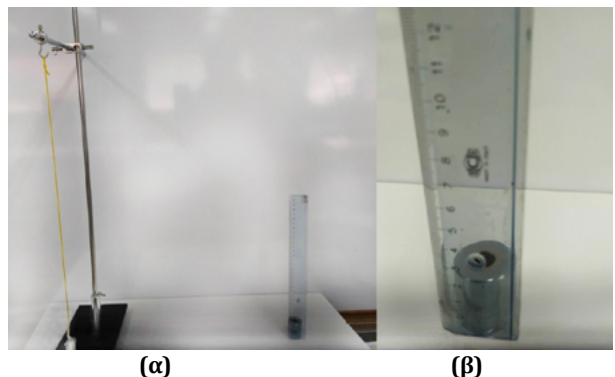
#### Ετοιμασία διάταξης

- Δέσε στο ένα άκρο του νήματος το βαρίδι.
- Το άλλο άκρο του νήματος θα το κρατάς ακίνητο ή θα το στερεώσεις σε έναν ορθοστάτη (εικόνα 5.2.6α).
- Έχεις κατασκευάσει ένα εκκρεμές.
- Στον μεταλλικό κύλινδρο κόλλησε με σελοτέιπ τον χάρακα, ώστε να παραμένει κατακόρυφος (εικόνα 5.2.6β) όταν μετακινείται πάνω στον πάγκο.

#### Πείραμα με ομάδα μαθητών

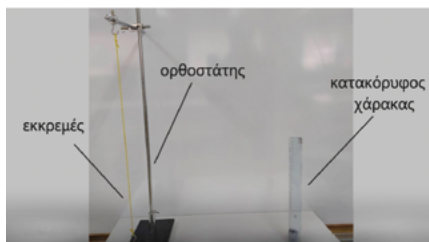
Το πείραμα μπορεί να πραγματοποιηθεί με ομάδα μαθητών.

- Τοποθετήστε το εκκρεμές ώστε το βαρίδι να βρίσκεται ακίνητο λίγο πιο πάνω από το θρανίο.
- Τοποθετήστε κατακόρυφα τον χάρακα και στην ίδια ευθεία με το εκκρεμές και σημειώστε τη θέση που βρίσκεται το κέντρο του βαριδίου. Αυτό είναι το **επίπεδο της μηδενικής δυναμικής ενέργειας**.
- Εκτρέψτε το βαρίδι από την κατακόρυφη θέση και μετακινήστε τον χάρακα ώστε να είναι στην ίδια κατακόρυφη με το βαρίδι. Σημειώστε τη νέα ένδειξη που βρίσκεται το κέντρο του βαριδίου.



Εικόνα 5.2.6: (α) Διάταξη εκκρεμούς με κατακόρυφο χάρακα (β) χάρακας με μάζα ώστε να παραμένει κατακόρυφος

- Αφήστε ελεύθερο το βαρίδι να αιωρηθεί.
- Σημειώστε την ένδειξη που θα πάρετε στον χάρακα όταν το βαρίδι ολοκληρώσει την 1η ταλάντωση, δηλαδή επιστρέψει «σχεδόν» στην ίδια θέση.
- Σημειώστε τις ενδείξεις του χάρακα για τη 2η, 3η και 4η ταλάντωση ενώ θα πρέπει ταυτόχρονα να μετακινείτε τον χάρακα για να δείτε το σημείο που φτάνει το κέντρο μάζας του.



**Βίντεο:**  
Περιγράφει τη διαδικασία του πειράματος

### Επεξεργασία μετρήσεων

- Σημείωσε τις 5 μετρήσεις στον **Πίνακα 1**.
- Υπολόγισε την υψομετρική διαφορά  $h$  των ακραίων θέσεων από το επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας.
- Υπολόγισε τη δυναμική ενέργεια  $U$  που έχει το βαρίδι για κάθε μέτρηση ύψους που έκανες στις ακραίες θέσεις (θεώρησε ότι το  $g = 10\text{m/s}^2$ ).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2				
Ένδειξη κατακόρυφης θέσης (m)	Μάζα βαριδίου (g)			
Αριθμός ταλάντωσης	Ένδειξη ακραίας θέσης (m)	Υψομετρική διαφορά $h$ (m)	Δυναμική ενέργεια στην ακραία θέση $U(\text{J})$	Μηχανική ενέργεια $E_{\mu}$ (J)
0				
1η				
2η				
3η				
4η				

- Τέλος, υπολόγισε τη μηχανική ενέργεια  $E_{\mu}$  που έχει το βαρίδι σε αυτές τις θέσεις (εκεί το βαρίδι σταματάει στιγμιαία).

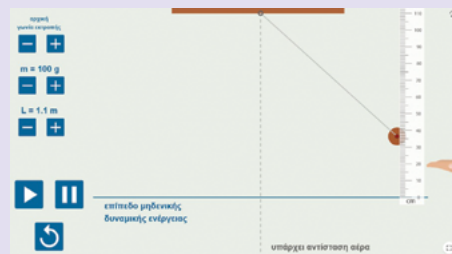
### Ψηφιακή δραστηριότητα: Μηχανική ενέργεια στο εκκρεμές (με αντίσταση αέρα και τριβές)

Εναλλακτικά μπορείς να εκτελέσεις το εικονικό πείραμα. Μπορείς να υπολογίσεις τη μηχανική ενέργεια του εκκρεμούς στην αρχική θέση εκτροπής και αφού το εκκρεμές ολοκληρώσει την 1η, τη 2η, την 3η και την 4η ταλάντωση.

(Σε αυτό το σύστημα υπάρχουν τριβές και αντίσταση αέρα).



Εικονικό πείραμα





Αποτύπωσε τα συμπεράσματά σου, συμπληρώνοντας τα κενά στις παρακάτω προτάσεις με τις λέξεις: **μηδέν, μειώνεται, θερμότητα, ακινητοποιηθεί, κάτω.**

Σε ένα εκκρεμές η μηχανική του ενέργεια σταδιακά ..... Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σώμα σε κάθε αιώρηση να επιστρέφει λίγο πιο ..... από την αρχική του θέση. Το αποτέλεσμα μετά από πολλές αιωρήσεις είναι το σώμα να ..... δηλαδή να έχει μηχανική ενέργεια ..... Η ενέργεια που χάθηκε έγινε .....

.....

.....



**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ – ΓΕΝΙΚΕΥΣΕΙΣ**

**Απώλεια ενέργειας κατά την κίνηση πάνω σε ένα δάπεδο**

Όταν σπρώχνεις ένα βιβλίο πάνω στο δάπεδο, αυτό φεύγοντας από το χέρι σου έχει κινητική ενέργεια. Ωστόσο, ολισθαίνοντας πάνω στο δάπεδο, μετά από λίγο σταματά. Ποιος είναι ο λόγος; Τι έγινε η αρχική κινητική ενέργεια; Συμπλήρωσε την άποψή σου.

.....

.....

.....

**Απλές μηχανές**

Ο άνθρωπος, κατά τη διάρκεια της προσπάθειάς του για επιβίωση και καλύτερευση των συνθηκών της ζωής του επινόησε κάποιες «απλές μηχανές» όπως ονομάζονται. Αυτές οι μηχανές βοηθούσαν και βοηθούν ακόμα στην παραγωγή κάποιου έργου με δύο τρόπους:

**A. Πολλαπλασιάζοντας την ασκούμενη δύναμη** με κόστος τη μείωση της αντίστοιχης μετατόπισης, όπως ήδη είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο (Χρυσός κανόνας της Μηχανικής).

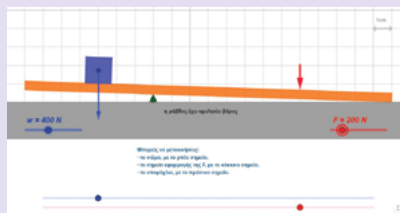
**B. Αλλάζοντας τη διεύθυνση άσκησης της δύναμης** για να είναι πιο βολικό για τον χρήστη της μηχανής.

Οι απλές μηχανές είναι: Ο μοχλός, το κεκλιμένο επίπεδο, η τροχαλία (ακίνητη ή κινητή) η οποία μπορεί να είναι απλή, διπλή ή και τριπλή, η σφήνα, ο κοχλίας (βίδα) και τέλος ο τροχός και ο άξονας.

Αυτές οι μηχανές δεν προκαλούν αύξηση της μηχανικής ενέργειας. Όση ενέργεια δίνουμε, αυτή μεταφέρουν στα σώματα.

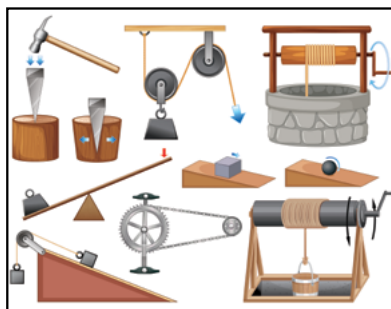
**Ψηφιακή δραστηριότητα: Ο μοχλός**

Με τον μοχλό μπορούμε να σηκώσουμε ένα βαρύ αντικείμενο. Η ενέργεια που δίνουμε μέσω του έργου μεταφέρεται στο αντικείμενο. Η μηχανική ενέργεια που αποκτά το αντικείμενο είναι ίση με την ενέργεια που του δώσαμε.



Ο μοχλός του Αρχιμήδη

## Ένθετο Απλές μηχανές



Απλές μηχανές

Ιδιοκατασκευή:  
Βαρυτικό όχημαΒαρυτικό όχημα.  
ΚατασκευήΒαρυτικό  
όχημα. Βίντεο

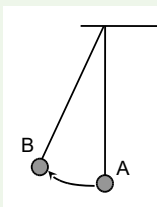
Γλωσσάρι



## 5.2 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση. Καθώς η σφαίρα του εκκρεμούς αιωρείται από τη θέση A στη θέση B, η συνολική μηχανική του ενέργεια (θεωρήστε αμελητέα την τριβή και την αντίσταση του αέρα):

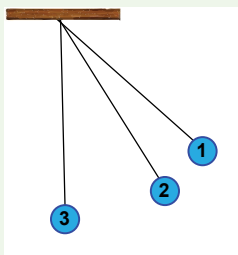
- A. Ελαττώνεται.  
B. Αυξάνεται.  
Γ. Παραμένει ίδια.



2. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση. Καθώς η σφαίρα του εκκρεμούς αιωρείται από τη θέση A στη θέση B:

- A. Η ταχύτητά του αυξάνεται.  
B. Η δυναμική ενέργεια ελαττώνεται.  
Γ. Η μάζα ελαττώνεται.  
Δ. Η κινητική ενέργεια ελαττώνεται.  
E. Η κινητική ενέργεια παραμένει σταθερή.

3. Το σφαιρίδιο του εκκρεμούς που απεικονίζεται στην εικόνα αφήνεται να κινηθεί χωρίς αρχική ταχύτητα από τη θέση 1. Καθώς κατεβαίνει περνά από τη θέση 2, την κατώτερη θέση 3 και συνεχίζει την ταλάντωσή του. Θεωρώντας ότι κατά την



κίνηση από τη θέση 1 ως τη θέση 3 η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και ότι δεν υπάρχουν τριβές, να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα με τη δυναμική, την κινητική και τη μηχανική ενέργεια του σφαιριδίου στις τρεις θέσεις που αναφέρθηκαν.

Θέση	$U(J)$	$K(J)$	$E_p(J)$
1	1		
2		0,3	
3	0		

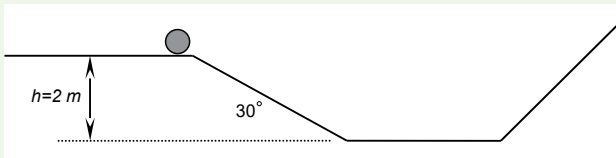
4. Η Μαρία αρχίζει να σπρώχνει την κασετίνα της πάνω στο θρανίο ώστε για κάποιο χρονικό διάστημα να κινείται η κασετίνα ολοένα και πιο γρήγορα. Να αναφέρετε τις ενεργειακές μεταμορφώσεις καθώς και τις ενεργειακές μεταφορές από ένα σώμα σε ένα άλλο που συμβαίνουν στο παραπάνω χρονικό διάστημα σχετικά με το σπρώξιμο και την κίνηση της κασετίνας πάνω στο θρανίο.

5. Μια μπάλα του μπάσκετ αφήνεται να πέσει ελεύθερα από ύψος  $h_1$ . Χτυπά στο παρκέ και αναπηδά σε μέγιστο ύψος  $h_2$  μικρότερο από το  $h_1$ . Να περιγράψετε τις ενεργειακές μετατροπές που συμβαίνουν από τη στιγμή που η μπάλα αφήθηκε μέχρι να ακινητοποιηθεί στιγμιαία μετά την πρώτη αναπήδηση.



5.2 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Μια μεταλλική σφαίρα που ταξιδεύει σε οριζόντιο επίπεδο με ταχύτητα  $3\text{m/s}$ , αρχίζει να κατηφορίζει σε κεκλιμένο επίπεδο όπως φαίνεται στο σχήμα. Προσδιορίστε πόσο ψηλά θα ανέβει η σφαίρα πάνω στην ανωφέρεια στα δεξιά του σχήματος. Θεωρήστε ότι δεν υπάρχει τριβή. Δίνεται ότι  $g = 10\text{m/s}^2$



2. Ένα παιδί αφήνει από το μπαλκόνι του σπιτιού του, από ύψος  $12\text{m}$  πάνω από το έδαφος να πέσει μια πέτρα βάρους  $10\text{N}$ . Θεωρώντας αμελητέα την αντίσταση του αέρα και ότι η δυναμική ενέργεια της πέτρας στο έδαφος είναι μηδέν, να υπολογίσετε:

- A. Τη δυναμική ενέργεια της πέτρας τη στιγμή που την άφησε το παιδί και όταν αυτή βρίσκεται σε ύψος  $5\text{m}$  από το έδαφος.
- B. Την κινητική ενέργεια της πέτρας τη στιγμή που αυτή βρίσκεται σε ύψος  $5\text{m}$  από το έδαφος.
- Γ. Την κινητική ενέργεια της πέτρας, ακριβώς πριν χτυπήσει στο έδαφος.

3. Ένας σκιέρ, με μάζα  $60\text{Kg}$ , ξεκινά από την κορυφή μιας χιονοπίστας και αφήνεται να γλιστρήσει λόγω της κατηφόρας, χωρίς να κάνει άλλες κινήσεις, όπως φαίνεται στην εικόνα. Η υψομετρική διαφορά από την κορυφή ως τη βάση της πίστας είναι  $h = 20\text{m}$ . Δίνεται ότι  $g = 10\text{m/s}^2$ .

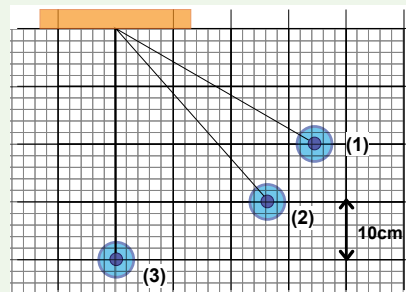


A. Να υπολογιστεί η αρχική δυναμική ενέργεια του σκιέρ, αν στη βάση της πίστας θεωρήσουμε ότι η δυναμική ενέργεια είναι μηδέν.

B. Αν ο σκιέρ φτάνει στη βάση της πίστας με ταχύτητα  $15\text{m/s}$ , πόση κινητική ενέργεια απόκτησε;

Γ. Υπάρχει απώλεια μηχανικής ενέργειας; Αν ναι, να αναφέρετε κατά τη γνώμη σας, τι έγινε αυτή η απώλεια μηχανικής ενέργειας.

4. Ένα σώμα μάζας  $100\text{g}$  ενός εκκρεμούς εκτρέπεται από την κατακόρυφη θέση στη θέση (1) και αφήνεται ελεύθερο να ταλαντωθεί.



A. Εάν θεωρήσουμε ότι δεν υπάρχουν τριβές και αντίσταση αέρα και ότι το επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας βρίσκεται στη κατώτερη θέση του σώματος, να συμπληρώσεις τον παρακάτω πίνακα:

Θέση	$U(\text{J})$	$K(\text{J})$	$E_{\mu}(\text{J})$
1			
2			
3			

B. Ποια θα είναι η ταχύτητα του σώματος στη θέση (3);

Γ. Ποια θα είναι η ταχύτητα του σώματος στη θέση (2); (Δίνεται  $g = 10\text{m/s}^2$ )



5.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Ένα ανυψωτικό μηχάνημα καταναλώνει ενέργεια  $25.000\text{J}$  για να ανεβάσει από το έδαφος στην ταράτσα ενός κτιρίου ένα κομμάτι μαρμάρου βάρους  $1000\text{N}$ . Αν είναι γνωστό ότι οι απώλειες ενέργειας είναι  $20\%$ , να υπολογίσετε το ύψος της ταράτσας του κτιρίου.



Ψηφιακό ερωτηματολόγιο





Στο κεφάλαιο αυτό, θα μελετήσεις τα κύματα ως έναν θεμελιώδη μηχανισμό μεταφοράς ενέργειας στη φύση, χωρίς όμως μεταφορά ύλης και θα αναλύσεις τη σχέση τους με την ταλάντωση της πηγής που τα δημιουργεί.

Θα μάθεις να ταξινομείς τα κύματα σε **εγκάρσια** και **διαμήκη**, καθώς και να διατυπώνεις τη **θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής** που συνδέει τη συχνότητα, το μήκος κύματος και την ταχύτητα διάδοσής τους.

Στη συνέχεια, θα εστιάσεις στον ήχο ως **μηχανικό κύμα**, δηλαδή ένα κύμα που απαιτεί κάποιο υλικό μέσο για να διαδοθεί. Θα εξετάσεις τα χαρακτηριστικά του, όπως η **συχνότητα**, το **πλάτος** και η **ταχύτητα διάδοσής** του στα διάφορα μέσα (αέρας, νερό, στερεά σώματα).

Τέλος, θα μελετήσεις σημαντικά φαινόμενα της διάδοσης του ήχου, όπως η **ανάκλαση** (ηχώ), η **διάθλαση** και η **απορρόφησή** του από διάφορες επιφάνειες. Μέσα από απλά πειράματα και εφαρμογές, θα κατανοήσεις πώς αυτά τα φαινόμενα επηρεάζουν την καθημερινότητά μας, από την ακουστική των θεάτρων έως τη χρήση των υπερήχων στην ιατρική.

# 06.

## Διάδοση της Ενέργειας με Κύματα – Η Περίπτωση του Ήχου

### ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

6.1. Από την ταλάντωση στο κύμα

6.2. Ήχος: Ηχητικά κύματα και χαρακτηριστικά τους. Ταχύτητα του ήχου.

6.3. Φαινόμενα του ήχου. Ανάκλαση, απορρόφηση, διάθλαση

# Κεφάλαιο 6 – Διάδοση της ενέργειας με κύματα – Η περίπτωση του ήχου

## 6.1. Από την ταλάντωση στο κύμα

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να αναγνωρίζεις ότι το κύμα είναι μηχανισμός διάδοσης ενέργειας χωρίς μεταφορά ύλης.
2. Να συσχετίζεις τα χαρακτηριστικά ταλάντωσης της πηγής με αυτά του κύματος που παράγεται.
3. Να διατυπώνεις τη θεμελιώδη κυματική εξίσωση και να την εφαρμόζεις σε απλά προβλήματα.
4. Να ταξινομείς τα κύματα σε εγκάρσια και διαμήκη.



Εικόνα 6.1.1: Κύματα στην επιφάνεια λίμνης

Αν πετάξετε μια πέτρα σε ήρεμη λίμνη θα δείτε κύματα όπως αυτά της εικόνας 6.1.1 να απλώνονται στην επιφάνειά της.

Κύματα όμως εμφανίζονται και σε τετωμένα ελατήρια, όπως φαίνεται στην εικόνα 6.1.2



Εικόνα 6.1.2: Τετωμένο ελατήριο κυματισμών



Βίντεο:  
Κύματα στη  
θάλασσα



### Ας αναρωτηθούμε

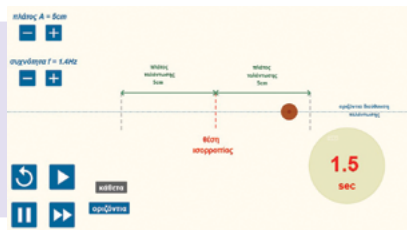
Αν το ένα άκρο του τετωμένου ελατηρίου είναι ακλόνητο και με το χέρι μας δημιουργήσουμε μια διαταραχή στο άλλο άκρο του, τι θα συμβεί;



Παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η περίπτωση στην οποία η διαταραχή είναι μια ταλάντωση. Η ταλάντωση είναι η παλινδρομική κίνηση ενός σώματος η οποία επαναλαμβάνεται σε ίσους χρόνους. Η ταλάντωση γίνεται από τη μια και από την άλλη πλευρά της θέσης ισορροπίας του σώματος. Η μέγιστη απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας καλείται πλάτος  $A$  της ταλάντωσης. Ο χρόνος που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί μια παλινδρόμηση καλείται περίοδος  $T$  της ταλάντωσης. Ο αριθμός των παλινδρομήσεων σε κάθε μονάδα χρόνου καλείται συχνότητα  $f$  της ταλάντωσης.

### Ψηφιακή δραστηριότητα: Ταλάντωση

Με την προσομοίωση μπορείς να επιλέξεις οριζόντια ή κατακόρυφη διεύθυνση ταλάντωσης και να αλλάξεις το πλάτος, την περίοδο και τη συχνότητα ταλάντωσης.



### Η έννοια του κύματος (εγκάρσια και διαμήκη κύματα)



Αυτή η ταλάντωση που θα δημιουργήσεις με το χέρι σου θα προχωρά προς το ακλόνητο άκρο του ελατηρίου;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Τι μορφή θα έχει το ελατήριο και από τι θα εξαρτάται η μορφή αυτή;

.....

.....

Οι σπείρες του ελατηρίου που θα κουνήσουμε με το χέρι μας θα μεταφερθούν στο ακλόνητο άκρο;

.....

Η ενέργεια που προσφέρουμε στις σπείρες κοντά στο ένα άκρο μεταφέρεται στις σπείρες κοντά στο άλλο άκρο;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

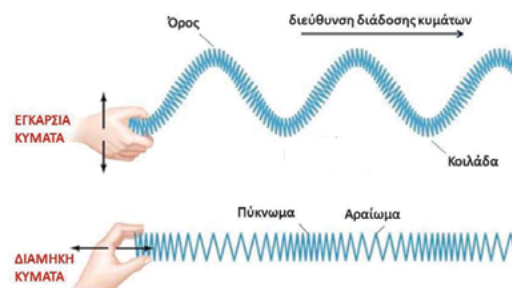


### Πειράματα επίδειξης με ελατήριο κυματισμών ή και σχοινί.

#### Πείραμα επίδειξης με ελατήριο και με τεντωμένο ελατήριο κυματισμών:

Με κίνηση του χεριού πάνω-κάτω δημιουργούνται εγκάρσια κύματα στο ελατήριο.

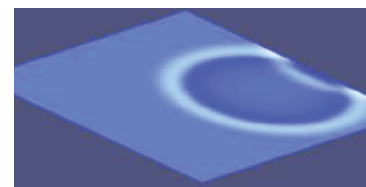
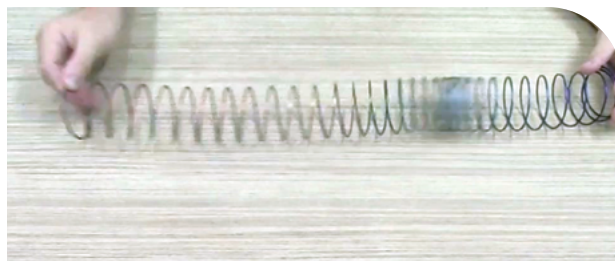
Με κίνηση του χεριού εμπρός-πίσω δημιουργούνται διαμήκη κύματα στο ελατήριο.



Εικόνα 6.1.3: Κύματα σε τεντωμένα ελατήρια



Βίντεο:  
Διάμηκες κύμα



Βίντεο: Προσομοίωση κύματος στην επιφάνεια νερού



Βίντεο:  
Εγκάρσιο κύμα

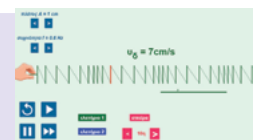


Προσομοίωση κύματος στην επιφάνεια νερού

### Ψηφιακή δραστηριότητα: Διάμηκες κύμα σε ελατήριο κυματισμών

Με την προσομοίωση μπορείς:

- Να επιλέξεις το πράσινο ή το μπλε ελατήριο.
- Να αλλάξεις το πλάτος και τη συχνότητα της ταλάντωσης του χεριού (πηγή).
- Να παρατηρήσεις το διάμηκες κύμα.
- Να δεις την κίνηση που εκτελεί μία σπείρα του ελατηρίου όταν διαδίδεται στο ελατήριο το διάμηκες κύμα.



Τι παρατήρησες; Επαληθεύονται οι υποθέσεις σου; .....

.....  
.....

Συμπλήρωσε τα κενά με μία από τις λέξεις: **διαμήκη, εγκάρσια, παράλληλη, κάθετη, όρη, πυκνώματα, αραιώματα, κοιλάδες.**

Όταν ταλαντώνουμε πάνω-κάτω το ένα άκρο του ελατηρίου κυματισμών, κάθε σπείρα του ελατηρίου ταλαντώνεται πάνω-κάτω, ενώ το κύμα διαδίδεται προς τα δεξιά. Τα κύματα αυτά στα οποία τα υλικά σημεία του μέσου διάδοσης ταλαντώνονται σε διεύθυνση ..... στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος ονομάζονται ..... κύματα. Σε αυτά τα κύματα σχηματίζονται ..... και ..... Τέτοια κύματα σχηματίζονται στα στερεά και στην επιφάνεια των υγρών.

Όταν ταλαντώνουμε εμπρός-πίσω το άκρο του παραπάνω ελατηρίου, κάθε σπείρα του ελατηρίου ταλαντώνεται εμπρός-πίσω και δημιουργούνται πάνω στο ελατήριο ..... και ..... Τα κύματα αυτά στα οποία τα υλικά σημεία του μέσου διάδοσης ταλαντώνονται σε διεύθυνση ..... στη διεύθυνση διάδοσης ονομάζονται ..... κύματα. Τα διαμήκη κύματα σχηματίζονται σε όλα τα υλικά μέσα, στερεά, υγρά και αέρια.



**Κύμα** ονομάζουμε τον μηχανισμό διάδοσης μιας διαταραχής σε ένα μέσο, έτσι ώστε να μεταφέρεται ενέργεια χωρίς μεταφορά μάζας. Για τη δημιουργία του κύματος απαιτείται μια πηγή που δημιουργεί τη διαταραχή και ένα μέσο διάδοσης. Η περίπτωση κατά την οποία η διαταραχή είναι μια ταλάντωση έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Στο προηγούμενο πείραμα επίδειξης, πηγή είναι το χέρι που ταλαντώνεται πάνω-κάτω ή εμπρός-πίσω και μέσο διάδοσης το ελατήριο. Η πηγή δηλαδή εκτελεί μια ταλάντωση με περίοδο  $T$  συχνότητα  $f$  και πλάτος  $A$ . Τα κύματα μπορεί να ανιχνεύονται από κάποιον δέκτη που και αυτός αρχίζει να ταλαντώνεται όταν δέχεται το κύμα.

**Σημείωση:** Υπάρχει και ένα είδος κυμάτων -τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα- τα οποία μπορεί να διαδοθούν όχι μόνο σε κάποιο υλικό μέσο αλλά και στο κενό.

### Χαρακτηριστικά του κύματος

Η περίοδος και η συχνότητα του κύματος έχουν τις ίδιες τιμές με την περίοδο και τη συχνότητα ταλάντωσης της πηγής του. Όλα τα σημεία του μέσου στο οποίο διαδίδεται ένα κύμα ταλαντώνονται με τη συχνότητα ταλάντωσης της πηγής του κύματος.

Στην ειδική περίπτωση ενός αρμονικού εγκάρσιου κύματος της εικόνας 6.1.4, με έντονη γραμμή φαίνεται μια μορφή (μοτίβο) που επαναλαμβάνεται κατά τη διάδοσή του. Επίσης, φαίνεται το πλάτος  $A$  του κύματος καθώς και το μήκος κύματος  $\lambda$ .



Εικόνα 6.1.4: Μορφή / Μοτίβο σε αρμονικό κύμα

**Η συχνότητα του κύματος  $f$**  μπορεί να βρεθεί από τον αριθμό των μορφών που διέρχονται από ένα σημείο σε κάθε δευτερόλεπτο. Μονάδα της στο S.I. είναι το 1Hz. Αν το χέρι μας εκτελεί 2 ταλαντώσεις σε κάθε δευτερόλεπτο, τότε 2 μορφές (φάσεις) διέρχονται από κάθε σημείο σε κάθε δευτερόλεπτο. Η συχνότητα του κύματος εξαρτάται από την πηγή του κύματος.

**Μήκος κύματος  $\lambda$ :** Είναι η απόσταση στην οποία διαδίδεται το κύμα σε χρόνο μιας περιόδου  $T$ . Μπορεί να οριστεί και ως η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών μορφών (μοτίβων). Με άλλα λόγια, μήκος κύματος είναι η απόσταση μεταξύ ενός σημείου μίας μορφής και του αντίστοιχου σημείου της επόμενης μορφής. Στα εγκάρσια κύματα συνήθως μετριέται ως η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ορέων, ενώ στα διαμήκη ως η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων. Το μήκος κύματος εξαρτάται από την πηγή και το μέσο διάδοσης.

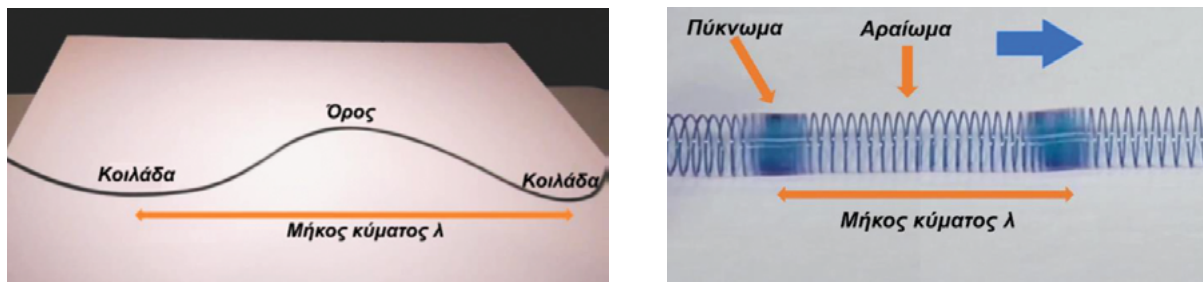
**Ταχύτητα διάδοσης του κύματος  $v$ :** Εξαρτάται από το μέσο και υπολογίζεται από τη διαίρεση της

απόστασης  $x$  στην οποία διαδίδεται το κύμα σε χρόνο  $t$  προς τον χρόνο αυτό. Δηλαδή:  $v = \frac{x}{t}$

Όμως για  $t = T$ , η απόσταση στην οποία διαδίδεται το κύμα είναι  $\lambda$ , οπότε μπορούμε να γράψουμε:  $v = \frac{\lambda}{T}$

και αφού  $f = \frac{1}{T}$  καταλήγουμε στην εξίσωση  $v = \lambda \cdot f$  (6.1.1)

Από τη σχέση 6.1.1. προκύπτει ότι η ταχύτητα διάδοσης  $v$  ενός κύματος ισούται με τη συχνότητα  $f$  επί το μήκος κύματος  $\lambda$ . Εάν μεγαλώνει η συχνότητα και υπάρχουν πολλές μορφές (μοτίβα), τότε αυτές θα είναι πιο κοντά μεταξύ τους και το μήκος κύματος θα είναι μικρότερο, αφού η ταχύτητα διάδοσης δεν εξαρτάται από τη συχνότητα. Με άλλα λόγια το μήκος κύματος θα είναι μικρότερο. Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος δεν εξαρτάται από το πόσο γρήγορα ταλαντώνονται τα σημεία του μέσου κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής τους.



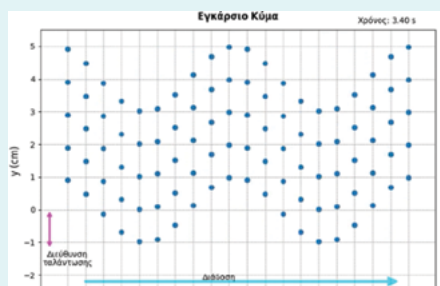
Εικόνα 6.1.5: Εγκάρσιο κύμα σε σχοινί και διάμηκες κύμα σε ελατήριο κυματισμών



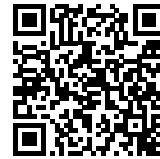
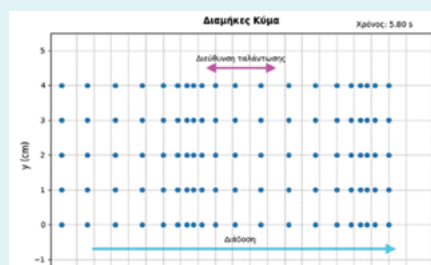
## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ



### Κίνηση των μορίων ενός μέσου στο οποίο διαδίδεται ένα εγκάρσιο και ένα διάμηκες κύμα



Εγκάρσια κύματα  
(μικρόκοσμος)



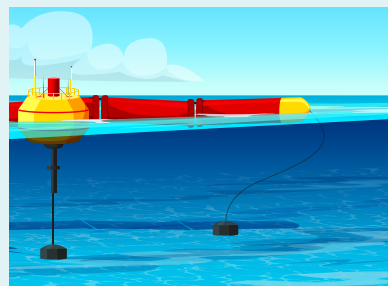
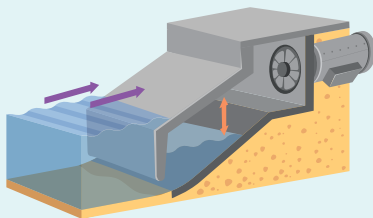
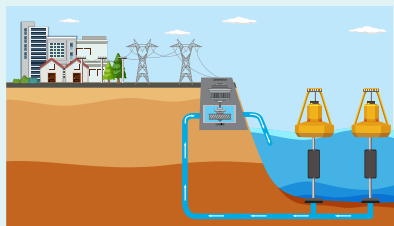
Διαμήκη κύματα  
(μικρόκοσμος)

### Παραγωγή ενέργειας από τα κύματα της θάλασσας

Τα τελευταία χρόνια καθημερινά ερχόμαστε αντιμέτωποι με τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, η οποία στο μεγαλύτερο της ποσοστό οφείλεται στην επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον. Κράτη και οργανισμοί συνεργάζονται σε παγκόσμιο επίπεδο για την εξεύρεση λύσεων που θα οδηγήσουν στον περιορισμό και στην αντιστροφή του φαινομένου αυτού.

Έτσι, στον τομέα της παραγωγής ενέργειας γίνεται μεγάλη προσπάθεια για την αντικατάσταση παλαιών, ξεπερασμένων και επιβαρυντικών για το περιβάλλον τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Μια από τις πιο καινοτόμες μεθόδους παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είναι και η εκμετάλλευση της ενέργειας των κυμάτων της θάλασσας. Μελέτες δείχνουν ότι η ποσότητα της ενέργειας που θα μπορούσαμε να αντλήσουμε από τα κύματα της θάλασσας σε ένα έτος είναι περίπου δεκαπλάσια από την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ολόκληρης της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η μέθοδος αυτή έχει περάσει από το πειραματικό στάδιο στην εμπορική παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ήδη, χώρες όπως η Σουηδία, οι Η.Π.Α., η Μεγάλη Βρετανία και το Ισραήλ διαθέτουν εγκαταστάσεις παραγωγής. Στην Εικόνα 6.1.6 υπάρχουν τρεις διαφορετικές τεχνολογικές εφαρμογές που κάνουν δυνατή την εκμετάλλευση της ενέργειας των κυμάτων.



**Εικόνα 6.1.6:** Μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα κύματα της θάλασσας

### Σεισμικά κύματα, είδη και χαρακτηριστικά τους. Τρόπος καταγραφής τους

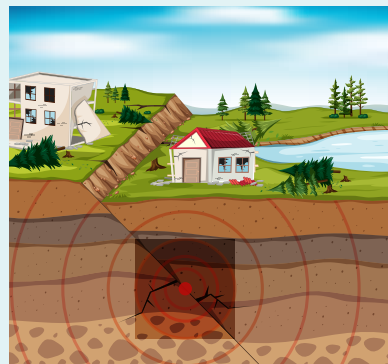
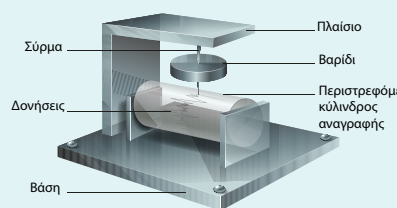
Η απότομη μετακίνηση μαζών που μπορεί να οφείλεται σε αιτίες, όπως η κίνηση των τεκτονικών πλακών, οι εκρήξεις των ηφαιστείων και οι κατακρημνίσεις σπηλαιών δημιουργεί διαταραχή στην επιφάνεια του πλανήτη, που άλλες φορές μπορεί να είναι αισθητή και άλλες όχι. Η διαταραχή αυτή ονομάζεται σεισμός. Από τη θέση δημιουργίας του σεισμού (εστία), ξεκινούν σεισμικά κύματα τα οποία μεταφέρουν τη μηχανική ενέργεια που απελευθερώθηκε.

Τα σεισμικά κύματα διακρίνονται σε κύματα χώρου και σε επιφανειακά.

Τα κύματα χώρου διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης προς κάθε κατεύθυνση και είναι δύο ειδών: Τα πρωτεύοντα P κύματα τα οποία είναι διαμήκη, έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα διάδοσης και μπορούν να διαδοθούν σε υγρά, στερεά και αέρια και τα δευτερεύοντα S κύματα τα οποία είναι εγκάρσια και διαδίδονται μόνο στα στερεά (η ιδιαιτερότητα αυτή είναι πολύ χρήσιμη στον καθορισμό της δομής του εσωτερικού της Γης).

Τα επιφανειακά κύματα διαδίδονται κατά μήκος της επιφάνειας της Γης και είναι και αυτά δύο ειδών: Το πρώτο είδος είναι τα κύματα Love, εγκάρσια κύματα που διαδίδονται παράλληλα με την επιφάνεια της Γης και δημιουργούνται όταν στρώμα μεγαλύτερης ταχύτητας διάδοσης βρίσκεται πάνω από στρώμα μικρότερης ταχύτητας. Το δεύτερο είδος είναι τα κύματα Rayleigh, τα οποία χαρακτηρίζονται από τη μεγάλη τους περίοδο και το γεγονός ότι τα μόρια του μέσου διάδοσης κινούνται σε ελλειπτικές τροχιές.

Όλοι αυτοί οι διαφορετικοί τύποι κυμάτων καταγράφονται από τον σειсмоγράφο. Ένα όργανο ανίχνευσης και καταγραφής σεισμικών δονήσεων. Με τη χρήση του μπορούμε να εντοπίσουμε το μέγεθος, την κατεύθυνση και τον υπολογισμό του επικέντρου του σεισμού, της προβολής δηλαδή του σημείου γέννησης του σεισμού στην επιφάνεια της Γης. Ένας κλασικός σειсмоγράφος, όπως αυτός της Εικόνας 6.1.7, αποτελείται από ένα εκκρεμές στην άκρη του οποίου υπάρχει μια γραφίδα και ένας περιστρεφόμενος κύλινδρος αναγραφής. Όταν υπάρξει κάποια κίνηση του εδάφους το εκκρεμές αποκρίνεται άμεσα και η γραφίδα καταγράφει στο χαρτί του κυλίνδρου τη σεισμική κίνηση. Η καταγραφή αυτή ονομάζεται σεισμόγραμμα.



**Εικόνα 6.1.7:** Η καταγραφή του σεισμού στον σειсмоγράφο.

### Πρακτική δραστηριότητα: Ιδιοκατασκευή

Μπορείς πολύ εύκολα με καθημερινά υλικά να κατασκευάσεις μια διάταξη με την οποία θα πειραματιστείς με την ταλάντωση και τη διάδοση κυμάτων.



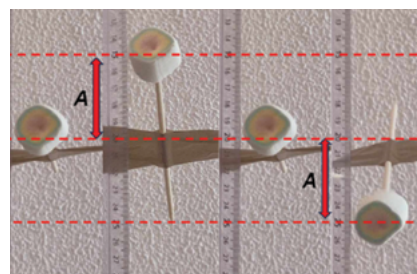
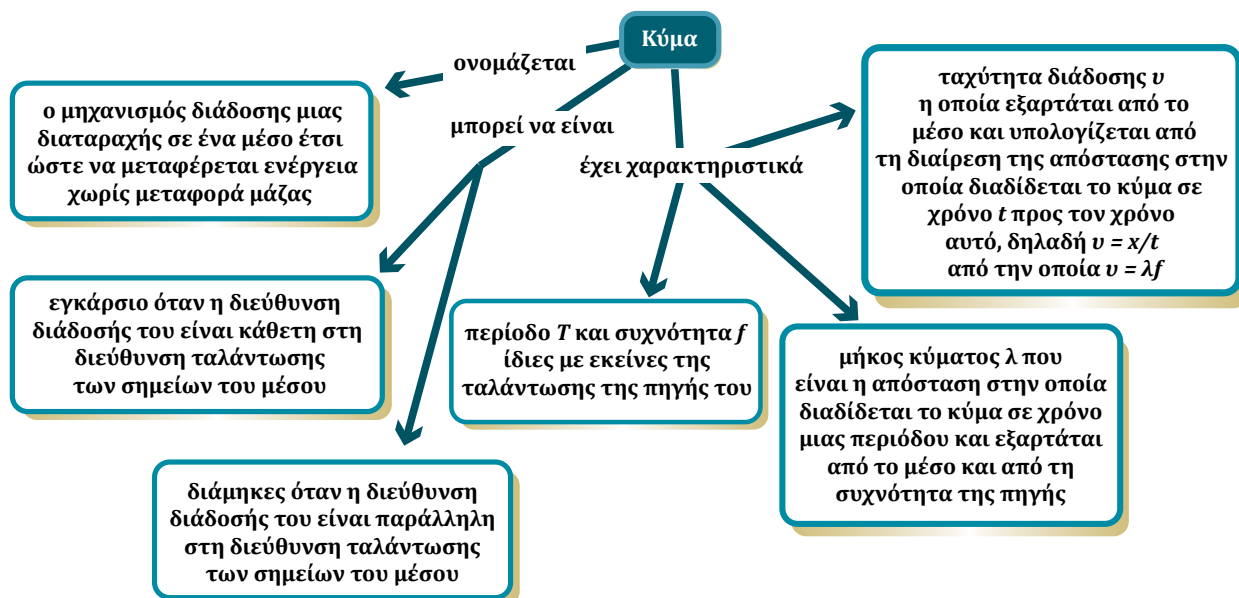
### Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Μέχρι τώρα έχεις μελετήσει κύματα τα οποία διαδίδονται σε ένα υλικό μέσο διάδοσης, τα μηχανικά κύματα. Στο κενό, εκεί δηλαδή που απουσιάζει κάποιο υλικό μέσο διάδοσης, τα κύματα αυτά δεν μπορούν να διαδοθούν. Υπάρχουν όμως και κύματα που μπορούν να διαδοθούν και χωρίς την ύπαρξη μέσου διάδοσης. Τέτοια κύματα είναι τα λεγόμενα ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Στην περίπτωση τους, αντί να ταλαντώνονται τα σωματίδια ενός υλικού μέσου, έχουμε την ταλάντωση ενός ηλεκτρικού και ενός μαγνητικού πεδίου η οποία είναι κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι εγκάρσια κύματα.

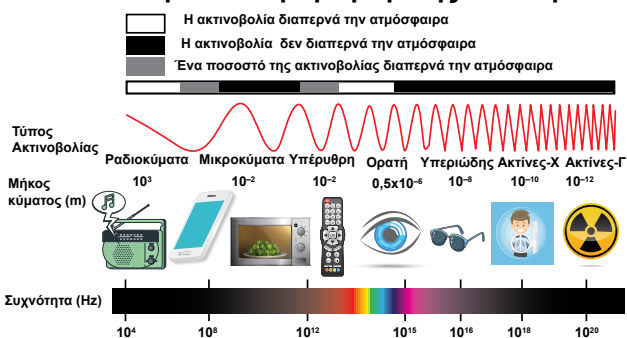
Ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι το φως. Έτσι, δεχόμαστε ηλεκτρομαγνητική ενέργεια από τον Ήλιο, μπορούμε να βλέπουμε τα άστρα, να επικοινωνούμε με διαστημικές συσκευές σε άλλους πλανήτες κτλ. Ηλεκτρομαγνητικά κύματα λαμβάνει η τηλεόραση και το ραδιόφωνό μας, εκπέμπει και λαμβάνει το κινητό μας τηλέφωνο. Οι εφαρμογές τους στην καθημερινότητα είναι αναρίθμητες. Μερικές από αυτές παρουσιάζονται στην Εικόνα 6.1.9.

### Εννοιολογικός χάρτης



**Εικόνα 6.1.8:** Στιγμιότυπα από την κίνηση ενός ζαχαρωτού. Φαίνεται η θέση ισορροπίας του, οι ακραίες θέσεις και το πλάτος της ταλάντωσής του.

### Φάσμα Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας



**Εικόνα 6.1.9:** Ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαφόρων συχνοτήτων και μηκών κύματος και οι αντίστοιχες εφαρμογές τους



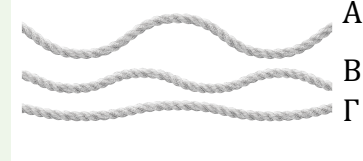
## 6.1 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Η συνολική απόσταση μεταξύ 4 διαδοχικών πυκνωμάτων ενός διαμήκους κύματος είναι 6m. Ποιο είναι το μήκος κύματος του κύματος;
2. Τρία διαφορετικά κύματα με μήκη κύματος  $\lambda_1, \lambda_2$  και  $\lambda_3$  και συχνότητες  $f_1, f_2, f_3$  αντίστοιχα, διαδίδονται στο ίδιο μέσο. Αν γνωρίζεις ότι για τις συχνότητές τους ισχύει:  $f_1 < f_2 < f_3$ , να κατατάξεις από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο και τα μήκη κύματος.
3. Στην εικόνα παριστάνεται τμήμα ενός σχοιניού στο οποίο έχει δημιουργηθεί ένα εγκάρσιο κύμα. Αντλώντας στοιχεία από τη μελέτη της εικόνας να προσδιορίσετε το πλάτος και το μήκος κύματος του κύματος στο σχοινί.
4. Σε μια μπανιέρα με νερό ένα παιδί δημιουργεί κύματα βυθίζοντας το δάχτυλό του στο νερό και βγάζοντάς το έξω ρυθμικά. Αν ανεβοκατεβάζει το δάχτυλο με μεγαλύτερη συχνότητα, το μήκος κύματος θα αυξηθεί, θα μειωθεί ή θα μείνει αμετάβλητο;
5. Δυο σχοινιά ένα λεπτό και ένα χοντρό είναι δεμένα στο ένα άκρο τους ώστε να δημιουργήσουν ένα μεγαλύτερο σχοινί. Ένας μαθητής ανεβοκατεβάζει το ελεύθερο άκρο του χοντρού σχοινοῦ ρυθμικά ώστε να δημιουρ-



γηθεί ένα κύμα. Όταν το κύμα διαδίδεται από το χοντρό στο λεπτό σχοινί, ποιο ή ποια από τα επόμενα μεγέθη αλλάζουν;

- A. Ταχύτητα διάδοσης
  - B. Μήκος κύματος
  - Γ. Συχνότητα
6. Μια μέρα που η θάλασσα είναι εντελώς ήρεμη, δύο βάρκες είναι ακίνητες σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους. Ο βαρκάρης της μίας βάρκας αφήνει να πέσει στο νερό δίπλα του μια μικρή πέτρα. Η διαταραχή φτάνει στην άλλη βάρκα σε 5 δευτερόλεπτα. Αν η πέτρα ήταν μεγαλύτερη και προξενούσε εντονότερη διαταραχή αυτή θα έφτανε στην άλλη βάρκα σε χρόνο μεγαλύτερο μικρότερο ή ίσο με 5 δευτερόλεπτα;
  7. Τα τρία εγκάρσια κύματα (A, B και Γ) της Εικόνας διαδίδονται στο ίδιο σχοινί, το οποίο είναι το ίδιο τεντωμένο και στις τρεις περιπτώσεις. Να κατατάξεις τα πλάτη  $A_A, A_B$  και  $A_\Gamma$  και τις ταχύτητες  $v_A, v_B$  και  $v_\Gamma$  των κυμάτων αυτών με φθίνουσα σειρά.



## 6.1 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ποια είναι η ταχύτητα διάδοσης ενός κύματος που έχει συχνότητα 20 Hz και μήκος κύματος 0,5 m;
2. Η ταχύτητα διάδοσης ενός κύματος είναι 30 m/s και το μήκος κύματός του είναι 0,6 m. Πόση είναι η περίοδός του;
3. Ένα παιδί στην ακτή παρατηρεί ένα κύμα που διαδίδεται στη θάλασσα. Εκτιμά ότι η απόσταση από κορυφή σε κορυφή είναι 2m και επίσης με το χρονόμετρό του βρίσκει ότι στην ακτή «σκάνε» 3 κύματα κάθε δευτερόλεπτο. Αν θεωρήσουμε σωστές τις μετρήσεις του παιδιού, ποια θα είναι η συχνότητα, το μήκος κύματος και η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων;
4. Ένα σεισμικό κύμα, σε ένα συγκεκριμένο στρώμα του φλοιού της Γης, που υπάρχει μεταξύ του επίκεντρου του σεισμού και ενός σειсмоγράφου, διαδίδεται με ταχύτητα 4km/s. Η απόσταση του επίκεντρου του σεισμού από τον σειсмоγράφο βρέθηκε 80Km. Πόσο χρόνο χρειάστηκε το σεισμικό κύμα να διαδοθεί από το επίκεντρο ως τον σειсмоγράφο αυτόν;

**6.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ**

1. Η εστία ενός σεισμού απέχει 56 km από μια πόλη. Κατά τη διάρκειά του παράγονται πρωτεύοντα P σεισμικά κύματα τα οποία διαδίδονται με ταχύτητα 8000m/s και δευτερεύοντα S κύματα των οποίων η ταχύτητα είναι 4000m/s. Πόσος χρόνος θα μεσολαβήσει μεταξύ της άφιξης των P και της άφιξης των S κυμάτων;
2. Κύμα διαδίδεται στη θάλασσα κατά μήκος της ευθείας που ενώνει δύο σηματοδότες A, B που απέχουν μεταξύ τους 12m. Πρώτα αρχίζει να ταλαντώνεται η σηματοδότη A και μετά από 8s η σηματοδότη B. Επίσης, οι σηματοδότες εκτελούν 15 ταλαντώσεις κάθε ένα λεπτό. Να υπολογίσετε:

- A. Η ταχύτητα του κύματος.
- B. Η συχνότητα των ταλαντώσεων σε Hz.
- Γ. Το μήκος κύματος.



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο

## 6.2. Ήχος: Ηχητικά κύματα και χαρακτηριστικά τους. Ταχύτητα του ήχου.

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να αναγνωρίζεις τον ήχο ως μηχανικό κύμα, δηλαδή ως κύμα που προϋποθέτει ύπαρξη μηχανικού μέσου.
2. Να αναφέρεις τα χαρακτηριστικά ηχητικού κύματος (συχνότητα, πλάτος, μήκος κύματος).
3. Να κατηγοριοποιείς τους ήχους ανάλογα με τη συχνότητά τους (υπέρηχοι, υπόηχοι).
4. Να συσχετίζεις το πλάτος της διαταραχής με την ένταση του ήχου (στάθμη του ήχου).
5. Να αναγνωρίζεις την εξάρτηση της ταχύτητας διάδοσης του ήχου από το μέσο διάδοσης.



Εικόνα 6.2.1: Ηχητικά κύματα.

### Ας αναρωτηθούμε



Η γυναίκα της εικόνας 6.2.1 α τοποθετεί το αυτί της στις γραμμές του τρένου. Τι πετυχαίνει με αυτό; Στην Εικόνα 6.2.1 β δύο κορίτσια παίζουν με το γνωστό παιδικό παιχνίδι του τηλεφώνου με τα τενεκεδάκια, ενώ το κορίτσι της Εικόνας 6.2.1 γ προσπαθεί να ακούσει μέσω του ποτηριού τις συνομιλίες στο διπλανό δωμάτιο. Τι συμβαίνει σε αυτές τις περιπτώσεις;

Γιατί οι μεγαλουπόλεις είναι τόσο θορυβώδεις (Εικόνα 6.2.1 δ και ε); Τι προβλήματα μπορεί να προκαλέσει η ηχορρύπανση στους ανθρώπους και την άγρια ζωή;

Ποιος είναι ο ρόλος της βελούδινης κουρτίνας στη σκηνή του θεάτρου της Εικόνας 6.2.1 στ και για ποιον λόγο οι ανακλαστικές ήχου έχουν τη θέση και το σχήμα που φαίνεται στις Εικόνες 6.2.1 ζ και η (Μέγαρο Μουσικής και μουσικό στούντιο αντίστοιχα);

Πώς εκπέμπουν ήχο οι χορδές μιας κιθάρας ή ενός πιάνου, οι μεμβράνες των ηχείων και οι φωνητικές μας χορδές;

## Ηχητικά κύματα-ήχος



Ο ήχος είναι κύμα;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

Ένα ταλαντευόμενο αντικείμενο στον αέρα παράγει πάντα κύμα που διαδίδεται σε αυτόν;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

Ένα ταλαντευόμενο αντικείμενο στον αέρα παράγει πάντα ήχο;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

Εξηγήστε γιατί.

.....

.....

.....

Μπορούν οι συγκρούσεις στο διάστημα να παράγουν ήχους που φτάνουν στη Γη;

.....

.....

.....

Γιατί κάποιος να χρησιμοποιεί τη σιδηροδρομική γραμμή για να ακούσει αν έρχεται το τρένο;

.....

.....

.....

Γιατί τα καινούρια κουφώματα έχουν διπλά τζάμια;

.....

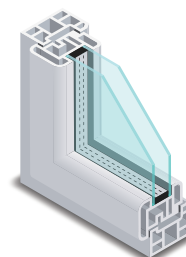
.....

.....

Ποιες οι διαφορές θορύβου, κρότου, νότας;

.....

.....



**Εικόνα 6.2.2:** Το διπλό τζάμι των κουφωμάτων.



### Πρακτική δραστηριότητα: Ήχος και αφή

Είναι πολύ εύκολο να αισθανθείς τον ήχο με την αφή. Ένας διασκεδαστικός τρόπος είναι με την χρήση ενός απλού μπαλονιού.

#### Για το πείραμα θα χρειαστείς:

- Ένα μπαλόνι.

#### Διαδικασία κατασκευής της διάταξης:

- Φούσκωσε το μπαλόνι αρκετά ώστε να εκμεταλλευτείς όλο το μέγεθός του.
- Τοποθέτησε το μπαλόνι ανάμεσα στα δύο σου χέρια όπως το κορίτσι της Εικόνας 6.2.3 και φερ' το σε κοντινή απόσταση από το στόμα σου.
- Άρχισε να μιλάς! Δοκίμασε διάφορες εντάσεις και διάφορους τόνους της φωνής σου.



**Εικόνα 6.2.3:** Το μπαλόνι δονείται όταν το κορίτσι μιλά.

Τι αισθάνθηκες;.....

.....



**Πρακτική δραστηριότητα: Γιατί δεν παράγουν ήχο όλα τα ταλαντευόμενα αντικείμενα**

Κούνα όσο πιο γρήγορα μπορείς το χέρι σου αριστερά - δεξιά.

Ακούς κάτι;.....

Πάρε ένα χαρακάκι σχεδίασης των 30 cm και τοποθέτησέ το σε τραπέζι ώστε η μία άκρη του να εξέχει από αυτό. Προτίμησε λεπτό χαρακάκι. Με το ένα σου χέρι πίεσε δυνατά το χαρακάκι που είναι πάνω στο τραπέζι ώστε να μην μπορεί να κουνηθεί όπως φαίνεται στην εικόνα 6.2.4. Με το άλλο σου χέρι σπρώξε την άκρη που εξέχει ώστε το χαρακάκι να λυγίσει αρκετά και άφησε το να ταλαντώνεται. Επανάλαβε δύο φορές με μεγαλύτερο μήκος του χάρακα να εξέχει από το τραπέζι.

Περιγράψε τι ακούς σε κάθε περίπτωση;

.....

.....

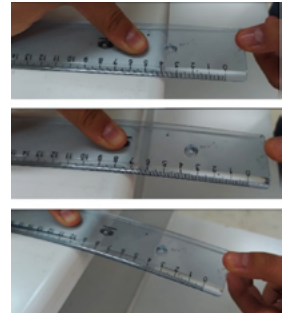
.....

.....

.....

.....

.....



**Εικόνα 6.2.4:** Διαφορετικά μήκη του χάρακα εκτός τραπεζιού.



Τα ηχητικά κύματα είναι διαμήκη κύματα με συχνότητες από 20Hz έως 20000Hz περίπου, τα οποία διεγείρουν το όργανο της ακοής. Εκτός από τη συχνότητα άλλα χαρακτηριστικά των ηχητικών κυμάτων είναι το πλάτος και το μήκος κύματος. Για παράδειγμα όταν ταλαντώνεται το τύμπανο ενός μεγάφωνου παράγονται ηχητικά κύματα και τα σωματίδια του αέρα κινούνται παράλληλα στη διάδοση του ήχου δημιουργώντας περιοχές ψηλής και χαμηλής πυκνότητας (ή ψηλής και χαμηλής πίεσης), οι οποίες ονομάζονται πυκνώματα και αραιώματα. Τα ηχητικά κύματα δεν διαδίδονται στο κενό. Έτσι στον διαστημικό χώρο επικρατεί σιωπή. Ηχητικά κύματα με συχνότητες μικρότερες των 20 Hz ονομάζονται υπόηχοι και με συχνότητες μεγαλύτερες από 20000 Hz καλούνται υπέρηχοι. Οι υπόηχοι και οι υπέρηχοι δεν γίνονται αντιληπτοί από το ανθρώπινο αυτί. Κάποια ζώα όπως οι φάλαινες και οι ελέφαντες χρησιμοποιούν για την επικοινωνία τους υπόηχους, ενώ κάποια άλλα όπως οι σκύλοι και τα περιστέρια μπορούν να ακούσουν και υπέρηχους.

Όταν η ηχητική πηγή ταλαντώνεται γρήγορα, έχει μικρή περίοδο και επομένως μεγάλη συχνότητα. Ήχοι υψηλών συχνοτήτων είναι οξύτεροι και οι ήχοι χαμηλών συχνοτήτων είναι βαρύτεροι. Στη μουσική ο όρος ύψος αναφέρεται στο πόσο οξύ είναι ένας ήχος, κάτι που εξαρτάται από τη συχνότητα ταλάντωσης της πηγής.



**Συμπλήρωσε τα κενά στο παρακάτω κείμενο.**

Είναι αδύνατο να κουνήσεις το χέρι σου αριστερά - δεξιά με συχνότητα ..... από 20Hz ώστε να καταφέρεις να ακούσεις το κύμα που διαδίδεται στον αέρα.

Καθώς επικρατεί διαδοχικά χαμηλότερη και υψηλότερη πίεση στο μπαλόνι, η επιφάνεια του μπαλονιού ....., όπως ένιωσες με τα δάκτυλά σου.

Εικάζεται ότι ο Λούντβιχ βαν Μπετόβεν (Ludwig van Beethoven) είχε βρει μια έξυπνη λύση για να μπορέσει να ξεπεράσει την ολική κώφωση που βίωσε τα τελευταία χρόνια της ζωής του και να συνεχίσει να συνθέτει μουσική. Έβαζε ένα μολύβι στο στόμα και ακουμπούσε την άλλη άκρη στο ηχείο του πιάνου, για να νιώσει τον ήχο. Εσύ είχες ποτέ την εμπειρία να αισθανθείς τον ήχο με την αφή;

Αν ναι, πώς το ερμηνεύεις; .....

.....

.....

Όσο μεγαλύτερο είναι το ταλαντευόμενο τμήμα του χάρακα τόσο ..... είναι ο ήχος. Δηλαδή τόσο ..... είναι η συχνότητά του.

Πώς λειτουργεί το παιχνίδι του τηλεφώνου με τα τενεκεδάκια (Εικόνα 6.2.1.β);



## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

### Οπτικοποίηση του ήχου

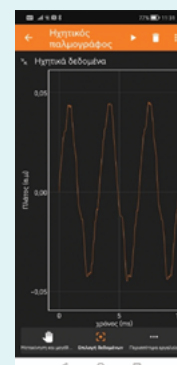
Υπάρχουν κάποιες συσκευές με τη βοήθεια των οποίων μπορούμε να μετρήσουμε την τιμή από διάφορα χαρακτηριστικά μεγέθη του ήχου. Μία τέτοια συσκευή είναι και ο παλμογράφος. Ο ήχος προσπίπτει στο μικρόφωνο της συσκευής και οι μεταβολές της πίεσης οδηγούν στη δημιουργία αντίστοιχων ηλεκτρικών σημάτων των οποίων η μορφή σχηματίζεται στην οθόνη. Τέτοιες εφαρμογές υπάρχουν ακόμα και στα κινητά μας τηλέφωνα. Στην εικόνα 6.2.5 φαίνεται η καταγραφή ενός ήχου συγκεκριμένης συχνότητας με τον ηχητικό παλμογράφο της εφαρμογής rhyrbox εγκατεστημένης σε ένα κινητό τηλέφωνο. Τα ηχητικά κύματα, ως διαμήκη κύματα εμφανίζουν πυκνώματα και αραιώματα, όπως ήδη έχεις δει και στις δραστηριότητες είναι δυνατόν αν αντιστοιχίσουμε σε κάθε πύκνωμα μια κορυφή και σε κάθε αραιώμα μια κοιλία, να πάρουμε την αντίστοιχη κυματομορφή ενός ήχου.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 6.2.6, η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα μέτρησης χρονικών διαστημάτων. Από την εικόνα αυτή μπορείς να υπολογίσεις τη συχνότητα του ήχου που καταγράφηκε; (Προσέγγισε στην πλησιέστερη ακέραια τιμή)

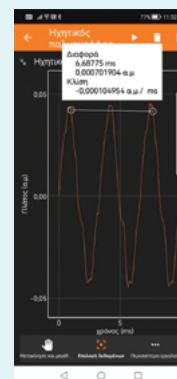
.....

.....

.....



Εικόνα 6.2.5.

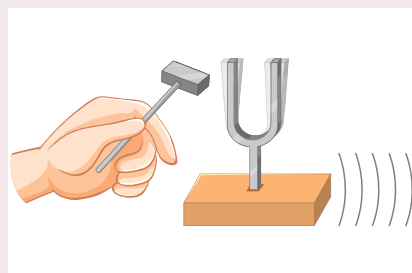


Εικόνα 6.2.6.



### Ένταση ηχητικού κύματος

Μια παλλόμενη πηγή ήχου, όπως η μεμβράνη ενός ηχείου ή τα σκέλη από ένα διαπασών, καθώς ταλαντώνονται προσφέρουν ενέργεια στα μόρια του αέρα με τα οποία αλληλεπιδρούν και αυτή μεταφέρεται προς τον ακροατή από τον οποίο γίνεται αντιληπτός ο ήχος. Όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος ταλάντωσης τόσο μεγαλύτερη είναι και η ενέργεια που μεταφέρεται με το ηχητικό κύμα. Η ένταση του ήχου ορίζεται ως η ενέργεια που μεταφέρεται από το ηχητικό κύμα ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα επιφάνειας. Με



Εικόνα 6.2.7: Διαπασών

άλλα λόγια, ένας ήχος μεγάλης έντασης μεταφέρει στο τύμπανο του αυτιού μας και το διεγείρει μεγαλύτερη ενέργεια σε κάθε δευτερόλεπτο από ό,τι ένας ασθενέστερος ήχος. Για τον καθορισμό της στάθμης της έντασης των ήχων στην πράξη χρησιμοποιείται η κλίμακα σε μονάδες ντεσιμπέλ (1 decibel ή συνοπτικά 1dB).



Η κλίμακα ντεσιμπέλ καθορίζεται σε σχέση με την ευαισθησία του ανθρώπινου αυτιού. Το μηδέν της κλίμακας αντιστοιχεί στο όριο της ακοής, δηλαδή, μόλις που ακούγεται ο ήχος. Η τιμή 120dB αντιστοιχεί στο όριο πόνου. Στα 110dB αντιστοιχούν οι συναυλίες σκληρού ροκ. Μια κανονική συζήτηση αντιστοιχεί στα 50dB, ενώ ο θόρυβος κυκλοφοριακής κίνησης σε μια μεγαλούπολη αντιστοιχεί περίπου στα 80dB.



Στην καθημερινότητά σου χρησιμοποιείς πολλά τεχνολογικά προϊόντα και εφαρμογές. Μπορείς να σκεφτείς ποια από αυτά θα μπορούσες να χρησιμοποιήσεις για την παραγωγή ηχητικών κυμάτων και τη μέτρηση της έντασής τους; .....

.....



### Πειραματική δραστηριότητα: Μέτρηση της έντασης του ήχου σε db

Για τη δραστηριότητα θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσεις δύο έξυπνα κινητά τηλέφωνα με εγκατεστημένη την εφαρμογή phyphox. Το πρώτο κινητό θα το χρησιμοποιήσεις για την παραγωγή ηχητικών κυμάτων συχνοτήτων της επιλογής σου και το δεύτερο για τη μέτρηση της έντασης των ήχων σε db.

Στο πρώτο κινητό τηλέφωνο για την παραγωγή ηχητικών κυμάτων θα χρησιμοποιήσεις την επιλογή «Γεννήτρια συχνοτήτων», ώστε να παράγει ήχο κάποιας συχνότητας. Ο ήχος αυτός θα διαδίδεται καθ' όλη την διάρκεια της διεξαγωγής της δραστηριότητας. Την έντασή του θα μπορείς να την αυξομειώνεις όσο και όποτε θες από το κουμπί της έντασης της συσκευής του τηλεφώνου.

Στο δεύτερο κινητό για την καταγραφή της έντασης του ήχου σε db θα πρέπει να χρησιμοποιήσεις την επιλογή «Πλάτος ήχου», η οποία καταγράφει την ένταση του ήχου σε db, αλλά ταυτόχρονα σε γραφική παράσταση έντασης - χρόνου στο ιστορικό της δραστηριότητας.



Αναλυτικές οδηγίες μπορείς να βρεις στο παρακάτω βίντεο αλλά και στην παρουσίαση:



Σε ποια συμπεράσματα καταλήγεις;

.....

.....

## Η ταχύτητα διάδοσης του ήχου



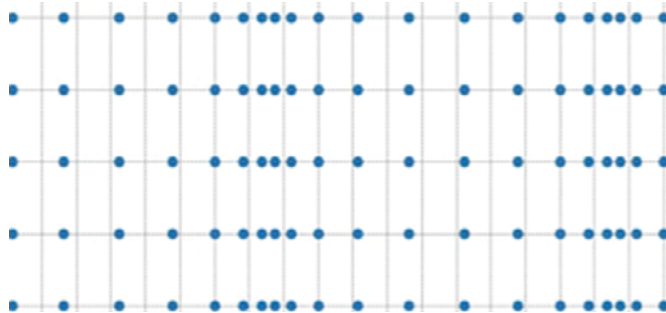
Όπως και στα υπόλοιπα μηχανικά κύματα, η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων εξαρτάται από το υλικό μέσο στο οποίο διαδίδεται και δίνεται από την εξίσωση:  $v = \lambda \cdot f$  (6.2.1)

Όσο μικρότερη είναι η απόσταση των μορίων του μέσου τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα διάδοσης του ήχου.

Έτσι, όταν ο ήχος διαδίδεται σε ξηρό αέρα, ο οποίος έχει μια θερμοκρασία κοντά στους 20°C, έχει ταχύτητα περίπου 343m/s. Στα υγρά ο ήχος διαδίδεται με μεγαλύτερη ταχύτητα από ό,τι στα αέρια και στα στερεά διαδίδεται με ακόμα μεγαλύτερη ταχύτητα. Για παράδειγμα, η τιμή της ταχύτητας του ήχου στο νερό είναι περίπου 1500m/s και στον ορείχαλκο περίπου 3500m/s. Επίσης, ο ήχος στον αέρα εξασθενεί πλησιέστερα στην πηγή που τον παράγει από ό,τι στο νερό ή στον σίδηρο. Κάθε ηχητικό κύμα διαδίδεται χάρη στην ταλάντωση των ατόμων του μέσου διάδοσης. Στα υγρά και στα στερεά υπάρχουν δεσμοί μεταξύ των ατόμων τους. Κάθε δεσμός μπορεί να λειτουργήσει όπως ένα ελατήριο στην ταλάντωση. Αν τεθεί σε ταλάντωση ένα άτομο, αυτό με τη σειρά του θέτει σε ταλάντωση το διπλανό του κ.ο.κ., με συνέπεια τη δημιουργία και τη διάδοση του κύματος. Στα αέρια ο μηχανισμός είναι διαφορετικός. Η πίεση είναι υψηλότερη εκεί που τα άτομα είναι πιο κοντά και χαμηλότερη εκεί που απομακρύνονται.

Όταν η ηχητική πηγή πάλλεται, μπορεί να σπρώξει τα άτομα κοντά το ένα στο άλλο, δημιουργώντας ένα στρώμα υψηλότερης πίεσης. Στη συνέχεια απομακρύνεται, οπότε δημιουργείται ένα στρώμα αερίου μικρότερης πίεσης και σπρώχνει ξανά δημιουργώντας το επόμενο στρώμα υψηλής πίεσης κ.ο.κ.

Όταν αυξάνει η θερμοκρασία, αυξάνει και η κινητική ενέργεια των μορίων, οπότε αυξάνεται και η ταχύτητα διάδοσης του ήχου.



Εικόνα 6.2.9: Μικροσκοπική ερμηνεία της διάδοσης του ήχου.



### ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

#### Αναγνώριση καταστάσεων της καθημερινής ζωής που αποδεικνύουν ότι τα ηχητικά κύματα μεταφέρουν ενέργεια

Όπως έχεις δει και σε αυτή και στην προηγούμενη ενότητα, τα κύματα μεταφέρουν ενέργεια. Πολλά παραδείγματα υπάρχουν στην καθημερινή σου ζωή που επιβεβαιώνουν τον παραπάνω ισχυρισμό. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι και η θραύση κρυστάλλων από ήχους συγκεκριμένης για κάθε κρύσταλλο συχνότητας (Εικόνα 6.2.10). Το μικρόφωνο καταγράφει την πίεση που δέχεται από το ηχητικό κύμα ως ηλεκτρικό σήμα. Το ηλεκτρικό σήμα που μεταβάλλεται με τον χρόνο παίρνοντας θετικές και αρνητικές τιμές σύμφωνα με τη μεταβολή της πίεσης του ακουστικού σήματος που προσπίπτει στη μεμβράνη.

#### Θόρυβος-κρότος-νότες

Ο θόρυβος είναι συνεχής, υπάρχει πάντα, άλλοτε έχει μικρή και άλλοτε μεγάλη ένταση. Η συχνότητά του μεταβάλλεται συνεχώς και είναι ανεπιθύμητος.

Ο κρότος έχει μικρή διάρκεια, ακαθόριστο ύψος, μεγάλη ένταση και χαρακτηρίζει την πηγή.



Εικόνα 6.2.10: Θραύση κρυστάλλου από ηχητικό κύμα



Εικόνα 6.2.11: Μικρόφωνο

Οι νότες (μουσικοί φθόγγοι) είναι ήχοι που περιέχουν μία κύρια ή θεμελιώδη συχνότητα και πολλές άλλες συχνότητες που είναι ακέραια πολλαπλάσια της κύριας τις λεγόμενες αρμονικές.

Όταν παίζουμε στο πιάνο τις νότες με τη σειρά που φαίνεται στην εικόνα 6.2.12. αντιλαμβανόμαστε ότι ο ήχος γίνεται όλο και ψηλότερος. Δηλαδή, η συχνότητά του αυξάνεται. Η νότα Do είναι η μικρότερη συχνότητα και η νότα Si είναι η μεγαλύτερη.

Η νότα Do με βάση το πρότυπο κούρδισμα του πιάνου έχει κύρια συχνότητα περίπου 261,63Hz. Ωστόσο, εκτός από αυτήν την κύρια όπως λέμε συχνότητα, υπάρχουν και αρμονικές συχνότητες που προκύπτουν από την ταλάντωση του μουσικού οργάνου ή του μέσου που παράγει τον ήχο. Αυτές οι αρμονικές συχνότητες προσθέτουν στον ήχο πλούτο και χαρακτήρα.

Από το είδος της κυματομορφής μπορεί κανείς να αντιληφθεί την ποιότητα ενός ήχου. Το χαρακτηριστικό αυτό το λέμε χροιά. Η χροιά είναι αυτή που μας δίνει τη δυνατότητα να διακρίνουμε τη μια ηχητική πηγή από την άλλη όταν εκπέμπουν για παράδειγμα την ίδια νότα.

#### Υπολογισμός της απόστασης της καταιγίδας

Κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας οι αστραπές και οι βροντές είναι συνηθισμένα φαινόμενα. Επειδή η ταχύτητα του φωτός στον αέρα είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του ήχου, όταν θα συμβεί μια αστραπή αρχικά θα δεις τη λάμψη της και έπειτα με μια μικρή χρονική καθυστέρηση θα ακούσεις τον ήχο της. Μετρώντας αυτήν τη χρονική καθυστέρηση, αν γίνεται όλο και μικρότερη η καταιγίδα πλησιάζει, αν μεγαλώνει η καταιγίδα απομακρύνεται.

#### Το Mach (Ma) ως σχέση ταχύτητας σώματος με την ταχύτητα του ήχου

Το πηλίκο της ταχύτητας ενός σώματος προς την ταχύτητα με την οποία διαδίδεται ο ήχος στον τόπο που γίνεται η κίνηση του σώματος ονομάζεται αριθμός Mach (Ma) προς τιμήν του Αυστριακού φυσικού Ernst Mach. Ο αριθμός αυτός είναι αδιάστατος και η χρήση του μας δίνει τη σύγκριση της ταχύτητας του σώματος με αυτή του ήχου. Έτσι, για παράδειγμα μια κίνηση με Ma 0,5 σημαίνει ότι το αντικείμενο κινείται με ταχύτητα ίση με τη μισή ταχύτητα του ήχου ή μια κίνηση με Ma 2 σημαίνει ότι το αντικείμενο κινείται με ταχύτητα διπλάσια του ήχου.

Η χρήση του αριθμού Ma είναι συνηθισμένη για την περιγραφή της ταχύτητας πτήσης πυραύλων και αεροσκαφών. Αναλόγως με την τιμή του αριθμού Ma οι πτήσεις μπορούν να διακριθούν σε υποηχητικές όταν  $Ma < 1$ , πτήσεις στην ταχύτητα του ήχου όταν  $Ma = 1$  και υπερηχητικές όταν  $Ma > 1$ . Όταν τα υπερηχητικά αεροσκάφη ξεπερνούν τη ταχύτητα του ήχου (σπάνε το φράγμα του ήχου), προκαλείται ένας ισχυρός χαρακτηριστικός ήχος γνωστός και ως sonic boom, ο οποίος μοιάζει με εκείνον μιας μεγάλης έκρηξης.

#### Υπερηχογραφία

Οι υπέρηχοι αποτελούν ένα είδος ηχητικών κυμάτων. Τα ηχητικά κύματα είναι διαμήκη κύματα που διαδίδονται σε στερεά υγρά και αέρια. Επειδή τόσο τα ίδια, όσο και οι εφαρμογές τους στην καθημερινότητα έχουν μεγάλο ενδιαφέρον θα τα μελετήσεις διεξοδικά στην επόμενη ενότητα.



Εικόνα 6.2.12: Νότες στο πιάνο



Εικόνα 6.2.13: Καταιγίδα



Εικόνα 6.2.14: Υπερηχητική πτήση

Σε αυτή την ενότητα θα λάβεις πληροφορίες για μια εφαρμογή που αφορά τη διαγνωστική ιατρική, την Υπερηχογραφία. Το ανθρώπινο αυτί μπορεί να ακούσει ηχητικά κύματα που έχουν συχνότητα ως 20000Hz. Ήχοι που έχουν συχνότητα μεγαλύτερη από αυτή ονομάζονται υπέρηχοι. Οι υπέρηχοι που χρησιμοποιούν διάφορες συσκευές κατά τη λειτουργία τους μπορεί να φτάσουν να έχουν συχνότητες της τάξης αρκετών GHz.

Συγκεκριμένα στην Ιατρική έχει αναπτυχθεί ολόκληρος κλάδος που αφορά την υπερηχογραφική απεικόνιση. Κατά την εξέταση ο γιατρός κατευθύνει την κεφαλή του υπερηχοτομογράφου, η οποία είναι ταυτόχρονα και πομπός και δέκτης υπερήχων, στο σημείο του σώματος που θέλει να εξετάσει. Στη συνέχεια, εκπέμπονται υπέρηχοι με κατεύθυνση προς το σώμα, ενώ η κεφαλή καταγράφει τις ανακλάσεις των υπερήχων αυτών και τις στέλνει σε έναν υπολογιστή που αναλαμβάνει να επεξεργαστεί τα στοιχεία και να τα μετατρέψει σε εικόνα στην οθόνη του υπολογιστή (Εικόνα 6.1.10).

Το πλεονέκτημα της υπερηχογραφίας είναι ότι οι υπέρηχοι έχουν μεγάλες συχνότητες και μικρό μήκος κύματος και έτσι εμφανίζουν καλή διακριτική ικανότητα, η οποία είναι σημαντική για τις διαγνώσεις. Μιας και το ανθρώπινο σώμα αποτελείται κατά περίπου 90% από νερό, μπορούμε να θεωρήσουμε με καλή προσέγγιση πως η ταχύτητα των υπερήχων στο σώμα μας είναι 1500m/s, όσο δηλαδή και στο νερό. Αν μια τυπική συχνότητα των υπερήχων που εκπέμπει ένας τομογράφος είναι της τάξης των 5.000.000 Hz, τότε κάνοντας κανείς τους υπολογισμούς χρησιμοποιώντας τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής θα δει πως το αντίστοιχο μήκος κύματος είναι 0,3mm. Μια πάρα πολύ καλή διακριτική ικανότητα.

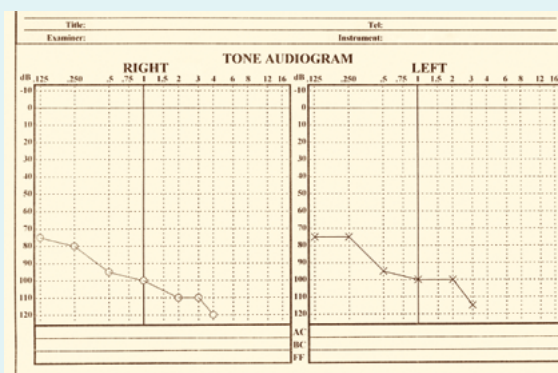
### Ακουόγραμμα

Το φάσμα των ηχητικών κυμάτων που μπορεί να ακούσει ένας άνθρωπος εκτείνεται από ήχους συχνότητας 20 Hz έως και ήχους συχνότητας 20.000Hz. Πολλές φορές όμως, το φασματικό αυτό εύρος περιορίζεται (συνήθως στις υψηλές συχνότητες) είτε εξαιτίας παθολογικών αιτιών είτε εξαιτίας του ηλικιακού παράγοντα. Η διάγνωση του περιορισμού του φάσματος γίνεται μέσω μιας ειδικής ιατρικής εξέτασης τα αποτελέσματα της οποίας καταγράφονται σε ένα διάγραμμα που ονομάζεται ακουόγραμμα.

Ο εξεταζόμενος φορά ειδικά ακουστικά από τα οποία εκπέμπονται ήχοι διαφόρων συχνοτήτων, των οποίων η ένταση σταδιακά ελαττώνεται. Όσο ο εξεταζόμενος ακούει αντιδρά πατώντας ένα ειδικό κουμπί. Τη στιγμή που θα σταματήσει να αντιδρά καταγράφεται η συγκεκριμένη συχνότητα του ήχου και η αντίστοιχη ένταση σε dB στο διάγραμμα. Ένα ακουόγραμμα που προέκυψε από μια εξέταση σαν και αυτή που αναφέρθηκε πιο πάνω παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.2.14.



Εικόνα 6.2.15: Χρήση υπερηχογραφίας στην ιατρική.



Εικόνα 6.2.16: Ακουόγραμμα

### Παιχνίδι με ιδιοκατασκευή τηλεφώνου με σύρμα και τενεκεδάκια.

Κατασκεύασε το τηλέφωνο με τα τενεκεδάκια ώστε να μπορέσεις με τη βοήθεια ενός φίλου σου να πειραματιστείς με τη διάδοση ήχων.

#### Θα χρειαστείς:

- Δύο μεταλλικά τενεκεδάκια από συμπυκνωμένο γάλα (εναλλακτικά δύο πλαστικά ποτηράκια),
- Σύρμα μεγάλου μήκους (εναλλακτικά κλωστή, πετονιά κτλ.),
- Ανοιχτήρι κονσέρβας.

**Διαδικασία κατασκευής του τηλεφώνου:**

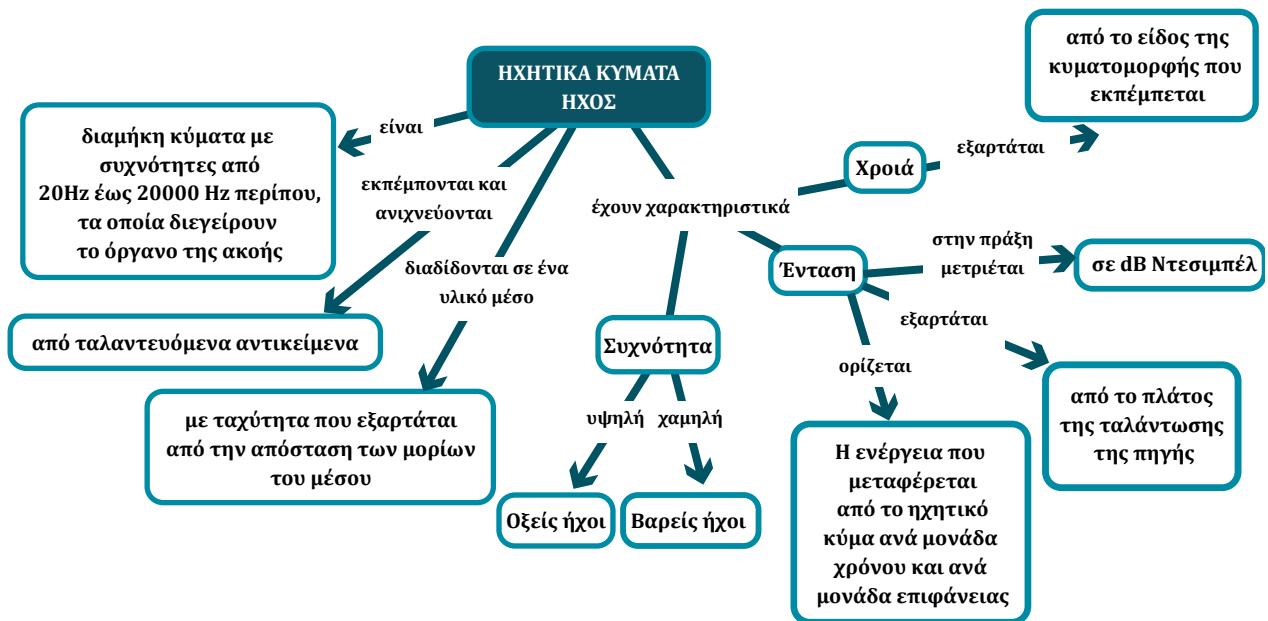
- Αρχικά, αφαιρείς από κάθε τενεκεδάκι με το ανοιχτήρι κονσέρβας τη μια του βάση.
- Έπειτα, σε κάθε τενεκεδάκι κάνεις μια μικρή τρύπα στο κέντρο της άλλης βάσης με τη μύτη από το ανοιχτήρι.
- Πάρε το ένα τενεκεδάκι και από την εξωτερική πλευρά της τρύπας που έκανες πέραν τη μια άκρη του σύρματος.
- Τράβηξε το σύρμα μέσα από το τενεκεδάκι και κάνε έναν κόμπο αρκετά μεγάλο ώστε αν τραβήξεις το σύρμα πάλι μέσα στο τενεκεδάκι ο κόμπος να μην επιτρέπει στο σύρμα να γλιστρήσει έξω από την τρύπα.
- Επανάλαβε τα δύο τελευταία βήματα και για το άλλο τενεκεδάκι με τη χρήση της άλλης άκρης του σύρματος. Το τηλέφωνό σου είναι έτοιμο!



**Εικόνα 6.2.17:** Ιδιοκατασκευή τηλεφώνου

Για τη χρήση του θα χρειαστεί τη μια άκρη να την κρατά ο φίλος σου και την άλλη εσύ. Φρόντισε το σύρμα να είναι καλά τεντωμένο. Πειραματίσου με τη διάδοση διαφόρων ήχων, ακόμη και ψιθύρων.

**Εννοιολογικός χάρτης**





## 6.2 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Η Άννα διαθέτει ένα αδιάβροχο μεγάφωνο και αναπαράγει με αυτό ηχητικά κύματα που όταν διαδίδονται στον αέρα έχουν συχνότητα 1500Hz. Αν βυθίσει το μεγάφωνο στο νερό μιας πισίνας η συχνότητα του ήχου θα:
 

A. Αυξηθεί    B. Μειωθεί    Γ. Παραμένει η ίδια

**Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.**

**Το μήκος κύματος του ήχου θα:**

A. Αυξηθεί    B. Μειωθεί    Γ. Παραμένει η ίδια

**Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.**
2. Ένα ηχητικό κύμα που διαδίδεται σε κάποιο μέσο έχει συχνότητα 300Hz και μήκος κύματος ίσο περίπου με το ύψος ενός μέσου ενήλικα. Αν στο ίδιο μέσο διαδοθεί ένα ηχητικό κύμα με μήκος κύματος ίσο περίπου με το ύψος ενός πεντάχρονου παιδιού, η συχνότητα του κύματος αυτού θα είναι μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίση με 300Hz;
3. Ένα μεγάφωνο διαδίδει ηχητικό κύμα μιας συγκεκριμένης συχνότητας. Τι θα συμβεί με την ταχύτητα του κύματος αν διπλασιάσουμε τη συχνότητά του;
4. Η Άννα κάνει το πρώτο της μάθημα στο πιάνο και η δασκάλα της της λέει να πατήσει ένα πλήκτρο της επιλογής της μια φορά απαλά και μια φορά έντονα. Στην ερώτηση τι διαφορετικό έχουν οι δύο ήχοι, τι πιστεύεις ότι πρέπει να επιλέξει η Άννα;
 

A. Ταχύτητα διάδοσης    B. Κύρια συχνότητα

Γ. Μήκος κύματος    Δ. Ένταση



## 6.2 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Οι ελέφαντες μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους με ηχητικά κύματα πολύ χαμηλής συχνότητας. Η μέγιστη απόσταση στην οποία μπορούν να επικοινωνήσουν με αυτόν τον τρόπο είναι περίπου 6120 m. Αν ο χρόνος που χρειάζεται ο ήχος να διαδοθεί σε αυτήν την απόσταση είναι 18s, ποιο είναι το μήκος κύματος ενός τέτοιου ήχου συχνότητας 10Hz;
2. Με μία γεννήτρια συχνοτήτων παράγεται ένας ήχος συχνότητας 500Hz, ο οποίος διαδίδεται στον αέρα και στη συνέχεια στο νερό. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος αυτού του ήχου στον αέρα και στο νερό. Δίνεται η ταχύτητα τα ήχου στον αέρα 340 m/s και στο νερό 1500 m/s.
3. Ένα παιδί στην ακτή παρατηρεί ένα κύμα που διαδίδεται στη θάλασσα. Εκτιμά ότι η απόσταση από κορυφή σε κορυφή είναι 2m και επίσης με το χρονόμετρο του βρίσκει ότι στην ακτή «σκάνε» 3 κύματα κάθε δευτερόλεπτο. Αν θεωρήσουμε σωστές τις μετρήσεις του παιδιού, ποια θα είναι η συχνότητα, το μήκος κύματος και η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων;
4. Μια βροχερή μέρα παρατηρείς μια αστραπή σε μεγάλη απόσταση από εσένα. Ο χρόνος που περνά από τη στιγμή που θα δεις τη λάμψη μέχρι να ακούσεις τη βροντή είναι 8s. Σε πόση απόσταση από εσένα ξέσπασε η αστραπή; Αν μετά από λίγα λεπτά επαναλάβεις τη μέτρηση και βρεις τον χρόνο να είναι αυτήν τη φορά 6s, σε ποιο συμπέρασμα καταλήγεις για την εξέλιξη της καταιγίδας; Η ταχύτητα διάδοσης του φωτός είναι πολύ μεγάλη και μπορείς να θεωρήσεις ότι πρακτικά βλέπεις τη λάμψη αμέσως μόλις δημιουργηθεί. Δίνεται η ταχύτητα του ήχου στον αέρα 340m/s.
5. Η απόσταση του πίσω τοίχου της αίθουσας ενός θεάτρου από τη σκηνή του είναι 34m. Κάποιος θεατής κάθεται στη μεσαία σειρά. Ένας ήχος που ξεκινά από τη σκηνή μπορεί να φτάσει στα αυτιά του θεατή είτε απευθείας, είτε μετά από ανάκλαση στον πίσω τοίχο. Ποιος από τους δύο ήχους φτάνει πρώτος στον θεατή; Ποια η χρονική διαφορά της άφιξης των δύο ήχων αν γνωρίζετε πως η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι 340 m/s;

6. Η συχνότητα της νότας ΛΑ στη 2η οκτάβα είναι 220Hz, ενώ στην 4η οκτάβα 880Hz. Αν το μήκος κύματος στον αέρα της νότας με συχνότητα 220Hz είναι 1,5m, να

υπολογίσετε το μήκος κύματος στον αέρα της νότας με συχνότητα 880Hz.



**6.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ**

1. Για να μετρήσουν την ταχύτητα του ήχου στον αέρα δύο μαθητές σχεδίασαν το παρακάτω πείραμα: Ο ένας είχε τον ρόλο του τυμπανιστή και ο άλλος τον ρόλο του ακροατή. Ο τυμπανιστής είχε το χέρι του σε ανάταση κρατώντας μια μπαγκέτα. Ο ακροατής ήταν ακίνητος σε οριζόντια ευθεία και σε απόσταση 400m από τον τυμπανιστή έχοντας οπτική επαφή με αυτόν. Ο ακροατής κρατούσε χρονόμετρο. Μόλις έβλεπε το χέρι του τυμπανιστή να κατεβαίνει και να χτυπά το τύμπανο, έθετε σε λειτουργία το χρονόμετρο και μόλις άκουγε τον ήχο από το τύμπανο το σταματούσε. Επανάλαβαν το πείραμα 10 φορές και πήραν τις παρακάτω μετρήσεις:

**A.** Υπολογίστε την ταχύτητα του ήχου στον αέρα αξιοποιώντας τα παρακάτω δεδομένα.

**B.** Γνωρίζοντας από τη θεωρία ότι στις συνθήκες του πειράματος, η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα είναι 340m/s, γράψτε τρεις λόγους στους οποίους μπορεί να οφείλεται η διαφορά μεταξύ πειραματικής και θεωρητικής τιμής της.



Χρόνος (s)	1,18	1,24	1,21	1,17	1,19	1,23	1,21	1,20	1,21	1,18
------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

## 6.3. Φαινόμενα του ήχου: ανάκλαση, απορρόφηση, διάθλαση

### Στην ενότητα αυτή θα μάθεις:

1. Να αναγνωρίζεις και να περιγράφεις φαινόμενα ανάκλασης, διάθλασης και απορρόφησης του ήχου.
2. Να σχεδιάζεις και να επιλύεις απλά προβλήματα διάδοσης και ανάκλασης ήχου.



γ



δ



ε



Εικόνα 6.3.1: Εικόνες και βίντεο σχετικά με φαινόμενα ανάκλασης, διάθλασης και απορρόφησης του ήχου

### Ας αναρωτηθούμε



Το αγόρι της Εικόνας 6.3.1 α με τα χέρια του κατευθύνει μια κραυγή μεγάλης έντασης προς την πλαγιά του απέναντι βουνού. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί;

Ενώ, το αγόρι της Εικόνας 6.3.1 γ χρησιμοποιεί ένα megάφωνο μέσα σε ένα άδειο κλειστό δωμάτιο. Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί αυτήν τη φορά;

Στην Εικόνα 6.3.1 ε υπάρχει μια αίθουσα θεάτρου καλυμμένη με βελούδινες κουρτίνες, ξύλινα πατώματα και καλυμμένα με βελούδο καθίσματα. Τι πιστεύεις ότι εξυπηρετεί αυτή η διαμόρφωση; Γιατί οι επιφάνειες των τοίχων του ραδιοφωνικού στούντιο έχουν τη μορφή της Εικόνας 6.3.1 δ; Η ησυχία που επικρατεί κατά τη διάρκεια χιονόπτωσης (Εικόνα 6.3.1 β) έχει αποτυπωθεί στα έργα σημαντικών λογοτεχνών. Έτσι, για παράδειγμα ο Γ. Ρίτσος στο ποίημά του, Το χιόνι (Ποιήματα, τομ. 3ος, Κέδρος), αναφέρει:

«Το χιόνι είναι άσπρο, μαλακό σαν τελειωμένος έρωτας, -είπε.  
Έπεσε απρόσμενα, τη νύχτα, μ' όλη τη σοφή σιωπή του.»

Ο Ευγένιος Τριβιζάς στο θεατρικό του, *Το μεγάλο ταξίδι του Τουρτούρι* (εκδ. Καστανιώτη) γράφει: «Χειμώνας σε μια πλατεία. Χιονίζει σιωπηλά. Την ησυχία του τοπίου διαταράσσουν φωνές και γέλια παιδιών.»



A. Ποια είναι τα αίτια των φαινομένων ηχούς και αντήχησης και ποιες οι διαφορές στην εκδήλωσή τους;

.....

.....

.....

B. Γιατί ο κόσμος φαίνεται ήσυχος μετά από μια χιονόπτωση;

.....

.....

.....

Είχες ποτέ την εμπειρία να ακούς ήχο από κατεύθυνση που δεν περιμένες ή γνώριζες ότι δεν υπάρχει πηγή προς τα εκεί; Αν ναι, ποια είναι αυτή και πώς ερμηνεύεις το αποτέλεσμα;

.....

.....

## Ανάκλαση του ήχου



### Πρακτική δραστηριότητα: Ανάκλαση ήχου με απλά υλικά

Μπορείς με απλά υλικά που έχεις στο σπίτι σου να πειραματιστείς με την ανάκλαση του ήχου.

#### Θα χρειαστείς:

- ένα πιάτο το οποίο να έχει σχετικά μεγάλη επιφάνεια,
- ένα ξυπνητήρι και
- ένα μεγάλο πλαστικό μπουκάλι (χωρητικότητας 1,5 L) του οποίου έχεις αφαιρέσει (με ένα ψαλίδι ή έναν χαρτοκόπτη) το πάνω μέρος.

#### Διαδικασία εκτέλεσης της δραστηριότητας:

- Ρύθμισε την ώρα από το ξυπνητήρι να είναι ίδια με την ώρα που δείχνουν οι δείκτες του ρολογιού, έτσι ώστε αυτό να χτυπά και να ακούγεται ο ήχος του.
- Έπειτα, τοποθέτησε το ξυπνητήρι στον πυθμένα του μπουκαλιού και βάλε το μπουκάλι σε μια σταθερή βάση (Εικόνα 6.3.3 α).
- Στη συνέχεια, με το πιάτο προσπάθησε να το βάλεις σε διάφορες γωνίες πάνω από το μπουκάλι ώστε να πετύχεις να ακούσεις τον ήχο του ξυπνητηριού. Αν βρεις την κατάλληλη θέση του πιάτου (Εικόνα 6.3.3 β), θα διαπιστώσεις αλλαγή στην ένταση του ήχου. Την όλη πειραματική διαδικασία μπορείς να τη βιντεοσκοπήσεις με το κινητό σου τηλέφωνο.



**Εικόνα 6.3.2:** Τα υλικά που θα χρειαστείς για τη δραστηριότητα

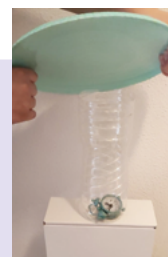


**Εικόνα 6.3.3:** Το ξυπνητήρι στον πυθμένα του μπουκαλιού (α) και εύρεση της κατάλληλης θέσης του πιάτου (β)

Ψηφιακή δραστηριότητα: **Ψηφιακό υλικό**

**Βίντεο ενδεικτικής εκτέλεσης δραστηριότητας για την ανάκλαση του ήχου με χρήση απλών υλικών**

Στην περίπτωση που δεν καταφέρεις να εκτελέσεις τη δραστηριότητα στον χώρο σου, μπορείς να παρακολουθήσεις το αντίστοιχο βίντεο. Παρακολούθησε την αλλαγή στην ένταση του ήχου όταν το πιάτο βρεθεί στην κατάλληλη θέση σε σχέση με το μπουκάλι και το μικρόφωνο του κινητού τηλεφώνου που βιντεοσκοπεί το πείραμα.



Βίντεο: Ανάκλαση ήχου



Συμπλήρωσε τις λέξεις: **ακούγεται, ανακλάται, πιάτο, πάνω, αλλάζει, στόμιο.**

Παρατήρησες ότι: όταν το ρολόι είναι έξω από το μπουκάλι χωρίς το πιάτο ..... σε όποια θέση και να είμαι, ενώ όταν το βάλω μέσα στο μπουκάλι το ακούω καλά μόνο όταν βρίσκομαι ..... από το στόμιο του μπουκαλιού. Όταν βάλω το ..... σε κατάλληλη θέση, τότε ακούω το ρολόι στη θέση που πριν δεν το άκουγα. Αυτό οφείλεται στο ότι ο ήχος ..... από το πιάτο, και ενώ αρχικά κατευθυνόταν από το ..... του μπουκαλιού προς τα πάνω τώρα με την ανάκλαση ..... πορεία και κατευθύνεται στο αυτί μου.



Συχνά σε μεγάλους χώρους, όπως γυμναστήρια, εκκλησίες ή σε μεγάλα δωμάτια άδειων σπιτιών όταν μιλάς ή ακούς κάποιον άλλον να μιλάει έχεις δυσκολία να καταλάβεις τι λέγεται ή ότι ο ήχος της μπάλας που αναπηδά από το δάπεδο είναι διαφορετικός, πώς το ερμηνεύεις;

.....

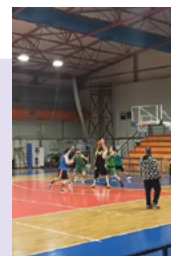
.....



Ψηφιακή δραστηριότητα: **Δημιουργία αντήχησης με δραστηριότητες σε κατάλληλους χώρους (π.χ. γυμναστήρια, γήπεδα).**

**Ψηφιακό υλικό:** Παρατήρησε την αντήχηση που δημιουργείται στον κλειστό χώρο του γυμναστηρίου.

Παρακολούθησε στο βίντεο τους ήχους που ακούγονται μέσα στο κλειστό γυμναστήριο.



Βίντεο: Αντήχηση



Με βάση τις παρατηρήσεις σου συμπλήρωσε τα παρακάτω κενά χρησιμοποιώντας τις παρακάτω λέξεις και τιμές: **απευθείας, όλες, φωνές, 34m, πηγές, μπάλα, ανάκλαση, παπούτσια, μεγαλύτερη, ανάκλαση.**

Ακούγονται ήχοι που προέρχονται από την ..... που αναπηδά, από τα ..... που γλιστρούν στο δάπεδο και τις ..... των αθλητών ή του προπονητή. Η διάρκειά τους είναι ..... από ό,τι η εμπειρία μας σε ανοιχτούς χώρους έχει δείξει. Υποθέτουμε ότι ο ήχος που παράγεται από τις παραπάνω ..... διαδίδεται προς..... τις κατευθύνσεις και φτάνει στα αυτιά μας είτε ..... είτε από ..... Επειδή ο ήχος έχει ταχύτητα που σε ένα δέκατο του δευτερολέπτου διανύει απόσταση ....., συγκρίσιμη με τις αποστάσεις του γυμναστηρίου, αυτό σημαίνει ότι ο ήχος από ..... έρχεται με καθυστέρηση και επικαλύπτεται με τον ήχο που έρχεται απευθείας από την πηγή στα αυτιά μου ή στο μικρόφωνο του κινητού. Αυτά τα φαινόμενα δεν μας επιτρέπουν να ξεχωρίσουμε τους ήχους και δεν είναι αποδεκτά σε ένα θέατρο ή μια αίθουσα συναυλιών.

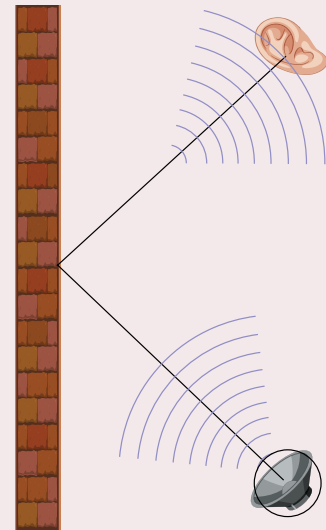


Ένα κύμα κατά τη διάδοσή του είναι δυνατό να οδηγηθεί από το μέσο στο οποίο διαδίδεται προς ένα άλλο. Φτάνοντας στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων είτε εισέρχεται στο νέο (ολόκληρο ή ένα ποσοστό του) είτε επιστρέφει (ολόκληρο ή ένα ποσοστό του) στο μέσο στο οποίο διαδιδόταν.

Η αλλαγή της διεύθυνσης του ηχητικού κύματος διάδοσης του ηχητικού κύματος, όταν αυτό προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων παραμένοντας όμως στο μέσο που διαδιδόταν εξαρχής ονομάζεται **ανάκλαση**. Το φαινόμενο της ανάκλασης μπορεί να συμβεί σε όλα τα είδη κυμάτων, όπως για παράδειγμα στο φως, στα ηχητικά κύματα, στα ραδιοκύματα κτλ.

Έτσι, τα ηχητικά κύματα, που μελετάς στην ενότητα αυτή, μπορούν να υποστούν ανάκλαση και να αλλάξουν τη διεύθυνση διάδοσής τους (Εικόνα 6.3.4). Οι προηγούμενες δραστηριότητες έχουν ως υπόστρωμα την ανάκλαση των ηχητικών κυμάτων. Στην πρώτη περίπτωση, με το πιάτο και το μπουκάλι, έχουμε σε μικρή απόσταση την πηγή του ήχου, που είναι μέσα στο μπουκάλι, και ο ήχος που έρχεται στο αυτί ακούγεται καθαρά. Όταν η θέση του πιάτου είναι η κατάλληλη, η ένταση του ήχου στο αυτί είναι μεγαλύτερη.

Από την άλλη μεριά, στον μεγάλο χώρο του γυμναστηρίου ο ήχος επιστρέφει στον ακροατή από διάφορες κατευθύνσεις. Λόγω πολλαπλών ανακλάσεων, δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε την πηγή του ήχου, ο ήχος έχει μεγαλύτερη διάρκεια και δεν ξεχωρίζει ποιος ήχος έρχεται απευθείας από την πηγή στο αυτί και ποιος όχι. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **αντήχηση**. Η αντήχηση συμβαίνει όταν οι επιφάνειες στις οποίες ανακλάται ο ήχος είναι σχετικά κοντά σου (απόσταση μικρότερη των 17m). Η αντήχηση είναι ένας παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει προς το χειρότερο την ακουστική χώρων, όπως θέατρα, μέγαρα μουσικής κτλ.



Εικόνα 6.3.4: Ανάκλαση



Συχνά σε ανοιχτούς χώρους, όπως στο βουνό ή σε απόσταση από κτίριο έχεις παρατηρήσει την ηχώ, δηλ. αυτό που λέμε αντίλαλο, όπου, όταν φωνάζουμε μια λέξη ή σύντομη φράση, την ξανακούμε μετά από λίγη καθυστέρηση. Πώς το ερμηνεύεις;

.....

.....



### Πειραματική δραστηριότητα

**Δημιουργία ηχούς με δραστηριότητες σε ανοιχτό χώρο (π.χ. απόσταση από τον τοίχο του σχολείου μεγαλύτερη από 17m).**

Σε μια από τις εκδρομές σου στο βουνό δοκίμασε να φωνάξεις δυνατά μια λέξη προς την απέναντι πλευρά. Δοκίμασε το ίδιο και με τον τοίχο ενός κτιρίου, αρκεί να βρίσκεσαι σε απόσταση μεγαλύτερη των 17m από αυτόν και τη στιγμή που θα φωνάξεις να μην παρεμβάλλεται τίποτε ανάμεσα στον τοίχο και εσένα.

Στο βίντεο που μπορείς να δεις χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο σύνδεσμο δείχνει την πορεία του ήχου προς ένα εμπόδιο με απόσταση μεγαλύτερη από 17m. Παρατηρείς ότι ο ήχος έρχεται στο αυτί μετά από ανάκλαση με καθυστέρηση λόγω της απόστασης που διανύει και μπορούμε να τον ξεχωρίσουμε από τον αρχικό ήχο που ακούμε απευθείας.

**Ψηφιακή δραστηριότητα: Ηχώ**

Παρακολούθησε στο βίντεο τι συμβαίνει καθώς το αγόρι της Εικόνας κραυγάζει προς την απέναντι πλαγιά του βουνού.



Βίντεο: Ηχώ

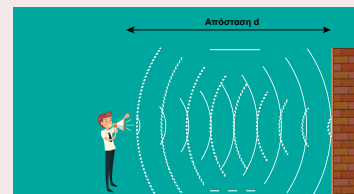
Με βάση τις παρατηρήσεις σου συμπλήρωσε τα παρακάτω κενά χρησιμοποιώντας τις λέξεις: **καθυστέρηση, απόσταση, ανάκλαση, 17m, διακριτών.**

Όταν βρεθείς σε ανοικτό χώρο και βγάλεις μια κραυγή προς τον απέναντι τοίχο, αν η ..... σου από τον τοίχο είναι μεγαλύτερη των ....., θα αισθανθείς ότι επαναλαμβάνεται η κραυγή που έβγαλες. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει γιατί ο ήχος από ..... έρχεται με αρκετή ..... σε σχέση με τον αρχικό ήχο και το αυτί μας έχει αρκετό χρόνο ώστε να αντιληφθεί την ύπαρξη δύο ..... ήχων.



Ο άνθρωπος μπορεί να ξεχωρίσει ήχους που η χρονική διαφορά του ενός από τον άλλο είναι τουλάχιστον 1/10 του δευτερολέπτου. Η ηχώ (αντίλαλος) είναι το φαινόμενο κατά το οποίο το ανακλώμενο ηχητικό κύμα εμφανίζει μια χρονική καθυστέρηση, η οποία επιτρέπει στον ακροατή να το διακρίνει από το αρχικό ηχητικό κύμα.

Η ηχώ και η αντήχηση αποτελούν δύο χαρακτηριστικά φαινόμενα του ήχου, η ερμηνεία των οποίων βασίζεται στην ανάκλαση των ηχητικών κυμάτων. Αν η απόσταση της πηγής των ηχητικών κυμάτων είναι μεγαλύτερη των 17m, το αυτί μας μπορεί να διακρίνει τον ήχο που εκπέμφθηκε αρχικά από τον ανακλώμενο, αν είναι μικρότερη τους ακούει ως έναν ήχο με μεγαλύτερη διάρκεια.



**Εικόνα 6.3.5:** Ανάκλαση ήχων σε απόσταση  $d$  από τοίχο.

**Απορρόφηση του ήχου**



Πώς εξηγείς τη διαφορά στην ύπαρξη ή όχι της αντήχησης ανάμεσα σε ένα κλειστό γυμναστήριο και μια αίθουσα συναυλιών ή αίθουσα θεάτρου; .....

.....

.....

Δες ξανά το ψηφιακό υλικό για την αντήχηση και παρατήρησε αυτήν τη φορά τα υλικά των τοίχων και του ταβανιού του γυμναστηρίου. Κάνε το ίδιο και για τις Εικόνες 6.3.1 δ και ε. Κατάγραψε τα υλικά αυτά παρακάτω:

Γυμναστήριο: .....

Αίθουσα συναυλιών: .....

Στούντιο: .....



Μετά από μια καλή χιονόπτωση επικρατεί ησυχία. Είναι άραγε μόνο το γεγονός ότι κυκλοφορούν λιγότεροι άνθρωποι και όχι τόσα πολλά αυτοκίνητα στον δρόμο; Υπάρχει και ένας άλλος πιο σημαντικός παράγοντας που σχετίζεται με αυτά που μάθαμε στο παρόν κεφάλαιο. Το χιόνι απορροφά τον ήχο. Όταν ένα παχύ πέπλο χιονιού καλύπτει το τοπίο, απορροφά πολλά από τα ηχητικά κύματα, με αποτέλεσμα να φαίνεται πιο ήσυχο το περιβάλλον. Ο λόγος που το χιόνι μπορεί να απορροφήσει τον ήχο είναι επειδή αυτό είναι πορώδες. Οι νιφάδες χιονιού είναι κρύσταλλοι και είναι γεμάτοι με ανοιχτούς χώρους, οι οποίοι απορροφούν τον ήχο.

Όταν ένας ήχος προσπέσει σε μια επιφάνεια, ένα ποσοστό του ανακλάται και το υπόλοιπο απορροφάται. Επιφάνειες σκληρών υλικών ευνοούν την ανάκλαση. Όταν όμως τα υλικά των επιφανειών είναι μαλακά και πορώδη, η απορρόφηση των ηχητικών κυμάτων ευνοείται. Ο ήχος παγιδεύεται μέσα στους πόρους του υλικού, εξαιτίας διαδοχικών ανακλάσεων και τελικά εξασθενεί. Για παράδειγμα με ένα μαξιλάρι μπορούμε να σκεπάσουμε ένα ξυπνητήρι και να ακούμε ελάχιστα. Έτσι, ερμηνεύεται και η ησυχία που επικρατεί κατά τη διάρκεια μιας χιονόπτωσης.

Αν ένα δωμάτιο έχει γύρω - γύρω στους τοίχους κουρτίνες, δεν θα έχουμε αντήχηση. Αυτό συμβαίνει γιατί ο ήχος απορροφάται και δεν ανακλάται. Σε χώρους όπως σε στούντιο ηχογράφησης ή σε αίθουσες συνεδριάσεων επιθυμούμε να μην ανακλάται ο ήχος. Για τον έλεγχο της ανάκλασης ήχου, χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά απορρόφησης ήχου, όπως χαλιά, κουρτίνες, ακουστικά πάνελ και άλλα. Γενικά, καλή απορρόφηση ήχου πετυχαίνουμε με πορώδη υλικά που δημιουργούν κενά στο εσωτερικό τους. Ο σχεδιασμός της ακουστικής είναι σημαντικός για τη δημιουργία ενός χώρου με επιθυμητά χαρακτηριστικά ήχου. Φυσικοί απορροφητές ήχου είναι και τα φυτά. Αν για παράδειγμα υπάρχουν δασύλλια παράλληλα σε αυτοκινητόδρομο, μειώνεται σημαντικά η ηχορρύπανση. Κατά την απορρόφηση, η μεταφερόμενη από τα ηχητικά κύματα ενέργεια μεταμορφώνεται κυρίως σε θερμική ενέργεια.



Εικόνα 6.3.6: Χιονισμένο τοπίο

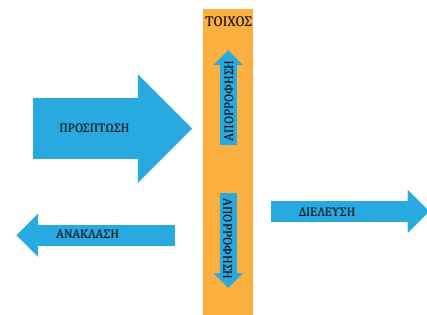


Εικόνα 6.3.7: Δασύλλια παράλληλα σε αυτοκινητόδρομο



Στην εικόνα 6.3.8. παρουσιάζονται τα φαινόμενα που μελετήθηκαν όταν ένα ηχητικό κύμα πέσει πάνω σε ένα εμπόδιο. Συμπλήρωσε τα κενά με κάποια από τις παρακάτω λέξεις: **ανάκλαση, κύμα, απορροφάται, μεταφέρεται, είδος.**

Όταν ένα ηχητικό ..... συναντήσει κάποιο εμπόδιο, για παράδειγμα έναν τοίχο, ένα μέρος της ενέργειας που μεταφέρεται με το κύμα επιστρέφει προς το ίδιο μέρος λόγω ....., ένα μέρος ..... από το εμπόδιο και υπόλοιπη ενέργεια ..... στον χώρο μετά το εμπόδιο από το ηχητικό κύμα που διαπερνά το εμπόδιο. Το ποσοστό της ενέργειας που θα ανακλαστεί και θα απορροφηθεί εξαρτάται από το ..... του εμποδίου.



Εικόνα 6.3.8: Φαινόμενα

## Διάθλαση του ήχου



Είχες ποτέ την εμπειρία άλλοτε να ακούς ήχους από μια μακρινή πηγή ήχου (όπως τα κύματα της θάλασσας ή ο ήχος από αυτοκίνητα που κινούνται σε έναν μακρινό δρόμο) και άλλοτε όχι; Αν ναι, πώς το ερμηνεύεις;

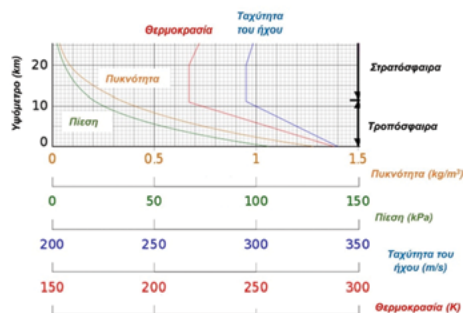
.....

.....



### Πειραματικά δεδομένα: Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα σε διάφορες θερμοκρασίες

Από τα γραφήματα της εικόνας 6.3.9 και από τον πίνακα 6.3.1 αναζήτησε δεδομένα για την ταχύτητα του ήχου σε στρώματα αέρα διαφορετικής θερμοκρασίας και πυκνότητας.



**Εικόνα 6.3.9:** Η ταχύτητα του ήχου σε στρώματα αέρα διαφορετικής θερμοκρασίας και πυκνότητας

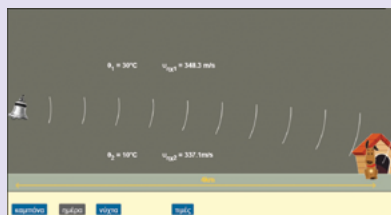
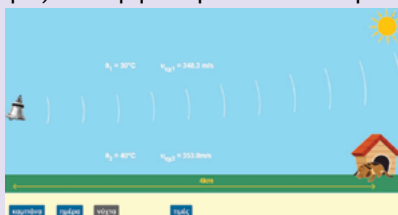
#### ΠΙΝΑΚΑΣ

**Πίνακας 6.3.1:** Ταχύτητα του ήχου στον αέρα σε διάφορες θερμοκρασίες

Θερμοκρασία αέρα (°C)	Ταχύτητα ήχου στον αέρα (m/s)
- 50	280
- 25	310
0	331
25	346
50	360
75	373
100	385

#### Ψηφιακή δραστηριότητα: Διάθλαση του ήχου την ημέρα και τη νύχτα

Μπορείς να δεις πώς διαδίδεται ο ήχος που εκπέμπεται από μια καμπάνα σε μια ηλιόλουστη ημέρα και σε μια νύχτα με ξαστεριά. Επίσης, μπορείς να εμφανίσεις τις διαφορετικές τιμές της θερμοκρασίας και της ταχύτητας διάδοσης του ήχου, κοντά στο έδαφος και υψηλότερα σε κάθε περίπτωση.



Διάθλαση ήχου την ημέρα και τη νύχτα

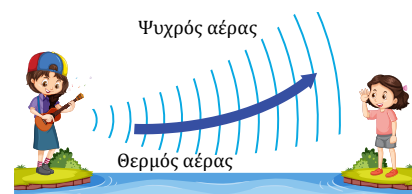


Με βάση τις παρατηρήσεις σου συμπλήρωσε τα παρακάτω κενά με κάποια από τις παρακάτω λέξεις: **καθοδική, γρηγορότερα, ανοδική, μειώνεται, αυξάνεται.**

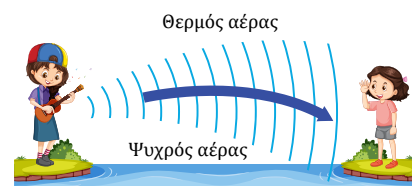
Όσο αυξάνει το υψόμετρο η θερμοκρασία αρχικά ..... και στη συνέχεια ....., παράλληλα η ταχύτητα του ήχου ..... και μετά ..... Η πίεση και η πυκνότητα μειώνονται μονότονα. Συνεπώς η θερμοκρασία επηρεάζει την ταχύτητα του ήχου. Ο ήχος ταξιδεύει ..... στον ζεστό αέρα.

Η επιφάνεια της Γης θερμαίνεται κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης ημέρας. Ο αέρας που είναι κοντά στην επιφάνεια θερμαίνεται από αυτή και εμφανίζεται σχετικά πιο θερμός από τον αέρα σε μεγαλύτερο υψόμετρο. Η ταχύτητα διάδοσης του ήχου είναι ..... στο στρώμα θερμού με αποτέλεσμα τη μέρα ο ήχος κάμπτεται με κατεύθυνση ..... (Εικόνα 6.3.10).

Τη νύχτα με ξαστεριά, το έδαφος ψύχεται γρήγορα και επομένως το κοντινό στο έδαφος στρώμα αέρα είναι αυτήν τη φορά ψυχρότερο από τον αέρα σε μεγαλύτερο ύψος. Τώρα όμως η ταχύτητα του ήχου είναι μικρότερη κοντά στην επιφάνεια και μεγαλύτερη σε μεγαλύτερη ύψος. Έτσι, τη νύχτα ο ήχος κάμπτεται με κατεύθυνση.....



**Εικόνα 6.3.10:** Διάθλαση ήχου την ημέρα



**Εικόνα 6.3.11:** Διάθλαση ήχου τη νύχτα



## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Υπολογισμός της απόστασης των πρανών ενός φαραγγιού

Χάρη στην ηχώ είναι δυνατός ο υπολογισμός της απόστασης μεταξύ των απόκρημνων πλαγιών ενός φαραγγιού σαν και αυτό της Εικόνας 6.3.12. Συγκεκριμένα αν κανείς σταθεί στη μια πλαγιά του φαραγγιού και παράγει έναν έντονο και σύντομο ήχο με τη χρήση ενός χρονομέτρου μπορεί να μετρήσει τον χρόνο ( $t$ ) που θα χρειαστεί για να φτάσει σε αυτόν ο πρώτος ανακλώμενος ήχος. Στο χρονικό αυτό διάστημα το μήκος της διαδρομής ( $s$ ) του ήχου είναι ακριβώς το διπλάσιο της απόστασης ( $d$ ) των πρανών του φαραγγιού. Οπότε:

$$\begin{aligned}v &= s/t \\s &= v \cdot t \\2 \cdot d &= v \cdot t \\d &= (v \cdot t)/2\end{aligned}$$

Έτσι, αν γνωρίζεις τον χρόνο και την τιμή της ταχύτητας του ήχου στον αέρα μπορείς να υπολογίσεις την απόσταση των πρανών. Δοκίμασε και εσύ στην επόμενη οικογενειακή εξόρμηση στο βουνό να σταθείς σε μια πλαγιά και να υπολογίσεις την απόστασή της από την απέναντι με την ηχώ.

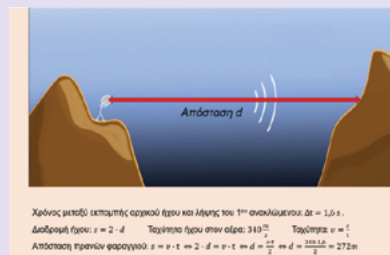


Εικόνα 6.3.12: Τα πρανή του φαραγγιού

## Ψηφιακή δραστηριότητα: Ηχώ

Βίντεο για τον υπολογισμό της απόστασης των πρανών ενός φαραγγιού.

Δες στο βίντεο την εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας για την εύρεση της απόστασης των πρανών (Η τιμή που χρησιμοποιήθηκε για τον χρόνο προκύπτει από το ίδιο το βίντεο και μπορείς να την επαληθεύσεις. Επίσης, για την ταχύτητα του ήχου στον αέρα χρησιμοποιήθηκε η τιμή 340m/s).



Βίντεο:  
Απόσταση

## Αντιμετώπιση της ηχορρύπανσης

Στους δρόμους με αυξημένη κυκλοφορία οχημάτων το πρόβλημα της ηχορρύπανσης είναι έντονο. Όταν οι δρόμοι αυτοί είναι κοντά σε κατοικημένες περιοχές, το πρόβλημα γίνεται ακόμη μεγαλύτερο. Μια λύση που έχει δοθεί είναι η τοποθέτηση πετασμάτων παραπλεύρως του δρόμου. Ο ήχος ανακλάται μερικώς και απορροφάται στις επιφάνειες των πετασμάτων αυτών και στη συνέχεια διαδίδεται σε κατεύθυνση αντίθετη από την περιοχή που θέλουμε να προστατέψουμε.

Πολλές φορές, όπως και στην περίπτωση της Εικόνας 6.3.13, πίσω από τα ηχοπετάσματα, φυτεύουμε και δέντρα. Τα φυλλώματά τους εμφανίζουν αυξημένη απορρόφηση των ηχητικών κυμάτων.

Η ανάγκη για πάρκα πρασίνου εντός των πόλεων είναι μεγάλη, γιατί αυτά προσφέρουν καλύτερη ποιότητα αέρα και αποτελούν σημεία όπου κανείς μπορεί να βρει δροσιά και να διασκεδάσει. Όμως, εκτός των



Εικόνα 6.3.13: Ηχοπετάσματα παραπλεύρως του δρόμου και σειρά δέντρων

υπόλοιπων πλεονεκτημάτων τους μπορούν να βοηθήσουν και στον περιορισμό της ηχορρύπανσης, που επιβαρύνει τους ανθρώπους που ζουν και εργάζονται στις μεγαλουπόλεις. Τα φύλλα των φυτών προσφέρουν την κατάλληλη μαλακή και πορώδη επιφάνεια που θα απορροφήσει κάθε ήχο από την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Η ηχορρύπανση μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας στους ανθρώπους και την άγρια ζωή, τόσο στη στεριά όσο και στη θάλασσα. Οι δυνατοί ήχοι μπορούν να προκαλέσουν απώλεια ακοής, άγχος και υψηλή αρτηριακή πίεση.

Η ηχορρύπανση αποτελεί ολοένα μεγαλύτερο περιβαλλοντικό πρόβλημα, το οποίο προκύπτει από διάφορες πηγές. Οι αρνητικές συνέπειες της ηχορρύπανσης εντοπίζονται στην υγεία και στην ευεξία των πληθυσμών που εκτίθενται σε αυτές, αλλά και στην υγεία και στην κατανομή των μορφών άγριας ζωής.

### Η ακουστική των κλειστών χώρων

Υπάρχουν χώροι, όπως το θέατρο, οι αίθουσες των μουσικών μεγάλων, τα στούντιο ηχοληψίας και πολλοί άλλοι, που έχουν κατασκευαστεί με ιδιαίτερη έμφαση στην καλή ακουστική τους. Σε τέτοιους χώρους φαινόμενα παραμόρφωσης του ήχου από ανεπιθύμητες ανακλάσεις καταστρέφουν το καλλιτεχνικό αποτέλεσμα. Για αυτόν τον λόγο σε όλες τις ελεύθερες επιφάνειές τους επιλέγονται υλικά που εμφανίζουν μεγάλη απορρόφηση των ηχητικών κυμάτων. Έτσι, για παράδειγμα βλέπεις στα θέατρα βελούδινες κουρτίνες και καθίσματα επενδυμένα εξολοκλήρου με υφάσματα, πορώδη υλικά. Το ίδιο και στους τοίχους των στούντιο κτλ.

Το δωμάτιο της Εικόνας 6.3.16 παρουσιάζεται πριν και μετά την επίπλωσή του. Στο άδειο δωμάτιο οι συνομιλίες και ήχοι διαφόρων πηγών ενισχύονται από επαναλαμβανόμενες ανακλάσεις και μεγαλώνει η διάρκειά τους, μιας και επικρατεί το φαινόμενο της αντήχησης. Η ακουστική του χώρου είναι καλύτερη στο επιπλωμένο δωμάτιο. Κουρτίνες, μαξιλάρια, χαλί, φυτό, καναπέδες κ.ά. βοηθούν την απορρόφηση των ήχων και η αντήχηση δεν είναι πια αντιληπτή.

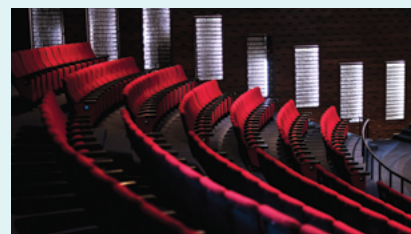
### Το ηχείο της κιθάρας – ανοικτό ή κλειστό

Πολλά μουσικά όργανα, όπως και η κιθάρα της Εικόνας έχουν ηχείο. Ο κιθαρίστας χτυπά τη χορδή, ο ήχος της μέσα στο ηχείο ανακλάται, ενισχύεται και βγαίνει εκτός του ηχείου έχοντας μεγαλύτερη ένταση. Έτσι, αν κανείς κλείσει το ηχείο, το πρώτο πράγμα που θα αντιληφθεί είναι ότι η ένταση του ήχου είναι μικρότερη.

Βέβαια το μέγεθος, το σχήμα και το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το ηχείο καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τη χροιά του οργάνου, δηλαδή τον χαρακτηριστικό ήχο του, αυτόν που σε κάνει να το ξεχωρίζεις από τα υπόλοιπα όργανα. Έτσι, κλείνοντας το ηχείο, εκτός από την ένταση θα επηρεαστεί λίγο ή πολύ και η χροιά του οργάνου.



Εικόνα 6.3.14: Πάρκο στην πόλη



Εικόνα 6.3.15: Χώρος θεάτρου

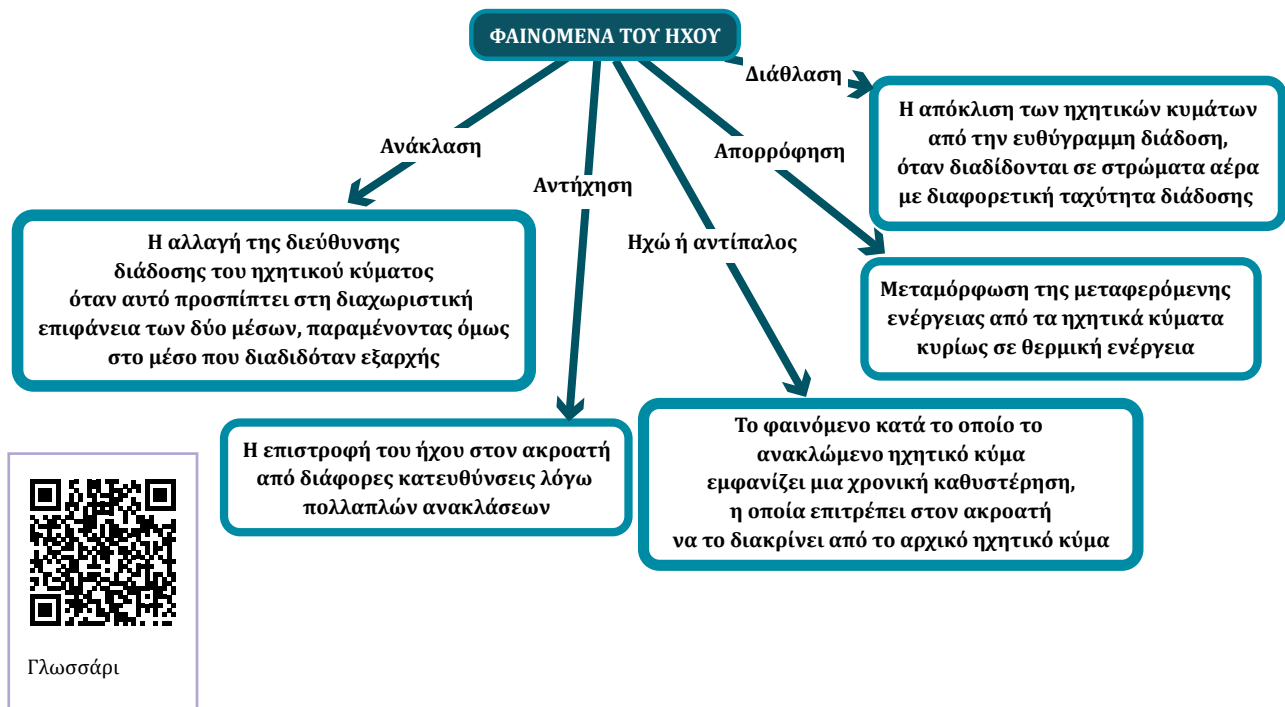


Εικόνα 6.3.16: Άδειο και επιπλωμένο δωμάτιο



Εικόνα 6.3.17: Το ηχείο της κιθάρας

## Εννοιολογικός χάρτης



### 6.3 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Ένα ηχητικό κύμα θα υποστεί ανάκλαση ή απορρόφηση όταν προσπέσει στην επιφάνεια αντικειμένων όπως: τσιμέντο, τοίχο από τούβλα, τζαμαρία, βράχο;  
**Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.**
- Ένα ηχητικό κύμα θα υποστεί ανάκλαση ή απορρόφηση όταν προσπέσει στην επιφάνεια αντικειμένων όπως: μαξιλάρι, χαλί, πετσέτα, κουρτίνα;  
**Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.**
- Δύο φίλοι που μένουν στην ίδια πολυκατοικία κατασκεύασαν το τηλέφωνο με τα τενεκεδάκια και χρησιμοποίησαν ένα αρκετά μεγάλο σύρμα ώστε να μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους παρόλο που τα διαμερίσματά τους απέχουν έναν όροφο. Τι από τα παρακάτω έκανε δυνατή την επικοινωνία τους με αυτήν τη μέθοδο;
  - Οι φίλοι φωνάζανε αρκετά δυνατά ώστε να ακουστούν χωρίς τη χρήση του τηλεφώνου.
  - Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται από τον όροφο που βρίσκεται πιο ψηλά σε αυτόν που βρίσκεται πιο χαμηλά.
  - Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται στα στερεά.
  - Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται στο κενό.
- Οι ψαράδες, για τον υπολογισμό του βάθους που ψαρεύουν και την ανεύρεση των ψαριών, χρησιμοποιούν μια συσκευή που εκπέμπει και λαμβάνει υπερήχους. Ο χρόνος που χρειάζεται ένα ηχητικό κύμα για να φτάσει στον πυθμένα και να επιστρέψει στη συσκευή χρησιμεύει στην εύρεση του βάθους. Ποιο φαινόμενο των ηχητικών κυμάτων εκμεταλλεύεται η συσκευή αυτή;
  - Τη διάθλαση
  - Την ανάκλαση
  - Την απορρόφηση
- Διάφοροι επαγγελματίες στον χώρο των κατασκευών ακινήτων χρησιμοποιούν συσκευές που μετρούν τις διαστάσεις των δωματίων με τη χρήση υπερήχων. Αυτές οι συσκευές στέλνουν έναν παλμό υπερήχων και μετρούν τον χρόνο που απαιτείται να ανακλαστεί ο παλμός από τον τοίχο και να επιστρέψει στη συσκευή. Αν χρησιμοποιήσετε μια τέτοιου είδους

συσκευή μια ιδιαίτερα ζεστή μέρα, το μήκος του δω-  
ματίου που θα μετρήσετε θα είναι μεγαλύτερο ή μι-  
κρότερο από αυτό που θα μετρούσατε μια δροσερή  
μέρα;

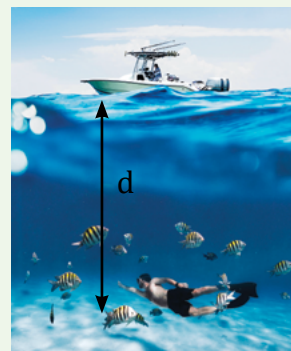
6. Το σπίτι του Γιάννη βρίσκεται δίπλα στην όχθη μιας  
μικρής λίμνης. Στην ακριβώς απέναντι πλευρά της  
λίμνης υπάρχει μια παιδική κατασκήνωση. Ένα κα-  
λοκαιρινό απόγευμα ο Γιάννης βλέπει τα παιδιά της

κατασκήνωσης να διοργανώνουν ένα πάρτι. Μπο-  
ρεί να δει καθαρά τα παιδιά να παίζουν με κιθάρες,  
με κρουστά, να χορεύουν και να τραγουδούν, δεν  
μπορεί όμως να ακούσει κανέναν ήχο από το πάρτι  
τους. Καθώς ο ήλιος πέφτει και οι προβολείς στην  
κατασκήνωση ανάβουν, τα παιδιά συνεχίζουν να  
διασκεδάζουν. Τώρα ο Γιάννης και τους βλέπει και  
τους ακούει. Γιατί συμβαίνει αυτό; Τι άλλαξε και πώς  
ερμηνεύεις το φαινόμενο;

### 6.3 ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Σε ένα σκοπευτήριο ο στόχος βρίσκεται πάνω σε έναν  
ψηλό βράχο. Από ποια απόσταση πυροβολεί ο σκο-  
πευτής αν ακούει την ηχώ 0,6s μετά τον πυροβολι-  
σμό; Δίνεται 340m/s η ταχύτητα του ήχου στον αέρα.
2. Ο Νίκος φωνάζει δυνατά προς έναν κατακόρυφο τοί-  
χο μεγάλης επιφάνειας που βρίσκεται 374m μακριά  
του. Σε πόσο χρόνο θα ακούσει την ηχώ της φωνής  
του αν γνωρίζετε πως η ταχύτητα του ήχου στον αέρα  
είναι 340m/s;
3. Ο σκύλος της  
εικόνας ενο-  
χλείται από  
τον δυνατό ήχο  
που εκπέμπει ο  
ντράμερ:
 

**A.** Περισσότερο      **B.** Λιγότερο      **Γ.** Το ίδιο  
από την περίπτωση που ήταν ψηλά ο κρύος αέρας και  
χαμηλά ο ζεστός; Να δώσετε τις απαραίτητες εξηγή-  
σεις.
4. Ένα μεγάφωνο που είναι τοποθετημένο δίπλα από  
μια πισίνα εκπέμπει ήχους μήκους κύματος 77cm. Αν  
η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι 340m/s και στο  
νερό 1500m/s, να υπολογίσετε το μήκος κύματος των  
ήχων που φτάνουν στα αυτιά του κολυμβητή που έχει  
βουτήξει στον πυθμένα της πισίνας.
5. Από μια βάρκα ο ψαράς  
μέσω μιας συσκευής υπε-  
ρήχων εκπέμπει ηχητικό  
σήμα προς τον πυθμένα.  
Αν η συσκευή ανιχνεύσει  
τον ανακλώμενο από τον  
πυθμένα ήχο 0,14s μετά  
την αρχική εκπομπή του,  
να βρείτε το βάθος της  
θάλασσας στο σημείο  
που βρίσκεται η βάρκα.  
Δίνεται η ταχύτητα του ήχου στο νερό 1500m/s.



### 6.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ο αναρριχητής της Εικόνας περνά από τον έναν βράχο στον άλλο. Κάποια στιγμή απέχει 68m από τον βράχο πίσω του και 170m από τον βράχο εμπρός του. Τότε αποφασίζει να χτυπήσει δυνατά παλαμάκια για να ακούσει την ηχώ από τις πλαγιές. Από ποιον βράχο προέρχεται η πρώτη ηχώ που θα φτάσει στα αυτιά του και από ποιον η δεύτερη; Να υπολογίσετε τη χρονική διαφορά με την οποία θα φτάσουν στα αυτιά του η πρώτη ηχώ από τον βράχο εμπρός του και η πρώτη ηχώ από τον βράχο πίσω του. Δίνεται 340 m/s η ταχύτητα του ήχου στον αέρα.



2. Τα σόναρ (sonar) είναι συστήματα ανίχνευσης που χρησιμοποιούνται κυρίως στη θάλασσα για τη χαρτογράφηση του βυθού ή την ανίχνευση αντικειμένων στον υποβρύχιο χώρο. Τα σόναρ χρησιμοποιούνται ευρέως από τον στρατό και το ναυτικό για να ανιχνεύσουν υποβρύχιους βυθούς, υποβρύχια σκάφη και άλλα αντικείμενα στον υποβρύχιο χώρο. Το όνομα "sonar" προέρχεται από την αγγλική φράση "Sound Navigation And Ranging" (Πλοήγηση και Αποστολή με Ήχο). Τα συστήματα sonar λειτουργούν περίπου όπως ο υπερηχογράφος. Το sonar στέλνει ήχους (υπέρηχους) στο νερό και μετρά τον χρόνο που απαιτείται για να επιστρέψει ο ήχος από τον βυθό ή αντικείμενα που βρίσκονται στο διάβα του. Από την ανάλυση των ήχων που επιστρέφουν μπορεί να προσδιοριστούν τα αντικείμενα και οι αποστάσεις τους. Μπορούμε να πούμε ότι μιμείται

τις νυχτερίδες και τα δελφίνια που εκπέμπουν υπερήχους οι οποίοι ανακλώνται στα διάφορα εμπόδια ή στην τροφή και από τον ήχο που επιστρέφει γίνεται αντιληπτό το εμπόδιο ή η τροφή. Το σόναρ ενός караβιού εκπέμπει κατακόρυφα ήχο ο οποίος ανακλάται στον βυθό και επιστρέφει σε 4s από τη στιγμή της εκπομπής. Να υπολογίσετε το βάθος της θάλασσας στο σημείο που βρίσκεται το καράβι. Η ταχύτητα του ήχου στο νερό είναι 1500m/s.

3. Η ησυχία που επικρατεί κατά τη διάρκεια μιας χιονόπτωσης δεν οφείλεται μόνο στο γεγονός ότι άνθρωποι και ζώα περιορίζουν τη δραστηριότητά τους.



Μπορείτε να δώσετε εξηγήσεις γιατί η ησυχία του χιονιού παύει όταν περάσει χρόνος από τη χιονόπτωση, το χιόνι λιώσει σε έναν βαθμό και μετατραπεί σε πάγο, δηλαδή, όταν από αφράτο, μετατραπεί σε ένα σκληρό στρώμα πάγου;



Ψηφιακό  
ερωτηματολόγιο



Συνολικό  
Γλωσσάρι



## ΓΛΩΣΣΑΡΙ-ΟΡΟΛΟΓΙΑ

### A

- **Αδράνεια:** Αδράνεια ονομάζουμε την τάση των σωμάτων να διατηρούν την κινητική τους κατάσταση και να αντιστέκονται στις μεταβολές της.
- **Ακουόγραμμα:** Το γράφημα στο οποίο καταγράφονται οι συχνότητες του ήχου και οι αντίστοιχες εντάσεις σε dB που έχει τη δυνατότητα να ακούσει ένας εξεταζόμενος κατά τη διάρκεια ειδικής ιατρικής εξέτασης για την εύρεση πιθανού περιορισμού του ακουστού φάσματος ήχων.
- **Ανάκλαση:** Το φαινόμενο της αλλαγής στη διεύθυνση διάδοσης ενός κύματος (και ηχητικού), που συμβαίνει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων και επιτρέπει στο κύμα να παραμείνει στο μέσο που διαδιδόταν εξαρχής. Ένα κύμα κατά τη διάδοσή του είναι δυνατό να οδηγηθεί από το μέσο στο οποίο διαδίδεται προς ένα άλλο. Φτάνοντας στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων είτε εισέρχεται στο νέο (ολόκληρο ή ένα ποσοστό του) είτε επιστρέφει (ολόκληρο ή ένα ποσοστό του) στο μέσο στο οποίο διαδιδόταν.
- **Ανάλογα μεγέθη:** Ανάλογα είναι τα μεγέθη  $x$  και  $y$ , που συνδέονται με μία σχέση της μορφής:  $y = ax$ . Το  $a$  είναι ένα σταθερό μέγεθος και λέγεται συντελεστής αναλογίας.
- **Αντήηση:** Φαινόμενο που παρατηρείται σε ήχους που έχουν υποστεί πολλαπλές ανακλάσεις, εξαιτίας των οποίων δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε τον αρχικό ήχο από τον ανακλώμενο. Έτσι, ο τελικός ήχος εμφανίζει μεγαλύτερη διάρκεια. Η αντήηση συμβαίνει σε κλειστούς χώρους και όταν οι επιφάνειες στις οποίες ανακλάται ο ήχος είναι σχετικά κοντά σου (απόσταση μικρότερη των 17m). Επηρεάζει προς το χειρότερο την ακουστική του χώρου.
- **Άνωση:** Άνωση λέγεται η δύναμη που δέχεται κάθε σώμα που βρίσκεται βυθισμένο μέσα σε ένα υγρό. Έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά αντίθετη από το βάρος του. Η άνωση είναι ανάλογη με την πυκνότητα του υγρού, με τον όγκο του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα και με την τιμή της  $g$ . Το σχήμα και το βάρος του σώματος δεν επηρεάζουν την τιμή της άνωσης.
- **Άνωση στα αέρια:** Οποιοδήποτε αντικείμενο μέσα σε αέριο δέχεται άνωση όπως συμβαίνει και στα υγρά.
- **Άξονας  $x$ :** Ονομάζεται η αριθμημένη ευθεία που έχει φορά και μονάδα. Χρησιμεύει στη μελέτη των κινήσεων που γίνονται κατά μήκος της ευθείας. Κάθε σημείο του έχει μία τιμή που λέγεται συντεταγμένη. Ο άξονας  $x$  είναι ένα σύστημα αναφοράς.
- **Απορρόφηση των ηχητικών κυμάτων:** Το φαινόμενο κατά το οποίο ο ήχος παγιδεύεται μέσα στους πόρους μαλακών και πορωδών υλικών και εξαιτίας διαδοχικών ανακλάσεων τελικά εξασθενεί.
- **Απόσταση:** Η απόσταση που διανύει το κινητό δείχνει το μήκος της διαδρομής που διένυσε και είναι πάντα θετικό.
- **Απώλεια μηχανικής ενέργειας:** Η απώλεια μηχανικής ενέργειας εκφράζεται από το έργο των αντιστάσεων του αέρα και των τριβών και μεταμορφώνεται σε θερμική ενέργεια.
- **Αραίωμα:** Ονομάζεται κάθε σημείο στο οποίο τα μόρια ενός στερεού μέσου διάδοσης έχουν τη μεγαλύτερη απόσταση το ένα από το άλλο, όταν διαμήκη κύματα διαδίδονται σε αυτό. Αν τα διαμήκη κύματα διαδίδονται σε αέριο μέσο διάδοσης, είναι κάθε σημείο χαμηλότερης πίεσης.
- **Αριθμός Mach (Ma):** Το πηλίκο της ταχύτητας ενός σώματος προς την ταχύτητα με την οποία διαδίδεται ο ήχος στον τόπο που γίνεται η κίνηση του σώματος ονομάζεται αριθμός Mach (Ma). Ο αριθμός αυτός είναι αδιάστατος και η χρήση του μας δίνει τη σύγκριση της ταχύτητας του σώματος με αυτήν του ήχου.
- **Αρχή του Αρχιμήδη:** Σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη, το μέτρο της άνωσης που δέχεται ένα σώμα που είναι βυθισμένο μέσα σε ένα υγρό είναι ίσο με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει το σώμα.
- **Αρχή του Αρχιμήδη στα αέρια:** Η αρχή του Αρχιμήδη στα αέρια λέει ότι κάθε σώμα που βρίσκεται μέσα σε ένα αέριο δέχεται άνωση, ίση με το βάρος του εντοπιζόμενου αερίου.
- **Αρχή του Pascal:** Η αρχή του Pascal λέει ότι μια αλλαγή στην πίεση σε ένα σημείο ενός ασυμπίεστου υγρού εμφανίζεται αμείωτη σε όλα τα σημεία του.
- **Ατμόσφαιρα:** Ατμόσφαιρα ονομάζεται ένα λεπτό, σε σχέση με την ακτίνα της, στρώμα αερίων γύρω από τη Γη, τα οποία δεν μπορούν να διαφύγουν εξαιτίας της βαρύτητας.
- **Ατμοσφαιρική πίεση:** Ατμοσφαιρική πίεση είναι η πίεση που οφείλεται στο βάρος των αερίων της ατμόσφαιρας που βρίσκονται πάνω από ένα συγκεκριμένο υψόμετρο.

## B

- **Βαρομετρικά υψηλά – χαμηλά:** Η ατμοσφαιρική πίεση κοντά στην επιφάνεια της Γης μπορεί να έχει διαφορετικές τιμές εξαιτίας της ροής της ατμόσφαιρας, η οποία οφείλεται στην περιστροφή της Γης. Το φαινόμενο αυτό δημιουργεί τα βαρομετρικά υψηλά και τα βαρομετρικά χαμηλά, τα οποία είναι υπεύθυνα για την εναλλαγή των καιρικών συνθηκών.
- **Βάρος:** Βάρος ενός σώματος στη Γη ονομάζουμε τη βαρυτική έλξη της Γης σε ένα σώμα.
- **Βαρυτική έλξη:** Είναι η δύναμη μεταξύ οποιωνδήποτε δύο αντικειμένων λόγω βαρύτητας.
- **Βαρύτητα:** Η βαρύτητα είναι μια παγκόσμια έλξη που εμφανίζεται ανάμεσα σε όλα τα αντικείμενα στο σύμπαν.

## Δ

- **Δευτερόλεπτο s:** Μονάδα χρόνου στο S.I.
- **Δεύτερος νόμος του Νεύτωνα:** Ο 2ος νόμος της κίνησης του Νεύτωνα (Newton) ή θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής λέει ότι η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα μάζας είναι ανάλογη με τη συνισταμένη δύναμη ΣF που ασκείται στο σώμα και αντιστρόφως ανάλογη με τη μάζα του. Δίνεται από τη σχέση:  $\Sigma F = ma$
- **Διάγραμμα θέσης –χρόνου x-t:** Είναι η γραφική παράσταση της θέσης x ενός σώματος με τον χρόνο t.
- **Διάγραμμα ταχύτητας –χρόνου v-t:** Είναι η γραφική παράσταση της ταχύτητας v ενός σώματος με τον χρόνο t.
- **Διάθλαση ηχητικών κυμάτων:** Όταν τα ηχητικά κύματα αλλάξουν μέσο διάδοσης ή όταν αλλάξει η θερμοκρασία του μέσου διάδοσής τους, αλλάζει η ταχύτητά τους. Το φαινόμενο αυτό προκαλεί αλλαγή και στη διεύθυνση διάδοσής τους και λέγεται διάθλαση. Η αλλαγή στην ταχύτητα επιφέρει αλλαγή και στο μήκος κύματός τους.
- **Διαμήκη κύματα:** Τα κύματα στα οποία η ταλάντωση των σημείων του μέσου στο οποίο διαδίδονται έχει την ίδια διεύθυνση με τη διεύθυνση της διάδοσης του κύματος.
- **Διανυσματικά μεγέθη:** Τα φυσικά μεγέθη, όπως η στιγμιαία ταχύτητα, τα οποία για να προσδιοριστούν δεν μας αρκεί μόνο το μέτρο τους αλλά και η κατεύθυνσή τους.

- **Διάρκεια Ηχητικών κυμάτων:** Αφορά το χρονικό διάστημα για το οποίο ο ήχος είναι αντιληπτός. Ένας ήχος με μικρότερη διάρκεια παρουσιάζεται βραχύτερος από κάποιον άλλο με μεγαλύτερη.
- **Διατήρηση μηχανικής ενέργειας:** Η μηχανική ενέργεια ενός σώματος διατηρείται σταθερή σε φαινόμενα, όπως η ελεύθερη πτώση, όπου το σώμα κινείται λόγω του βάρους του ή κατά την κίνηση του εκκρεμούς.
- **Δράσης-αντίδρασης νόμος ή 3ος νόμος του Νεύτωνα:** Όταν ένα σώμα A ασκεί δύναμη σε ένα σώμα B (δράση), τότε και το σώμα B θα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου αλλά αντίθετης κατεύθυνσης στο σώμα A (αντίδραση).
- **Δυνάμεις επαφής μεταξύ στερεών σωμάτων:** Δυνάμεις επαφής μεταξύ στερεών σωμάτων είναι αυτές που ασκούνται από το ένα σώμα στο άλλο, όταν αυτά βρίσκονται σε επαφή, υπό την προϋπόθεση το ένα να σπρώχνει ή να τραβάει το άλλο.
- **Δύναμη:** Η έννοια δύναμη αναφέρεται και περιγράφει την αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων. Υπάρχει ένα σώμα που ασκεί τη δύναμη (εντολέας/πηγή) και κάποιο άλλο σώμα που δέχεται αυτήν τη δύναμη (αποδέκτης). Η δύναμη είναι το αίτιο της μεταβολής της κινητικής κατάστασης ενός σώματος ή της παραμόρφωσής του.
- **Δυναμική ενέργεια U:** είναι η ενέργεια ενός σώματος λόγω της θέσης του. Η ενέργεια λόγω της αλληλεπίδρασης ενός σώματος με τη Γη ονομάζεται βαρυτική δυναμική ενέργεια και δίνεται από τη σχέση:  $U=mgh$
- **Δυναμόμετρα:** Δυναμόμετρα είναι όργανα με τα οποία μετράμε τις δυνάμεις.

## E

- **Εγκάρσια κύματα:** Τα κύματα στα οποία η διεύθυνση της ταλάντωσης του μέσου διάδοσης είναι κάθετη στη διεύθυνση της διάδοσης του κύματος.
- **Ελαστική παραμόρφωση:** Ελαστική παραμόρφωση είναι η παροδική παραμόρφωση που παθαίνει το σώμα όταν του ασκείται μία δύναμη. Όταν σταματήσει να του ασκείται η δύναμη, το σώμα ανακτά το αρχικό του σχήμα.
- **Ελεύθερη πτώση:** Ελεύθερη πτώση είναι η κίνηση που εκτελεί ένα σώμα με την επίδραση μόνο του βάρους του. Η ελεύθερη πτώση είναι επιταχυνόμενη κίνηση σε κατακόρυφη διεύθυνση με σταθερή επιτάχυνση ανεξάρτητη από τη μάζα του σώματος.

- **Ένταση των ηχητικών κυμάτων:** Είναι ένα φυσικό μέγεθος που αφορά την ενέργεια που μπορεί να μεταφέρει το κύμα ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου. Αυτή καθορίζεται κυρίως από το πλάτος των ηχητικών κυμάτων και σχετίζεται με το πλάτος της ταλάντωσης της πηγής. Ταλαντώσεις της πηγής με μεγαλύτερο πλάτος δημιουργούν ηχητικά κύματα μεγαλύτερης έντασης. Μονάδα μέτρησης της έντασης του ήχου στο S.I. είναι το  $1 \text{ W/m}^2$  (Βατ ανά τετραγωνικό μέτρο), αλλά στην καθημερινότητα χρησιμοποιούμε το ντεσιμπέλ (1 dB).
- **Επιβραδυνόμενη κίνηση:** Αν το μέτρο της ταχύτητας του σώματος μειώνεται, λέμε ότι η κίνηση είναι επιβραδυνόμενη.
- **Επιταχυνόμενη κίνηση:** Αν το μέτρο της ταχύτητας του σώματος αυξάνεται, λέμε ότι η κίνηση είναι επιταχυνόμενη.
- **Επιτάχυνση  $a$ :** Ονομάζουμε το φυσικό μέγεθος το οποίο εκφράζει τον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η ταχύτητα ενός σώματος. Η επιτάχυνση είναι διανυσματικό μέγεθος με μονάδα στο S.I. το  $1 \text{ m/s}^2$ . Η σταθερή επιτάχυνση ενός σώματος, που κινείται σε ευθεία γραμμή προς ορισμένη κατεύθυνση, υπολογίζεται από το πηλίκο της μεταβολής της ταχύτητας  $\Delta v$  προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα  $\Delta t$ .
- **Επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας  $g$ :** Επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας είναι η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα το οποίο κινείται μόνο με την επίδραση του βάρους του. Η επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας είναι ανάλογη της μάζας του πλανήτη και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της ακτίνας του.
- **Επιταχυνσιόμετρο:** Ένα επιταχυνσιόμετρο είναι όργανο που μετρά την επιτάχυνση ενός σώματος.
- **Έργο δύναμης:** Μια δύναμη εκτελεί έργο, όταν μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της. Αν μια δύναμη δεν μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της ή είναι συνεχώς κάθετη στη μετατόπιση, δεν εκτελεί έργο. Το έργο είναι μονόμετρο μέγεθος συμβολίζεται με  $W$  και η μονάδα του στο S.I. είναι το 1 Joule. Το μηχανικό έργο είναι μια μορφή μεταφερόμενης ενέργειας.
- **Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση:** Μια κίνηση ονομάζεται ευθύγραμμη ομαλή, όταν η ταχύτητα του κινούμενου σώματος είναι σταθερή κατά μέτρο και κατεύθυνση.

## Z

- **Ζυγός:** Όργανο με το οποίο μετρούμε τη μάζα ενός σώματος.

## H

- **Ηλεκτρομαγνητικά κύματα:** Εγκάρσια κύματα που στην περίπτωση τους, αντί να ταλαντώνονται τα σωματίδια ενός υλικού μέσου, έχουμε την ταλάντωση ενός ηλεκτρικού και ενός μαγνητικού πεδίου, η οποία είναι κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν απαιτούν την ύπαρξη υλικού μέσου για τη διάδοσή τους. Ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι τα κύματα των ραδιοφωνικών σταθμών, της τηλεόρασης, των κινητών τηλεφώνων, υπέρυθρη ακτινοβολία, το ορατό φως κ.λπ.
- **Ηχητικά κύματα ή ήχου:** Είναι διαμήκη μηχανικά κύματα. Δημιουργούνται από πηγές κυμάτων (πομπούς) που πάλλονται, που εκτελούν δηλαδή μηχανικές ταλαντώσεις και μεταφέρουν την ενέργεια των ταλαντώσεων αυτών. Δεν μπορούν να διαδοθούν στο κενό και χρειάζονται υποχρεωτικά ένα υλικό μέσο -στερεό, υγρό ή αέριο.
- **Ηχώ (αντίλαλος):** Είναι ένα ανακλώμενο ηχητικό κύμα το οποίο εμφανίζει μια χρονική καθυστέρηση, η οποία μας επιτρέπει να το διακρίνουμε από το αρχικό ηχητικό κύμα. Η απόσταση  $d$  της πηγής των ηχητικών κυμάτων πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 17m.

## Θ

- **Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις:** Οι θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις στη φύση είναι:
  - α. Η Βαρυτική η οποία αναφέρεται στην έλξη μεταξύ μαζών και κυριαρχεί στον μακρόκοσμο.
  - β. Η Ηλεκτρομαγνητική η οποία αναφέρεται στην έλξη και άπωση μεταξύ φορτισμένων σωματιδίων.
  - γ. Η Ασθενής πυρηνική η οποία μεσολαβεί στη ραδιενεργό διάσπαση  $\beta$  και σε αλληλεπιδράσεις νετρίνων στον πυρήνα.
  - δ. Η Ισχυρή πυρηνική η οποία συγκρατεί τα πρωτόνια και τα νετρόνια στον πυρήνα.
- **Θεμελιώδης νόμος της μηχανικής:** Ο θεμελιώδης νόμος της μηχανικής ή 2ος νόμος του Newton λέει ότι η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα μάζας είναι ανάλογη με τη συνισταμένη δύναμη  $\Sigma F$  που ασκείται στο σώμα και αντιστρόφως ανάλογη με τη μάζα του δίνεται από τη σχέση:  $\Sigma F = ma$
- **Θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής:** Η εξίσωση που δίνει την ταχύτητα διάδοσης ενός κύματος είναι:  $v = \lambda f$ . Η εξίσωση αυτή συσχετίζει την ταχύτητα διάδοσης ενός κύματος με το μήκος κύματός του και της συχνότητάς του.

• **Θερμική ενέργεια:** Θερμική ενέργεια ενός σώματος είναι η κινητική ενέργεια που οφείλεται στην άτακτη κίνηση των δομικών λίθων (μορίων ή ατόμων) του.

• **Θέση x ενός σώματος:** Η θέση ενός σώματος που κινείται κατά τον άξονα x δηλώνεται από τη συντεταγμένη του σημείου που βρίσκεται το σώμα.

## I

• **Ισορροπία σώματος:** Όταν ένα σώμα ισορροπεί, η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό είναι ίση με μηδέν.

## K

• **Κάθετη δύναμη επαφής:** Είναι η δύναμη που ασκούν οι επιφάνειες των στερεών σωμάτων, όταν αυτά έρχονται σε επαφή με την επίδραση άλλων δυνάμεων, όπως το βάρος.

• **Καθιερωμένο Πρότυπο:** Το Καθιερωμένο Πρότυπο της Φυσικής στοιχειωδών σωματιδίων περιγράφει επιτυχώς τρεις (ηλεκτρομαγνητικές, ασθενείς και ισχυρές αλληλεπιδράσεις) από τις τέσσερις γνωστές αλληλεπιδράσεις της φύσης, αλλά απομένει η τελική ενοποίηση με τη γενική σχετικότητα, η οποία διέπει τη δύναμη της βαρύτητας και τη φύση του χώρου και του χρόνου.

• **Κατεύθυνση δύναμης:** Είναι η διεύθυνση της δύναμης και η φορά της, δηλαδή το «προς τα πού» ασκείται μία δύναμη.

• **Κεντρομόλος επιτάχυνση:** Όταν ένα σώμα εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση το μέτρο της ταχύτητας είναι σταθερό, αλλά η ταχύτητα μεταβάλλεται γιατί αλλάζει η κατεύθυνσή της. Η επιτάχυνση λόγω μεταβολής της κατεύθυνσης της ταχύτητας ονομάζεται κεντρομόλος επιτάχυνση.

• **Κίνηση:** Είναι το φαινόμενο της μεταβολής της θέσης ενός σώματος ως προς ένα σύστημα αναφοράς, το οποίο θεωρούμε ακίνητο.

• **Κινητική ενέργεια:** Είναι η ενέργεια ενός σώματος λόγω κίνησης και υπολογίζεται από την σχέση:

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

• **Κυκλική κίνηση:** Ένα κινητό κάνει κυκλική κίνηση, όταν η τροχιά που διαγράφει είναι περιφέρεια κύκλου.

## Λ

• **Λεπτό min:** Μονάδα χρόνου. Ένα λεπτό (min) είναι 60 δευτερόλεπτα (s).

## M

• **Μάζα:** Η μάζα είναι μια ιδιότητα των στοιχειωδών σωματιδίων. Η μάζα ενός αντικειμένου είναι το άθροισμα των μαζών των στοιχειωδών σωματιδίων που το συγκροτούν, συνεπώς είναι μια εσωτερική ιδιότητα της ύλης. Η μάζα αποτελεί το μέτρο της αδράνειας του σώματος.

• **Μανόμετρα:** Είναι όργανα μέτρησης της πίεσης.

• **Μέση (αριθμητική) ταχύτητα:** Είναι ένα φυσικό μέγεθος που δείχνει πόσο γρήγορα ένα σώμα διανύει μία απόσταση.

• **Μέτρηση:** Είναι το αποτέλεσμα μίας σύγκρισης. Συγκρίνουμε ένα φυσικό μέγεθος με την τιμή του ίδιου φυσικού μεγέθους που έχουμε καθορίσει ως μονάδα μέτρησης.

• **Μέτρο m:** Μονάδα μήκους στο S.I.

• **Μεταβολή κινητικής κατάστασης ενός σώματος:** Είναι η μεταβολή της ταχύτητάς του.

• **Μετατόπιση Δx:** Η μετατόπιση είναι ένα διάνυσμα που έχει ως αρχή την αρχική θέση του κινητού και τέλος την τελική θέση του κινητού. Η μετατόπιση ενός κινητού που κινείται κατά τον άξονα x από μία θέση σε μία άλλη εξαρτάται από την αρχική και την τελική θέση του σώματος. Έχει θετική τιμή αν μετατοπίζεται προς τη θετική φορά του άξονα των x και αρνητική αν μετατοπίζεται προς την αρνητική.

• **Μηχανική ενέργεια:** Το άθροισμα της δυναμικής και της κινητικής ενέργειας ενός σώματος ονομάζεται μηχανική ενέργεια του σώματος.

• **Μηχανισμός διασποράς μέρους της μηχανικής ενέργειας σε θερμική:** Δυνάμεις όπως η τριβή ολίσθησης ή η αντίσταση του αέρα αποτελούν έναν μηχανισμό διασποράς μέρους της μηχανικής ενέργειας συστήματος σε θερμική ενέργεια η οποία δεν μας είναι εκμεταλλεύσιμη (είναι υποβαθμισμένη).

## N

• **Νόμος του Hooke:** Σύμφωνα με τον νόμο του Hooke, η παραμόρφωση ενός ελατηρίου, είναι ανάλογη της δύναμης που θα του ασκηθεί.

• **Νόμος δράσης-αντίδρασης ή 3ος νόμος του Νεύτωνα:** Όταν ένα σώμα A ασκεί δύναμη σε ένα σώμα B (δράση), τότε και το σώμα B θα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου αλλά αντίθετης κατεύθυνσης στο σώμα A (αντίδραση).

• **Νιούτον (N):** Είναι η μονάδα μέτρησης της δύναμης στο S.I.

• **Νόμος Βαρυτικής έλξης ή Νόμος Παγκόσμιας έλξης:** Η δύναμη της βαρυτικής έλξης μεταξύ οποιωνδήποτε δύο αντικειμένων είναι ανάλογη με το γινόμενο των μαζών των αντικειμένων και αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης μεταξύ των κέντρων τους.

• **Νόμος της υδροστατικής πίεσης:** Η υδροστατική πίεση σε ένα σημείο ενός υγρού που ισορροπεί είναι ανάλογη με την πυκνότητα του υγρού  $\rho$  με τη σταθερά  $g$  και με το βάθος  $h$  (δηλαδή την απόσταση του σημείου από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού).

## O

• **Ομαλή κυκλική κίνηση:** Ονομάζουμε ομαλή κυκλική κίνηση την κίνηση ενός κινητού το οποίο κινείται σε κυκλική τροχιά και το μέτρο της ταχύτητάς του είναι σταθερό.

## Π

• **Πασκάλ (Pascal):** Είναι μονάδα πίεσης στο S.I. και συμβολίζεται ως 1Pa.

• **Πείραμα:** Είναι μια διαδικασία κατά την οποία οι επιστήμονες ή οι ερευνητές πραγματοποιούν δοκιμές ή και παρατηρήσεις υπό συγκεκριμένες συνθήκες για να εξετάσουν μια ιδέα, να επιβεβαιώσουν ή να διαψεύσουν υποθέσεις ή να αποκτήσουν νέες γνώσεις.

• **Περιοδικά φαινόμενα:** Είναι τα φαινόμενα τα οποία επαναλαμβάνονται ακριβώς τα ίδια σε ίσα χρονικά διαστήματα.

• **Περίοδος  $T$  της κυκλικής κίνησης:** Ονομάζουμε περίοδο  $T$  της κυκλικής κίνησης τον χρόνο που χρειάζεται το κινητό για να κάνει μία πλήρη περιφορά. Μονάδα της περιόδου στο S.I. είναι το 1s.

• **Περίοδος  $T$ :** Ονομάζεται ο χρόνος που απαιτείται για μια πλήρη επανάληψη ενός περιοδικού φαινομένου. Αν σε χρόνο  $\Delta t$  γίνουν  $N$  επαναλήψεις του περιοδικού φαινομένου, τότε:  $T = \frac{\Delta t}{N}$

• **Πλαστική παραμόρφωση:** Είναι η μόνιμη παραμόρφωση που παθαίνει το σώμα εξαιτίας μίας δύναμης. Αυτή η παραμόρφωση παραμένει και όταν σταματήσει να του ασκείται η δύναμη.

• **Πίεση:** Είναι το φυσικό μέγεθος που δείχνει την κατανομή της δύναμης σε μία επιφάνεια και είναι υπεύθυνη για την παραμόρφωση που προκαλεί. Η πίεση είναι ένα μονόμετρο μέγεθος.

• **Πυκνότητα  $\rho$ :** Το πηλίκο της μάζας  $m$  διά τον όγκο  $V$  του αντικειμένου. Η πυκνότητα αναφέρεται σε συγκεκριμένο υλικό και μας πληροφορεί για τη μάζα που έχει η κάθε μονάδα όγκου του υλικού αυτού.

## Σ

• **Σεισμικά κύματα:** Ονομάζονται τα κύματα που ξεκινούν από τη θέση δημιουργίας του σεισμού (εστία) και μεταφέρουν τη μηχανική ενέργεια που απελευθερώθηκε. Τα σεισμικά κύματα διακρίνονται σε κύματα χώρου και σε επιφανειακά.

• **Σειсмоγράφημα:** Το γράφημα στο οποίο γίνεται η χρονική καταγραφή των σεισμικών κυμάτων από έναν σειсмоγράφο.

• **Σειсмоγράφος:** Όργανο ανίχνευσης και καταγραφής σεισμικών δονήσεων. Με τη χρήση του μπορούμε να εντοπίσουμε το μέγεθος, την κατεύθυνση και τον υπολογισμό του επικέντρου του σεισμού, της προβολής δηλαδή του σημείου γέννησης του σεισμού στην επιφάνεια της Γης.

• **Σεισμός:** Η διαταραχή που δημιουργείται στην επιφάνεια του πλανήτη (Γης) ύστερα από απότομη μετακίνηση μαζών (του φλοιού της Γης) που μπορεί να οφείλεται σε αιτίες, όπως η κίνηση των τεκτονικών πλακών, οι εκρήξεις των ηφαιστείων και οι κατακρημνίσεις σπηλαίων. Η διαταραχή αυτή άλλες φορές μπορεί να είναι αισθητή και άλλες όχι.

• **Σημείο εφαρμογής:** Σημείο εφαρμογής μιας δύναμης λέγεται το σημείο του σώματος στο οποίο ασκείται η δύναμη.

• **Σταθερά  $k$  ελατηρίου:** Η σταθερά  $k$  του ελατηρίου χαρακτηρίζει το ελατήριο και δείχνει τη σκληρότητά του.

• **Στατική τριβή:** Η τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ δύο σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή και τα σώματα είναι ακίνητα και τείνουν να κινηθούν το ένα σε σχέση με το άλλο λέγεται στατική τριβή. Η μέγιστη στατική τριβή είναι συνήθως μεγαλύτερη από την τριβή ολίσθησης.

• **Στιγμιαία ταχύτητα:** Η στιγμιαία ταχύτητα είναι η ταχύτητα ενός κινητού κάποια χρονική στιγμή. Είναι διανυσματικό μέγεθος, δηλ. έχει μέτρο και κατεύθυνση.

• **Συγκοινωνούντα δοχεία:** Ονομάζονται δοχεία που συγκοινωνούν με σωλήνα ή με οποιονδήποτε άλλο τρόπο. Αν σ' αυτά υπάρχει το ίδιο υγρό, η οριζόντια επιφάνεια είναι στο ίδιο επίπεδο.

- **Σύνθεση δυνάμεων:** Σύνθεση δυνάμεων είναι η διαδικασία με την οποία υπολογίζουμε τη συνισταμένη δύο ή περισσότερων δυνάμεων.
- **Συνθήκες πλευσης:** Αν  $\rho_\sigma$  η πυκνότητα ενός σώματος βυθισμένο σε υγρό πυκνότητας  $\rho_\nu$ , τότε:  
Όταν  $\rho_\sigma < \rho_\nu$  το σώμα βυθίζεται λίγο μέχρις ότου η άνωση να γίνει ίση με το βάρος του σώματος.  
Όταν  $\rho_\sigma > \rho_\nu$  το σώμα βυθίζεται στο υγρό.  
Όταν  $\rho_\sigma = \rho_\nu$  το σώμα αιωρείται στο υγρό.
- **Συνισταμένη:** Συνισταμένη δύο ή περισσότερων δυνάμεων είναι η δύναμη που φέρνει το ίδιο αποτέλεσμα με αυτές τις δυνάμεις μαζί. Η συνισταμένη δύο δυνάμεων, ίδιας διεύθυνσης και φοράς, είναι μια δύναμη της οποίας το μέτρο ισούται με το άθροισμα των μέτρων των δυνάμεων και έχει την ίδια διεύθυνση και φορά με τις δυνάμεις. Η συνισταμένη δύο δυνάμεων ίδιας διεύθυνσης και αντίθετης φοράς είναι μια δύναμη της οποίας το μέτρο ισούται με τη διαφορά των μέτρων των δυνάμεων, έχει την ίδια διεύθυνση με τις δύο δυνάμεις και φορά ίδια με τη φορά της δύναμης με το μεγαλύτερο μέτρο. Η συνισταμένη δύο μη συγγραμμικών δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα και σχηματίζουν γωνία μεταξύ τους παριστάνεται από τη διαγώνιο του παραλληλογράμμου με πλευρές τα διανύσματα των δύο δυνάμεων.
- **Συντελεστής τριβής ολίσθησης:** Ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μολ εξαρτάται από το είδος των επιφανειών των σωμάτων που έρχονται σε επαφή και είναι καθαρός αριθμός.
- **Συντεταγμένη:** Κάθε σημείο ενός άξονα x, ο οποίος είναι ένα σύστημα αναφοράς, έχει μία τιμή που λέγεται συντεταγμένη.
- **Σύστημα αναφοράς - Σύστημα συντεταγμένων:** Η έννοια σύστημα συντεταγμένων είναι αντικείμενο των Μαθηματικών και απαντά στο ερώτημα που βρίσκεται ένα γεωμετρικό σημείο. Η έννοια σύστημα αναφοράς είναι αντικείμενο της Φυσικής και αναφέρεται σε συγκεκριμένο παρατηρητή ο οποίος παρακολουθεί και περιγράφει την κίνηση ενός σώματος και τα χαρακτηριστικά της.
- **Συχνότητα f:** Ονομάζεται ο αριθμός των επαναλήψεων ενός περιοδικού φαινομένου στη μονάδα του χρόνου που ισούται με:  $f = \frac{N}{\Delta T} = \frac{1}{T}$ . Η μονάδα μέτρησης της συχνότητας στο S.I. είναι το 1 Hz.

## T

- **Ταλάντωση:** Η περιοδική κίνηση ενός σώματος (ή υλικού σημείου) που γίνεται μεταξύ δυο ακραίων θέσεων που ισαπέχουν από τη θέση ισορροπίας.

- **Ταχύτητα διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων:** Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται με σταθερή ταχύτητα στον αέρα ή στο κενό και αυτή είναι περίπου ίση με 300.000km/s.
- **Τριβή:** Η τριβή είναι μια δύναμη επαφής που αναπτύσσεται μεταξύ δύο σωμάτων που εφάπτονται και τείνουν να μετακινηθούν ή μετακινούνται το ένα ως προς το άλλο.
- **Τριβή ολίσθησης:** Η τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ δύο σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή και υπάρχει σχετική κίνηση ονομάζεται τριβή ολίσθησης.
- **Τρίτος νόμος του Νεύτωνα ή νόμος δράσης-αντίδρασης:** Όταν ένα σώμα A ασκεί δύναμη σε ένα σώμα B (δράση), τότε και το σώμα B θα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου αλλά αντίθετης κατεύθυνσης στο σώμα A (αντίδραση).

## Υ

- **Υδραυλικό πιεστήριο:** Υδραυλικό πιεστήριο είναι ένας μηχανισμός - πολλαπλασιαστής της δύναμης που στηρίζεται στην αρχή του Pascal.
- **Υδροστατική πίεση:** Ονομάζουμε υδροστατική πίεση την πίεση που υπάρχει στα υγρά, όταν αυτά βρίσκονται σε ισορροπία. Η υδροστατική πίεση οφείλεται στο βάρος της υπερκείμενης στήλης του υγρού.
- **Υπέρηχοι:** Ήχοι με συχνότητες μεγαλύτερες των 20000 Hz.
- **Υπόηχοι:** Ήχοι με συχνότητες μικρότερες των 20 Hz.
- **Ύψος ήχου ή ηχητικού κύματος:** Αναφέρεται στο πόσο οξύς είναι ένας ήχος, κάτι που εξαρτάται από τη συχνότητα ταλάντωσης της πηγής.

## Φ

- **Φάσμα των ηχητικών κυμάτων:** Το σύνολο των ηχητικών κυμάτων που μπορεί να ακούσει ένας άνθρωπος εκτείνεται από ήχους συχνότητας 20 Hz έως και ήχους συχνότητας 20000 Hz.

## X

- **Χιλιόγραμμα ή κιλό kg:** Μονάδα μάζας στο S.I.
- **Χροιά:** Το χαρακτηριστικό αυτό αφορά την ποιότητα ενός ήχου. Η χροιά είναι αυτή που μας δίνει τη δυνατότητα να διακρίνουμε τη μια ηχητική πηγή από την άλλη. Έτσι, μπορείς να διακρίνεις τις φωνές των ανθρώπων ή τα μουσικά όργανα μεταξύ τους παρόλο που παίζουν την ίδια νότα.

- **Χρονική διάρκεια:** Χρονική διάρκεια είναι ο χρόνος που χρειάζεται το κινητό για να μετακινηθεί από την αρχική στην τελική θέση.
- **Χρονική στιγμή:** Χρονική στιγμή ονομάζουμε την ένδειξη που έχει το χρονόμετρο, όταν το κινητό βρίσκεται σε μία θέση.

## Ω

- **Ωρα h:** Μοναδα μέτρησης χρόνου. Μία ώρα είναι 60 λεπτά (min) ή 3600 δευτερόλεπτα (s).

## Τυπολόγιο Φυσικής Β΄ Γυμνασίου

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – Βασικές έννοιες Κινηματικής – Δυναμικής

Μετατόπιση $\Delta x$ : $\Delta x = x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}}$	$x_{\text{αρχ}}$ : η αρχική θέση του σώματος $x_{\text{τελ}}$ : η τελική θέση του σώματος
Χρονική διάρκεια $\Delta t$ : $\Delta t = t_{\text{αρχ}} - t_{\text{τελ}}$	$t_{\text{αρχ}}$ : η αρχική χρονική στιγμή $t_{\text{τελ}}$ : η τελική χρονική στιγμή
Η μέση ταχύτητα $u$ : $u = \frac{s}{\Delta t}$	$s$ : η απόσταση που διανύει ένα όχημα $\Delta t$ : ο αντίστοιχος χρόνος
Νόμος ελαστικότητας του Hooke: $F = k \cdot \Delta \ell$	$F$ : η δύναμη που ασκείται στο άκρο ελατηρίου $\Delta \ell$ : η παραμόρφωση του ελατηρίου $k$ : η σταθερά του ελατηρίου
3 <sup>ος</sup> νόμος του Νεύτωνα: $F = F'$	$F$ : η δύναμη – δράση $F'$ : η δύναμη – αντίδραση

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Η Ισορροπία Δυνάμεων – Ομαλή κίνηση

Συνισταμένη 2 συγγραμμικών δυνάμεων:	
$\Sigma F = F_1 + F_2$	$F_1, F_2$ : δυνάμεις ίδιας φοράς (Η $\Sigma F$ έχει τη φορά των $F_1, F_2$ )
$\Sigma F = F_1 - F_2$	$F_1, F_2$ : δυνάμεις αντίθετης φοράς με $F_1 > F_2$ (Η $\Sigma F$ έχει τη φορά της $F_1$ )
$\Sigma F = F_2 - F_1$	$F_1, F_2$ : δυνάμεις αντίθετης φοράς με $F_2 > F_1$ (Η $\Sigma F$ έχει τη φορά της $F_2$ )
Συνισταμένη πολλών συγγραμμικών δυνάμεων: $\Sigma F = \pm F_1 \pm F_2 \pm F_3 \pm \dots$ (Ορίζουμε θετική φορά και βάζουμε το αντίστοιχο πρόσημο στις $F_1, F_2, F_3$ κ.λπ. Η $\Sigma F$ έχει τη φορά που θα προκύψει από το πρόσημο του αποτελέσματος.)	
Συνισταμένη 2 κάθετων δυνάμεων: $\Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$	
(Η $\Sigma F$ έχει την κατεύθυνση της διαγωνίου στο παραλληλόγραμμο που σχηματίζεται από τις $F_1, F_2$ )	
$v = 0$	
1ος νόμος του Νεύτωνα: Όταν $v = 0$ ή $v = \text{σταθ.}$ $\Leftrightarrow \Sigma F = 0$	
Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση	
Ταχύτητα: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$\Delta x$ : η μετατόπιση $\Delta t$ : ο αντίστοιχος χρόνος
Μετατόπιση: $\Delta x = v \cdot \Delta t$ ή $\Delta x = \text{Εμβαδόν διαγράμματος } (v - t)$	

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Δυνάμεις: Βάρος, Κάθετη αντίδραση, Τριβή, Άνωση

Βαρυτική δύναμη $F_g$ μεταξύ 2 σωμάτων: $F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	$m_1, m_2$ : οι μάζες των δύο σωμάτων $r$ : η απόσταση μεταξύ των κέντρων των σωμάτων $G$ : η σταθερά της παγκόσμιας έλξης
Βάρος σώματος $w$ : $w = G \frac{M_\Gamma m}{r^2}$	$m$ : η μάζα του σώματος $M_\Gamma$ : η μάζα της Γης $r$ : η απόσταση του σώματος από το κέντρο της Γης $G$ : σταθερά της παγκόσμιας έλξης
Βάρος σώματος στην επιφάνεια της Γης: $w = m \cdot g$	$g$ : βαρυτική δύναμη σε κάθε μονάδα μάζας στην επιφάνεια της Γης ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

Όταν ένα σώμα βρίσκεται πάνω σε οριζόντια επιφάνεια με την επίδραση μόνο του βάρους του: $N = w$	$N$ : η κάθετη δύναμη επαφής
Τριβή ολίσθησης $T_{ολ} = \mu_{ολ} N$	$\mu_{ολ}$ είναι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης $N$ : η κάθετη δύναμη επαφής
Πίεση: $p = \frac{F}{A}$	$F$ : δύναμη που ασκείται κάθετα στην επιφάνεια $A$ : το εμβαδόν της επιφάνειας
Υδροστατική πίεση: $p = \rho gh$	$\rho$ : πυκνότητα υγρού $h$ : βάθος από την επιφάνεια του υγρού $g = 10 \text{ N / kg}$
Υδραυλικό πιεστήριο (πολλαπλασιαστής δύναμης): $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$	$F_1$ : η δύναμη που ασκείται στο έμβολο 1 $A_1$ : εμβαδόν εμβόλου 1 $F_2$ : η δύναμη που θα δοθεί στο έμβολο 2 $A_2$ : εμβαδόν εμβόλου 2
Άνωση: $A = w_{υγρ} = m_{υγρ} g = \rho_{υγρ} Vg$	$w_{υγρ}$ : βάρος εκτοπιζόμενου υγρού $m_{υγρ}$ : μάζα εκτοπιζόμενου υγρού $\rho_{υγρ}$ : πυκνότητα εκτοπιζόμενου υγρού $V$ : όγκος εκτοπιζόμενου υγρού $g = 10 \text{ N / kg}$
Συνθήκη πλευσης: $A = w$	$A$ : άνωση που ασκείται στο σώμα $w$ : βάρος σώματος
Ατμοσφαιρική πίεση (πείραμα Torricelli): $p_{atm} = \rho gh$	$\rho$ : πυκνότητα υδραργύρου $h$ : ύψος στήλης υδραργύρου $g = 10 \text{ N / kg}$

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Η δύναμη μπορεί να αλλάξει την κίνηση

Επιτάχυνση (για ευθύγραμμη κίνηση): $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	$\Delta v$ : μεταβολή της ταχύτητας $\Delta t$ : αντίστοιχο χρονικό διάστημα
2ος νόμος του Νεύτωνα: $\Sigma F = ma$	$\Sigma F$ : συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα $m$ : μάζα σώματος $a$ : επιτάχυνση που θα αποκτήσει το σώμα
Ταχύτητα στην ελεύθερη πτώση: $v = gt$	$g$ : επιτάχυνση της βαρύτητας ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) $t$ : χρόνος πτώσης
Συχνότητα στην ομαλή κυκλική κίνηση: $f = \frac{N}{\Delta t}$ ή $f = \frac{1}{T}$	$N$ : αριθμός περιστροφών $\Delta t$ : αντίστοιχος χρόνος $T$ : περίοδος (χρόνος μίας περιστροφής)
Ταχύτητα στην ομαλή κυκλική κίνηση: $v = \frac{s}{t}$ ή $v = \frac{2\pi R}{T}$	$s$ : μήκος κυκλικής τροχιάς $t$ : αντίστοιχος χρόνος $R$ : ακτίνα κυκλικής τροχιάς $T$ : περίοδος

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Ενέργεια και διατήρηση ενέργειας

Έργο δύναμης: $W = F \cdot \Delta x$	η δύναμη $F$ έχει την κατεύθυνση της μετατόπισης $\Delta x$
Έργο δύναμης: $W = -F \cdot \Delta x$	η δύναμη $F$ έχει αντίθετη κατεύθυνση με τη μετατόπιση $\Delta x$
Έργο τριβής: $W_T = -T \cdot \Delta x$	$T$ : τριβή ολίσθησης (είναι πάντα αντίθετη της $\Delta x$ )

Κινητική ενέργεια: $K = \frac{1}{2} mu^2$	$m$ : μάζα σώματος $u$ : ταχύτητα σώματος
Βαρυτική δυναμική ενέργεια: $U = mgh$	$m$ : μάζα σώματος $g$ : επιτάχυνση της βαρύτητας ( $g = 10\text{m/s}^2$ ) $h$ : ύψος που βρίσκεται το σώμα από την επιφάνεια της Γης
Μηχανική ενέργεια: $E_{\mu} = K + U$	$K$ : Κινητική ενέργεια $U$ : Δυναμική ενέργεια
Απώλεια μηχανικής ενέργειας $\Delta E_{\mu\eta\chi}$ η οποία μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια $E_{\theta}$ : $\Delta E_{\mu\eta\chi} = E_{\theta}$	

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Διάδοση της ενέργειας με κύματα – Η περίπτωση του ήχου

Ταχύτητα διάδοσης κύματος: $v = \frac{\lambda}{t}$ και $v = \lambda \cdot f$	$x$ : η απόσταση στην οποία διαδίδεται το κύμα $t$ : ο αντίστοιχος χρόνος $\lambda$ : μήκος κύματος $f$ : συχνότητα κύματος
---	--

### Πίνακας με τιμές φυσικών μεγεθών και σταθερών που αναφέρονται στο βιβλίο

Σταθερά παγκόσμιας έλξης	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$
Μάζα της Γης	$M_{\Gamma} = 5,972 \cdot 10^6 \text{Kg}$
Ακτίνα της Γης	$R_{\Gamma} = 6.371 \cdot 10^6 \text{m}$
Επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης	$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Ταχύτητα του ήχου στον αέρα στους 20°C	$v_{\eta\chi} = 343 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Ταχύτητα του φωτός στο κενό	$c = 2,99792 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



Απαντήσεις -  
Λύσεις Ασκήσεων

