

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

# ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



Β. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ  
Ν. ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ  
Α. ΔΡΟΛΑΠΑΣ  
Κ. ΚΕΡΑΜΙΔΑΣ  
Ε. ΛΑΪΟΣ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

# ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

**Επιστημονική Επιτροπή Αξιολόγησης**  
Συντονιστής/τρια / Αξιολογητής/τρια

Αξιολογητής/τρια

Αξιολογητής/τρια

Τεχνικός Εμπειρογνώμονας

Επικουρικός Εμπειρογνώμονας

**Υπεύθυνος/η του μαθήματος/γνωστικού  
αντικειμένου στο πλαίσιο της Πράξης**

**Κουσκουνά Βασιλική**

Εν ενεργεία μέλος Διδακτικού Ερευνητικού  
Προσωπικού Πανεπιστημίου

**Κεχαγιάς Κωνσταντίνος**

Εν ενεργεία Εκπαιδευτικός

**Σκληρός Φώτιος**

Εν ενεργεία Εκπαιδευτικός

**Λαζαρίνης Φώτιος**

Πτυχιούχος Πληροφορικής

**Σταυριανού Ειρήνη**

Πτυχιούχος τεχνολογίας γραφιστικών 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**

**Αννα-Αικατερίνη Λυκούρη**

Σύμβουλος Α΄ του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Υπουργείο Παιδείας, Θρησκευμάτων  
και Αθλητισμού



Με τη συγχρηματοδότηση  
της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Πρόγραμμα  
Ανθρώπινο Δυναμικό και  
Κοινωνική Συνοχή

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Β. Βασιλείου, Ν. Διαμαντής, Α. Δρόλαπας,  
Κ. Κεραμιδάς, Ε. Λάιος

# ΦΥΣΙΚΗ

Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
ΠΑΤΑΚΗ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ **Βασίλειος Βασιλείου**, Φυσικός, Εκπαιδευτικός  
Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης  
**Νικόλαος Διαμαντής**, Δρ Φυσικής, Δρ Παιδαγωγικών,  
Σύμβουλος Εκπαίδευσης  
**Ανάργυρος Δρόλαπας**, Φυσικός, Δρ Επιστημών Αγωγής,  
Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης  
**Κωνσταντίνος Κεραμιδάς**, Δρ Φυσικής,  
Δρ Επιστημών Αγωγής, Σύμβουλος Εκπαίδευσης  
**Ευθύμιος Λάιος**, Φυσικός, MSc Φυσικής, Εκπαιδευτικός  
Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης


ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ **Dreamstime.com, Freepik.com**

ΣΧΕΔΙΑΣΗ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ **Έφη Κανελλοπούλου**

ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ **Χρήστος Παπανίκος**

ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗ **Χρύσα Τσάμη**, Γραφίστρια

ΦΙΛΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ **Κωνσταντίνα Κουτσουρούμπα**, **Ειρήνη Μαρκούρη**,  
Φιλολόγοι

ΔΙΚΑΙΟΥΧΟΣ  **ΕΚΛΟΕΣΕΙ  
ΠΑΤΑΚΗ**

ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ **Βαγγέλης Μπακλαβάς**, Φιλολόγος

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ **Δάφνη Μπέη**, Γραφίστρια

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ **Dreamstime.com**

ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ &  
ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΕΙΣ **Ηλίας Σιτσανλής (www.seilias.gr)**, Φυσικός  
**Ευθύμιος Λάιος**, Φυσικός

Δείτε ή κατεβάστε από εδώ τους Διδακτικούς στόχους  
ανά υποενότητα (μάθημα).



# Περιεχόμενα

Η ταυτότητα του βιβλίου .....	7
Κενή σελίδα διαγράμματος για αναπαραγωγή .....	10

## ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

### Κεφάλαιο 1: Βασικές έννοιες Κινηματικής – Δυναμικής

<b>1.1 Η κίνηση των σωμάτων</b> .....	12
<b>1.1α</b> Θέση, μετατόπιση, διάστημα, χρονική στιγμή, χρονική διάρκεια .....	12
<b>1.1β</b> Μέση και στιγμιαία ταχύτητα .....	18
<b>1.2 Η δύναμη</b> .....	23
<b>1.2α</b> Η δύναμη και τα χαρακτηριστικά της .....	23
<b>1.2β</b> Μέτρηση της δύναμης – Νόμος του Hooke .....	28
<b>1.3 Κάθε δράση έχει αντίδραση</b> .....	34
<b>1.3α</b> 3ος νόμος του Νεύτωνα .....	34
<b>1.3β</b> Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις .....	39

### Κεφάλαιο 2: Η ισορροπία δυνάμεων – Ομαλή κίνηση

<b>2.1 Δράση περισσότερων της μίας δύναμης σε ένα σώμα</b> .....	44
<b>2.1α</b> Συνισταμένη συγγραμμικών δυνάμεων .....	44
<b>2.1β</b> Συνισταμένη μη συγγραμμικών δυνάμεων .....	48
<b>2.1γ</b> Υπολογισμός της συνισταμένης δύο κάθετων δυνάμεων .....	52
<b>2.2 Ισορροπία σώματος</b> .....	55
<b>2.2α</b> Η αδράνεια .....	55
<b>2.2β</b> Ο 1ος νόμος του Νεύτωνα .....	60
<b>2.3 Ομαλή κίνηση</b> .....	65
<b>2.3α</b> Ορισμός ευθύγραμμης ομαλής κίνησης .....	65
<b>2.3β</b> Γραφική απεικόνιση μεγεθών στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση .....	69

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

<b>3.1 Βαρυτική δύναμη</b> .....	76
<b>3.1α</b> Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης .....	76
<b>3.1β</b> Το βάρος, Διαφορές μάζας – βάρους .....	81
<b>Ένθετο:</b> Παλιρροϊκά φαινόμενα – Μαύρες τρύπες .....	86
<b>3.2 Δυνάμεις αλληλεπίδρασης σωμάτων σε επαφή</b> .....	88
<b>3.2.1</b> Η κάθετη δράση – αντίδραση .....	88
<b>3.2.2</b> Τριβή .....	92
<b>3.2.2α</b> Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τριβή ολίσθησης .....	92
<b>3.2.2β</b> Στατική τριβή και τριβή ολίσθησης .....	98
<b>3.2.2γ</b> Προέλευση τριβής – Δυνάμεις σωμάτων σε επαφή .....	102
<b>Ένθετο:</b> Από τη μεταφορά με έλκηθρα στα οχήματα με τροχούς .....	105
<b>3.3 Δυνάμεις επαφής σώματος με ρευστά, Άνωση</b> .....	106
<b>3.3.1</b> Η πίεση .....	106
<b>3.3.2</b> Υδροστατική πίεση .....	111
<b>3.3.2α</b> Ο νόμος της υδροστατικής .....	111
<b>3.3.2β</b> Εφαρμογές της υδροστατικής πίεσης .....	116
<b>3.3.3</b> Αρχή του Pascal .....	120
<b>3.3.3α</b> Αρχή του Pascal .....	120
<b>3.3.3β</b> Εφαρμογές της αρχής του Pascal .....	124

3.3.4	Σχέση πίεσης – άνωσης.....	128
3.3.4α	Άνωση.....	128
3.3.4β	Αρχή του Αρχιμήδη – Πλεύση.....	133
3.3.5	Ατμοσφαιρική πίεση.....	140
3.3.5α	Ατμοσφαιρική πίεση.....	140
3.3.5β	Άνωση στον αέρα.....	145
<b>Κεφάλαιο 4: Η δύναμη μπορεί να αλλάξει την κίνηση</b>		
4.1	Η δύναμη επηρεάζει την κίνηση των σωμάτων.....	150
4.2	Η επιτάχυνση.....	155
4.2α	Ορισμός της επιτάχυνσης.....	155
4.2β	Υπολογισμός της επιτάχυνσης από πειραματικά δεδομένα.....	160
4.3	Ο 2ος νόμος του Νεύτωνα (Newton).....	166
4.3α	2ος νόμος του Νεύτωνα και διερεύνησή του.....	166
4.3β	Εφαρμογή του 2ου νόμου του Νεύτωνα.....	172
4.4	Ελεύθερη πτώση.....	177
4.4α	Ελεύθερη πτώση.....	177
4.4β	2ος νόμος Νεύτωνα και πτώσεις.....	181
4.5	Ομαλή κυκλική κίνηση.....	186
4.5α	Κινηματική περιγραφή της ομαλής κυκλικής κίνησης.....	186
4.5β	Δυναμική περιγραφή της ομαλής κυκλικής κίνησης.....	190
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΥΛΗ</b>		
<b>Κεφάλαιο 5: Ενέργεια και διατήρηση ενέργειας</b>		
5.1	Κινητική και δυναμική ενέργεια.....	196
5.1α	Κινητική και δυναμική ενέργεια.....	196
5.1β	Έργο δύναμης.....	200
<b>Ένθετο: Ό,τι κερδίζω σε δύναμη το χάνω σε μετατόπιση (χρυσός κανόνας της Μηχανικής).</b>		
	Ράμπες, πολύσπαστα και μοχλοί.....	204
5.2	Διατήρηση ενέργειας σε μηχανικό σύστημα.....	206
5.2α	Διατήρηση ενέργειας σε μηχανικό σύστημα.....	206
5.2β	Υποβάθμιση της ενέργειας – ποιοτική μελέτη.....	210
5.2γ	Υποβάθμιση της ενέργειας – ποσοτική μελέτη.....	213
<b>ΠΕΔΙΑ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΑ – ΗΧΟΣ ΚΑΙ ΦΩΣ</b>		
<b>Κεφάλαιο 6: Διάδοση της ενέργειας με κύματα – Η περίπτωση του ήχου</b>		
6.1	Από την ταλάντωση στο κύμα.....	218
6.1α	Χαρακτηριστικά του κύματος.....	218
6.1β	Είδη κυμάτων.....	222
6.2	Ήχος: Ηχητικά κύματα και τα χαρακτηριστικά τους.....	227
6.2α	Ταχύτητα και χαρακτηριστικά του ήχου.....	227
6.2β	Είδη ήχων και ένταση ήχου.....	231
6.3	Φαινόμενα του ήχου.....	236
6.3α	Ανάκλαση.....	236
6.3β	Διάθλαση.....	239
6.3γ	Απορρόφηση.....	243
	<b>Λεξιλόγιο όρων.....</b>	245
	<b>Τυπολόγιο.....</b>	247

# Η ταυτότητα του βιβλίου

Ακολουθώντας το πρόγραμμα σπουδών Φυσικής Γυμνασίου, το περιεχόμενο του βιβλίου είναι δομημένο σε θεματικά πεδία. Κάθε πεδίο αποτελείται από θεματικές ενότητες που παρουσιάζονται σε μία ή περισσότερες τάξεις. Σε κάθε τάξη οι θεματικές ενότητες ομαδοποιούνται σε κεφάλαια. Κάθε θεματική ενότητα αποτελείται από υποενότητες, των οποίων το περιεχόμενο προτείνεται να διδάσκεται σε μία διδακτική ώρα. Για διευκόλυνση εκπαιδευτικών και μαθητών/μαθητριών η κάθε υποενότητα θα καλείται μάθημα.



## Διδακτική μέθοδος με διερεύνηση

Το παρόν βιβλίο είναι γραμμένο σύμφωνα με το νέο πρόγραμμα σπουδών της Φυσικής Γυμνασίου, στο οποίο η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας είναι η προτεινόμενη.

Για τη συγγραφή του βιβλίου δόθηκε ιδιαίτερη μέριμνα ώστε να διευκολυνθούν οι εκπαιδευτικοί στην εφαρμογή της διδασκαλίας με διερεύνηση, καθώς η διερεύνηση αποτελεί τον τρόπο που ο άνθρωπος ανακαλύπτει και οικοδομεί τη γνώση. Η διδακτική μέθοδος με διερεύνηση απαιτεί ένα περιβάλλον ενεργού συμμετοχής και συνεργασίας όλων των μαθητών και μαθητριών, αυτενέργειας, συνεργατικής δράσης σε ομάδες, βιωματικής προσέγγισης και συνεργατικής επίλυσης προβλημάτων.

Με σκοπό την υλοποίηση κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο των στόχων του νέου προγράμματος σπουδών, σε κάθε υποενότητα (μάθημα) περιέχονται τα βήματα της μάθησης με διερεύνηση, τα οποία και αναφέρονται. Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται για να δηλωθεί το κάθε βήμα της μεθόδου είναι αυτά που αναφέρονται στο πρόγραμμα σπουδών και καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

Βήμα της μεθόδου	Σύμβολο
Εναύσματα ενδιαφέροντος	!?
Προβληματισμός, συζήτηση, υποθέσεις	
Πειράματα με μετρήσεις, δραστηριότητες και ιδιοκατασκευές	
Συμπεράσματα – Θεωρία	
Διεπιστημονικές – Διαθεματικές εφαρμογές της θεωρίας, γενίκευση, εμπέδωση, ερμηνείες με τον μικρόκοσμο	

Στο έναυσμα ενδιαφέροντος κάθε μαθήματος παρουσιάζονται θέματα που είναι οικεία στα παιδιά και γνωστά από την καθημερινότητά τους.

Ακολουθούν προβληματισμοί που συχνά διατυπώνουν οι μαθητές και οι μαθήτριες και πιθανές υποθέσεις που θα μπορούσαν να δοθούν ως απαντήσεις.

Μεγαλύτερο μέρος κάθε μαθήματος αφιερώνεται στην πραγματοποίηση δραστηριοτήτων ή πειραμάτων, στα οποία καλούνται οι μαθητές και οι μαθήτριες να συμμετάσχουν σε ομάδες και να διερευνήσουν την ορθότητα ή μη των υποθέσεών τους. Με αυτό τον τρόπο τα συμπεράσματα που ακολουθούν, και αποτελούν τη θεωρία της Φυσικής, προκύπτουν αβίαστα από τα ίδια τα παιδιά, δίνουν απαντήσεις στους προβληματισμούς τους και δημιουργούν μια συνεκτική επιστημονική γνώση.

Ενίσχυση της γνώσης αυτής αποτελεί το πέμπτο και τελευταίο βήμα της διερεύνησης, δηλαδή οι γενικεύσεις και η εφαρμογή της γνώσης. Στο βήμα αυτό του μαθήματος γίνονται συνδέσεις του περιεχομένου που διδάχτηκε με επιστημονικές εφαρμογές, με τεχνολογικά θέματα, με θέματα ασφάλειας και υγιεινής, με περιβαλλοντικά θέματα και γενικά με θέματα που ενισχύουν τις γνώσεις, τις συμπεριφορές και τις στάσεις των μαθητών και των μαθητριών ως ενήμερων και ενεργών πολιτών.

### Τα πειράματα και οι δραστηριότητες

Λαμβάνοντας υπόψη τη σχολική πραγματικότητα, που αφορά την υλικοτεχνική υποδομή των σχολείων και τη συχνή δυσκολία πρόσβασης στο σχολικό εργαστήριο, προτείνεται στο βιβλίο πολλές πειραματικές δραστηριότητες να υλοποιούνται εντός της σχολικής τάξης με τη χρήση απλών καθημερινών υλικών. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται η δυνατότητα στα παιδιά να συνδέσουν τη Φυσική με τις καθημερινές δραστηριότητές τους και να μεταφέρουν τη σχολική επιστημονική γνώση στο πλαίσιο της καθημερινότητάς τους, ερμηνεύοντάς την. Σε ό,τι αφορά την υλοποίηση πειραμάτων που απαιτούν σύνθετες και απαιτητικές διατάξεις και όργανα και υλοποιούνται αποκλειστικά στο σχολικό εργαστήριο, προτείνονται εναλλακτικές δραστηριότητες με τη χρήση οπτικοποιήσεων και προσομοιώσεων.

Τα πειράματα και οι δραστηριότητες ταξινομούνται ως προς το περιεχόμενο και ως προς τις αντίστοιχες δεξιότητες του 21ου αιώνα που καλλιεργούνται.

- Ο χαρακτηρισμός τους ως προς το **περιεχόμενο** δηλώνεται με ένα από τα αντίστοιχα σύμβολα από τον παρακάτω πίνακα το οποίο τοποθετείται σε αυτές.


Περιεχόμενο	Σύμβολο	Περιεχόμενο	Σύμβολο	Περιεχόμενο	Σύμβολο
Πείραμα	ΠΕ	Λύνοντας προβλήματα	ΛΠ	Επεξεργασία δεδομένων	ΕΔ
Συζήτηση	ΣΥ	Προσομοίωση	ΠΡ	Ιδιοκατασκευή	ΙΔ
Εργασία	ΕΡ	Απλές μετρήσεις	ΑΜ	Βιβλιογραφική αναζήτηση	ΒΑ

- Ο χαρακτηρισμός τους ως προς τις **δεξιότητες** του 21ου αιώνα που αναπτύσσονται δηλώνεται με την αναγραφή των αντίστοιχων ακρωνυμίων του παρακάτω πίνακα:

Δεξιότητα		Ακρωνύμιο
Μάθησης	κριτική σκέψη, δημιουργικότητα, συνεργασία, επικοινωνία	ΜΑΘ
Γραμματισμού	ψηφιακός γραμματισμός, γραμματισμός των μέσων επικοινωνίας, τεχνολογικός γραμματισμός	ΓΡ
Ζωής	ευελιξία, ηγεσία, πρωτοβουλία, παραγωγικότητα, κοινωνικές δεξιότητες	ΖΩ

## Αξιολόγηση

Στο τέλος κάθε διδακτικής ώρας ακολουθούν ερωτήσεις, ασκήσεις και προβλήματα προς απάντηση.

Αξιολόγηση	Σύμβολο
Ερωτήσεις, ασκήσεις, προβλήματα	

Ο βαθμός δυσκολίας τους προσδιορίζεται ως εξής:


- Όταν πριν από την αρίθμηση δεν υπάρχει σύμβολο, το αξιολογικό αντικείμενο θεωρείται εύκολο.
- Όταν πριν από την αρίθμηση υπάρχει ένας αστερίσκος (\*), το αξιολογικό αντικείμενο θεωρείται μέτριου βαθμού δυσκολίας.
- Όταν πριν από την αρίθμηση υπάρχουν δύο αστερίσκοι (\*\*), το αξιολογικό αντικείμενο θεωρείται ότι παρουσιάζει μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας.

Στο βιβλίο αυτό έχει δοθεί βαρύτητα στα πειράματα και στις δραστηριότητες και έχει περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό η μαθηματικοποιημένη επίλυση ασκήσεων. Με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται να μειωθεί η ασκησιολογία προς όφελος της κατανόησης των φυσικών εννοιών.

Δίνεται έμφαση, επίσης, στην κατάκτηση των φυσικών εννοιών και των φυσικών νόμων, της γνώσης της Φυσικής Επιστήμης ως ολότητας μέσω των πειραματικών δραστηριοτήτων, στις οποίες αφιερώνεται το μεγαλύτερο μέρος του περιεχομένου του βιβλίου, περιορίζοντας την ασκησιολογία. Παράλληλα, οι ερωτήσεις, οι ασκήσεις και τα προβλήματα είναι κατά κανόνα συνδεδεμένα με πραγματικά θέματα και όχι γενικά και αφηρημένα. Οι ασκήσεις αποτελούν μια φυσική συνέχεια της θεωρίας που προέκυψε και πολλές φορές αποτελούν την εφαρμογή της στην καθημερινή πράξη.

Τέλος, έχουν επιλεγεί ασκήσεις με μικρό ή μέτριο βαθμό δυσκολίας, ώστε όλα τα παιδιά χωρίς δισταγμό να ασκούνται στην επίλυσή τους, επιδιώκοντας τη δημιουργία συναισθημάτων επιτυχίας και όχι απογοήτευσης. Με τον τρόπο αυτό θεωρούμε ότι ενισχύεται και η θετική στάση των παιδιών προς τις θετικές επιστήμες.

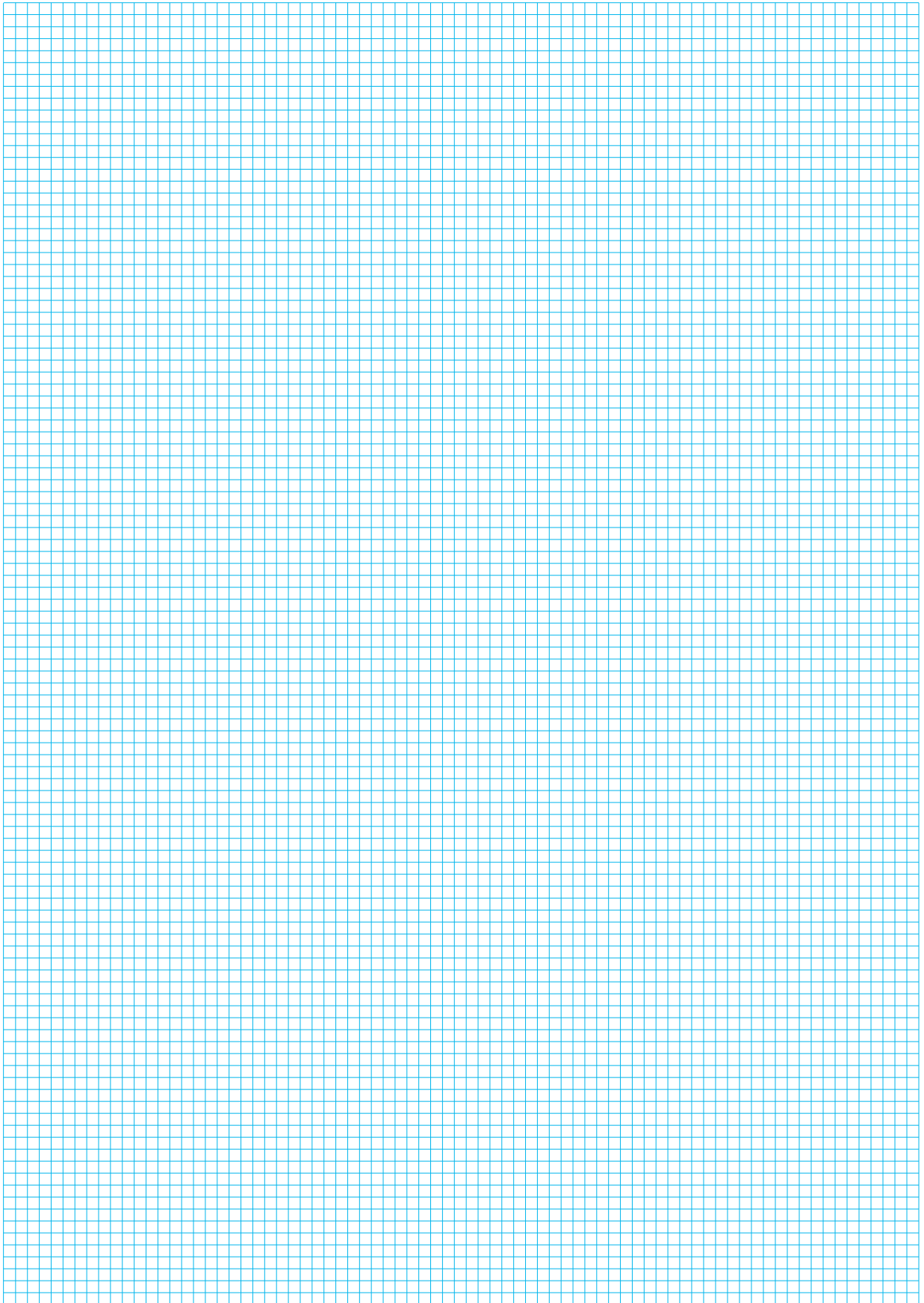
## Κωδικοί γρήγορης ανταπόκρισης (QRC)

<p>Σε κάθε κωδικό QR δηλώνεται γραπτώς το είδος του περιεχομένου του.</p>	 <p>Στιγμιαία ταχύτητα</p>
---	---



Καθώς οι ανάγκες των παιδιών, τα κίνητρά τους, τα ενδιαφέροντά τους αλλάζουν ακολουθώντας τις κοινωνικές εξελίξεις, οι συγγραφείς του βιβλίου έλαβαν υπόψη παράλληλα με τη σύγχρονη διεθνή βιβλιογραφία και τον σύγχρονο τρόπο γραφής σχολικών βιβλίων, τον τρόπο που μαθαίνουν πλέον τα παιδιά σε έναν κόσμο τεχνολογίας, εύκολης αλλά και ανεξέλεγκτης πρόσβασης στην πληροφορία, σε ένα περιβάλλον που κυριαρχούν σύγχρονα εργαλεία μάθησης, όπως τα πολυμέσα και το διαδίκτυο.

Το βιβλίο επιδιώχθηκε να εμπλουτιστεί με πλήθος εικόνων και ψηφιακών μέσων, ώστε να είναι ευχάριστο και ελκυστικό στους μαθητές και στις μαθήτριες και συγχρόνως να ενισχύεται ο πληροφορικός και ψηφιακός γραμματισμός τους.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

# Βασικές έννοιες Κινηματικής – Δυναμικής

**1.1** Η κίνηση των σωμάτων

**1.2** Η δύναμη

**1.3** Κάθε δράση έχει αντίδραση

## 1.1α

Θέση, μετατόπιση, διάστημα,  
χρονική στιγμή, χρονική διάρκεια

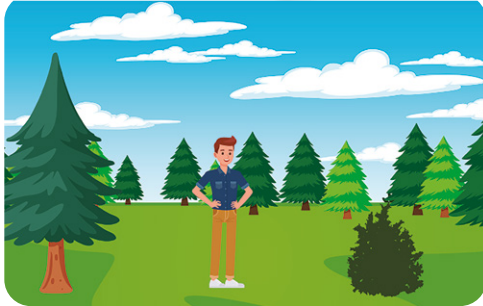
Λέξεις-κλειδιά: θέση, μετατόπιση, διάστημα, χρονική στιγμή, χρονικό διάστημα, σημείο αναφοράς

!?

1



3



2



4

ΑΝΑΧΩΡΗΣΗ

ΑΦΙΞΗ



- Κινείται ή όχι το αυτοκίνητο στην εικόνα 1; Πώς θα μπορούσατε να το διαπιστώσετε;
- Ποιες πληροφορίες μάς δίνουν οι πινακίδες της εικόνας 2; Ποιο είναι το μήκος της διαδρομής από τη Ρόδο στη Λίνδο;
- Αν ο άνθρωπος της εικόνας 3 αποφασίσει να μετακινηθεί κατά δύο βήματα, θα βρεθεί πιο κοντά στο δέντρο ή στον θάμνο;
- Ποια χρονική στιγμή αναχώρησε το τρένο από τον πρώτο σταθμό και ποια χρονική στιγμή έφτασε στον δεύτερο σταθμό; Ποια είναι η χρονική διάρκεια του ταξιδιού, αν γνωρίζουμε ότι είναι λιγότερο από 12 ώρες;

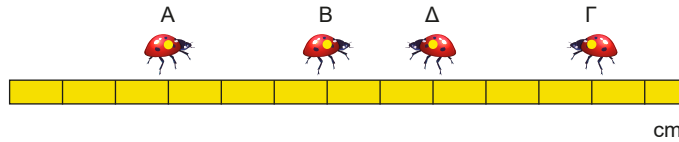


## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Κίνηση, μετατόπιση

Στο επόμενο σχήμα δύο έντομα μετακινούνται κατά μήκος του χάρακα, το πρώτο από το σημείο Α στο Β και το δεύτερο από το σημείο Γ στο Δ. Σημειώστε την ένδειξη μηδέν (σημείο αναφοράς) σε όποια κάθετη γραμμή του χάρακα επιθυμείτε. (Επιλέξτε διαφορετικό σημείο από αυτό που επέλεξε ο διπλανός/η διπλανή σας.) Στη συνέχεια συμπληρώστε τις υπόλοιπες ενδείξεις (δύο διαδοχικές γραμμές απέχουν 1 cm).

ΠΕ

ΜΑΘ



1. Ποια είναι η αρχική και ποια η τελική θέση ( $x$ ) κάθε εντόμου; Θεωρήστε ως θέση κάθε εντόμου τη θέση της κίτρινης κουκκίδας πάνω σε αυτό.

Πρώτο έντομο:  $x_A = \dots\dots\dots$  cm,  $x_B = \dots\dots\dots$  cm

Δεύτερο έντομο:  $x_\Gamma = \dots\dots\dots$  cm,  $x_\Delta = \dots\dots\dots$  cm

Οι θέσεις που βρήκατε εξαρτώνται από το σημείο αναφοράς; Συγκρίνετε με τον διπλανό/τη διπλανή σας.

Ναι  Όχι

2. Ποια είναι η μετατόπιση ( $\Delta x$ ) κάθε εντόμου;

Πρώτο έντομο: .....

.....

Δεύτερο έντομο: .....

.....

Οι μετατοπίσεις που βρήκατε εξαρτώνται από το σημείο αναφοράς; Συγκρίνετε με τον διπλανό/τη διπλανή σας.

Ναι  Όχι

**Το σύμβολο  $\Delta$**

Το σύμβολο  $\Delta$  χρησιμοποιείται διεθνώς μπροστά από ένα μέγεθος για να δηλώσει τη μεταβολή του (τελική τιμή - αρχική τιμή). Έτσι, αν  $\theta$  είναι το σύμβολο για τη θερμοκρασία,  $\Delta\theta$  σημαίνει μεταβολή της θερμοκρασίας (τελική θερμοκρασία - αρχική θερμοκρασία).

3. Σχεδιάστε για κάθε έντομο ένα βέλος (θα το λέμε διάνυσμα) με αρχή τη θέση από την οποία ξεκίνησε και τέλος τη θέση όπου κατέληξε. Είναι το αντίστοιχο διάνυσμα κάθε μετατόπισης.

Ποιο είναι το μήκος κάθε διανύσματος;

$(AB) = \dots\dots\dots$  cm                       $(\Gamma\Delta) = \dots\dots\dots$  cm

Ποια είναι η κατεύθυνση κάθε διανύσματος; (σημειώστε τη λέξη *αριστερά* ή *δεξιά*)

$A \rightarrow B$  .....                       $\Gamma \rightarrow \Delta$  .....

4. Συγκρίνετε τη μετατόπιση που βρήκατε για κάθε έντομο αλγεβρικά (στο ερώτημα Β) και γραφικά (στο ερώτημα Γ).

Πώς σχετίζεται το πρόσημο με την κατεύθυνση της κίνησης κάθε εντόμου;

.....

Τι μας δείχνει το μήκος κάθε διανύσματος;

.....

5. Αν τα έντομα κινούνταν ταυτόχρονα, το πρώτο από το Α στο Β και το δεύτερο από το Δ στο Γ, με τρόπο ώστε η μεταξύ τους απόσταση να διατηρείται σταθερή, τότε:

α) το πρώτο έντομο βλέπει το δεύτερο να απομακρύνεται από αυτό.

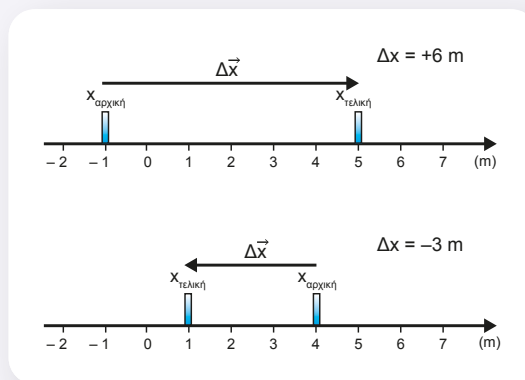




- Γενικά ένα αντικείμενο **κινείται** όταν αλλάζει θέση ως προς ένα άλλο το οποίο θεωρούμε ακίνητο.
- Όταν ένα αντικείμενο κινείται σε ευθεία γραμμή, τότε για τη μελέτη της κίνησής του ορίζουμε έναν αριθμημένο άξονα πάνω στην ευθεία, θεωρώντας το σημείο  $x = 0$  του άξονα ως το **σημείο αναφοράς**. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίζεται κάθε στιγμή η **θέση ( $x$ )** του αντικειμένου (πού βρίσκεται το αντικείμενο). Όταν το αντικείμενο μεταβαίνει από μια **αρχική θέση ( $x_{\text{αρχική}}$ )** σε μια **τελική θέση ( $x_{\text{τελική}}$ )**, ορίζεται ως **μετατόπιση ( $\Delta\vec{x}$ )** το διάνυσμα (βέλος) με αρχή την αρχική θέση του αντικειμένου και τέλος την τελική θέση του. Η μετατόπιση ( $\Delta x$ ) ορίζεται ως:

$$\Delta x = x_{\text{τελική}} - x_{\text{αρχική}}$$

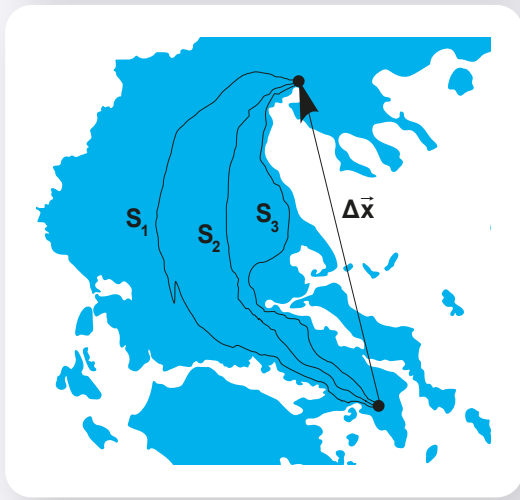
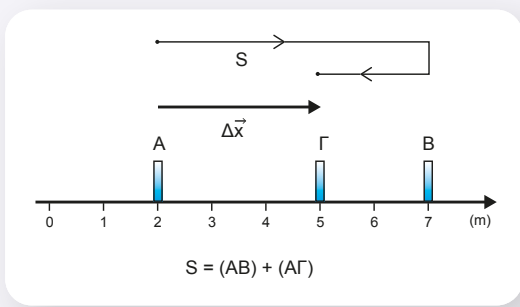
- Όταν η μετατόπιση έχει θετική τιμή, το αντικείμενο μετατοπίστηκε προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα, ενώ αν έχει αρνητική τιμή, η μετατόπιση είναι προς την αρνητική κατεύθυνση του άξονα, όπως φαίνεται και στα παρακάτω σχήματα. Η μετατόπιση εξαρτάται μόνο από την αρχική και την τελική θέση και είναι ανεξάρτητη της διαδρομής που ακολούθησε το αντικείμενο.



- Η γραμμή που ενώνει τα σημεία από τα οποία διέρχεται ένα σώμα ονομάζεται **τροχιά**.



- Διάστημα (S)** είναι το συνολικό μήκος της διαδρομής που διανύει ένα αντικείμενο κατά τη μετάβασή του από μια θέση σε μια άλλη. Το διάστημα δεν έχει κατεύθυνση και εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο διανύθηκε η διαδρομή. Συνεπώς, για τη μετακίνηση ανάμεσα σε δύο σημεία (π.χ. από την Αθήνα στη Θεσσαλονίκη) υπάρχουν πολλές διαδρομές για τις οποίες το διάστημα μπορεί να είναι διαφορετικό, όμως η μετατόπιση είναι ίδια, γιατί, όπως αναφέραμε, εξαρτάται μόνο από την αρχή και το τέλος της διαδρομής.



- Χρονική στιγμή (t)** είναι το μέγεθος που μας περιγράφει το «πότε» συνέβη κάποιο γεγονός. Έτσι, αν σε μια φωτογραφία υπάρχει ένα ρολόι, αυτό δείχνει τη χρονική στιγμή που έγινε η λήψη της φωτογραφίας.
- Χρονική διάρκεια (Δt) ή χρονικό διάστημα** είναι το μέγεθος που μας περιγράφει το «πόσο» διήρκεσε ένα φαινόμενο. Αντίστοιχα με τη μετατόπιση, η χρονική διάρκεια υπολογίζεται αλγεβρικά από τη μαθηματική σχέση:

$$\Delta t = t_{\text{τελική}} - t_{\text{αρχική}}$$

όπου  $t_{\text{αρχική}}$  και  $t_{\text{τελική}}$  η αντίστοιχη χρονική στιγμή έναρξης και λήξης του φαινομένου.



### Ο χιλιομετρητής

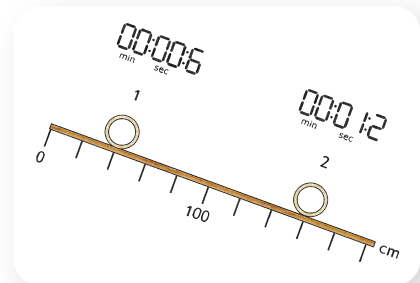
Σε κάθε αυτοκίνητο υπάρχει ένα όργανο μέτρησης που ονομάζεται χιλιομετρητής, όπως αυτό που φαίνεται στη διπλανή εικόνα. Το όργανο αυτό καταγράφει το συνολικό μήκος της διαδρομής που έχει διανύσει το αυτοκίνητο από την πρώτη κυκλοφορία του. Στην εικόνα ο χιλιομετρητής δείχνει την ένδειξη «95755 km». Η καταγραφή αυτή είναι χρήσιμη για τη συντήρηση του αυτοκινήτου και για τη μεταπώλησή του.





1 Ένα φορτηγό ξεκινάει από την Αθήνα και φτάνει στην Τρίπολη, όπου ξεφορτώνει το εμπόρευσμά του. Στη συνέχεια φεύγει από την Τρίπολη και επιστρέφει στην Αθήνα. Αν οι δύο πόλεις απέχουν 160 km, ποιο είναι το μήκος διαδρομής που διάνυσε το φορτηγό; Ποια είναι η τελική μετατόπισή του;

2 Από την άκρη ενός τραπεζιού μήκους 2 m που έχει κλίση αφήνουμε έναν τροχό να κυλήσει, ενώ ταυτόχρονα ενεργοποιούμε ένα ψηφιακό χρονόμετρο, όπως φαίνεται στο σχήμα.



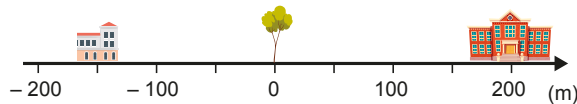
α) Με βάση τα δεδομένα του σχήματος να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα.

Σημείο	Θέση cm	Χρονική στιγμή (s)
1		
2		

β) Να υπολογίσετε και να σχεδιάσετε τη μετατόπισή του από το σημείο 1 στο σημείο 2.

γ) Να βρείτε τη χρονική διάρκεια της μετάβασής του από το σημείο 1 στο σημείο 2.

3 Ένας μαθητής, για να πάει από το σπίτι του στο σχολείο, ακολουθεί ευθύγραμμη διαδρομή. Στον δρόμο του για το σχολείο υπάρχει ένα δέντρο.



α) Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα, η θέση ποιου αντικειμένου θεωρείται σημείο αναφοράς;

β) Ποια είναι η θέση του σπιτιού του μαθητή;

γ) Ποια είναι η θέση του σχολείου;

Μια μέρα, στη διαδρομή για το σχολείο και ενώ ήδη έχει φτάσει στο δέντρο, ο μαθητής ανακαλύπτει ότι ξέχασε ένα βιβλίο. Γυρνά πίσω στο σπίτι του για να το πάρει και στη συνέχεια πηγαίνει στο σχολείο.

δ) Ποια είναι η μετατόπιση του μαθητή από τη στιγμή που ανακαλύπτει ότι ξέχασε το βιβλίο μέχρι τη στιγμή που φτάνει στο σχολείο;

ε) Ποιο είναι το μήκος διαδρομής που διανύει ο μαθητής από τη στιγμή που ανακαλύπτει ότι ξέχασε το βιβλίο μέχρι τη στιγμή που φτάνει στο σχολείο;



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

# 1.1β

## Μέση και στιγμιαία ταχύτητα

Λέξεις-κλειδιά: μέση ταχύτητα, στιγμιαία ταχύτητα

!?

1



2



3



4



- Ποιον περιορισμό βάζει στους οδηγούς η πινακίδα της εικόνας 1;
- Το όργανο μέτρησης της εικόνας 2 υπάρχει στα οχήματα. Γνωρίζετε πώς ονομάζεται και τι μετράει; Ποια είναι η μονάδα μέτρησης που αναγράφεται;
- Ένας ποδηλάτης θέλει να φτάσει στην Αρχαία Ολυμπία (εικόνα 3). Μπορεί να εκτιμήσει τον χρόνο που χρειάζεται για να φτάσει από τις πληροφορίες της πινακίδας;
- Ο αθλητής με την κόκκινη αθλητική περιβολή της εικόνας 4 έτρεξε σε ένα άθλημα 400 m σε 50 s. Ο ίδιος αθλητής σε άλλο άθλημα έτρεξε 100 m σε 12 s. Σε ποιο άθλημα ο αθλητής είχε μεγαλύτερη ταχύτητα;



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Μέση ταχύτητα

Δύο μικρές φίλες, η Άννα και η Βασιλική, θέλουν να διαπιστώσουν ποια από τις δύο μπορεί να κινηθεί με μεγαλύτερη ταχύτητα (να τρέξει πιο γρήγορα). Οργανώνουν 3 δοκιμασίες και νικήτρια θα αναδειχθεί αυτή που θα κερδίσει περισσότερους αγώνες.

ΕΔ

ΜΑΘ

Στην 1η δοκιμασία έτρεξαν 65 m σε χρονικά διαστήματα που φαίνονται στο διπλανό σχήμα (αριστερά), ενώ στη 2η δοκιμασία έτρεξαν για 10 s διανύοντας τις αποστάσεις που φαίνονται στο διπλανό σχήμα (δεξιά). Ποια από τις δύο φίλες κερδίζει σε κάθε δοκιμασία;

Στην 1η δοκιμασία κερδίζει η .....

Στη 2η δοκιμασία κερδίζει η .....

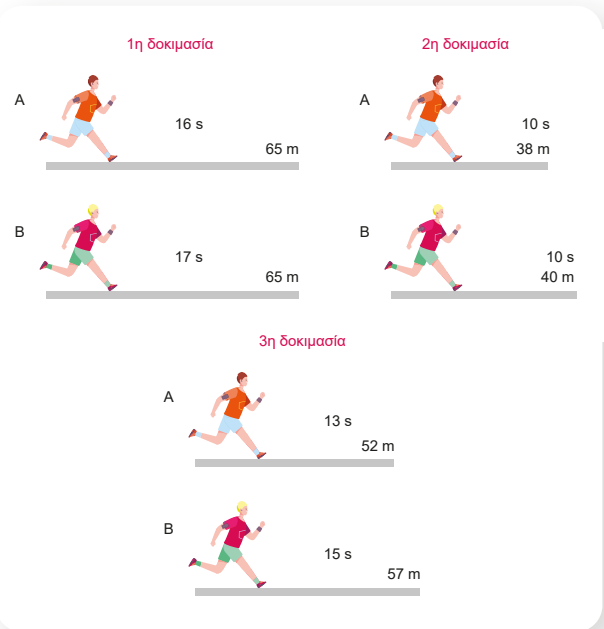
Στην 3η δοκιμασία η Άννα έτρεξε 52 m σε 13 s και η Βασιλική έτρεξε 57 m σε 15 s.

Συζητήστε με τους συμμαθητές και τις συμμαθήτριάς σας με ποιον τρόπο θα μπορέσουν οι δύο φίλες να βγάλουν συμπέρασμα για την ταχύτητά τους στην 3η δοκιμασία. Γράψτε τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να βρούμε την ταχύτητα ενός αντικειμένου.

.....  
 .....

Αυτή η ταχύτητα που περιγράψατε στο προηγούμενο βήμα ονομάζεται «μέση (αριθμητική) ταχύτητα». Γιατί;

.....



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Πειραματικός υπολογισμός μέσης ταχύτητας

Χρησιμοποιήστε μία μονωτική ταινία ως τροχό ή κάποιο άλλο σφαιρικό ή κυλινδρικό αντικείμενο (π.χ. κυλινδρικό μολύβι), για να μπορεί να κυλάει. Χρησιμοποιήστε κάποιο αντικείμενο για στήριγμα, για να δημιουργήσετε κλίση στο θρανίο σας, όπως φαίνεται στην εικόνα. Χρειάζεστε μια μετροταινία και ένα χρονόμετρο.

Μετρήστε με τη μετροταινία το μήκος του θρανίου:

$S = \dots\dots\dots$  m

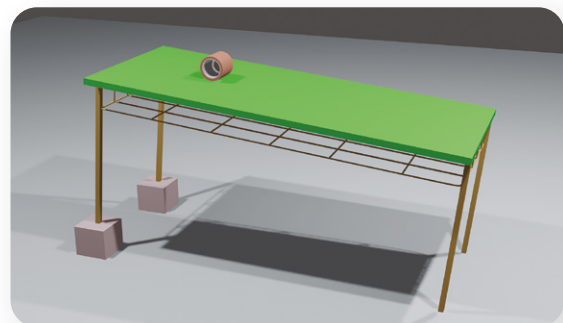
Με το χρονόμετρο μετρήστε τη χρονική διάρκεια της κίνησης του τροχού κατά μήκος του θρανίου:  $\Delta t = \dots\dots\dots$  s

Υπολογίστε τη μέση ταχύτητα του τροχού:

$$v_{\mu} = \frac{S}{\Delta t} = \dots\dots\dots$$

Ποια είναι η μονάδα μέτρησης που προκύπτει για την ταχύτητα με βάση τον προηγούμενο υπολογισμό σας;

.....



AM

ΜΑΘ

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Στιγμαία ταχύτητα

Με μια μέθοδο που ονομάζεται στροβοσκοπία λαμβάνουμε 20 φωτογραφίες ανά 1 δευτερόλεπτο και όλα τα στιγμιότυπα φαίνονται στην ίδια φωτογραφία. Μια σφαίρα αφήνεται από κάποιο ύψος που θεωρούμε ως θέση 0 (σημείο αναφοράς). Στο σημείο αναφοράς έχει τοποθετηθεί το κατώτερο σημείο της σφαίρας, το οποίο θεωρούμε ότι προσδιορίζει και τη θέση της. Τα διάφορα στιγμιότυπα (1, 2, ...) φαίνονται στη διπλανή φωτογραφία.

Ποιο είναι το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  που αντιστοιχεί ανάμεσα σε δύο διαδοχικά στιγμιότυπα λήψεων;  $\Delta t = \dots\dots\dots$  s

Επιλέξτε δύο διαδοχικά στιγμιότυπα (π.χ. τη θέση 3 και τη θέση 4) και μετρήστε με τη βοήθεια του χάρακα της εικόνας την απόσταση των δύο σημείων:  $S = \dots\dots\dots$  cm

Υπολογίστε την ταχύτητα της σφαίρας σε αυτό το μικρό χρονικό διάστημα:

$v = \dots\dots\dots$  cm / s

Όσο μικρότερο είναι το  $\Delta t$ , τόσο περισσότερο πλησιάζουμε σε μια έννοια που ονομάζεται «στιγμαία ταχύτητα». Για ποιο λόγο πιστεύετε ότι ονομάζεται «στιγμαία»;

.....

Ποια ταχύτητα πιστεύετε ότι δείχνει το ταχύμετρο ενός οχήματος, τη μέση ή τη στιγμιαία;

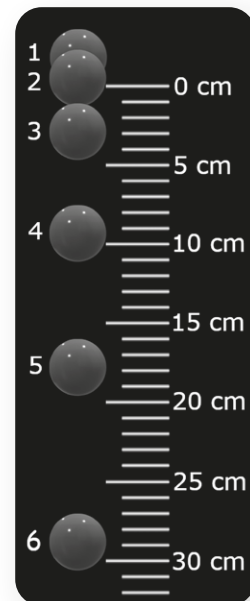
.....

Μπορείτε εναλλακτικά να υπολογίσετε τη στιγμιαία ταχύτητα με τη βοήθεια της προσομοίωσης «Στιγμαία ταχύτητα».

Υπολογίστε το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  ανάμεσα σε δύο στιγμιότυπα:  $\Delta t = \dots\dots\dots$  s

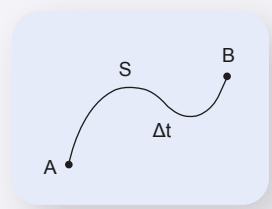
Υπολογίστε την απόσταση  $S$  των δύο θέσεων στα αντίστοιχα στιγμιότυπα:  $S = \dots\dots\dots$  cm

Η ταχύτητα σε αυτό το μικρό χρονικό διάστημα είναι:  $v = \dots\dots\dots$  cm / s

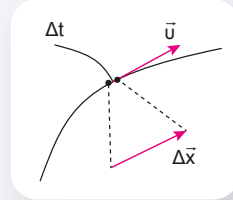


- **Μέση (αριθμητική) ταχύτητα  $v_{\mu}$**  ονομάζουμε το φυσικό μέγεθος που μας δείχνει πόσο γρήγορα κινήθηκε ένα αντικείμενο για να καλύψει το μήκος της διαδρομής  $S$  (από το Α στο Β) σε χρονική διάρκεια  $\Delta t$ . Μαθηματικά υπολογίζεται από τη σχέση:

$$v_{\mu} = \frac{S}{\Delta t}$$



- Από τη μαθηματική σχέση προκύπτει ότι μονάδα μέτρησης της ταχύτητας είναι ο λόγος μήκος/χρόνος. Έτσι η μονάδα στο S.I. είναι το  $1 \text{ m/s}$ , ενώ άλλες μονάδες μέτρησης της ταχύτητας είναι το  $1 \text{ km/h}$  και το  $1 \text{ cm/s}$ .
- **Στιγμιαία ταχύτητα  $v$**  ονομάζουμε την ταχύτητα που έχει ένα αντικείμενο σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Ως ταχύτητα έχει τις ίδιες μονάδες μέτρησης με τη μέση ταχύτητα, με τη διαφορά όμως ότι η στιγμιαία ταχύτητα έχει κατεύθυνση (διανυσματικό μέγεθος) την κατεύθυνση της κίνησης. Πρακτικά, η μέτρηση της στιγμιαίας ταχύτητας γίνεται αν μετρήσουμε τη μετατόπιση  $\Delta x$  σε ένα πάρα πολύ μικρό χρονικό διάστημα  $\Delta t$ , οπότε  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ .



### Σε χρόνο $dt$

Συχνά στην καθημερινή γλώσσα χρησιμοποιούμε την έκφραση «σε χρόνο  $dt$  (ντε τε)» θέλοντας να εκφράσουμε έναν πάρα πολύ μικρό χρόνο, δηλαδή ένα  $\Delta t$  πάρα πολύ μικρό (πρακτικά σχεδόν μηδενικό).

### $\text{km/h}$ ή $\text{m/s}$

Όπως αναφέρθηκε στη θεωρία, η μονάδα μέτρησης της ταχύτητας στο S.I. είναι το  $1 \text{ m/s}$ . Στα οχήματα συνήθως χρησιμοποιείται το  $1 \text{ km/h}$ . Πώς μπορούμε να κάνουμε μετατροπή από  $\text{km/h}$  σε  $\text{m/s}$ ; Στο διπλανό πλαίσιο φαίνεται η μετατροπή ταχύτητας  $72 \text{ km/h}$  σε  $\text{m/s}$ .

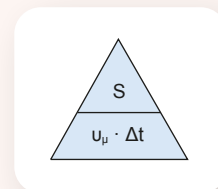
Γενικά μπορούμε για τη συγκεκριμένη μετατροπή να χρησιμοποιούμε τον παρακάτω κανόνα:

$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \frac{1.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = \frac{720 \text{ m}}{36 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

1 km = 1.000 m  
1 h = 3.600 s

$$\frac{\text{km}}{\text{h}} \xrightarrow{\div 3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \frac{\text{m}}{\text{s}} \xrightarrow{\times 3,6} \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Πολλές φορές χρειάζεται να υπολογίσουμε το διάστημα ή τη χρονική διάρκεια γνωρίζοντας την ταχύτητα. Αυτό απαιτεί την επίλυση της μαθηματικής σχέσης ως προς έναν άγνωστο. Εναλλακτικά, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το διπλανό τρίγωνο. Κρύβοντας το μέγεθος που ψάχνουμε, βλέπουμε ποια σχέση το υπολογίζει.





**1** Ποια από τις παρακάτω μονάδες μέτρησης δεν εκφράζει ταχύτητα;  
 α) m/s    β) km/s    γ) cm/min    δ) s/m    ε) 24 km/h

**2** Ένα αυτοκίνητο ξεκινάει από την πόλη Α στις 08:50 π.μ. και φτάνει στην πόλη Β στις 10:20 π.μ. Αν οι δύο πόλεις απέχουν 120 km, ποια είναι η μέση ταχύτητα του αυτοκινήτου;

**\*\* 3** Ποιο είναι το μήκος της διαδρομής που καλύπτει ένας ποδηλάτης σε 50 min, αν κινείται με μέση ταχύτητα 36 km/h;



**\* 4** Η Ελένη και ο Γιώργος αποφασίζουν να δώσουν έναν αγώνα με τα ποδήλατά τους καλύπτοντας μια διαδρομή 180 m. Η Ελένη τερμάτισε τον αγώνα σε 20 s, ενώ ο Γιώργος κινήθηκε με μέση ταχύτητα 36 km/h.

α) Να υπολογίσετε την ταχύτητα με την οποία κινήθηκε η Ελένη σε m/s.

β) Η Ελένη ή ο Γιώργος κέρδισε τον αγώνα; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



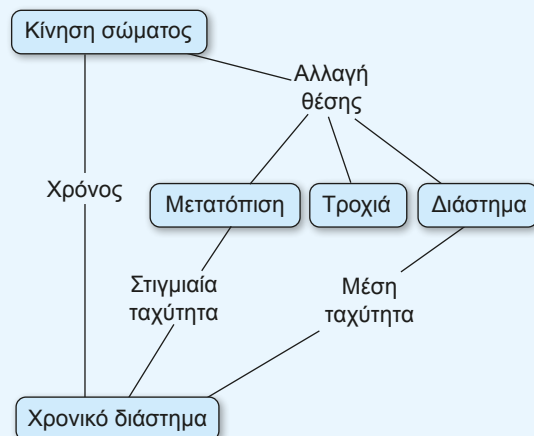
Ερώτηση – Δραστηριότητα



Ερώτηση – Δραστηριότητα

## Σύνοψη ενότητας

Ένα αντικείμενο κινείται, όταν αλλάζει θέση ως προς ένα σημείο αναφοράς. Μετατόπιση είναι το διάνυσμα που ισούται με τη διαφορά τελικής θέσης και αρχικής θέσης. Τροχιά ονομάζεται η γραμμή που ενώνει τα σημεία από τα οποία διέρχεται ένα σώμα. Διάστημα είναι το συνολικό μήκος που διάνυσε το σώμα. Χρονική διάρκεια ή χρονικό διάστημα είναι ο συνολικός χρόνος που διήρκεσε η κίνηση. Μέση ταχύτητα είναι το πηλίκο της διαδρομής που διάνυσε το σώμα προς τον χρόνο που διήρκεσε η κίνηση. Στιγμιαία ταχύτητα ονομάζουμε την ταχύτητα που έχει ένα αντικείμενο σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.



## 1.2α

## Η δύναμη και τα χαρακτηριστικά της

Λέξεις-κλειδιά: δύναμη, κίνηση, παραμόρφωση, επαφή, απόσταση

!?

1



2



3



4



- Σε όλες τις εικόνες βλέπουμε αποτελέσματα άσκησης δυνάμεων σε σώματα. Τι προκαλούν οι δυνάμεις στα εικονιζόμενα σώματα (σχοινί, καρφί, μπάλα κτλ.); Μπορούν οι δυνάμεις να ομαδοποιηθούν σε κατηγορίες;
- Γιατί, όταν ασκούμε με το χέρι μας δύναμη στο βιβλίο, άλλες φορές το σηκώνουμε, άλλες φορές το μετακινούμε προς τα δεξιά, άλλες προς τα αριστερά κτλ.;
- Πώς μπορούμε να δείξουμε στην εικόνα 4 τη δύναμη που ασκεί το πόδι στην μπάλα;



ΠΕ

ΜΑΘ

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Αποτελέσματα δυνάμεων

Τσαλακώστε ένα χαρτί τετραδίου με το χέρι σας δίνοντάς του τη μορφή μπάλας. Τι αποτέλεσμα προκάλεσε η δύναμη του χεριού σας στο χαρτί; Το παραμόρφωσε ή άλλαξε την κινητική του κατάσταση;

.....



Πάνω στο θρανίο σας χτυπήστε ελαφρά το τσαλακωμένο χαρτί με το χέρι σας. Τι αποτέλεσμα προκάλεσε η δύναμη του χεριού σας στο χαρτί;



Κινήθηκαν όλα τα χαρτιά των συμμαθητών και των συμμαθητριών σας προς την ίδια κατεύθυνση; .....

Για να περιγράψουμε το αποτέλεσμα της δύναμης (την κίνηση), πρέπει να γνωρίζουμε δύο παραμέτρους:

- α) Πόσο δυνατά χτυπήσαμε το σώμα.
- β) .....

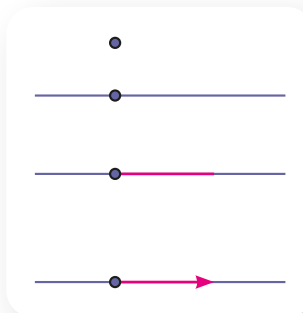
### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Αναπαράσταση των δυνάμεων

Με μια κλωστή δέστε τη γομολάστιχά σας και τοποθετήστε την πάνω στο θρανίο σας. Τραβήξτε την κλωστή ασκώντας δύναμη στη γομολάστιχα.

Σε ένα φύλλο χαρτί απεικονίστε τη γομολάστιχα ζωγραφίζοντας έναν πολύ μικρό κύκλο. Ο μικρός κύκλος αναπαριστά και το σημείο στο οποίο εφαρμόζεται η δύναμη στο σώμα (σημείο εφαρμογής).

Με έναν χάρακα ζωγραφίστε μια γραμμή που αποτυπώνει την κλωστή που περνά από τον μικρό κύκλο. Η γραμμή αναπαριστά τη διεύθυνση της δύναμης που ασκεί το χέρι σας στη γομολάστιχα.

Επιλέξτε πάνω στη γραμμή ένα ευθύγραμμο τμήμα που το ένα άκρο του είναι το σημείο εφαρμογής. Το μήκος του τμήματος αναπαριστά το μέτρο της δύναμης. Σημειώστε τη μύτη του βέλους στο άλλο άκρο του ευθύγραμμου τμήματος. Το βέλος αναπαριστά τη φορά της δύναμης.



Αν ασκήσετε μεγαλύτερη δύναμη, τι θα άλλαζε στην απεικόνισή σας;

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Είδη δυνάμεων

Στις φωτογραφίες ασκούνται δυνάμεις μεταξύ σωμάτων. Εξετάστε αν οι δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα που αλληλεπιδρούν προέρχονται από σώματα τα οποία είναι σε επαφή ή ασκούνται από σώματα τα οποία βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους.

				
Δύναμη που ασκείται στο νερό από το φορτισμένο μπαλόνι	Δύναμη που ασκείται στο καλάμι από τον ψαρά	Δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο από τη γυναίκα	Δύναμη που ασκείται στις μπίλιες από τον μαγνήτη	Δύναμη που ασκείται στο μήλο από τη Γη

ΑΠ

ΜΑΘ

ΕΔ

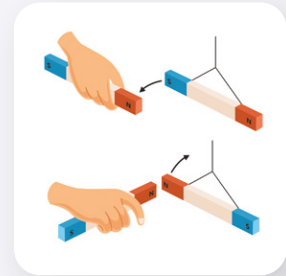
ΜΑΘ



- Όταν μια δύναμη ασκείται σε ένα σώμα, μπορεί να προκαλέσει την **παραμόρφωσή** του ή/και τη **μεταβολή της κινητικής του κατάστασης** (δηλαδή, αν είναι ακίνητο, να κινηθεί, ή, αν κινείται, να αυξηθεί ή να μειωθεί η ταχύτητά του, ή να αλλάξει η κατεύθυνση της κίνησής του).
- Οι δυνάμεις ταξινομούνται σε:

#### Δυνάμεις από απόσταση

Είναι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ σωμάτων χωρίς αυτά να έρθουν σε επαφή (περιλαμβάνονται οι μαγνητικές δυνάμεις, οι ηλεκτρικές δυνάμεις και οι βαρυτικές δυνάμεις).

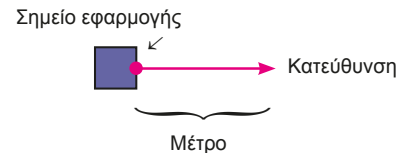


#### Δυνάμεις από επαφή

Είναι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ σωμάτων που έρχονται ή βρίσκονται σε επαφή.



- Η δύναμη συμβολίζεται με το γράμμα  $F$  (Force). Κάθε δύναμη περιγράφεται ως διάνυσμα. Το διάνυσμα της δύναμης ορίζεται με την τιμή (μέτρο) της δύναμης και την κατεύθυνσή της. Περιγράφεται με ένα βέλος που έχει αρχή το σημείο εφαρμογής και ευθυγραμμίζεται με την κατεύθυνση της δύναμης.



Σε δυνάμεις από επαφή το σημείο εφαρμογής της δύναμης είναι το σημείο επαφής των σωμάτων. Στις δυνάμεις από απόσταση το σημείο εφαρμογής της δύναμης είναι το κέντρο των σωμάτων.

Περιγραφή	Σύμβολο	Απεικόνιση
Δύναμη που ασκεί το παιδί στο κιβώτιο	$\vec{F}$	

Μονάδα μέτρησης της δύναμης στο S.I. είναι το 1 N (Newton) (π.χ.  $F = 8 \text{ N}$ ).



### Δυνάμεις συνοχής και συνάφειας

Είναι ελκτικές δυνάμεις ηλεκτροστατικής φύσης που ασκούνται μεταξύ των μορίων της ύλης. Όταν τα μόρια είναι της ίδιας ουσίας, ασκούνται δυνάμεις συνοχής, ενώ όταν τα μόρια είναι διαφορετικών ουσιών, ασκούνται δυνάμεις συνάφειας.

Οι δυνάμεις συνοχής είναι αυτές που συγκρατούν τα μόρια των ουσιών συνδεδεμένα. Ισχυρότερες είναι οι δυνάμεις αυτές στα στερεά σώματα, ενώ ασθενέστερες είναι στα υγρά. Όταν ένα μόριο πλησιάσει πολύ κοντά σε ένα άλλο, ασκούνται απωστικές δυνάμεις που δεν τους επιτρέπουν να πλησιάσουν περισσότερο. Αλλά αν το μόριο απομακρυνθεί από το άλλο, ασκούνται ελκτικές δυνάμεις. Έτσι τα μόρια ισορροπούν σε μια ενδιάμεση απόσταση.

Τόσο οι δυνάμεις συνοχής όσο και οι δυνάμεις συνάφειας έχουν μικρή εμβέλεια δράσης και το μέτρο τους εξαρτάται από τη φύση των ουσιών.

Στη φωτογραφία οι δυνάμεις συνάφειας επιτρέπουν στο έντομο να ισορροπεί στην επιφάνεια του νερού.



**1** Στην εικόνα βλέπουμε ένα ιστιοφόρο.

- α) Ποια δύναμη κινεί το πλοίο;
- β) Είναι δύναμη από επαφή ή από απόσταση;



- 2 Να σχεδιάσετε τη δύναμη που ασκεί ο άνθρωπος στην πόρτα σε κα-  
θένα από τα δύο σχήματα.



- 3 Να απεικονίσετε τη δύναμη που ασκεί το ταβάνι σε ένα μπαλόνι και το  
πάτωμα στην μπίλια.



- 4 Η άσκηση δύναμης αποτελεί χαρακτηριστικό των καθημερινών δραστηριοτήτων μας. Με τη γυ-  
μναστική και την άσκηση ενδυναμώνονται οι μύες, τα κύρια όργανα για την άσκηση δυνάμεων  
από τον άνθρωπο. Στην εικόνα ζωγραφίστε τις δυνάμεις που ασκεί ο αθλητής με τα χέρια του στην  
μπάρα με τα βάρη που σηκώνει.



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

# 1.2β

## Μέτρηση της δύναμης – Νόμος του Hooke

Λέξεις-κλειδιά: δυναμόμετρο, νόμος Hooke, μέτρηση δύναμης



Όταν ξαπλώνουμε στο στρώμα μας ή όταν το πιέζουμε με τα χέρια μας, στην ουσία συμπιέζουμε τα εσωτερικά ελατήριά του. Τη σχέση της δύναμης που ασκείται σε ελατήριο με τα αποτελέσματα που προκαλεί μελέτησε ο Άγγλος φυσικός Robert Hooke.

- Μπορούμε να αξιοποιήσουμε το φαινόμενο της παραμόρφωσης ελατηρίων για να μετρήσουμε δυνάμεις;
- Πώς εξαρτάται η παραμόρφωση ενός ελατηρίου από τη δύναμη που ασκείται σε αυτό;



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Σχέση δύναμης και επιμήκυνσης σε ένα ελατήριο

Σας δίνεται ένα ελατήριο, ένα σακουλάκι, χάρακας, μαρκadόρος για να σημειώνετε και 4 μπαταρίες AA βάρους 0,20 N (εναλλακτικά, αν το ελατήριο είναι μαλακό, χρησιμοποιήστε κέρματα, όπως φαίνεται στην εικόνα).

Συνεργαστείτε με τον συμμαθητή ή τη συμμαθήτριά σας στο θρανίο και στερεώστε τη μία άκρη του ελατηρίου στην άκρη του κατακόρυφου χάρακα και από την άλλη άκρη κρεμάστε το σακουλάκι.

Τοποθετήστε διαδοχικά στο σακουλάκι μπαταρίες και αποτυπώστε τις τιμές της επιμήκυνσης (διαφορά του τελικού από το αρχικό μήκος) στον πίνακα.



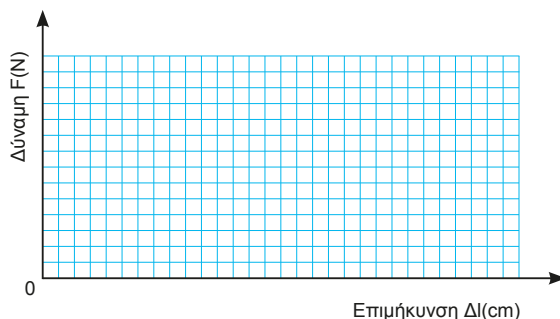
ΠΕ

ΜΑΘ

Αριθμός μπαταριών	Δύναμη που ασκείται F(N)	Επιμήκυνση Δl(cm)	Λόγος: $\frac{F}{\Delta l} \left( \frac{N}{cm} \right)$
1			
2			
3			
4			

Τι παρατηρείτε για τον λόγο της δύναμης προς την επιμήκυνση στην 4η στήλη;

Αποτυπώστε τα ζεύγη τιμών δύναμης – επιμήκυνσης στο παρακάτω διάγραμμα. Σχεδιάστε την ευθεία γραμμή που περνά με τον βέλτιστο τρόπο κοντά από τα σημεία που αποτυπώσατε.



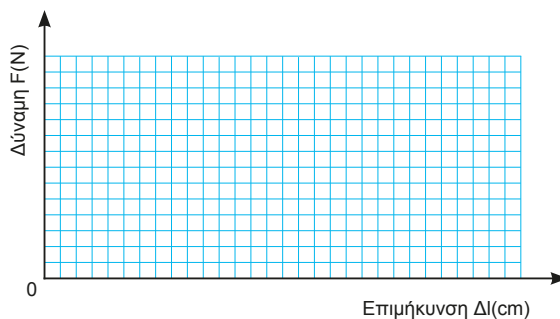
Σε τι συμπέρασμα καταλήγετε για τη σχέση δύναμης – επιμήκυνσης;

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Μέτρηση δυνάμεων επιλέγοντας το κατάλληλο δυναμόμετρο

Σας δίνονται δύο πίνακες τιμών δύναμης – επιμήκυνσης για δύο διαφορετικά ελατήρια (ένα σκληρό και ένα μαλακό).

Ελατήριο 1 σκληρό		Ελατήριο 2 μαλακό	
Δύναμη F(N)	Επιμήκυνση Δl(cm)	Δύναμη F(N)	Επιμήκυνση Δl(cm)
2	0,25	2	0,41
4	0,49	4	0,79
6	0,76	6	1,19
8	0,99	8	1,61

Στο ίδιο διάγραμμα αποτυπώστε τα ζεύγη τιμών και σχεδιάστε τη γραφική παράσταση δύναμης – επιμήκυνσης και για τα δύο ελατήρια.



Ποια ευθεία γραμμή έχει μεγαλύτερη κλίση (σχηματίζει δηλαδή μεγαλύτερη γωνία με τον οριζόντιο άξονα);

.....

Με ποιο ελατήριο μπορούμε να μετρήσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια μικρές δυνάμεις;

.....

Τι σχέση έχει η κλίση της κάθε ευθείας με τη σκληρότητα του ελατηρίου;

.....



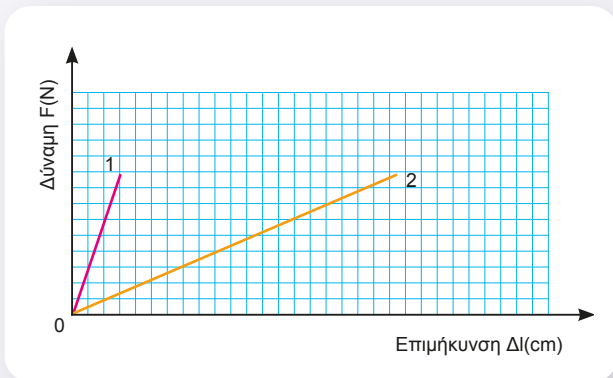
### ■ Νόμος του Hooke

Η παραμόρφωση (επιμήκυνση ή συσπίρωση)  $\Delta l$  που προκαλείται σε ένα ελατήριο είναι ανάλογη με τη δύναμη  $F$  που ασκείται σε αυτό. Η παραπάνω πρόταση ονομάζεται νόμος του Hooke και η μαθηματική της σχέση είναι:

$$F = k \cdot \Delta l$$

Η σταθερά  $k$  ονομάζεται σταθερά του ελατηρίου και η μονάδα μέτρησής της στο S.I. είναι  $1 \text{ N/m}$ .

Η σταθερά  $k$  είναι χαρακτηριστικό του ελατηρίου και σχετίζεται με το πόσο σκληρό είναι αυτό. Όσο πιο σκληρό είναι το ελατήριο, η τιμή της σταθεράς  $k$  είναι μεγαλύτερη, όπως και η αντίστοιχη κλίση της ευθείας στο διάγραμμα  $F - \Delta l$ . Στο παρακάτω διάγραμμα, το ελατήριο 1 είναι πιο σκληρό από το 2.





### Μετρητές δύναμης

Για να μετρήσουμε τη δύναμη, π.χ., των χεριών μας, υπάρχουν όργανα που περιέχουν ελατήρια και μετρούν τη συμπίεση ενός ελατηρίου. Πολλά επίσης όργανα γυμναστικής περιέχουν ελατήρια που βοηθούν την άσκηση ή μετρούν τις ασκούμενες δυνάμεις.



### Αμορτισέρ

Οι αναρτήσεις των αυτοκινήτων (αμορτισέρ) περιέχουν συνήθως ελατήρια και αποτελούν βασικό στοιχείο ασφαλούς οδήγησης.



### Επικαθίσεις θαλάμου ανελκυστήρα

Οι επικαθίσεις, ή αλλιώς προσκρουστήρες ή αποσβεστήρες, τοποθετούνται στο κατώτερο μέρος του φρεατίου του ανελκυστήρα, με στόχο να μειώσουν τη δύναμη πρόσκρουσης του θαλάμου σε περίπτωση δυσλειτουργίας.



### Δυναμόμετρο

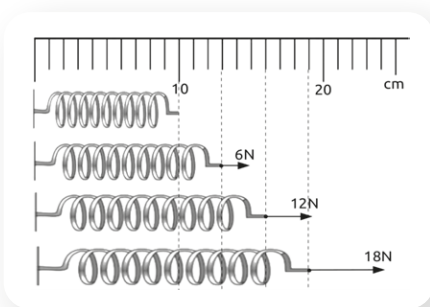
Το δυναμόμετρο (κανταράκι) αποτελεί μια απλή ζυγαριά κατασκευασμένη με ένα ελατήριο. Ασκώντας μία δύναμη (π.χ. βάρος), προκαλείται αντίστοιχη επιμήκυνση ή συμπίεση, η οποία αποτυπώνεται σε μονάδες μάζας (kg).



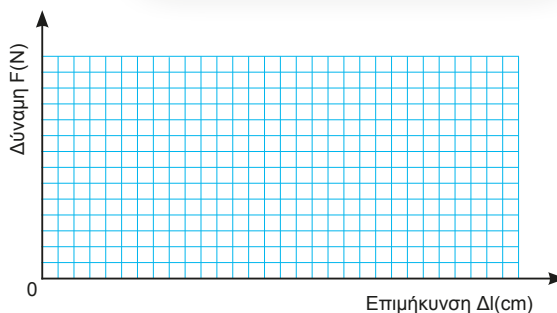


**1** Πειραματιζόμενοι με ένα ελατήριο στο οποίο ασκούνται διάφορες δυνάμεις, οι τιμές του μήκους του ελατηρίου σε σχέση με τις δυνάμεις που ασκούνται φαίνονται στο σχήμα.

α) Να υπολογίσετε την επιμήκυνση  $\Delta l$ , να συμπληρώσετε τον πίνακα και να αποτυπώσετε στο διάγραμμα τα ζεύγη τιμών δύναμης  $F$  και επιμήκυνσης  $\Delta l$ .

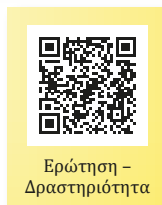
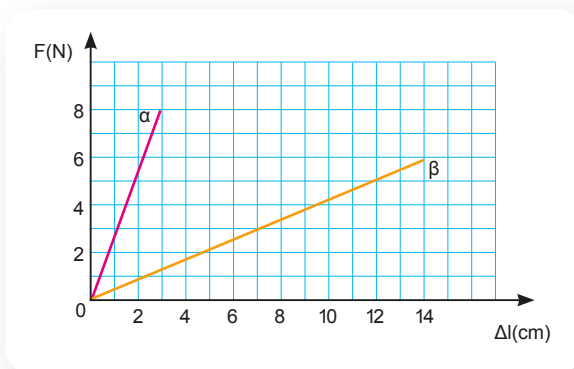


Μήκος ελατηρίου $l$ (cm)	Επιμήκυνση $\Delta l$ (cm)	Δύναμη $F$ (N)



β) Να υπολογίσετε τη σταθερά του ελατηρίου.

\* **2** Σας δίνονται τα διαγράμματα δύναμης - επιμήκυνσης δύο ελατηρίων. Ποιο θα επιλέξετε για να μετρήσετε με μεγαλύτερη ακρίβεια μια δύναμη 4 N;

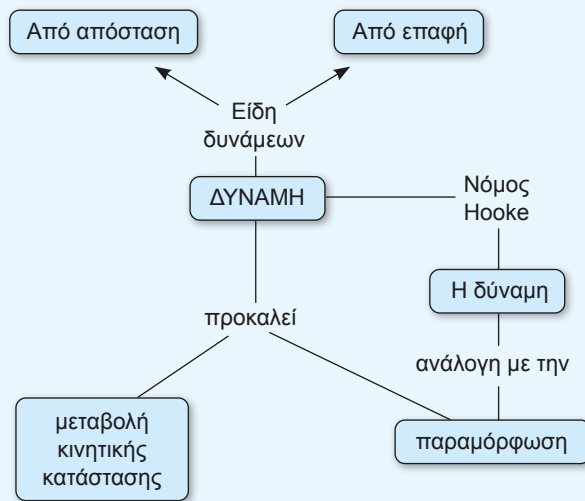


## Σύνοψη ενότητας

Η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα μπορεί να προκαλέσει την παραμόρφωσή του ή/και τη μεταβολή της κινητικής του κατάστασης.

Οι δυνάμεις ταξινομούνται σε δυνάμεις από απόσταση και δυνάμεις από επαφή.

Για τη μέτρηση της δύναμης αξιοποιείται ο νόμος του Hooke: Η παραμόρφωση που προκαλείται σε ένα ελατήριο είναι ανάλογη με τη δύναμη που ασκείται σε αυτό.



Λέξεις-κλειδιά: δράση – αντίδραση, αλληλεπίδραση

!?

1



2



3



- Ασκεί δύναμη στην μπάλα ο ποδοσφαιριστής κατά τη διάρκεια της επαφής του με αυτήν; Η μπάλα ασκεί δύναμη στον ποδοσφαιριστή; (εικόνα 1)
- Ποια θα είναι η κατεύθυνση της κίνησης του παιδιού στην εικόνα 2, αν σπρώξει ένα πολύ βαρύ κιβώτιο, και γιατί;
- Πώς θα κινηθούν οι μαγνήτες, όταν τους αφήσουμε σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, και γιατί; (εικόνα 3)



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Σχέση των μέτρων της δράσης και της αντίδρασης

Χρησιμοποιήστε δύο δυναμόμετρα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



ΠΕ

ΜΑΘ

Κρατήστε το πρώτο σταθερό και τραβήξτε το δεύτερο σε μικρή απόσταση.

Γράψτε την ένδειξη κάθε δυναμόμετρου:

Ένδειξη πρώτου δυναμόμετρου: .....

Ένδειξη δεύτερου δυναμόμετρου: .....

Στη συνέχεια κρατήστε το δεύτερο σταθερό και τραβήξτε το πρώτο.

Γράψτε την ένδειξη κάθε δυναμόμετρου:

Ένδειξη πρώτου δυναμόμετρου: .....

Ένδειξη δεύτερου δυναμόμετρου: .....

α) Τι παρατηρήσατε σε κάθε περίπτωση για το μέτρο των δυνάμεων;

.....

β) Είναι δυνατόν στο ένα ελατήριο να μετρηθεί ασκούμενη δύναμη και στο άλλο όχι;

.....

Σχεδιάστε τις δυνάμεις πάνω στο παρακάτω σχήμα και να τις ονομάσετε (π.χ.  $F_1$  και  $F_2$ ).



Οι δύο δυνάμεις που σχεδιάσατε:

α) ασκούνται στο ίδιο ή σε διαφορετικά σώματα;

Στο ίδιο

Σε διαφορετικά

β) έχουν ίδια ή αντίθετη κατεύθυνση;

Ίδια

Αντίθετη

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Οι κατευθύνσεις της δράσης και της αντίδρασης

α) Φέρνετε σε μικρή απόσταση μεταξύ τους δύο μαγνήτες Α και Β, όπως στο σχήμα 1, και τους αφήνετε την ίδια στιγμή.



Σχήμα 1

Πώς θα κινηθούν οι μαγνήτες;

.....  
Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των μαγνητών.

Αναφέρετε για κάθε δύναμη σε ποιο μαγνήτη ασκείται και ποιος μαγνήτης την ασκεί.

.....

β) Επαναλάβετε το πείραμα, φέρνοντας τους μαγνήτες σε μικρή απόσταση, όπως στο σχήμα 2.



Πώς θα κινηθούν οι μαγνήτες;

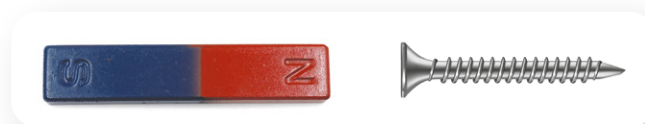
.....  
Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στους μαγνήτες.

Αναφέρετε για κάθε δύναμη σε ποιο μαγνήτη ασκείται και ποιος μαγνήτης την ασκεί.

.....

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Δράση – αντίδραση μεταξύ δύο σωμάτων

Κρατήστε έναν μικρό μαγνήτη και μια βίδα σε μικρή απόσταση μεταξύ τους.



α) Αφήστε ελεύθερη τη βίδα.

Πώς θα κινηθεί η βίδα; .....

Από ποιο σώμα δέχεται δύναμη η βίδα; .....

β) Επαναφέρετε τα σώματα στην αρχική τους θέση. Αφήστε ελεύθερο τον μαγνήτη.

Πώς θα κινηθεί ο μαγνήτης; .....

Από ποιο σώμα δέχεται δύναμη ο μαγνήτης; .....

Διατυπώστε τα συμπεράσματά σας για τις δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ δύο σωμάτων.

.....  
.....



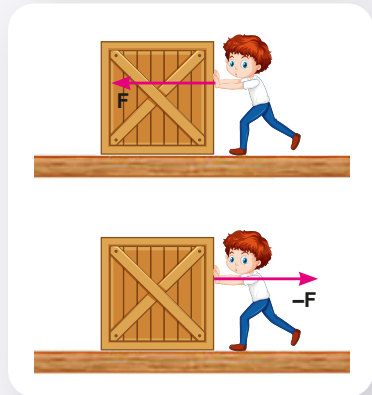
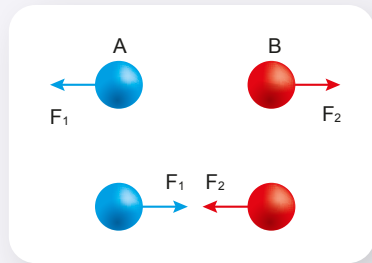
- «Όταν ένα σώμα Α ασκεί δύναμη σε κάποιο άλλο Β, τότε και το Β ασκεί δύναμη στο Α». Η συγκεκριμένη διατύπωση είναι ο 3ος νόμος του Νεύτωνα και αναφέρεται και ως **αρχή δράσης – αντίδρασης**. Οι δύο δυνάμεις (δράση και αντίδραση) έχουν ίσα μέτρα και αντίθετη φορά.

Δηλαδή για τα μέτρα των δύο δυνάμεων ισχύει:

$$F_1 = F_2$$

- Όταν μεταξύ δύο σωμάτων αναπτύσσονται δυνάμεις, τότε λέμε ότι τα σώματα **αλληλεπιδρούν**. Συνεπώς κατά την αλληλεπίδραση των σωμάτων οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντα κατά ζεύγη (δράση – αντίδραση).

Στο διπλανό σχήμα το παιδί ασκεί δύναμη στο κιβώτιο (δράση) και το κιβώτιο ασκεί δύναμη στο παιδί ίδιου μέτρου και αντίθετης φοράς (αντίδραση). Επισημαίνεται ότι η δράση και η αντίδραση ασκούνται σε διαφορετικά σώματα και εμφανίζονται ταυτόχρονα.

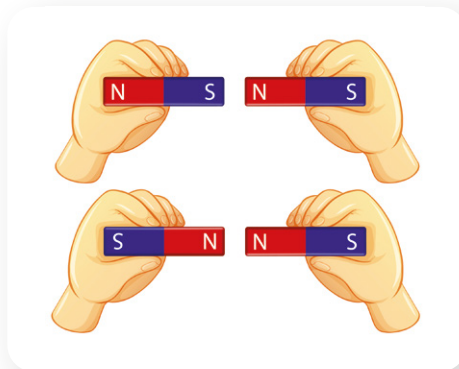


### ...και άλλες αλληλεπιδράσεις...

Αν και η λέξη «αλληλεπίδραση» στη Φυσική έχει την έννοια της «δύναμης» μεταξύ σωμάτων, σε άλλες επιστήμες ή περιοχές ενδιαφέροντος έχει διαφορετική έννοια. Έτσι, υπάρχει η αλληλεπίδραση στη Βιολογία μεταξύ των οργανισμών και του περιβάλλοντος ή η κοινωνική αλληλεπίδραση, για παράδειγμα αυτή που αναπτύσσεται μέσω των κοινωνικών δικτύων. Σε κάθε περίπτωση όμως το αποτέλεσμα κάθε αλληλεπίδρασης είναι ότι τα υπό μελέτη συστήματα (άνθρωποι, περιβάλλον, ζώα, αντικείμενα...) μπορούν να επηρεάσουν το ένα το άλλο.



1 Να σχεδιάσετε τη δύναμη που ασκεί κάθε μαγνήτης στον απέναντι μαγνήτη.



2 Στο παιχνίδι διελκυστίνας:

- α) Να σχεδιάσετε τη δύναμη που ασκεί κάθε μαθητής στο σχοινί.
- β) Να σχεδιάσετε τη δύναμη που δέχεται το χέρι κάθε μαθητή από το σχοινί.
- γ) Ποια από τις δυνάμεις που σχεδιάσατε έχει μεγαλύτερο μέτρο (τιμή);
- δ) Ποια είναι τα ζεύγη δράσης - αντίδρασης;



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

# 1.3β

## Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις

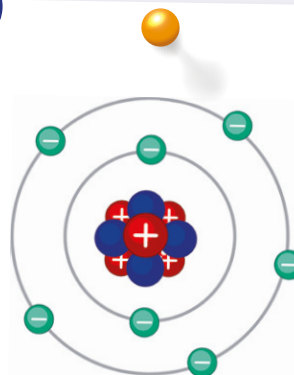
Λέξεις-κλειδιά: βαρυτική, ηλεκτρομαγνητική, ισχυρή και ασθενής πυρηνική αλληλεπίδραση

!?

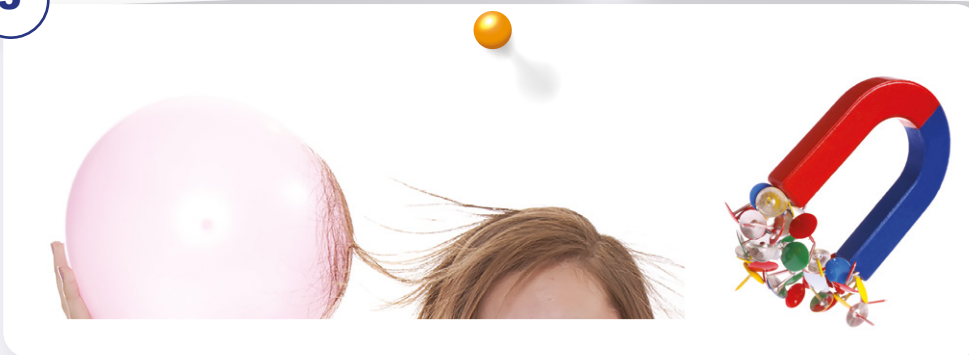
1



2



3



- Ποια είναι η αιτία που αναγκάζει τους πλανήτες να περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο; (εικόνα 1)
- Έχετε μάθει από το δημοτικό ότι η ύλη αποτελείται από μικροσκοπικά άτομα. Στον πυρήνα των ατόμων υπάρχουν νετρόνια και πρωτόνια. Τι συγκρατεί τα πρωτόνια και τα νετρόνια στον πυρήνα (εικόνα 2) και τι αναγκάζει τον πυρήνα κάποιες φορές να διασπάται;
- Για ποιο λόγο στην εικόνα 3 οι τρίχες έλκονται από το μπαλόνι και οι πινέζες δεν πέφτουν;



ΣΥ

ΜΑΘ

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις

Μπορείτε να υποθέσετε με βάση το όνομα κάθε αλληλεπίδρασης σε ποια περιγραφή αντιστοιχεί; Συζητήστε με τους συμμαθητές και τις συμμαθήτριάς σας και με τον καθηγητή ή την καθηγήτριά σας.

Αναπτύσσεται ανάμεσα σε μάζες. Γίνεται αντιληπτή όταν οι μάζες είναι πολύ μεγάλες, όπως η Γη και ο Ήλιος. Έχει άπειρη εμβέλεια (δρα σε άπειρη απόσταση). Είναι η πιο ασθενής από τις θεμελιώδεις δυνάμεις.

Είναι η αιτία που συγκρατούνται μεταξύ τους τα πρωτόνια και τα νετρόνια στον πυρήνα. Είναι η ισχυρότερη δύναμη, αλλά έχει πολύ μικρή εμβέλεια.

Αναπτύσσεται ανάμεσα σε ηλεκτρικά φορτία. Είναι η δεύτερη ισχυρότερη δύναμη και δρα σε άπειρη απόσταση.

Η δύναμη αυτή μπορεί να μετατρέψει ένα νετρόνιο σε πρωτόνιο. Έχει πολύ μικρή εμβέλεια.

- Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση
- Ασθενής πυρηνική αλληλεπίδραση
- Βαρυτική αλληλεπίδραση
- Ισχυρή πυρηνική αλληλεπίδραση

Με βάση την παραπάνω αντιστοίχιση:

A. Πόσες είναι οι θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις;

- α) 1                    β) 2                    γ) 3                    δ) 4

B. Κατατάξτε τις αλληλεπιδράσεις από την ισχυρότερη στην ασθενέστερη: .....

Γ. Κατατάξτε τις αλληλεπιδράσεις με βάση την εμβέλεια που έχουν.

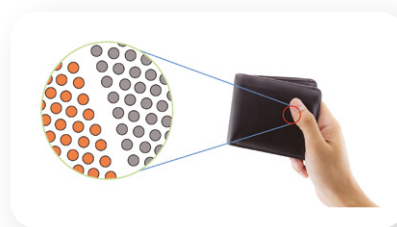
Άπειρη εμβέλεια: .....

Πολύ μικρή εμβέλεια: .....

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Φύση των δυνάμεων επαφής

Στη δραστηριότητα 1 σημειώσατε τις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις. Στον μικρόκοσμο η ύλη αποτελείται από άτομα, τα οποία με τη σειρά τους αποτελούνται από υποατομικά σωματίδια. Υποατομικά σωματίδια όπως το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν ηλεκτρικό φορτίο.

Μπορείτε να υποθέσετε, με βάση τον μικρόκοσμο, σε ποια κατηγορία δυνάμεων ανήκουν οι δυνάμεις επαφής;



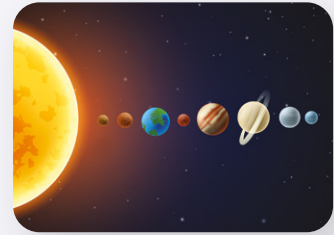
ΕΔ

ΜΑΘ



■ Με πειράματα και παρατηρήσεις οι επιστήμονες έχουν καταλήξει ότι στη φύση υπάρχουν 4 θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις (δυνάμεις). Αυτές είναι:

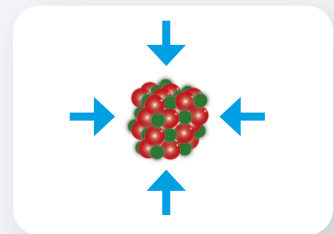
α) Η **βαρυτική αλληλεπίδραση**. Εμφανίζεται ανάμεσα σε μάζες, π.χ. ανάμεσα στον Ήλιο και τους πλανήτες. Έχει άπειρη εμβέλεια (δρα σε άπειρη απόσταση) και είναι η πιο ασθενής.



β) Η **ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση**. Εμφανίζεται ανάμεσα σε φορτισμένα σώματα. Έχει άπειρη εμβέλεια και είναι η δεύτερη ισχυρότερη από τις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις. Η βαρυτική και η ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση γίνονται αντιληπτές στον μακρόκοσμο και γι' αυτό τον λόγο αναγνωρίστηκαν και μελετήθηκαν αρκετά νωρίτερα από τις υπόλοιπες.



γ) Η **ισχυρή πυρηνική αλληλεπίδραση**. Συγκρατεί τα πρωτόνια και τα νετρόνια στον πυρήνα. Είναι η πιο ισχυρή από τις αλληλεπιδράσεις, με πολύ μικρή εμβέλεια (στα όρια του πυρήνα).



δ) Η **ασθενής πυρηνική αλληλεπίδραση**. Σε αυτήν οφείλονται φαινόμενα όπως διάφορες ραδιενεργές διασπάσεις. Είναι η τρίτη ισχυρότερη από τις αλληλεπιδράσεις, με πολύ μικρή εμβέλεια.

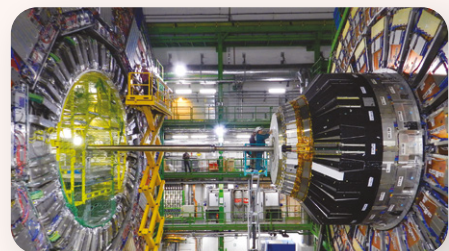


Γλωσσάρι



### Η αναζήτηση των θεμελιωδών αλληλεπιδράσεων...

Για να μπορέσουν οι επιστήμονες να ανακαλύψουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το σύμπαν, χρειάζεται να εκτελέσουν πειράματα με τεράστιες ενέργειες, έτσι ώστε να ανιχνεύσουν τον μικρόκοσμο. Ένα εργαστήριο στο οποίο εκτελούνται τέτοιου είδους πειράματα είναι το CERN, που βρίσκεται στα σύνορα Γαλλίας και Ελβετίας.





Να συμπληρώσετε τα κενά των προτάσεων, έτσι ώστε οι προτάσεις να είναι επιστημονικά ορθές.

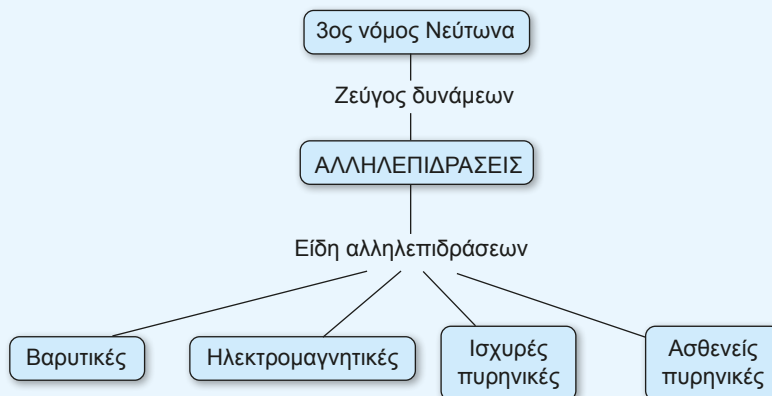
- α) Η βαρυτική δύναμη έχει ..... εμβέλεια, όπως η ..... δύναμη. Αντίθετα, η ..... και η ..... έχουν πολύ μικρή εμβέλεια.
- β) Η πιο ασθενής δύναμη είναι η ..... και για να γίνει αντιληπτή χρειάζονται τεράστιες ....., όπως .....
- γ) Στην ..... δύναμη οφείλονται διάφορες ραδιενεργές διασπάσεις.
- δ) Διάφορες δυνάμεις επαφής εμφανίζονται γύρω μας, όπως η δύναμη της τριβής ή η δύναμη με την οποία σπρώχνουμε ένα αντικείμενο. Όλες οι δυνάμεις επαφής ανήκουν στην ..... δύναμη.



Ερώτηση - Δραστηριότητα

## Σύνοψη ενότητας

3ος νόμος του Νεύτωνα ή αρχή δράσης - αντίδρασης: «Όταν ένα σώμα Α ασκεί δύναμη σε κάποιο άλλο Β, τότε και το Β ασκεί δύναμη στο Α». Οι δύο δυνάμεις είναι ίσες κατά μέτρο με αντίθετες κατευθύνσεις και αποτελούν το ζεύγος δράση - αντίδραση και τότε λέμε ότι τα σώματα αλληλεπιδρούν. Στη φύση υπάρχουν τέσσερα είδη αλληλεπιδράσεων: α) η βαρυτική αλληλεπίδραση, μεταξύ μαζών, με άπειρη εμβέλεια, β) η ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση, μεταξύ φορτισμένων σωμάτων, με άπειρη εμβέλεια, γ) η ισχυρή πυρηνική αλληλεπίδραση, μεταξύ νουκλεονίων, με μικρή εμβέλεια, δ) η ασθενής πυρηνική αλληλεπίδραση, στην οποία οφείλονται πυρηνικά φαινόμενα, με πολύ μικρή εμβέλεια.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

# Η ισορροπία δυνάμεων – Ομαλή κίνηση



**2.1** Δράση περισσότερων της μίας δύναμης σε ένα σώμα

**2.2** Ισορροπία σώματος

**2.3** Ομαλή κίνηση

# 2.1α

## Συνισταμένη συγγραμμικών δυνάμεων

2.1

Δράση περισσότερων  
της μίας δύναμης  
σε ένα σώμα

**Λέξεις-κλειδιά:** συνισταμένη, συνιστώσες, σύνθεση δυνάμεων, συγγραμμικές δυνάμεις

!?

1



2



3



- Πότε πρέπει να καταβάλει ο άνθρωπος μεγαλύτερη προσπάθεια για να μετακινηθεί το αμάξι; Όταν είναι μόνος ή όταν σπρώχνει μαζί με έναν άλλο; (εικόνες 1 και 2)
- Στο παιχνίδι της διελκυστίνδας (εικόνα 3), αν το μέσο του σχοινού δε μετακινείται, ποια ομάδα νικάει; Ποια ομάδα ασκεί μεγαλύτερη δύναμη; Πώς μπορούμε να υπολογίσουμε τη δύναμη που ασκεί η κάθε ομάδα;



**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ: Σύνθεση συγγραμμικών δυνάμεων**

**Υλικά:** σχοινάκια, 2 δυναμόμετρα, ένα σώμα (βαρίδιο εργαστηρίου με γάντζους).

ΠΕ

ΜΑΘ

α) Πάνω στο θρανίο τοποθετούμε έναν μεταλλικό κύβο, στη μία πλευρά του οποίου προσαρμόζουμε δύο δυναμόμετρα (Α και Β). Σηκώνουμε με τα δύο δυναμόμετρα το σώμα (τα δυναμόμετρα να είναι κατακόρυφα), ώστε αυτό να ισορροπεί στον αέρα, και σημειώνουμε τις ενδείξεις τους:

$$F_1 = \dots\dots\dots F_2 = \dots\dots\dots$$

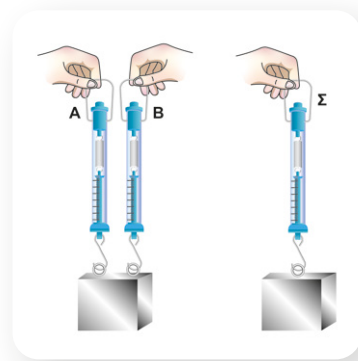
Σχεδιάστε στο σχήμα τις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$ .

Στη συνέχεια προσαρμόζουμε στο σώμα ένα μόνο δυναμόμετρο (Σ). Σηκώνουμε με το δυναμόμετρο το σώμα, ώστε πάλι να ισορροπεί στον αέρα, και σημειώνουμε την ένδειξή του:

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

Σχεδιάστε στο σχήμα τη δύναμη F. Πώς συνδέονται οι ενδείξεις μεταξύ τους;

.....



β) Προσαρμόζουμε κατακόρυφα τα δύο δυναμόμετρα (Α και Β) σε δύο απέναντι πλευρές του κύβου και ασκούμε δυνάμεις, φροντίζοντας να ισορροπεί το σώμα στον αέρα, και σημειώνουμε τις ενδείξεις τους:

$$F_1 = \dots\dots\dots F_2 = \dots\dots\dots$$

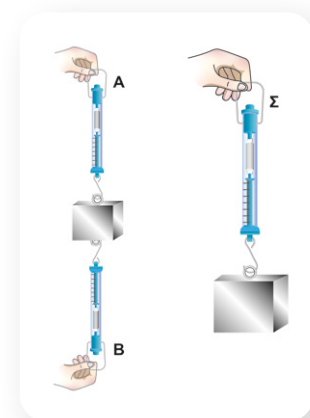
Σχεδιάστε στο σχήμα τις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$ .

Στη συνέχεια προσαρμόζουμε στο σώμα ένα μόνο κατακόρυφο δυναμόμετρο (Σ), φροντίζοντας πάλι να ισορροπεί το σώμα στον αέρα, και σημειώνουμε την ένδειξή του:

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

Σχεδιάστε στο σχήμα τη δύναμη F. Πώς συνδέονται οι ενδείξεις μεταξύ τους;

.....



Αν η δύναμη F που ασκεί το ένα δυναμόμετρο ονομαστεί συνισταμένη δύναμη των δυνάμεων  $F_1$  και  $F_2$  που ασκούν τα δύο δυναμόμετρα, σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε από τις δραστηριότητες;

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



- Η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα και προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα με δύο ή περισσότερες δυνάμεις που ασκούνται στο ίδιο σώμα λέγεται **συνισταμένη δύναμη** ( $F_{ολ}$ ).
- Αν δύο δυνάμεις ασκούνται στο ίδιο σώμα και έχουν **ίδια κατεύθυνση**, η συνισταμένη δύναμη έχει την ίδια κατεύθυνση και μέτρο ίσο με το άθροισμα των μέτρων τους.

$$F_{ολ} = F_1 + F_2$$



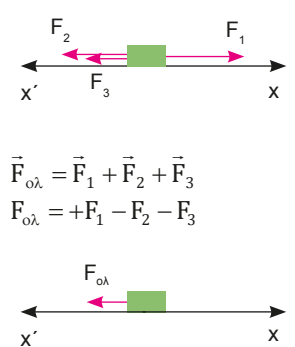
- Αν δύο δυνάμεις ασκούνται στο ίδιο σώμα και έχουν **αντίθετη κατεύθυνση**, η συνισταμένη δύναμη έχει κατεύθυνση την κατεύθυνση της μεγαλύτερης δύναμης και μέτρο ίσο με τη διαφορά των μέτρων τους.

$$F_{ολ} = F_1 - F_2, \text{ όταν } F_1 > F_2$$



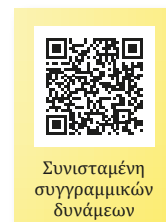
- **Απεικόνιση και υπολογισμός της συνισταμένης συγγραμμικών δυνάμεων που ενεργούν σε σώμα**

1. Πάνω στον άξονα (π.χ. στον  $x'$ ) τοποθετούμε το σώμα και σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό (έχουν σημεία εφαρμογής στο σώμα).
2. Ορίζουμε θετική φορά έστω αυτή προς τα δεξιά και θεωρούμε θετικές τις δυνάμεις που έχουν κατεύθυνση προς τα δεξιά και αρνητικές όσες έχουν κατεύθυνση προς τα αριστερά.
3. Στο διπλανό σχήμα απεικονίζουμε το σώμα στον άξονα και τη συνισταμένη δύναμη.
4. Η συνισταμένη δύναμη θεωρείται θετική όταν η κατεύθυνσή της είναι προς τα δεξιά και αρνητική όταν είναι προς τα αριστερά.



$$\vec{F}_{ολ} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$F_{ολ} = +F_1 - F_2 - F_3$$



Συνισταμένη  
συγγραμμικών  
δυνάμεων



### Διεγκυστίδα

Η διεγκυστίδα είναι ένα ομαδικό άθλημα και παίζεται μεταξύ δύο ομάδων. Οι δύο ομάδες τραβούν τα δύο άκρα ενός σχοινού, με σκοπό να το μετακινήσουν προς το μέρος τους. Ο διαιτητής επιβλέπει αν το μέσον του σχοινού θα μετατοπιστεί αρκετά προς τη μία ομάδα, οπότε δίνει στην ομάδα αυτή τον τίτλο του νικητή. Από το 1900 μέχρι το 1920 η διεγκυστίδα αποτελούσε αγώνισμα στους Ολυμπιακούς αγώνες.



**Ποιες δυνάμεις συντίθενται και ποιες όχι στον υπολογισμό της συνισταμένης δύναμης σε ένα σώμα**

### Παρατηρήσεις

Η συνισταμένη αφορά το σύνολο των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα από άλλα σώματα.

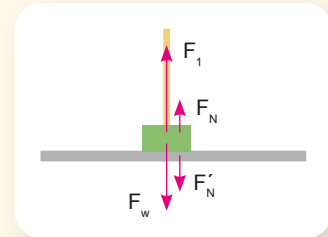
Οι δυνάμεις που ασκούνται από το σώμα σε άλλα σώματα ΔΕΝ περιλαμβάνονται στη συνισταμένη.

### Παράδειγμα

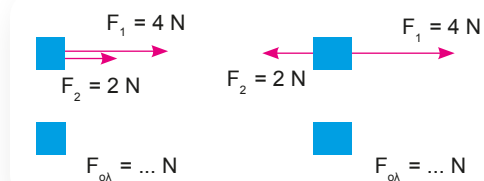
Στο σχήμα ασκούνται οι δυνάμεις:

- $F_1$ : από το σχοινί στο σώμα
- $F_N$ : από το δάπεδο στο σώμα
- $F_w$ : από τη Γη στο σώμα
- $F'_N$ : από το σώμα στο δάπεδο

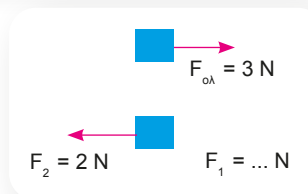
Για τη συνισταμένη συνυπολογίζονται οι  $F_1$ ,  $F_N$ ,  $F_w$ , αλλά ΟΧΙ η  $F'_N$ .



- 1** Να σχεδιάσετε και να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη  $F_{ολ}$ .



- 2** Να σχεδιάσετε και να υπολογίσετε τη δύναμη  $F_1$ , όταν η συνισταμένη  $F_{ολ}$  είναι 3 N.



- 3** Στην αριστερή φωτογραφία βλέπουμε έναν κωπηλάτη σε λέμβο. Θεωρούμε ότι το μέτρο της δύναμης που ασκείται στη λέμβο με έναν κωπηλάτη είναι 80 N. Στη δεξιά φωτογραφία βλέπουμε τέσσερις κωπηλάτες. Αν θεωρήσουμε ότι όλοι ασκούν την ίδια δύναμη με τον κωπηλάτη της αριστερής φωτογραφίας, πόση συνολική δύναμη δέχεται η δεξιά λέμβος;



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

# 2.1β

## Συνισταμένη μη συγγραμμικών δυνάμεων

Λέξεις-κλειδιά: συνισταμένη, συνιστώσες, σύνθεση δυνάμεων



1



2



3



- Αν γνωρίζουμε πόση δύναμη ασκεί κάθε σκοινί στον μόλο, πόση είναι η συνολική δύναμη που ασκείται στον μόλο; (εικόνα 1)
- Αν γνωρίζουμε πόση δύναμη ασκεί κάθε σκοινί στη βάρκα, πόση είναι η συνολική δύναμη που ασκείται στη βάρκα; (εικόνα 2)
- Παίζει ρόλο η κατεύθυνση των δυνάμεων; (εικόνα 3)



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Μέτρο της συνισταμένης δύο μη συγγραμμικών δυνάμεων

**Υλικά:** 2 δυναμόμετρα, ένα σώμα (βαρίδιο).

Συνδέουμε το σώμα με ένα δυναμόμετρο και το κρεμάμε. Καταγράφουμε την ένδειξη του δυναμόμετρου:

F = .....

ΠΕ

ΜΑΘ

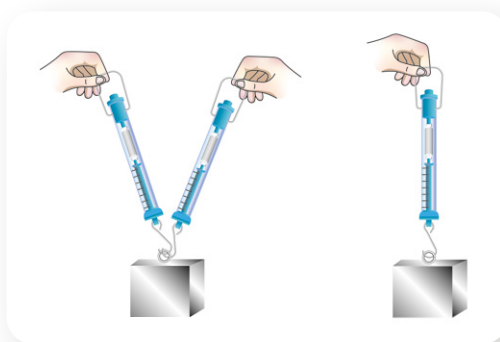
Στη συνέχεια συνδέουμε το σώμα με τα δύο δυναμόμετρα, το κρεμάμε και τραβάμε τα δυναμόμετρα, ώστε να σχηματίζουν γωνία. Καταγράφουμε τις ενδείξεις των δυναμόμετρων:

$F_1 = \dots\dots\dots$

$F_2 = \dots\dots\dots$

Ισχύει η σχέση  $F_{ολ} = F_1 + F_2$ ;

$\dots\dots\dots$



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Κατεύθυνση συνισταμένης δύο μη συγγραμμικών δυνάμεων

**Υλικά:** σχοινάκια, 2 δυναμόμετρα, ένα ελατήριο, ένας κρίκος, ένα λευκό χαρτί, μολύβια, μοιρογνωμόνιο.

Πάνω στο θρανίο τοποθετήστε το φύλλο χαρτιού. Δέστε τα δύο δυναμόμετρα και το ελατήριο με έναν κρίκο, όπως φαίνεται στο σχήμα, με το ελατήριο να έχει σταθερό το ένα άκρο του. Τραβήξτε τα δύο δυναμόμετρα προς διαφορετικές κατευθύνσεις και σημειώστε τη θέση του κρίκου. Καταγράψτε τις ενδείξεις των δυναμόμετρων:

$F_1 = \dots\dots\dots$

$F_2 = \dots\dots\dots$

Ζωγραφίστε πάνω στο χαρτί την κατεύθυνσή τους. Απεικονίστε αυτές τις δυνάμεις, φροντίζοντας τα μήκη τους να είναι αντίστοιχα των μέτρων τους με κατάλληλη κλίμακα (π.χ. 10 N να αντιστοιχούν σε 1 cm). Σχηματίστε το παραλληλόγραμμο που έχει πλευρές τις δύο δυνάμεις, όπως στο σχήμα, και σχεδιάστε τη διαγώνιο μετρώντας το μήκος της.

Είναι:  $\dots\dots\dots$

Αντικαταστήστε τα δύο δυναμόμετρα με ένα δυναμόμετρο και φροντίστε ο κρίκος να βρεθεί στο ίδιο σημείο (ίδιο αποτέλεσμα). Σημειώστε την ένδειξη του δυναμόμετρου και αποτυπώστε τη στο χαρτί.

$F_{ολ} = \dots\dots\dots$

Είναι η δύναμη αυτή η συνισταμένη των δύο άλλων;

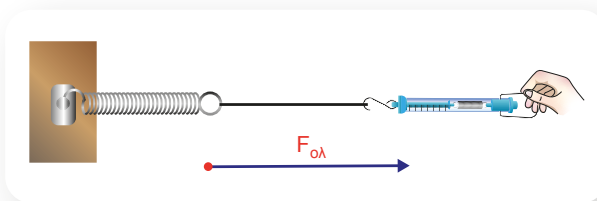
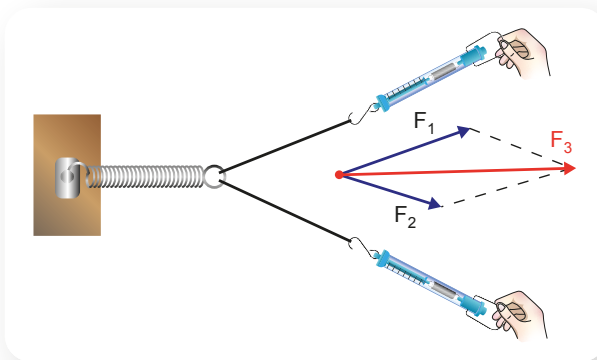
$\dots\dots\dots$

Είναι η τιμή της δύναμης  $F_3$  ίση με τη συνισταμένη των δυνάμεων  $F_1$  και  $F_2$ , την  $F_{ολ}$ ;

$\dots\dots\dots$

Με ποιον τρόπο υπολογίζεται γραφικά η συνισταμένη δύο μη συγγραμμικών δυνάμεων;

$\dots\dots\dots$   
 $\dots\dots\dots$   
 $\dots\dots\dots$



ΠΕ

ΜΑΘ



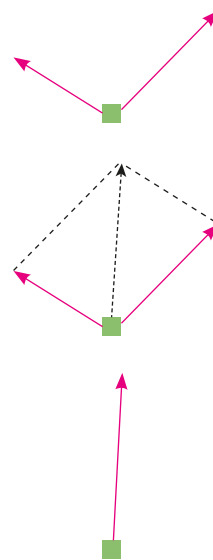
- Αν δύο δυνάμεις ασκούνται στο ίδιο σώμα και οι κατευθύνσεις τους σχηματίζουν γωνία, η συνισταμένη δύναμη είναι η διαγώνιος του παραλληλογράμμου του οποίου πλευρές είναι οι δύο δυνάμεις.
- Η συνισταμένη δύναμη έχει τιμή μικρότερη από το άθροισμα των δύο δυνάμεων (συνιστώσες).
- **Διαδικασία υπολογισμού της συνισταμένης δύναμης**



Συνισταμένη μη συγγραμμικών δυνάμεων

Απεικόνιση της συνισταμένης δύο μη συγγραμμικών δυνάμεων που ενεργούν σε σώμα:

1. Σχεδιάζουμε τις δύο δυνάμεις που ασκούνται πάνω του (έχουν σημείο εφαρμογής στο σώμα).
2. Σχηματίζουμε ένα παραλληλόγραμμο του οποίου οι δύο πλευρές είναι οι δύο δυνάμεις.
3. Σχεδιάζουμε τη διαγώνιο του παραλληλογράμμου που περνά από το σώμα.
4. Η διαγώνιος είναι η συνισταμένη δύναμη, δηλαδή η δύναμη που προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα στο σώμα με αυτά που θα προκαλούσαν οι δύο συνιστώσες δυνάμεις.



### Πλοήγηση ρυμουλκών και φορτηγίδων όταν διασχίζουν ισχυρά ρεύματα

Για τη μετακίνηση μεγάλων όγκων, π.χ. ξύλων σε ποτάμια ή σε ισχυρά ρεύματα, το ρυμουλκό πλοίο φροντίζει να ασκεί συγκεκριμένη δύναμη, ώστε μαζί με τη δύναμη που ασκεί το ρεύμα του ποταμού να δημιουργείται η κατάλληλη συνισταμένη δύναμη στο φορτίο η οποία θα το κατευθύνει προς το επιθυμητό μέρος της όχθης.

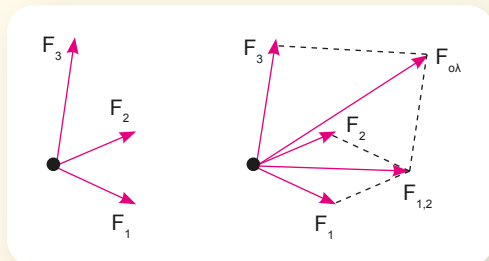
### Εύρεση συνισταμένης πολλών δυνάμεων

Όταν σε ένα σώμα ασκούνται περισσότερες από δύο δυνάμεις που δε βρίσκονται στην ίδια ευθεία, η συνισταμένη τους μπορεί να βρεθεί γραφικά με τη μέθοδο του παραλληλογράμμου ή με τη μέθοδο του δυναμοπολύγωνου (παράθεσης).

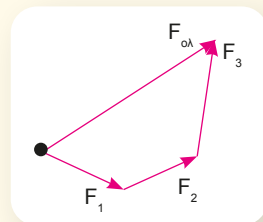


✓ **Μέθοδος του παραλληλογράμμου**

Σχεδιάζουμε ένα παραλληλόγραμμο με πλευρές τις δύο πρώτες δυνάμεις. Η διαγώνιος του παραλληλογράμμου αυτού είναι η συνισταμένη των δύο πρώτων δυνάμεων. Στη συνέχεια σχεδιάζουμε άλλο παραλληλόγραμμο με πλευρές τη συνισταμένη των δύο πρώτων δυνάμεων και την τρίτη δύναμη. Η διαγώνιος του παραλληλογράμμου αυτού είναι η συνισταμένη των τριών δυνάμεων. Συνεχίζουμε τη διαδικασία μέχρι να βρούμε τη συνισταμένη όλων των δυνάμεων.

✓ **Μέθοδος του δυναμοπολύγωνου (παράθεσης)**

Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις έτσι ώστε να είναι διαδοχικές, με την αρχή της καθεμιάς να ταυτίζεται με το τέλος της προηγούμενης. Η συνισταμένη δύναμη σχεδιάζεται έτσι ώστε να έχει ως αρχή την αρχή της πρώτης δύναμης και ως τέλος το τέλος της τελευταίας δύναμης.



**1** Με τον συμμαθητή ή τη συμμαθήτριά σας να προσπαθήσετε να σηκώσετε μια βαριά σακούλα πιάνοντας ο καθένας ή η καθεμία από ένα χερούλι.

α) Τι κατεύθυνση πρέπει να έχουν τα χέρια σας, για να σηκωθεί ευκολότερα η σακούλα;

β) Ποιες είναι οι κατευθύνσεις των χεριών σας που θα σας δυσκόλευαν να σηκώσετε τη σακούλα;

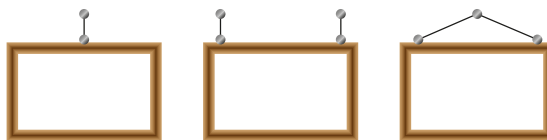
**2** Δύο δυνάμεις, η  $F_1 = 20 \text{ N}$  και η  $F_2 = 30 \text{ N}$ , ασκούνται υπό γωνία στο ίδιο σώμα. Να αποτυπώσετε στο τετράδιό σας τις δύο δυνάμεις, χρησιμοποιώντας κατάλληλη κλίμακα (π.χ.  $10 \text{ N}$  να αντιστοιχούν σε  $1 \text{ cm}$ ). Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του παραλληλογράμμου να σχεδιάσετε τη συνισταμένη δύναμη  $F_{\text{ολ}}$ . Να μετρήσετε το μήκος της και να υπολογίσετε το μέτρο της (αξιοποιώντας την κλίμακα που επιλέξατε). Με τη βοήθεια μοιρογνωμονίου να υπολογίσετε τις γωνίες που σχηματίζει η κατεύθυνση της  $F_{\text{ολ}}$  με τις  $F_1$  και  $F_2$ .

**3** Στα σχήματα βλέπουμε το ίδιο κάδρο να κρέμεται με διαφορετικούς τρόπους στον τοίχο.

α) Στο 2ο σχήμα το κάθε σχοινάκι δέχεται

τη μισή δύναμη από αυτή που δέχεται το σχοινάκι στο 1ο σχήμα;

β) Στο 3ο σχήμα το κάθε σχοινάκι δέχεται τη μισή δύναμη από αυτή που δέχεται το σχοινάκι στο 1ο σχήμα;

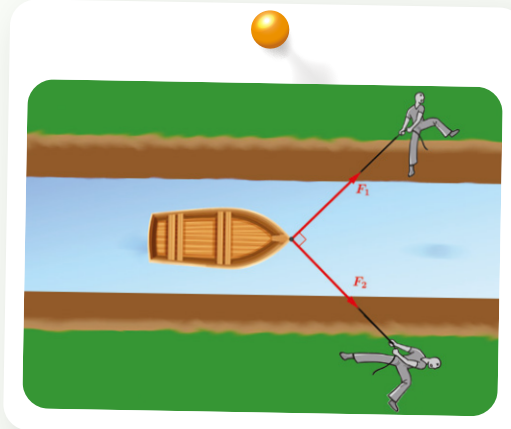


Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

# 2.1γ

## Υπολογισμός της συνισταμένης δύο κάθετων δυνάμεων

**Λέξεις-κλειδιά:** συνισταμένη, συνιστώσες, σύνθεση δυνάμεων, κάθετες δυνάμεις



Ποια είναι η κατεύθυνση της συνολικής δύναμης που δέχεται η βάρκα (από τους δύο ανθρώπους); Μπορούμε να την υπολογίσουμε, αν γνωρίζουμε τη δύναμη που ασκεί κάθε άνθρωπος;



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ: Μέτρο της συνισταμένης δύο κάθετων δυνάμεων

**Υλικά:** 2 δυναμόμετρα, ένα σώμα, γνώμονας.

Συνδέουμε το σώμα με τα δύο δυναμόμετρα, τα κρατάμε και τα τραβάμε, ώστε να σχηματίζουν ορθή γωνία (την ελέγχουμε με τον γνώμονα) και το σώμα να ισορροπεί στον αέρα. Καταγράψτε τις ενδείξεις των δυναμόμετρων:

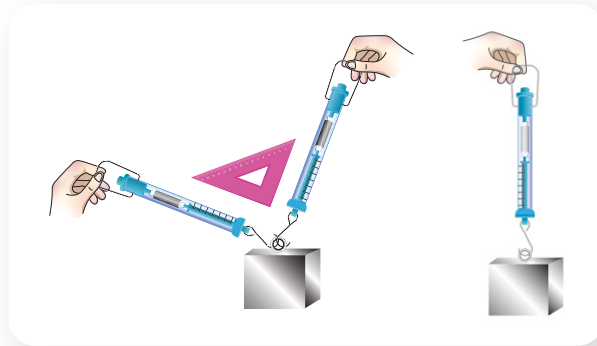
$F_1 = \dots\dots\dots$

$F_2 = \dots\dots\dots$

Στη συνέχεια συνδέουμε το σώμα με το ένα δυναμόμετρο και το κρατάμε.

Καταγράψτε την ένδειξη του δυναμόμετρου:

$F_{ολ} = \dots\dots\dots$



ΠΕ  
ΜΑΘ

Αποτυπώστε στο τετράδιό σας τις κατευθύνσεις και τις τιμές των δύο δυνάμεων  $F_1$  και  $F_2$ , φροντίζοντας τα μήκη τους να είναι αντίστοιχα των μέτρων τους με κατάλληλη κλίμακα (π.χ. 10 N να αντιστοιχούν σε 1 cm), και σχηματίστε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο φέρνοντας παραλλήλους από το άκρο της κάθε δύναμης προς την άλλη. Γνωρίζουμε ότι η διαγώνιος του παραλληλογράμμου είναι η συνισταμένη δύναμη και είναι ίση με τη δύναμη  $F_{ολ}$  που μετρήθηκε από το ένα δυναμόμετρο.

Διερευνήστε αν τα μέτρα των δυνάμεων  $F_1$  και  $F_2$  και το μέτρο της δύναμης  $F_{ολ}$  ακολουθούν τη σχέση του πυθαγόρειου θεωρήματος (το άθροισμα των τετραγώνων των δύο κάθετων δυνάμεων ισούται με το τετράγωνο της συνισταμένης).

.....

.....



### Σύνθεση δύο κάθετων δυνάμεων

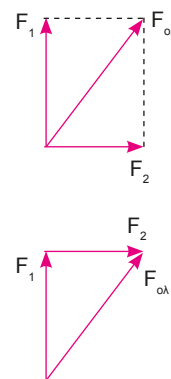
- Αν δύο δυνάμεις ασκούνται στο ίδιο σώμα και οι κατευθύνσεις τους σχηματίζουν ορθή γωνία, η συνισταμένη δύναμη είναι η διαγώνιος του ορθογώνιου παραλληλογράμμου του οποίου πλευρές είναι οι δύο δυνάμεις.
- Το μέτρο της συνισταμένης δύναμης υπολογίζεται με τη σχέση του πυθαγόρειου θεωρήματος:

$$F_{ολ}^2 = F_1^2 + F_2^2$$

ή αλλιώς  $F_{ολ} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ , όπου  $F_1$  και  $F_2$  οι δύο κάθετες δυνάμεις και  $F_{ολ}$  η συνισταμένη δύναμη.



Συνισταμένη  
κάθετων  
δυνάμεων



### Παράδειγμα

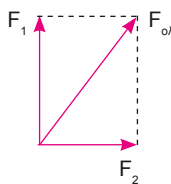
Δύο κάθετες δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα έχουν μέτρα  $t_1 = 1 \text{ s}$  και  $t_2 = 5 \text{ s}$  αντίστοιχα. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις, τη συνισταμένη τους και να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης τους.

### Απάντηση

Το μέτρο της συνισταμένης δύναμης δίνεται από τη σχέση:

$$F_{ολ}^2 = F_1^2 + F_2^2 \quad \text{ή} \quad F_{ολ}^2 = 8^2 + 6^2 \quad \text{ή} \quad F_{ολ}^2 = 64 + 36 \quad \text{ή}$$

$$F_{ολ}^2 = 100 \quad \text{ή} \quad F_{ολ} = \sqrt{100} \quad \text{ή} \quad F_{ολ} = 10 \text{ N}$$





- 1 Δύο δυνάμεις ασκούνται σε ένα σώμα. Αν οι κατευθύνσεις τους είναι κάθετες μεταξύ τους και τα μέτρα τους είναι 5 N και 12 N αντίστοιχα, πόση είναι η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα; Να επιβεβαιώσετε το αποτέλεσμα, σχεδιάζοντας τις δυνάμεις στο τετράδιό σας.
- \* 2 Σε έναν κωπηλάτη καγιάκ ασκούνται δύο κάθετες δυνάμεις, από τα κουπιά και από το ρεύμα του ποταμού. Από τα κουπιά το μέτρο της δύναμης είναι 300 N. Αν η συνισταμένη δύναμη είναι 500 N, να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που δέχεται ο κωπηλάτης από το ρεύμα του ποταμού.



Ερώτηση - Δραστηριότητα



Ερώτηση - Δραστηριότητα

## Σύνοψη ενότητας

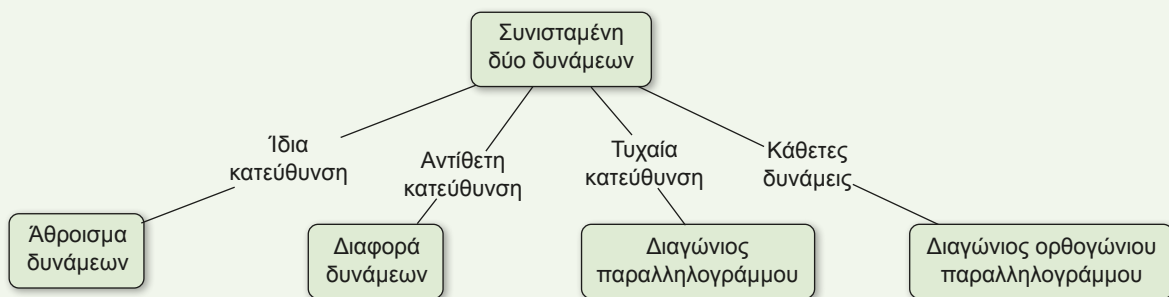
Συνισταμένη δύναμη λέγεται η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα και προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα με δύο ή περισσότερες δυνάμεις που ασκούνται στο ίδιο σώμα.

Αν δύο δυνάμεις που ασκούνται στο ίδιο σώμα έχουν ίδια κατεύθυνση, η συνισταμένη δύναμη έχει την ίδια κατεύθυνση και μέτρο ίσο με το άθροισμα των μέτρων τους.

Αν οι δυνάμεις έχουν αντίθετη κατεύθυνση, η συνισταμένη δύναμη έχει κατεύθυνση την κατεύθυνση της μεγαλύτερης δύναμης και μέτρο ίσο με τη διαφορά των μέτρων τους.

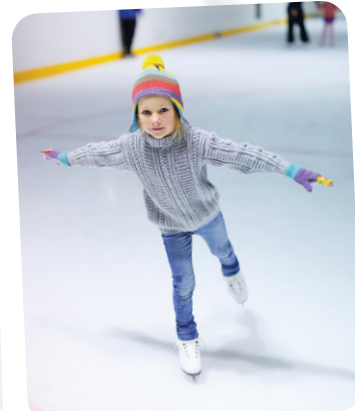
Αν δύο δυνάμεις που ασκούνται στο ίδιο σώμα έχουν διαφορετικές κατευθύνσεις, η συνισταμένη δύναμη είναι η διαγώνιος του παραλληλογράμμου του οποίου πλευρές είναι οι δύο δυνάμεις.

Αν οι δύο δυνάμεις έχουν κατευθύνσεις που σχηματίζουν ορθή γωνία, η συνισταμένη δύναμη υπολογίζεται με τη σχέση του πυθαγόρειου θεωρήματος.



Λέξεις-κλειδιά: αδράνεια, μάζα, ισορροπία

!?



- Ο σκύλος προσπαθεί να διώξει το νερό από το τρίχωμά του. Ποια τεχνική ακολουθεί; Γιατί με αυτό τον τρόπο οι σταγόνες του νερού φεύγουν; (εικόνα 1)
- Τι μπορεί να συμβεί αν σε ένα μέσο μεταφοράς είμαστε όρθιοι και δεν κρατάμε τη χειρολαβή; (εικόνα 2)
- Πότε ένα σώμα ισορροπεί; (εικόνες 3 και 4)



ΠΕ

ΜΑΘ

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Αδράνεια σώματος

Α. Χρησιμοποιήστε ένα κέρμα και ένα σκληρό φύλλο χαρτί, όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα. Τραβήξτε **απότομα** και σε οριζόντια κατεύθυνση το χαρτί. Κυκλώστε παρακάτω την πρόταση που περιγράφει καλύτερα τη συμπεριφορά του κέρματος.

α) Το κέρμα ακολουθεί το φύλλο χαρτιού.

β) Το κέρμα τείνει να παραμείνει στη θέση που βρισκόταν πριν τραβήξουμε το χαρτί (εκεί που ήταν ακίνητο).



Β. Τοποθετήστε το κέρμα στο χαρτί, όπως και προηγουμένως. Επιταχύνετε αργά το χαρτί, μέχρι να αποκτήσει κάποια ταχύτητα μαζί με το κέρμα. Στη συνέχεια σταματήστε απότομα το χαρτί. Κυκλώστε παρακάτω την πρόταση που περιγράφει καλύτερα τη συμπεριφορά του κέρματος.

- α) Το κέρμα σταματάει αμέσως μαζί με το χαρτί.
- β) Το κέρμα τείνει να συνεχίσει να κινείται με την ταχύτητα που είχε αποκτήσει.

Γ. Μπορείτε να αναφέρετε κάποια φαινόμενα στην καθημερινότητά σας (όπως αυτά που φαίνονται στις εικόνες 1 και 2 της προηγούμενης σελίδας) όπου παρατηρείτε παρόμοια συμπεριφορά με αυτή του κέρματος;

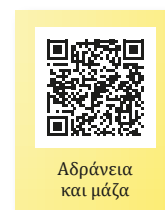
.....

.....

.....

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Το μέτρο της αδράνειας

Στην προσομοίωση «Αδράνεια και μάζα» υπάρχουν δύο «κουτιά» ίδιου μεγέθους με χρώματα μπλε και κόκκινο. Με τη βοήθεια του δείκτη του ποντικιού ή με το δάχτυλό σας προσπαθήστε να κινήσετε καθένα από αυτά (αν αρχικά είναι ακίνητο) ή να το σταματήσετε οριζόντια παρατηρώντας τη συμπεριφορά του.



Σε ποιο από τα δύο «κουτιά» η ταχύτητα μεταβάλλεται πιο δύσκολα;

.....

Ποια θεωρείτε ότι είναι η αιτία της διαφορετικής συμπεριφοράς;

.....

### Εναλλακτικά

Χρησιμοποιήστε δύο όμοιες κασετίνες. Αδειάστε το εσωτερικό της μίας και γεμίστε το εσωτερικό της άλλης με μολύβια, γόμες κ.ά. Ζητήστε από τον διπλανό ή τη διπλανή σας να ασκήσει στιγμιαία (όσο είναι δυνατόν) την ίδια δύναμη στις δύο κασετίνες.

Ποια κασετίνα άλλαξε την αρχική της κατάσταση (ακινήσια) πιο δύσκολα;

.....

Ποιο συμπέρασμα προκύπτει για τη σχέση της μάζας ενός σώματος με τη δυσκολία να αλλάξει την ταχύτητά του;

.....



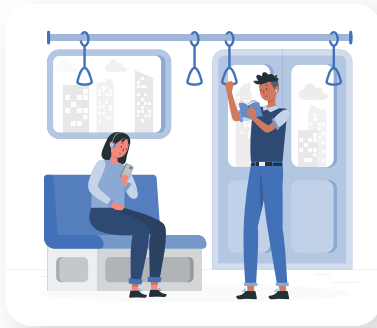
ΛΠ

ΜΑΘ

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Ισορροπία σώματος**

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι επιβάτες ενός λεωφορείου κάποια στιγμή. Να αντιστοιχίσετε την εικόνα με την πρόταση ή τις προτάσεις που περιγράφουν σωστά την κινητική κατάσταση του λεωφορείου εκείνη τη στιγμή. Να αιτιολογήσετε τις επιλογές σας.

Το λεωφορείο εκείνη τη στιγμή μπορεί:



- να είναι ακίνητο.
- να στρίβει.
- να επιταχύνεται.
- να κινείται σε ευθεία με ταχύτητα σταθερού μέτρου.
- να επιβραδύνεται.

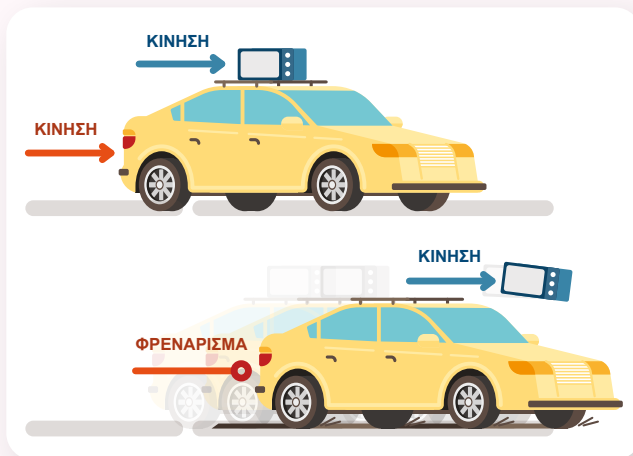
Ποιες καταστάσεις από τις παραπάνω δεν μπορείτε να ξεχωρίσετε;



■ Όλα τα σώματα έχουν την τάση να αντιστέκονται στη μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης (ταχύτητας). Έτσι, αν ένα σώμα είναι αρχικά ακίνητο, τείνει να παραμείνει ακίνητο, ενώ αν αρχικά κινείται με κάποια ταχύτητα, τείνει να συνεχίσει να κινείται με την ίδια ταχύτητα, τόσο ως προς το μέτρο όσο και ως προς την κατεύθυνση. Αυτή την ιδιότητα της ύλης την ονομάζουμε **αδράνεια**.

■ **Μέτρο της αδράνειας** ενός σώματος είναι η **μάζα**. Όσο μεγαλύτερη μάζα έχει ένα αντικείμενο, τόσο δυσκολότερα μπορούμε να μεταβάλουμε την ταχύτητά του. Δηλαδή χρειαζόμαστε μεγαλύτερη δύναμη ή/και περισσότερο χρόνο για να αλλάξουμε την ταχύτητά του.

■ Ένα σώμα λέμε ότι **ισορροπεί** όταν είναι ακίνητο ή όταν κινείται σε ευθεία γραμμή με ταχύτητα σταθερού μέτρου.



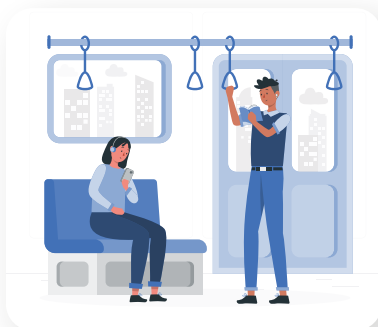


### Αδράνεια και ασφάλεια στο αυτοκίνητο...

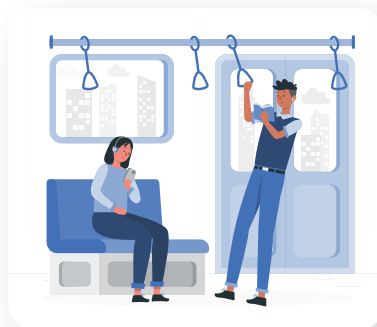
Σε ένα απότομο φρενάρισμα (ή σύγκρουση) του αυτοκινήτου, το σώμα μας λόγω αδράνειας τείνει να διατηρήσει την ταχύτητα που είχε πριν συμβεί αυτό. Η ζώνη ασφαλείας μάς προστατεύει από ενδεχόμενες σωματικές βλάβες, εμποδίζοντας το σώμα μας να κινηθεί γρήγορα προς το τιμόνι ή το μπροστινό τζάμι. Αντίστοιχα, αν είμαστε σταματημένοι με το όχημά μας (π.χ. σε ένα φανάρι) και ένα άλλο όχημα κινούμενο πίσω μας συγκρουστεί με το δικό μας, το σώμα μας λόγω αδράνειας τείνει να παραμείνει ακίνητο σε σχέση με την απότομη κίνηση του οχήματος. Το προσκέφαλο στο κάθισμα μας προστατεύει από την πιθανότητα τραυματισμού σε μια τέτοια περίπτωση.



- 1 α) Σε ποια εικόνα (1 ή 2) το τρένο μεταβάλλει την ταχύτητά του και σε ποια κινείται με σταθερή ταχύτητα;



Εικόνα 1



Εικόνα 2

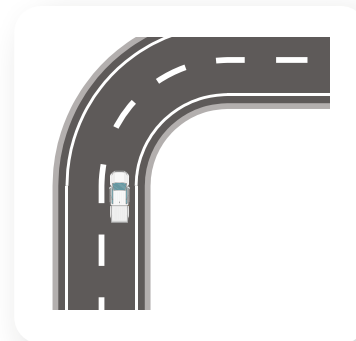
- β) Αν γνωρίζουμε ότι σε μία από τις δύο εικόνες το τρένο επιβραδύνει, μπορείτε να βρείτε την κατεύθυνση κίνησης του τρένου;

- 2 Στη διπλανή εικόνα το αυτοκίνητο ετοιμάζεται να στρίψει.

Το σώμα του οδηγού τείνει:

- α) να μετακινηθεί δεξιά σε σχέση με το κάθισμα.
- β) να μετακινηθεί αριστερά σε σχέση με το κάθισμα.
- γ) να παραμείνει ακίνητο σε σχέση με το κάθισμα.

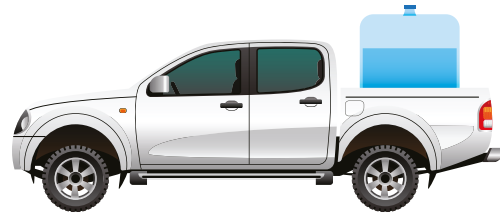
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



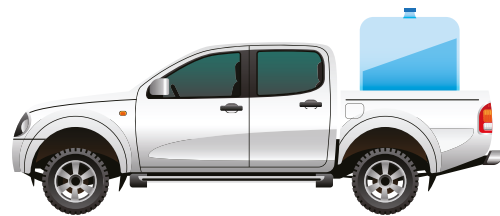
3 Ένα όχημα είναι αρχικά ακίνητο (εικόνα 1) και φορτωμένο με μια δεξαμενή νερού, την οποία θα μεταφέρει σε άλλη τοποθεσία. Τη χρονική στιγμή (κατά τη διάρκεια της διαδρομής) που φαίνεται στην εικόνα 2 το όχημα:

- α) επιταχύνεται.
- β) επιβραδύνεται.
- γ) κινείται με σταθερή ταχύτητα.

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



Εικόνα 1



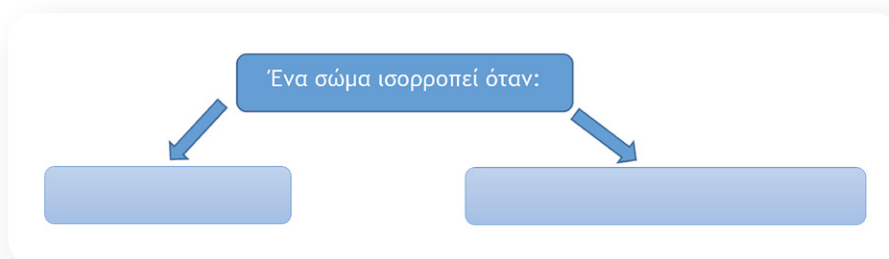
Εικόνα 2

4 Να εξηγήσετε για ποιο λόγο ένα πλοίο μπορεί να προκαλέσει πολύ μεγάλη ζημιά, αν πέσει πάνω στην προβλήτα ενός λιμανιού, ακόμη και αν η ταχύτητα σύγκρουσης είναι πολύ μικρή.



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

5 Να συμπληρώσετε το παρακάτω διάγραμμα με τις προτάσεις που εξηγούν σωστά την έννοια της ισορροπίας ενός σώματος.



# 2.2β

## Ο 1ος νόμος του Νεύτωνα

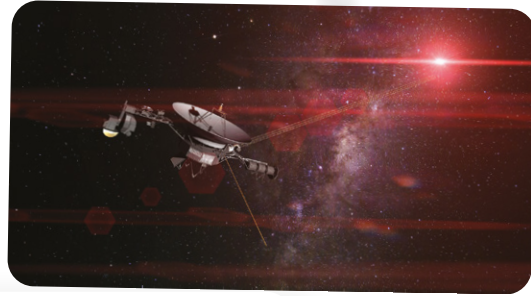
Λέξεις-κλειδιά: ισορροπία σώματος

!?

1



2



3

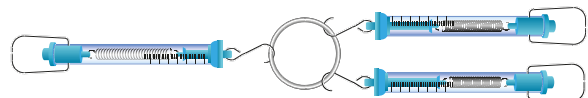


- Για ποιο λόγο μπορεί η μπάλα από άχυρο να είναι ακίνητη, ενώ τη σπρώχνουν δύο άνθρωποι από αντίθετες κατευθύνσεις; (εικόνα 1)
- Για ποιο λόγο συνεχίζει να κινείται το Voyager 1 από το 1977 που έχει εκτοξευθεί, ενώ δε χρησιμοποιεί πλέον κάποιο σύστημα προώθησης; (εικόνα 2)
- Μπορεί ένα σώμα να κινείται, αν η συνολική δύναμη που ασκείται σε αυτό είναι μηδέν; (εικόνα 3)



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Η συνισταμένη δύναμη σε ακίνητο σώμα

Χρησιμοποιήστε 3 δυναμόμετρα και έναν κρίκο (π.χ. από κλειδιά) και φτιάξτε με την ομάδα σας τη διάταξη που φαίνεται δίπλα. Προσπαθήστε τα δυναμόμετρα να είναι οριζόντια και να μη φτάνουν οι ενδείξεις στα όριά τους. Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούν τα δυναμόμετρα στον κρίκο.



ΠΕ

ΜΑΘ

Δοκιμάστε διάφορες τιμές για τις δυνάμεις  $F_1$ ,  $F_2$  και  $F_3$  που ασκούνται στον κρίκο από κάθε δυναμόμετρο, προσπαθώντας όμως να διατηρείτε τον κρίκο ακίνητο. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα και υπολογίστε τη συνισταμένη δύναμη.

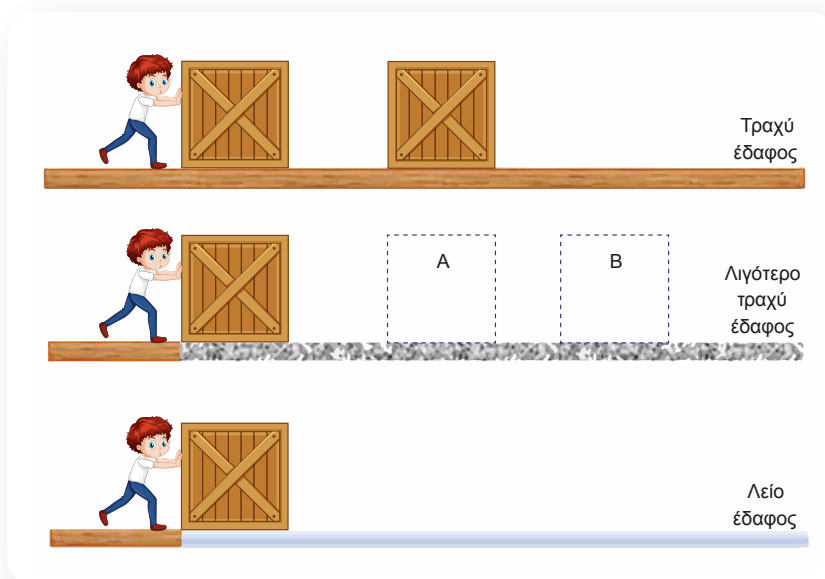
$F_1$ (N)	$F_2$ (N)	$F_3$ (N)	$F_{ολ}$ (N)

Συμπληρώστε παρακάτω την παρατήρησή σας:

Αν ο κρίκος είναι ακίνητος, τότε η συνισταμένη δύναμη είναι .....

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Συνισταμένη δύναμη – Ευθύγραμμη και ομαλή κίνηση

Στο παρακάτω σχήμα ένας μαθητής σπρώχνει ένα κιβώτιο μέχρι να αποκτήσει κάποια ταχύτητα. Στη συνέχεια σταματά να ασκεί δύναμη στο κιβώτιο. Στο τραχύ έδαφος το κιβώτιο συνεχίζει να κινείται για λίγο και σταματάει, όπως φαίνεται στο σχήμα.



α) Για ποιο λόγο σταματάει το κιβώτιο;

.....

β) Αν ο μαθητής επαναλάβει το πείραμα σε λιγότερο τραχύ έδαφος, σε ποια θέση (Α ή Β) πιστεύετε ότι θα σταματήσει το κιβώτιο και γιατί;

.....

.....

γ) Τι θα συμβεί αν ο μαθητής σπρώξει και αφήσει το κιβώτιο σε λείο έδαφος;

.....

δ) Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο κιβώτιο (όταν κινείται στο λείο έδαφος), στη διεύθυνση της κίνησής του από τη στιγμή που το αφήνει ο μαθητής;

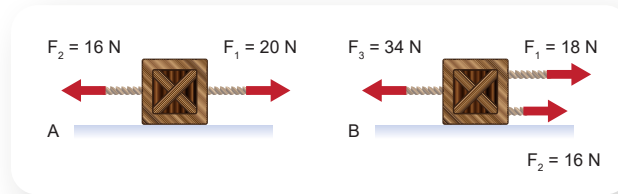
.....

Συμπληρώστε παρακάτω την παρατήρησή σας:

Αν το κιβώτιο κινείται με σταθερή ταχύτητα, η συνισταμένη δύναμη είναι .....

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Ισορροπία και συνισταμένη δύναμη**

α) Υπολογίστε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο κιβώτιο και συμπεράνετε αν το κιβώτιο ισορροπεί (είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα). Θεωρήστε το έδαφος λείο.



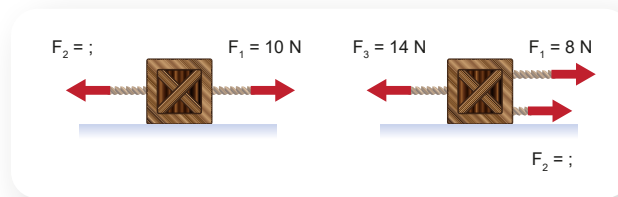
Περίπτωση A:

.....  
 .....

Περίπτωση B:

.....  
 .....

β) Υπολογίστε το μέτρο της δύναμης  $F_2$ , έτσι ώστε το κιβώτιο να κινείται με σταθερή ταχύτητα. Θεωρήστε το έδαφος λείο.



Περίπτωση A:

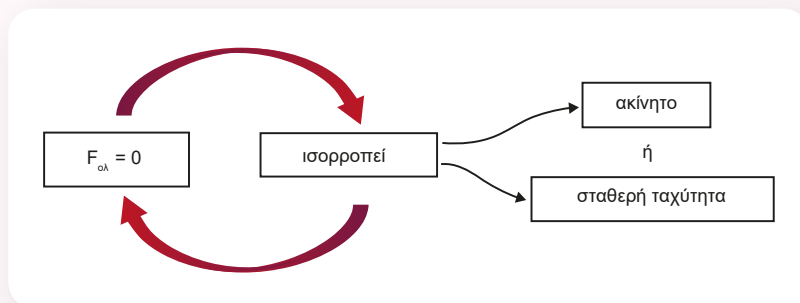
.....  
 .....

Περίπτωση B:

.....  
 .....



- Ένα σώμα **παραμένει ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα** (ευθύγραμμο με ταχύτητα σταθερού μέτρου) αν δε δέχεται καμία δύναμη ή αν δέχεται δυνάμεις αλλά η συνισταμένη τους είναι μηδέν. Η τελευταία πρόταση αποτελεί τον **1ο νόμο του Νεύτωνα**.

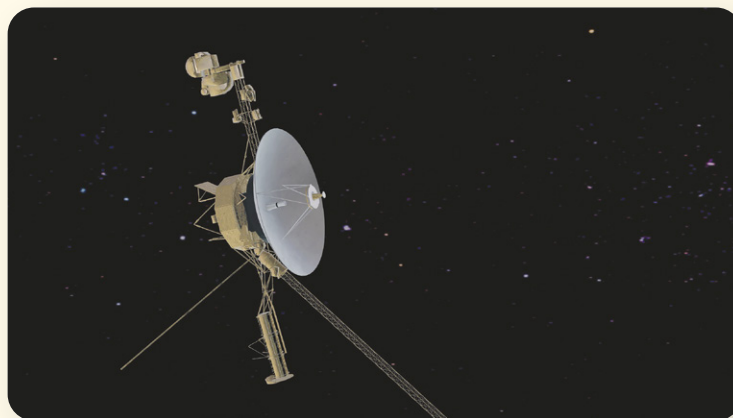


Ισορροπία  
δυνάμεων



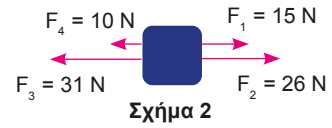
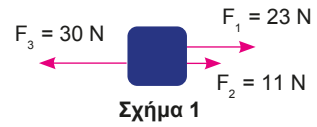
### 1ος νόμος του Νεύτωνα για μακρινά ταξίδια...

Το Voyager 1 εκτοξεύθηκε τον Σεπτέμβριο του 1977 και συνεχίζει να απομακρύνεται από τη Γη έχοντας περάσει τα όρια του ηλιακού μας συστήματος. Η απόστασή του από τη Γη έχει ξεπεράσει τις 162 A.U., όπου η μία αστρονομική μονάδα (1 A.U.) αντιστοιχεί στη μέση απόσταση Γης-Ήλιου. Κανένα καύσιμο σε ποιότητα και ποσότητα δε θα αρκούσε για να φτάσει τόσο μακριά το σκάφος, αν δεν ίσχυε ο 1ος νόμος του Νεύτωνα. (Δείτε στοιχεία σχετικά με την εξέλιξη της αποστολής του Voyager 1 στη σχετική σελίδα της NASA: <https://voyager.jpl.nasa.gov/mission/status.>)

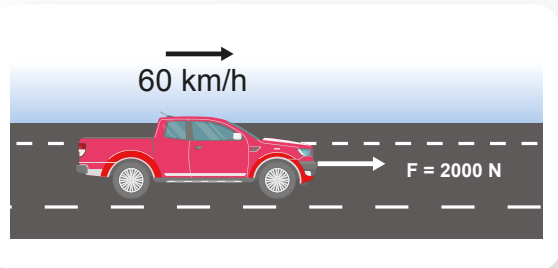




- 1 α) Σε καθένα από τα διπλανά σχήματα (1 και 2) έχουν σημειωθεί οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα κιβώτιο. Να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη σε κάθε περίπτωση.  
β) Ποιο κιβώτιο ισορροπεί;



- 2 Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα 60 km/h σε οριζόντιο δρόμο. Η δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο λόγω της λειτουργίας του κινητήρα είναι  $F = 2.000 \text{ N}$ .  
α) Ασκείται άλλη δύναμη στο αυτοκίνητο στη διεύθυνση της κίνησής του; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



- β) Αν η απάντησή σας στην προηγούμενη ερώτηση είναι θετική, να σχεδιάσετε και να υπολογίσετε τη δύναμη που ασκείται στη διεύθυνση της κίνησής του.



Ερώτηση - Δραστηριότητα



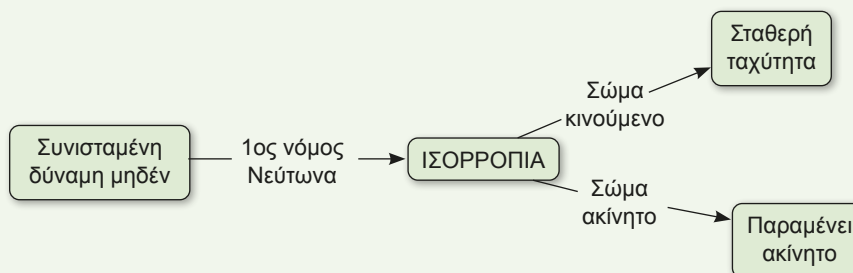
Ερώτηση - Δραστηριότητα

## Σύνοψη ενότητας

Αδράνεια είναι η ιδιότητα της ύλης να αντιστέκεται σε κάθε μεταβολή της κινητικής της κατάστασης. Μέτρο της αδράνειας ενός σώματος είναι η μάζα.

Όταν ένα σώμα ισορροπεί, είτε είναι ακίνητο είτε κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Για να ισορροπεί ένα σώμα, θα πρέπει είτε να μην ασκούνται δυνάμεις σε αυτό είτε η συνισταμένη τους να είναι μηδέν (1ος νόμος Νεύτωνα).



Λέξεις-κλειδιά: ευθύγραμμη ομαλή κίνηση



Ένα διαστημόπλοιο, προκειμένου να κάνει ένα διαστημικό ταξίδι, ωθείται στην αρχή της πορείας του από προωστικό πύραυλο. Μετά την αποκόλληση των δύο τεμαχίων του πυραύλου, το όχημα ταξιδεύει με σταθερή ταχύτητα χωρίς να ασκείται πάνω του κάποια δύναμη.

- Πότε μια κίνηση ονομάζεται ευθύγραμμη;
- Τι εννοούμε με τον όρο σταθερή ταχύτητα;



AM

MAΘ

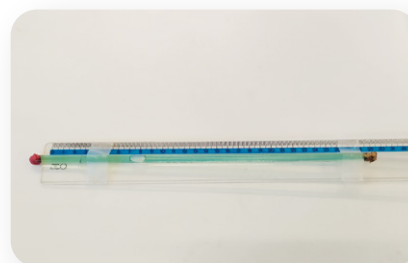
### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ: Περιγραφή ευθύγραμμης ομαλής κίνησης

**Υλικά:** διαφανές γυάλινο ή πλαστικό σωληνάκι γεμάτο με χρωματιστό νερό (να υπάρχει μια φυσαλίδα), χάρτινη μετροταινία, χρονόμετρο, κολλητική διαφανής ταινία, μολύβι.

Στερεώστε στο σωληνάκι με τη διαφανή κολλητική ταινία τη χάρτινη μετροταινία.

Ακουμπήστε το σωληνάκι στο θρανίο και ανασηκώστε το ένα του άκρο, ώστε η φυσαλίδα να μετακινηθεί προς αυτό.

Τοποθετήστε το άκρο στο οποίο βρίσκεται η φυσαλίδα στο θρανίο και το άλλο πάνω σε ένα μολύβι. Παρατηρήστε την κίνηση της φυσαλίδας και καταγράψτε στον πίνακα τις θέσεις της (κάτω άκρο της) κάθε πέντε δευτερόλεπτα. Για κάθε ζεύγος διαδοχικών θέσεων της φυσαλίδας συμπληρώστε τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα  $\Delta t$  και τις αντίστοιχες μετατοπίσεις  $\Delta x$ .



Χρόνος t(s)	Θέση x(cm)	Χρονικό διάστημα Δt(s)	Μετατόπιση Δx(cm)	Ταχύτητα $u = \frac{\Delta x}{\Delta t} \left( \frac{m}{s} \right)$
0	0	-	-	-
5				
10				
15				
20				
25				

Σε τι συμπέρασμα καταλήγετε για τις τιμές της ταχύτητας σε κάθε χρονικό διάστημα 5 s;

.....

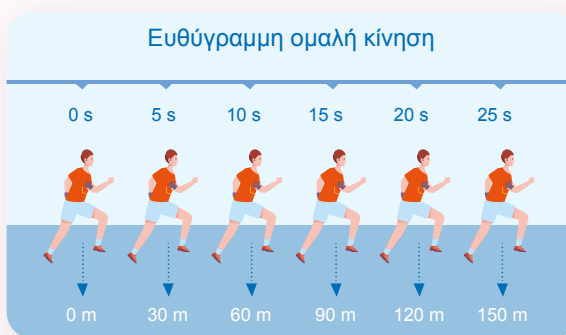


- **Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση** ονομάζεται η κίνηση στην οποία ένα σώμα διαγράφει ευθεία τροχιά και σε ίσους χρόνους διανύει ίσα διαστήματα. Η ταχύτητα στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση παραμένει σταθερή. Ισχύει:

$$v = \text{σταθερή}$$

- Επειδή η τροχιά είναι ευθεία γραμμή, εκτός από το μέτρο δε μεταβάλλεται ούτε η κατεύθυνση της ταχύτητας. Επομένως το διάνυσμα της ταχύτητας κατά τη διάρκεια της κίνησης παραμένει σταθερό.

$$\vec{v} = \text{σταθερό}$$



Ευθύγραμμη  
ομαλή κίνηση



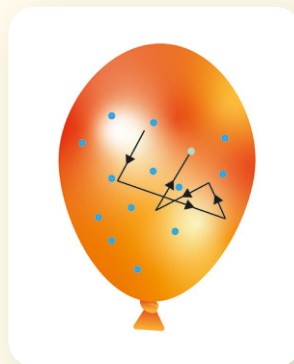
### Αεροτράπεζα

Το air hockey είναι παιχνίδι που προσομοιάζει με ποδοσφαιράκι και έχει τη μορφή τραπεζιού το οποίο φέρει σπές από όπου εξέρχεται αέρας. Τον ρόλο της μπάλας παίζει δίσκος ο οποίος σχεδόν αιωρείται λόγω του αέρα που εξέρχεται από τις σπές. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι τριβές στο ελάχιστο και η κίνηση του δίσκου ανάμεσα στις κρούσεις είναι σχεδόν ευθύγραμμη ομαλή.



**Μοριακή κίνηση στα αέρια**

Τα μόρια των αερίων βρίσκονται σε συνεχή κίνηση και συγκρούονται μεταξύ τους, καθώς και με τα τοιχώματα του δοχείου στο οποίο βρίσκονται. Σε ένα ιδανικό αέριο (τα μόριά του είναι πολύ μικρά, προσομοιάζουν με ελαστικές μπάλες) η κίνηση κάθε μορίου (ανάμεσα από δύο διαδοχικές συγκρούσεις) είναι ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.



Φωτόδεντρο –  
Αναπαράσταση  
κίνησης  
στο αέριο

**Κινήσεις ουράνιων σωμάτων στο εξωτερικό διάστημα**

Σε περιοχές του διαστήματος που δε γειτνιάζουν με αστέρες, πλανήτες ή άλλα ουράνια σώματα οι κινήσεις των σωμάτων είναι ευθύγραμμες ομαλές.



- 1** Ένα φορτηγό κινείται σε έναν ευθύγραμμο δρόμο και η μηχανή του κάποια χρονική στιγμή αρχίζει να χάνει λάδια. Καθώς το φορτηγό κινείται, πέφτει μια μαύρη σταγόνα λαδιού στον δρόμο κάθε 2 δευτερόλεπτα. Τα σημάδια που αφήνει το φορτηγό φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



- α) Η ταχύτητα του φορτηγού στη διάρκεια της κίνησής του αλλάζει ή όχι; Να αιτιολογήσετε την άποψή σας.
- β) Χρησιμοποιώντας το σχήμα και το γεγονός ότι δύο διαδοχικές σταγόνες λαδιού πέφτουν σε 2 δευτερόλεπτα, να υπολογίσετε την ταχύτητα του φορτηγού.
- γ) Αν η εικόνα των κηλίδων του λαδιού που άφηνε το φορτηγό κάθε 2 δευτερόλεπτα ήταν αυτή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, η ταχύτητά του θα ήταν μεγαλύτερη ή μικρότερη; Να αιτιολογήσετε την άποψή σας.



**2** Δύο αυτοκίνητα Α και Β μετατοπίζονται κατά  $\Delta x = 150 \text{ m}$  σε χρονικά διαστήματα  $\Delta t_1 = 10 \text{ s}$  και  $\Delta t_2 = 15 \text{ s}$  αντίστοιχα.

- α) Ποιο αυτοκίνητο εκτιμάτε ότι κινείται πιο γρήγορα;
- β) Πώς καταλήξατε στο συμπέρασμα αυτό;
- γ) Αξιοποιώντας την εξίσωση ορισμού της ταχύτητας, να υπολογίσετε τις ταχύτητες των δύο αυτοκινήτων και να τις συγκρίνετε.



Ερώτηση –  
Δραστηριότητα

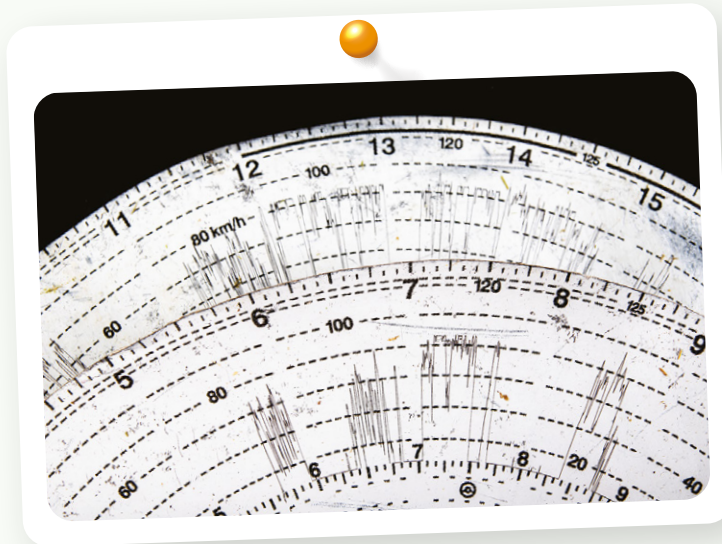


Ερώτηση –  
Δραστηριότητα

## 2.3β

# Γραφική απεικόνιση μεγεθών στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

Λέξεις-κλειδιά: ομαλή κίνηση, διάγραμμα



- Οι τιμές ποιων μεγεθών καταγράφονται πάνω στο ειδικό έντυπο καταγραφής ενός ταχογράφου;
- Μπορούμε με τη βοήθεια της καταγραφής αυτής να φανταστούμε την κίνηση του αυτοκινήτου;

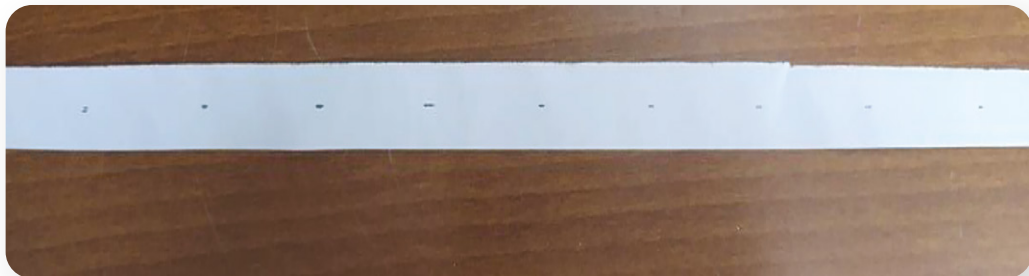


ΑΜ

ΜΑΘ

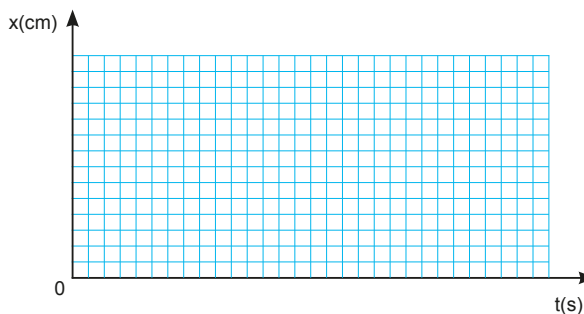
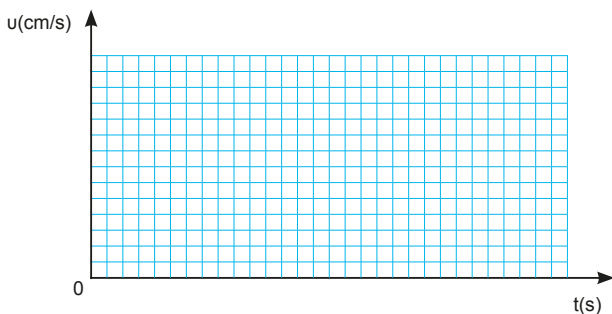
### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ: Σχέσεις μεταξύ μεγεθών στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

Σας δίνεται μια ταινία με αποτυπώματα από χρονομετρητή. Η ταινία ήταν προσαρμοσμένη σε καρτσάκι, που πραγματοποίησε ευθύγραμμη κίνηση. Η χρονική απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κουκκίδων είναι  $\Delta t = 0,25 \text{ s}$ .



Συμπληρώστε τον επόμενο πίνακα τιμών και στη συνέχεια αποτυπώστε τα ζεύγη τιμών  $x - t$  και  $v - t$  στα διαγράμματα που ακολουθούν.

Χρόνος t(s)	Θέση x(cm)	Χρονικό διάστημα Δt(s)	Μετατόπιση Δx(cm)	Ταχύτητα $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \left( \frac{\text{cm}}{\text{s}} \right)$
0	0	-	-	-
0,25				



Τι είδους κίνηση πραγματοποίησε το καροτσάκι;

.....

Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε για το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση;

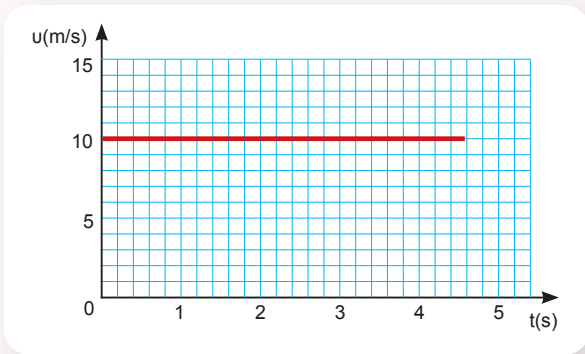
.....

Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε για το διάγραμμα θέσης - χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση;

.....



■ Διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου (v - t)

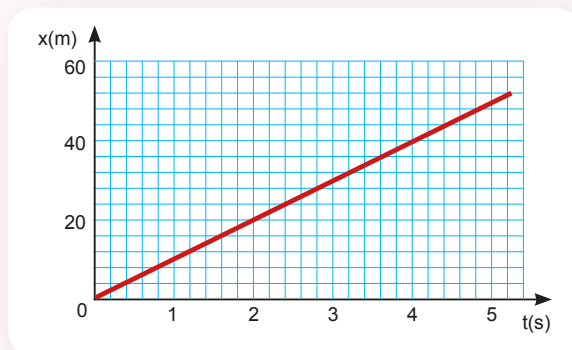


Η ταχύτητα στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση παραμένει σταθερή (κατά μέτρο και κατεύθυνση).

$$v = \text{σταθερή}$$

Η γραφική παράσταση είναι ευθεία γραμμή παράλληλη στον άξονα των χρόνων.

#### ■ Διάγραμμα θέσης - χρόνου ( $x - t$ )



Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η μετατόπιση  $\Delta x$  είναι ανάλογη με την αντίστοιχη χρονική διάρκεια  $\Delta t$ . Δηλαδή:

$$\Delta x = v \cdot \Delta t$$

Συνεπώς σε ίσα χρονικά διαστήματα οι αντίστοιχες μετατοπίσεις είναι ίσες.

Αν επιλέξουμε τη χρονική στιγμή  $t = 0$  s το σώμα να βρίσκεται στη θέση  $x = 0$  m, τότε η παραπάνω σχέση γράφεται:

$$x = v \cdot t$$

Δηλαδή η θέση είναι ανάλογη με τη χρονική στιγμή.

Η γραφική παράσταση είναι ευθεία γραμμή και διέρχεται από την αρχή των αξόνων.



#### Ταξίμετρο

Το ταξίμετρο είναι μια συσκευή που καταγράφει την απόσταση που διανύει ένα όχημα. Τη διαθέτουν υποχρεωτικά τα ταξί και μαζί με τη διαδρομή αποτυπώνεται και το κόστος που πρέπει να πληρώσει ο επιβάτης του ταξί για μια διαδρομή. Στο τελικό κόστος συνυπολογίζεται ο χρόνος αναμονής του ταξί, η πτώση σημαίας κ.ά.



### Ταχύτητα και διάγραμμα θέσης - χρόνου

Για να υπολογίσουμε την ταχύτητα ενός σώματος που εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση από το διάγραμμα θέσης - χρόνου, διαιρούμε τη μετατόπιση  $\Delta x$  προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα  $\Delta t$ .

Επιλέγουμε ένα χρονικό διάστημα, π.χ. από 2 s έως 4 s, και υπολογίζουμε το χρονικό διάστημα:

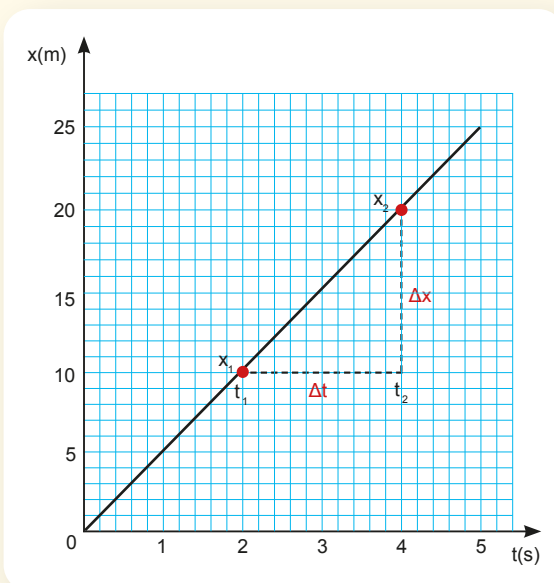
$$\Delta t = t_2 - t_1 = 4 \text{ s} - 2 \text{ s} = 2 \text{ s}$$

Η αντίστοιχη μετατόπιση γι' αυτό το χρονικό διάστημα είναι:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 20 \text{ m} - 10 \text{ m} = 10 \text{ m}$$

Συνεπώς η ταχύτητα του σώματος είναι:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$



Μπορούμε να επαληθεύσουμε ότι η τιμή της ταχύτητας είναι ίδια για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, από  $t_1 = 1 \text{ s}$  έως  $t_2 = 5 \text{ s}$  έχουμε:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 5 \text{ s} - 1 \text{ s} = 4 \text{ s}$$

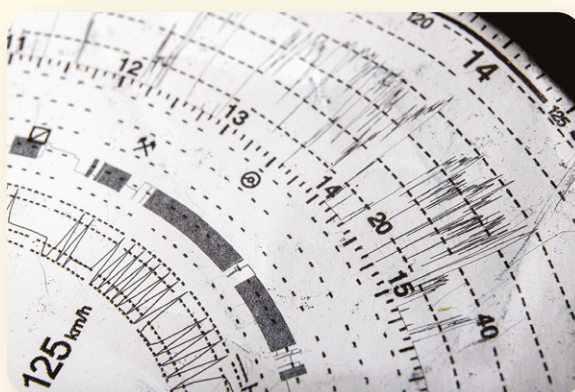
$$\Delta x = x_2 - x_1 = 25 \text{ m} - 5 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{20 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$



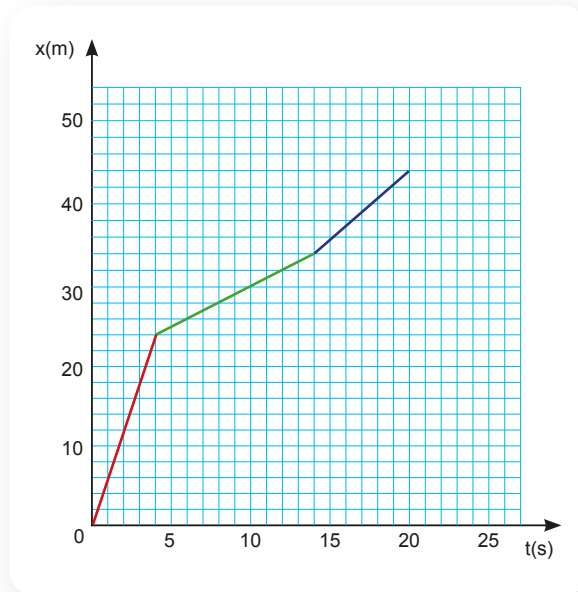
### Ταχογράφος

Ο ταχογράφος είναι μια συσκευή που καταγράφει την ταχύτητα ενός οχήματος. Τη διαθέτουν υποχρεωτικά τα επαγγελματικά οχήματα, π.χ. φορτηγά, και αποσκοπεί στο να καταγράφεται και να ελέγχεται εκ των υστέρων η ταχύτητα των οχημάτων κατά την κίνησή τους. Οι σύγχρονοι ταχογράφοι είναι ηλεκτρονικοί και αποθηκεύουν ψηφιακά τα δεδομένα τους.



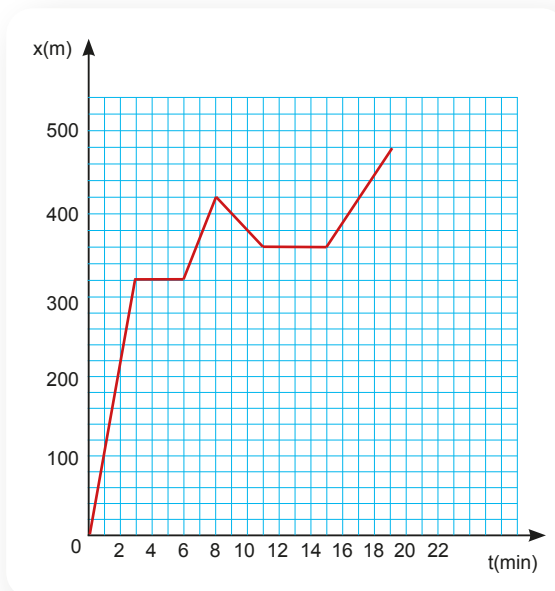


- \* **1** Στο παρακάτω διάγραμμα θέσης - χρόνου αναπαρίσταται η κίνηση ενός ποδηλάτη σε διάφορες χρονικές στιγμές.



- α) Σε ποιο χρονικό διάστημα η ταχύτητα του ποδηλάτη είναι μεγαλύτερη;  
β) Πόση είναι η ταχύτητα του ποδηλάτη τη χρονική στιγμή 6 s;

- \*\* **2** Στο παρακάτω διάγραμμα θέσης - χρόνου αναπαρίσταται η κίνηση ενός μαθητή από το σπίτι του προς το σχολείο.



Ομαλή κίνηση σε  
διάγραμμα x - t



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα



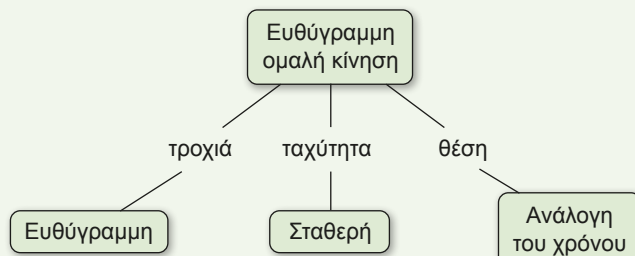
Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

Ο μαθητής ξεκίνησε από το σπίτι του τη χρονική στιγμή 0. Κάποια στιγμή ο μαθητής χρειάστηκε να περιμένει έναν συμμαθητή του και κάποια άλλη στιγμή χρειάστηκε να γυρίσει προς τα πίσω, για να αγοράσει ένα μολύβι από το χαρτοπωλείο που πριν λίγο είχε προσπεράσει. Στη συνέχεια κινήθηκε και πάλι προς το σχολείο του.

- α) Πόσο χρόνο έκανε ο μαθητής για να φτάσει στο σχολείο;
- β) Πόσο απέχει το σχολείο από το σπίτι του μαθητή;
- γ) Για πόσο χρόνο περίμενε τον συμμαθητή του;
- δ) Ποια στιγμή ξεκίνησε ο μαθητής να επιστρέφει προς το χαρτοπωλείο;
- ε) Πόσο χρόνο παρέμεινε ο μαθητής στο χαρτοπωλείο;
- στ) Με ποια ταχύτητα κινείται ο μαθητής προς το σχολείο μετά την έξοδό του από το χαρτοπωλείο;

## Σύνοψη ενότητας

Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ονομάζεται η κίνηση στην οποία ένα σώμα διαγράφει ευθεία τροχιά και σε ίσους χρόνους διανύει ίσα διαστήματα. Η ταχύτητα παραμένει σταθερή και η θέση του σώματος είναι ανάλογη με τον χρόνο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

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

**3.1** Βαρυτική δύναμη

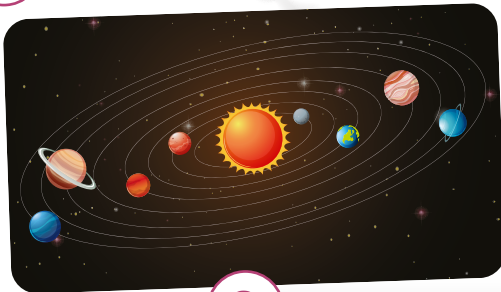
**3.2** Δυνάμεις αλληλεπίδρασης σωμάτων σε επαφή

**3.3** Δυνάμεις επαφής σώματος με ρευστά, Άνωση

Λέξεις-κλειδιά: βαρύτητα, παγκόσμια έλξη

!?

1



2



3



- Πώς ονομάζεται η δύναμη που διατηρεί τους πλανήτες σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο; (εικόνα 1)
- Πώς ονομάζεται η δύναμη που ασκείται στο μήλο, με αποτέλεσμα να πέσει στο έδαφος; (εικόνα 2)
- Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η δύναμη που ασκεί ο Ήλιος στη Γη; (εικόνα 3)



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Ποιοτική μελέτη του νόμου της παγκόσμιας έλξης

Συνδεθείτε στην προσομοίωση «Νόμος της παγκόσμιας έλξης». Στην εφαρμογή εμφανίζονται οι βαρυτικές δυνάμεις ανάμεσα σε δύο μάζες.

Δοκιμάστε να μεταβάλετε την τιμή της μάζας κάθε σφαίρας, καθώς και τη μεταξύ τους απόσταση. Υπογραμμίστε τις σωστές απαντήσεις παρακάτω, με βάση τις παρατηρήσεις σας για τις βαρυτικές δυνάμεις που κάθε φορά ασκούνται στις σφαίρες.



Νόμος της παγκόσμιας έλξης

ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ

$m_1$        $m_2$   
 $r = 4 \text{ m}$   
 $m_1 = 100 \text{ kg}$   
 $m_2 = 300 \text{ kg}$   
 $F = 0.0000001251431 \approx 1.25 \times 10^{-7} \text{ N}$

Μεγέθυνση Διανυσμάτων Δύναμης

$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$	1	10	40	100	400	1000
----------------	----------------	---	----	----	-----	-----	------

Επιλογή Απόστασης

- 2 m
- 4 m
- 6 m
- 8 m

A. Οι δυνάμεις ανάμεσα στις μάζες:

- α) έχουν το ίδιο μέτρο / έχουν διαφορετικό μέτρο
- β) έχουν ίδια κατεύθυνση / έχουν αντίθετη κατεύθυνση
- γ) είναι ελκτικές / είναι απωστικές / είναι άλλοτε ελκτικές και άλλοτε απωστικές

B. Το μέτρο των δυνάμεων αυξάνεται, όταν:

- α) αυξάνουμε οποιαδήποτε μάζα / μειώνουμε οποιαδήποτε μάζα
- β) αυξάνουμε τη μεταξύ τους απόσταση / μειώνουμε τη μεταξύ τους απόσταση

Γιατί οι δυνάμεις είναι διαρκώς αντίθετες;

.....

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Ποσοτική μελέτη του νόμου της παγκόσμιας έλξης

A. Σχέση βαρυτικής δύναμης και μάζας

Τοποθετήστε τις δύο μάζες ( $m_1$  και  $m_2$ ) σε μια σταθερή απόσταση (έστω  $r = 4 \text{ m}$ ). Αφού μεταβάλετε την τιμή της  $m_1$ , κρατώντας την  $m_2$  σταθερή (έστω  $m_2 = 300 \text{ kg}$ ), συμπληρώστε τον πίνακα με τις αντίστοιχες τιμές της δύναμης  $F$ . Υπολογίστε τον λόγο της δύναμης προς τη μάζα κάθε φορά.

$m_1(\text{kg})$	$F(\times 10^{-7} \text{ N})$	$\frac{F}{m_1}(\times 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{kg}})$
100		
200		
300		

Θυμάμαι ότι...

...δύο ποσά είναι ανάλογα, όταν έχουν σταθερό λόγο.

ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ

Μπορείτε να διαπιστώσετε διαφορά, αν κρατώντας σταθερή την  $m_1$  μεταβάλετε την  $m_2$ ;

.....

Παρατηρώντας τις τιμές του πίνακα, συμπληρώστε την πρόταση:

Η βαρυτική δύναμη που αναπτύσσεται ανάμεσα στις σφαίρες είναι ..... με τις μάζες των σφαιρών.

**B. Σχέση βαρυτικής δύναμης και απόστασης**

Διατηρώντας σταθερή την τιμή των μαζών (έστω  $m_1 = m_2 = 100 \text{ kg}$ ), μεταβάλετε την απόστασή τους. Για τις αποστάσεις που αναγράφονται στον πίνακα, συμπληρώστε τις αντίστοιχες τιμές της δύναμης και υπολογίστε κάθε φορά το γινόμενο της δύναμης με το τετράγωνο της απόστασης.

$r(\text{m})$	$r^2(\text{m}^2)$	$F(\times 10^{-8} \text{ N})$	$F \cdot r^2(\times 10^{-8} \text{ N} \cdot \text{m}^2)$
4			
6			
8			

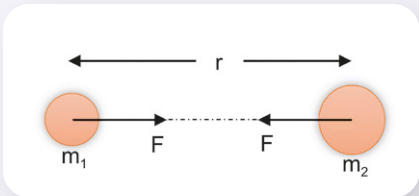
**Θυμάμαι ότι...**  
 ...δύο ποσά είναι αντιστρόφως ανάλογα, όταν έχουν σταθερό γινόμενο.

Παρατηρώντας τις τιμές του πίνακα, συμπληρώστε την πρόταση:

Η βαρυτική δύναμη που αναπτύσσεται ανάμεσα στις σφαίρες είναι ..... με το ..... της απόστασης των σφαιρών.



- Η **ιδιότητα της μάζας** να αντιστέκεται στη μεταβολή της κινητικής της κατάστασης ονομάζεται αδράνεια (όπως είδαμε σε προηγούμενη ενότητα). Για τον λόγο αυτό πολλές φορές την αναφέρουμε ως **αδρανειακή μάζα**. Σε αυτή την ενότητα είδαμε την ιδιότητα που έχει κάθε μάζα να ασκεί βαρυτική δύναμη σε οποιαδήποτε άλλη μάζα. Για τον λόγο αυτό την αναφέρουμε ως **βαρυτική μάζα**. Μέχρι σήμερα αποδεικνύεται ότι οι δύο αυτές μάζες συμπίπτουν.
- Ο **νόμος της παγκόσμιας έλξης** αναφέρει ότι η βαρυτική δύναμη που ασκείται ανάμεσα σε δύο μάζες  $m_1$  και  $m_2$  είναι πάντα ελκτική, είναι ανάλογη του γινομένου των μαζών και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης  $r$ . Το μέτρο της δίνεται από τη σχέση:



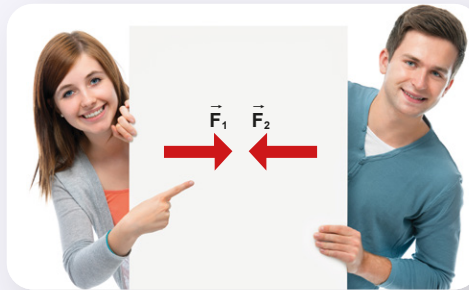
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

όπου  $G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$  η σταθερά της παγκόσμιας έλξης.



Οι βαρυτικές δυνάμεις βρίσκονται πάνω στην ευθεία που διέρχεται από τα κέντρα των σωμάτων και αποτελούν ζεύγος δράσης - αντίδρασης.

- Η βαρυτική δύναμη έχει παγκόσμιο χαρακτήρα και ισχύει για τις δυνάμεις μεταξύ μαζών σε ολόκληρο το σύμπαν (είτε βρίσκονται στη Γη είτε στο διάστημα). Όμως, για να γίνει αντιληπτή η βαρυτική δύναμη, πρέπει οι μάζες να είναι πολύ μεγάλες. Στην καθημερινότητά μας αντιλαμβανόμαστε μόνο τη δύναμη που δεχόμαστε από τη Γη (το βάρος μας) και όχι από τα αντικείμενα γύρω μας, καθώς είναι πάρα πολύ μικρή. Για παράδειγμα, δύο άνθρωποι με μάζες 70 kg και 60 kg αντίστοιχα έλκονται με βαρυτική δύναμη μέτρου 0,0000003 N περίπου!



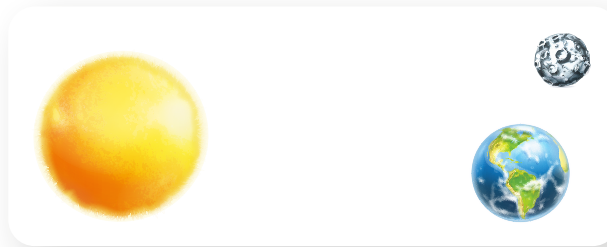
### Η βαρύτητα μιας μαύρης τρύπας...

Οι μαύρες τρύπες είναι ουράνια σώματα με πολύ μεγάλη μάζα συγκεντρωμένη σε πολύ μικρό χώρο και συνεπώς με τεράστια πυκνότητα. Οι βαρυτικές δυνάμεις που ασκούν είναι τόσο μεγάλες, ώστε «καταπίνουν» οτιδήποτε βρίσκεται γύρω τους, ενώ ακόμη και το φως κοντά σε αυτές δεν μπορεί να ξεφύγει από τη βαρύτητά τους. Γίνονται αντιληπτές καθώς σε σχέση με τον γύρω χώρο τους δεν εμφανίζεται καθόλου φως στην περιοχή που βρίσκονται.

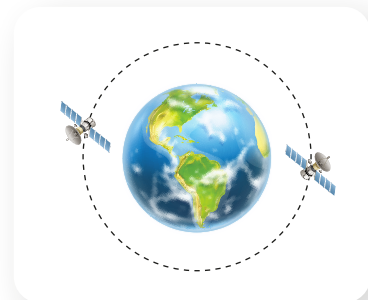




- 1 Με βάση τις τιμές της βαρυτικής δύναμης που είδατε στην εφαρμογή της δραστηριότητας 1, μπορείτε να εξηγήσετε για ποιο λόγο οι βαρυτικές δυνάμεις ανάμεσα σε εμάς και τα αντικείμενα γύρω μας δε γίνονται αντιληπτές;
- 2 Να σχεδιάσετε τις βαρυτικές δυνάμεις ανάμεσα στα ουράνια σώματα Ήλιος - Γη, Ήλιος - Σελήνη και Γη - Σελήνη του σχήματος.



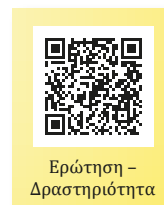
- 3 Να σχεδιάσετε τις βαρυτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στη Γη και τον δορυφόρο, καθώς αυτός κινείται σε τροχιά γύρω από τη Γη.



- \* 4 Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση σε καθεμία από τις παρακάτω προτάσεις.
  - α) Αν η Γη είχε διπλάσια μάζα και βρισκόταν στην ίδια τροχιά που βρίσκεται τώρα, τότε το μέτρο της βαρυτικής δύναμης που θα δεχόταν από τον Ήλιο θα ήταν:
 

i) ίδιο	ii) διπλάσιο	iii) μισό	iv) τετραπλάσιο
---------	--------------	-----------	-----------------
  - β) Αν η Γη βρισκόταν σε διπλάσια απόσταση από τον Ήλιο σε σχέση με τη σημερινή τροχιά της, τότε το μέτρο της βαρυτικής δύναμης που θα δεχόταν από τον Ήλιο θα ήταν:
 

i) ίδιο	ii) διπλάσιο	iii) μισό	iv) υποτετραπλάσιο
---------	--------------	-----------	--------------------



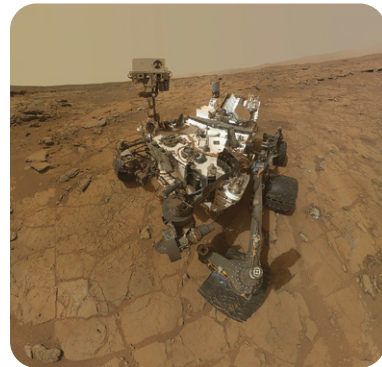
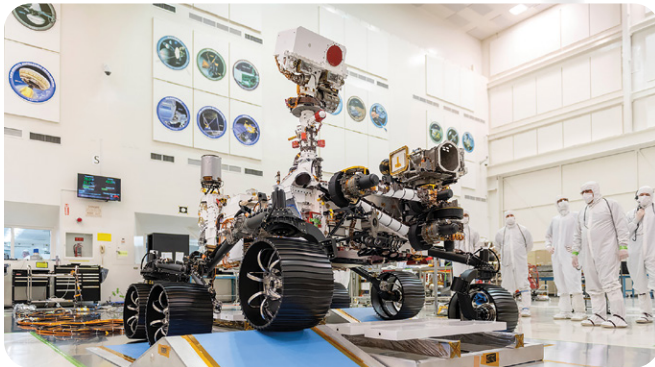
# 3.1β

## Το βάρος, Διαφορές μάζας – βάρους

Λέξεις-κλειδιά: βάρος, ένταση πεδίου βαρύτητας

!?

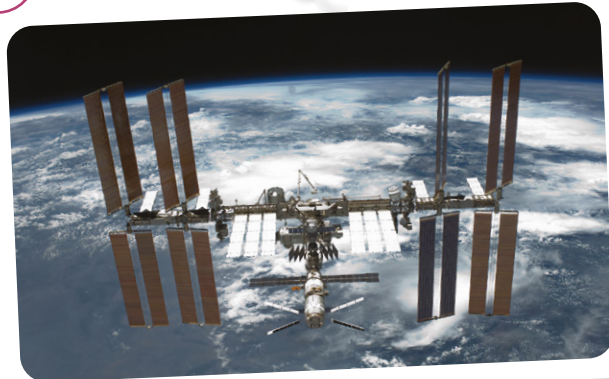
1



2



3



- Το διαστημικό όχημα Perseverance (Επιμονή), που στάλθηκε στον πλανήτη Άρη, ζυγίζει στη Γη 1.025 kg. Αλλάζει η μάζα του ή το βάρος του στον Άρη; (εικόνα 1)
- Η ζυγαριά της εικόνας 2 δείχνει ένδειξη 70 kg. Είναι το βάρος ή η μάζα της κοπέλας;
- Ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός (ISS) βρίσκεται σε ύψος 400 km (περίπου) από την επιφάνεια της Γης. Το βάρος και η μάζα ενός αντικειμένου στον ISS έχουν τις ίδιες τιμές με τις αντίστοιχες στη Γη; (εικόνα 3)



**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Το βάρος συνδέεται με τον νόμο της παγκόσμιας έλξης – Ποιοτική μελέτη**

Να σχεδιάσετε τις βαρυτικές δυνάμεις που ασκεί η Γη:

- α) στη Σελήνη,
- β) στον δορυφόρο,
- γ) στο μήλο που βρίσκεται στην επιφάνειά της.



Συμπληρώστε με λέξη ή φράση την παρακάτω πρόταση:

Στη Σελήνη, στον δορυφόρο και στο μήλο ασκείται

..... δύναμη από τη Γη. Τη βαρυτική δύναμη

που δέχεται από τη Γη το μήλο, καθώς και όλα τα αντικείμενα που βρίσκονται κοντά στην επιφάνειά της,

συνήθως την ονομάζουμε **βάρος** και έχει κατεύθυνση .....

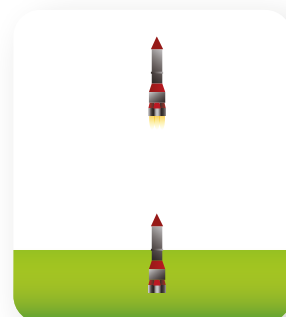
**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Το βάρος εξαρτάται από το ύψος**

Να σχεδιάσετε τη βαρυτική δύναμη (βάρος) που δέχεται ο πύραυλος στις δύο θέσεις που φαίνονται στο σχήμα.

Συμπληρώστε τα κενά με τις λέξεις: *αυξάνεται, μειώνεται.*

Καθώς ο πύραυλος ανυψώνεται, η δύναμη που δέχεται από τη Γη .....

γιατί ..... η απόσταση του πυραύλου από το κέντρο της Γης.

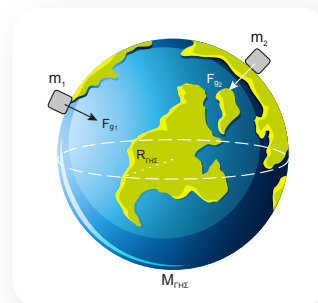


**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Το βάρος συνδέεται με τον νόμο της παγκόσμιας έλξης – Ποσοτική μελέτη**

Σύμφωνα με τον νόμο της παγκόσμιας έλξης, να συμπληρώσετε τους όρους που λείπουν για τη βαρυτική δύναμη (το βάρος) που δέχονται οι δύο μάζες (έστω  $m_1$  και  $m_2$ ) οι οποίες βρίσκονται στην επιφάνεια της Γης. Θα συμβολίζουμε το βάρος με  $F_g$  ή  $w$ .

$$F_{g1} = \square \cdot \frac{\square \cdot m_1}{\square^2} = g \cdot m_1 = m_1 \cdot g$$

$$F_{g2} = \square \cdot \frac{\square \cdot m_2}{\square^2} = g \cdot m_2 = m_2 \cdot g$$



Ο κοινός όρος είναι το  $g = G \frac{M_{\Gamma\eta\varsigma}}{R_{\Gamma\eta\varsigma}^2}$  και ονομάζεται «ένταση του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης».

ΕΡ

ΜΑΘ

ΕΡ

ΜΑΘ

ΕΡ

ΜΑΘ

ΕΡ

ΜΑΘ

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4: Διαφορές μάζας – βάρους**

Συζητήστε με τους συμμαθητές/τις συμμαθήτριάς σας και τον καθηγητή ή την καθηγήτριά σας και σημειώστε με ✓ σε κάθε περίπτωση την περιγραφή που αντιστοιχεί στη μάζα ή στο βάρος.

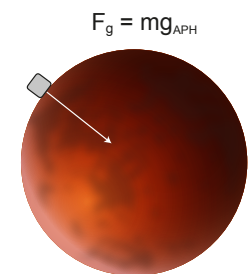
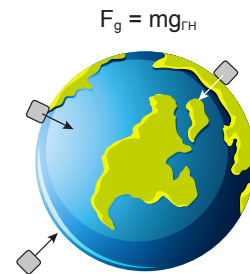
	Βάρος	Μάζα
Εκφράζει την αδράνεια ενός σώματος.		
Έχει μονάδα μέτρησης στο S.I. το 1 N.		
Είναι μέγεθος μονόμετρο (δεν έχει κατεύθυνση).		
Δεν αλλάζει η τιμή του αν το σώμα μεταφερθεί σε άλλο τόπο (π.χ. στη Σελήνη).		
Έχει μονάδα μέτρησης στο S.I. το 1 kg.		
Εκφράζει τη δύναμη με την οποία έλκει η Γη (ή κάποιο άλλο σώμα, π.χ. η Σελήνη) το σώμα.		
Αλλάζει η τιμή αν το σώμα μεταφερθεί σε άλλο τόπο (π.χ. στη Σελήνη).		
Είναι μέγεθος διανυσματικό (έχει κατεύθυνση).		



- **Βάρος ενός σώματος** ονομάζουμε τη βαρυτική δύναμη που ασκεί η Γη στο σώμα. Το βάρος ενός σώματος έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της Γης. Μπορούμε να γενικεύσουμε την έννοια του βάρους ενός σώματος και για άλλα ουράνια σώματα. Αν το σώμα βρίσκεται, για παράδειγμα, στη Σελήνη, τότε αναφερόμαστε σε σεληνιακό βάρος, δηλαδή τη βαρυτική δύναμη που ασκεί η Σελήνη στο σώμα. Το μέτρο του βάρους  $F_g$  σώματος μάζας  $m$  εξαρτάται από την ένταση του πεδίου βαρύτητας  $g$  (ονομάζεται και «επιτάχυνση της βαρύτητας») στο σημείο που βρίσκεται το σώμα και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$F_g = mg$$

- Αν το σώμα βρίσκεται στην επιφάνεια άλλου ουράνιου σώματος, π.χ. στον πλανήτη Άρη, το βάρος του σώματος είναι  $F_g = mg_{\text{Αρη}}$ , όπου  $g_{\text{Αρη}}$  η επιτάχυνση της βαρύτητας στον Άρη.
- Η τιμή της έντασης της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης αυξάνεται καθώς μεταβαίνουμε από τον ισημερινό στους πόλους και μειώνεται με το ύψος από την επιφάνεια της Γης. Οι μεταβολές είναι σχετικά μικρές και για τον λόγο αυτό θεωρούμε ότι για όλες τις θέσεις



ή μέχρι ύψους μερικών χιλιομέτρων έχει περίπου την τιμή  $g = 9,8 \text{ N / kg}$ . Συνήθως στην επίλυση των προβλημάτων χρησιμοποιούμε την τιμή  $g = 10 \text{ N / kg}$  (ή την ισοδύναμη μονάδα της  $10 \text{ m / s}^2$ ).

- Η μάζα και το βάρος χρησιμοποιούνται πολλές φορές στην καθημερινή γλώσσα χωρίς να γίνεται διάκριση. Στη Φυσική όμως είναι δύο διαφορετικές έννοιες.

Η **μάζα** ενός σώματος είναι η ποσότητα της ύλης που περιέχεται σε αυτό και εκφράζει την αδράνεια του σώματος. Είναι μονόμετρο μέγεθος και δε μεταβάλλεται η τιμή της κατά τη μεταφορά του σώματος σε άλλο τόπο ή αλλού στο σύμπαν. Η μονάδα μέτρησής της στο S.I. είναι το 1 kg.

Το **βάρος** ενός σώματος είναι η δύναμη με την οποία έλκει η Γη το σώμα. Είναι διανυσματικό μέγεθος και το μέτρο του καθορίζεται από τη θέση στην οποία βρίσκεται το σώμα. Η μονάδα μέτρησής του στο S.I. είναι το 1 N.



### Το βάρος σε άλλους πλανήτες...

Δοκιμάστε με την προσομοίωση «Βάρος σε άλλους πλανήτες» να ελέγξετε το βάρος μιας μάζας (π.χ. 2 kg) σε διάφορους πλανήτες, καθώς και στη Σελήνη.

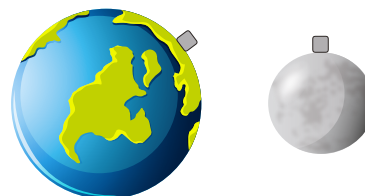


Βάρος σε άλλους πλανήτες



- 1 Ένα κιβώτιο έχει μάζα στη Γη 500 g.
  - α) Ποια είναι η μάζα του στη Σελήνη;
  - β) Να σχεδιάσετε και να υπολογίσετε το μέτρο του βάρους του:
    - i) στη Γη,    ii) στη Σελήνη.

Δίνονται:  $g_{Γη} = 10 \text{ N / kg}$  και  $g_{Σελήνη} = 16 \text{ N / kg}$ .



- 2 Ένα κιβώτιο έχει μάζα 2 kg και βρίσκεται ακίνητο πάνω σε ένα τραπέζι.
  - α) Να σχεδιάσετε και να υπολογίσετε το βάρος του.
  - β) Με βάση τις προηγούμενες γνώσεις σας, ασκείται κάποια άλλη δύναμη στο κιβώτιο εκτός από το βάρος;
  - γ) Αν ναι, να σχεδιάσετε και να υπολογίσετε την άλλη δύναμη που ασκείται στο κιβώτιο.

Θεωρήστε ότι  $g = 10 \text{ N / kg}$ .



Ερώτηση – Δραστηριότητα



Ερώτηση – Δραστηριότητα

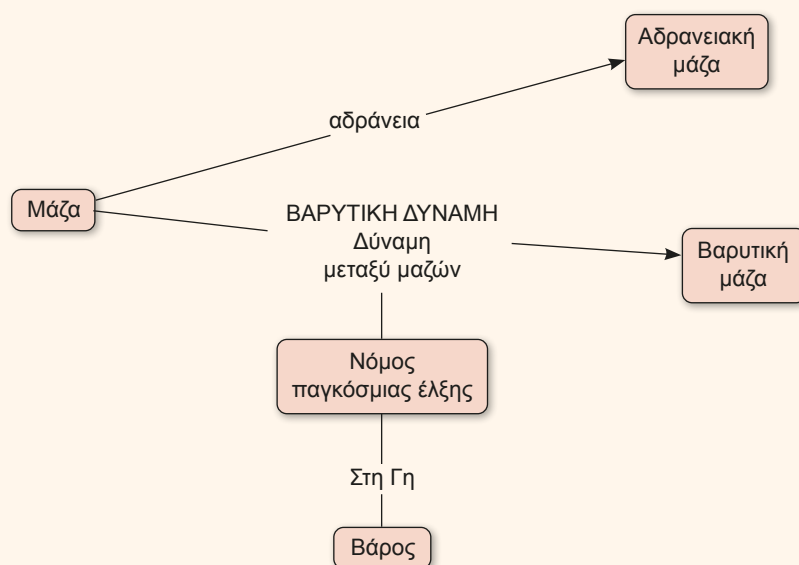
## Σύνοψη ενότητας

**Αδρανειακή μάζα:** εκφράζει την ιδιότητα της μάζας να αντιστέκεται στη μεταβολή της κινητικής της κατάστασης.

**Βαρυτική μάζα:** εκφράζει την ιδιότητα που έχει η μάζα να ασκεί βαρυτική δύναμη σε οποιαδήποτε άλλη μάζα.

**Νόμος της παγκόσμιας έλξης:** Η βαρυτική δύναμη που ασκείται ανάμεσα σε δύο μάζες είναι πάντα ελκτική, ανάλογη του γινομένου των μαζών και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης.

**Βάρος** ενός σώματος ονομάζουμε τη βαρυτική δύναμη που ασκεί η Γη στο σώμα αυτό και έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της. Το βάρος εξαρτάται από την ένταση του πεδίου βαρύτητας.



## Παλιρροϊκά φαινόμενα

Σε παραθαλάσσια μέρη, κάθε πρωί μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι τα νερά της θάλασσας είναι «τραβηγμένα» και η θάλασσα είναι πιο ρηχή. Αντίθετα, το μεσημέρι η θάλασσα είναι «φουσκωμένη» και πιο βαθιά. Το φαινόμενο αυτό επαναλαμβάνεται άλλη μία φορά το απόγευμα και το βράδυ. Δύο φορές μέσα στην ημέρα η θάλασσα είναι πιο βαθιά (υπάρχει πλημμυρίδα) και δύο φορές είναι πιο ρηχή (υπάρχει άμπωτη). Κάποιες ημέρες το φαινόμενο είναι πιο έντονο (κατά την πανσέληνο) και κάποιες φορές λιγότερο έντονο (κατά την ημισέληνο).

Η αιτία για τη δημιουργία των παλιρροιών είναι οι βαρυτικές δυνάμεις μεταξύ της Γης και των μεγάλων ουράνιων σωμάτων που είναι κοντά της. Και ενώ ο Ήλιος είναι ένα σώμα με τεράστια μάζα, η επίδρασή του στα παλιρροϊκά φαινόμενα της Γης είναι σχετικά μικρή λόγω της μεγάλης απόστασής του από αυτήν. Αντίθετα, επειδή η Σελήνη είναι σε πολύ κοντινή απόσταση από τη Γη, τα αποτελέσματα στα παλιρροϊκά φαινόμενα σε αυτή είναι δύο περίπου φορές πιο έντονα από τα αντίστοιχα του Ήλιου.

Οι δυνάμεις που ασκούνται από τη Σελήνη στη Γη είναι μεγαλύτερες σε μάζες που είναι πλησιέστερες στη Σελήνη. Έτσι, η θαλάσσια μάζα πάνω από την οποία μεσουρανει η Σελήνη δέχεται πολύ μεγαλύτερες δυνάμεις από ό,τι οι περιοχές στις οποίες δεν είναι πολύ κοντά η Σελήνη. Δυνάμεις φυσικά ασκούνται και στον στερεό φλοιό της Γης, που προσεγγίζει και αυτός τη Σελήνη, με αποτέλεσμα να μετατοπίζονται οι θαλάσσιες μάζες που βρίσκονται στην αντίθετη μεριά από τη Σελήνη. Με τον τρόπο αυτό η υδρόσφαιρα αποκτά ένα ελαφρώς ελλειπτικό σχήμα, του οποίου η μορφή μεταβάλλεται ακολουθώντας την τροχιά της Σελήνης.



Καθώς η Γη ολοκληρώνει μια περιστροφή μέσα σε μία ημέρα, κάθε περιοχή της Γης θα έχει δύο φορές ανύψωση υδάτων (πλημμυρίδα) και δύο φορές υποχώρησή τους (άμπωτη).

Επειδή η περιστροφή της Γης γίνεται από τη δύση προς την ανατολή, η παραμόρφωση της υδρόσφαιρας γίνεται από την ανατολή προς τη δύση. Έτσι, στο μέρος της Γης που μεσουρανεί η Σελήνη (και στο ακριβώς αντίθετό της από την άλλη μεριά της Γης) δημιουργείται ένα τεράστιο σε εύρος και όγκο κύμα που ανυψώνει τη στάθμη των ωκεανών και κινείται με αντίθετη διεύθυνση ως

προς την περιστροφή της Γης, ακολουθώντας τη Σελήνη. Όταν παρεμβάλλονται ήπειροι, η πορεία του κύματος αυτού παρεμποδίζεται και, ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους, δημιουργούνται σε ορισμένες περιοχές πολύ έντονα παλιρροϊκά φαινόμενα, όπως στον κόλπο Fundy του Καναδά, όπου η διαφορά ύψους του νερού μεταξύ πλημμυρίδας και άμπωτης είναι 17 m.



Γεωλογικοί σχηματισμοί στον κόλπο Fundy του Καναδά

## Μαύρες τρύπες

Η μαύρη τρύπα είναι μια περιοχή του σύμπαντος (αποτελεί έναν χώρο) όπου κάποια χρονική στιγμή (σε δεδομένο χρόνο) έχει δημιουργηθεί ένα ισχυρότατο πεδίο, με αποτέλεσμα να ασκούνται ισχυρότατες δυνάμεις (βαρυτικές) οι οποίες δεν επιτρέπουν να διαφύγει από το πεδίο κανένα σώμα, σωματίδιο, ή ακόμα και φωτόνιο (φως). Συνεπώς η προσέγγιση ενός σώματος ή ενός σωματιδίου ή ενός φωτονίου σε μια μαύρη τρύπα οδηγεί σε ισχυρότατη έλξη προς το εσωτερικό της και η είσοδος σε αυτή είναι χωρίς επιστροφή.

Η περιοχή αυτή του χωροχρόνου δεν εκπέμπει ορατή ακτινοβολία και στις παρατηρήσεις μας αποτυπώνεται ως ένα σκοτεινό σημείο στο σύμπαν.

Η έννοια μαύρη τρύπα προτάθηκε το 1967 από τον Αμερικανό αστρονόμο και θεωρητικό φυσικό John Wheeler. Ήδη όμως το 1915 ο Einstein στη γενική θεωρία της σχετικότητας είχε προβλέψει την ύπαρξή της. Η πρώτη παρατήρηση μαύρης τρύπας έγινε το 1965, όταν καταγράφηκαν σε ραδιοτηλεσκόπιο ακτινοβολίες που προέρχονταν από περιοχή του διαστήματος στο οποίο 1.000 χρόνια νωρίτερα είχε παρατηρηθεί έκρηξη ενός αστέρα σούπερ νόβα.

Θεωρείται ότι η μαύρη τρύπα είναι η κατάληξη ενός μεγάλου γερασμένου άστρου (τουλάχιστον τρεις φορές μεγαλύτερου από ό,τι ο Ήλιος μας) και είναι αποτέλεσμα της κατάρρευσής του. Στην τελευταία φάση της ζωής του άστρου οι βαρυτικές δυνάμεις μεταξύ των συστατικών του υπερνικούν όλες τις απωστικές δυνάμεις που συγκρατούσαν το άστρο και οδηγούν σε τεράστια συμπίκνωση του υλικού του, περισσότερο ακόμα και από έναν αστέρα νετρονίων.

Για να αντιληφθούμε το μέγεθος της συμπίεσης που υφίσταται η ύλη, αν θεωρήσουμε ότι η Γη μας συρρικνωνόταν για να μετατραπεί σε μαύρη τρύπα, τότε ο όγκος της θα γινόταν όσο ένα κεράσι. Η βαρυτική δύναμη στην επιφάνειά της θα γινόταν τόσο μεγάλη, που η ταχύτητα διαφυγής ενός σώματος από το πεδίο της θα προσέγγιζε την ταχύτητα του φωτός.



## 3.2.1

Η κάθετη  
δράση – αντίδραση

Λέξεις-κλειδιά: ζεύγος δυνάμεων, αντίδραση

!?

1



2



- Ποια δύναμη και από ποιο σώμα ασκήθηκε στον αθλητή της εικόνας 1 και τον βοήθησε να κάνει άλμα;
- Ποιες δυνάμεις ασκούνται στη μολυβοθήκη της εικόνας 2, όταν ισορροπεί πάνω στο γραφείο;

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ: Κάθετη αντίδραση μεταξύ επιφανειών επαφής σωμάτων**

α) Κρατήστε με την παλάμη του χεριού σας σε οριζόντια θέση ένα βιβλίο.

Ποια δύναμη συγκρατεί το βιβλίο; Να τη σχεδιάσετε.  
.....

Τοποθετήστε και δεύτερο βιβλίο πάνω στο αρχικό.

Ασκείται ίση δύναμη με πριν; .....

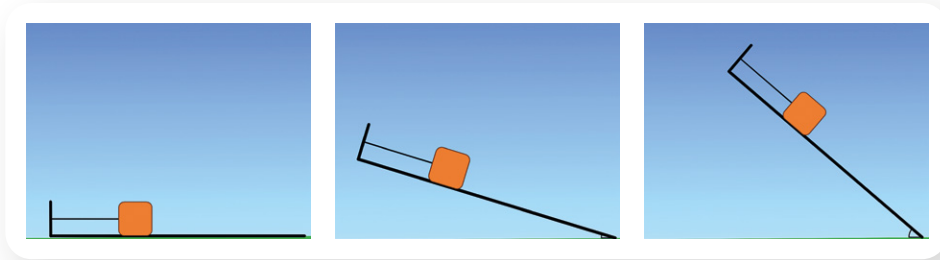
Να σχεδιάσετε τη δύναμη που ασκείται από την παλάμη στο κάτω βιβλίο.



ΠΕ

ΜΑΘ

β) Σχεδιάστε την κάθετη αντίδραση που ασκείται από το δάπεδο στο κιβώτιο στις 3 διαφορετικές κλίσεις του δαπέδου.



Ανοίξτε την προσομοίωση «Κάθετη αντίδραση» και περιστρέψτε το κεκλιμένο επίπεδο, παρακολουθώντας το μέτρο και την κατεύθυνση της κάθετης αντίδρασης.

Συμφωνούν οι δυνάμεις που σχεδιάσατε με τις αναπαραστάσεις της προσομοίωσης;

.....

Αν υπάρχουν διαφορές, αιτιολογήστε την άποψή σας ώστε να συζητηθεί στην τάξη.

.....

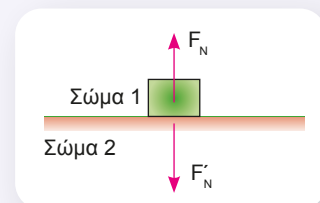
Σπρώξτε τον τοίχο της τάξης και σχεδιάστε την κάθετη αντίδραση από τον τοίχο σε εσάς.



Κάθετη  
αντίδραση



- Όταν δύο σώματα βρίσκονται σε επαφή, ασκείται μεταξύ τους ζεύγος δυνάμεων (δράση – αντίδραση) οι οποίες είναι κάθετες στην επιφάνεια επαφής τους (κάθετες αντιδράσεις). Οι δύο δυνάμεις έχουν ίσα μέτρα.
- Η κάθετη αντίδραση έχει σημείο εφαρμογής στην επιφάνεια επαφής και διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια. Συμβολίζεται συνήθως με  $F_N$ .
- Στο σχήμα η  $F_N$  ασκείται από το δάπεδο (σώμα 2) στο σώμα 1. Αντίστοιχη δύναμη, η  $F'_N$ , ασκείται από το σώμα 1 στο σώμα 2. Οι  $F_N$  και  $F'_N$  έχουν σχέση δράσης – αντίδρασης.





### Βατήρες

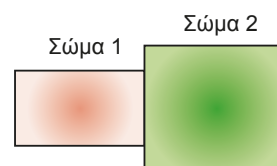
Σε αγώνισμα στίβου μικρών αποστάσεων, για την εκκίνηση των αθλητών τοποθετούνται βατήρες που βοηθούν στη γρήγορη εκκίνησή τους. Ο αθλητής ασκεί δύναμη με το πόδι του στον βατήρα και η κάθετη αντίδραση από τον βατήρα στο πόδι ωθεί τον αθλητή για να ξεκινήσει, όπως φαίνεται στην εικόνα. Όσο δυνατότερο «πάτημα» έχει ένας αθλητής, τόσο μεγαλύτερη είναι η κάθετη αντίδραση που τον βοηθά να ξεκινήσει.



**1** Να σχεδιάσετε την κάθετη αντίδραση που ασκείται στο βιβλίο από το θρανίο.



**2** Το σώμα 1 ασκεί στο σώμα 2 δύναμη  $F_{1,2} = 2 \text{ N}$ . Πόσο είναι το μέτρο της δύναμης  $F_{2,1}$  που ασκείται από το σώμα 2 στο σώμα 1; Να σχεδιάσετε τις δύο δυνάμεις.

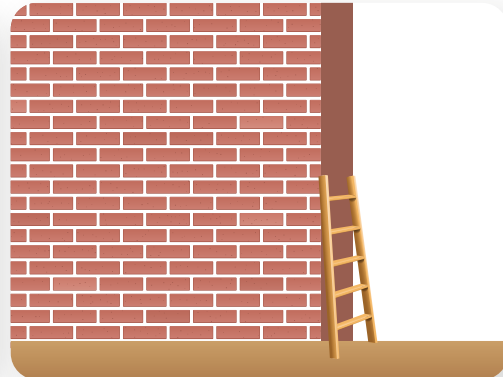
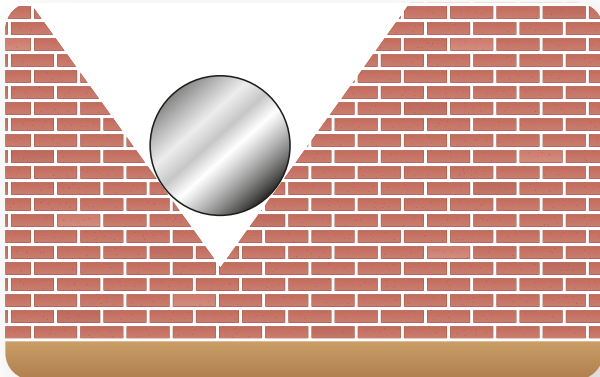


- 3** Σε καθεμία από τις φωτογραφίες να σχεδιάσετε τις κάθετες αντιδράσεις που ασκούνται στις αθλήτριες. Από ποιο σώμα ασκείται η αντίδραση στην κάθε περίπτωση;



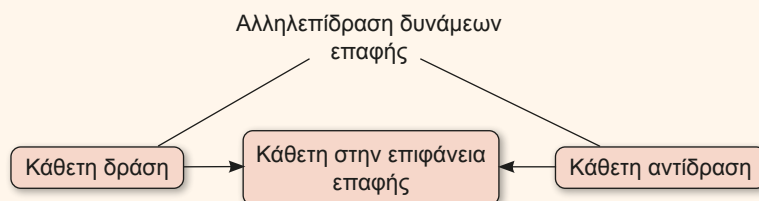
Ερώτηση –  
Δραστηριότητα

- 4** Στα παρακάτω σχήματα να σχεδιάσετε τις κάθετες αντιδράσεις που ασκούνται:  
α) στη σφαίρα,  
β) στη σκάλα.



## Σύνοψη ενότητας

Όταν δύο σώματα βρίσκονται σε επαφή, ασκείται μεταξύ τους ζεύγος δυνάμεων (δράση – αντίδραση) οι οποίες είναι κάθετες στην επιφάνεια επαφής των σωμάτων.



## 3.2.2α

## Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τριβή ολίσθησης

Λέξεις-κλειδιά: τριβή, τριβή ολίσθησης, συντελεστής τριβής ολίσθησης



1



2



3



- Στην εικόνα 1 ή στην εικόνα 2 το αυτοκίνητο σταματάει πιο εύκολα; (Θεωρήστε ότι, καθώς φρενάρει, «μπλοκάρουν» οι τροχοί.)
- Γιατί στην εικόνα 3 σφίγγουμε το ποτήρι με τα δάχτυλα; Ποια είναι η κατεύθυνση της δύναμης που συγκρατεί το ποτήρι για να μην πέσει; Πότε πρέπει να σφίγγουμε περισσότερο το ποτήρι με τα δάχτυλά μας, ώστε να το συγκρατούμε, όταν τα χέρια μας είναι στεγνά ή όταν είναι βρεγμένα;
- Κάποιες φορές οι πόρτες του σπιτιού μας ανοίγουν δύσκολα ή τρίζουν όταν τις ανοίγουμε. Πώς θα μπορούσαμε να μειώσουμε αυτό το τρίξιμο;



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Ο ρόλος της κάθετης αντίδρασης μεταξύ επιφανειών επαφής σωμάτων στη δύναμη της τριβής

Προσπαθήστε να στερεώσετε με το χέρι σας το βιβλίο στον τοίχο. Με το δάχτυλο φροντίζετε η δύναμη που ασκείται στο βιβλίο να είναι οριζόντια, δηλαδή κάθετη στο βιβλίο. Ποια δύναμη δεν αφήνει το βιβλίο να πέσει;

ΠΕ

ΜΑΘ

Σχεδιάστε στο σχήμα:

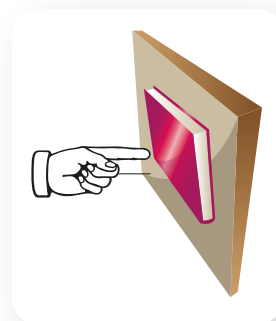
- α) τη δύναμη  $F_N$ , που ασκείται στο βιβλίο σας από τον τοίχο,  
 β) τη δύναμη του βάρους  $F_g$ , που ασκείται στο βιβλίο από τη Γη,  
 γ) τη δύναμη  $F_T$ , που ασκείται από τον τοίχο στο βιβλίο παράλληλα προς την επιφάνεια επαφής τους και εμποδίζει το βιβλίο να πέσει.

Αν μειώσουμε την  $F_N$ , μεταβάλλεται η  $F_T$ ; Πώς μπορούμε να το αντιληφθούμε;

.....

.....

.....



ΠΕ

ΜΑΘ

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τριβή ολίσθησης

Όταν το ένα σώμα ολισθαίνει σε σχέση με το άλλο, η τριβή λέγεται τριβή ολίσθησης.

Θα χρειαστείτε δυναμόμετρο και τα βιβλία σας.

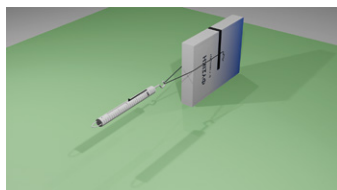
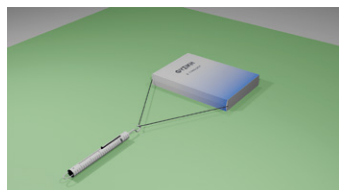
Δουλεύετε μαζί με τον συμμαθητή ή τη συμμαθήτριά σας στο θρανίο σας ως ομάδα.

Επιλέγετε να εξετάσετε έναν από τους παρακάτω παράγοντες, για να διαπιστώσετε αν ο παράγοντας αυτός επηρεάζει την τριβή ολίσθησης ( $F_T$ ) και με ποιον τρόπο.

Παράγοντες: μέγεθος επιφάνειας επαφής, είδος επιφάνειας επαφής, κάθετη αντίδραση.

### A. Μέγεθος επιφάνειας επαφής

Τοποθετήστε ένα χοντρό βιβλίο στο θρανίο με μια κλωστή που περνά ανάμεσα από τις σελίδες του. Σύρετε με τη βοήθεια του δυναμόμετρου, ώστε μόλις να κινείται με σταθερή ταχύτητα. Καταγράψτε την ένδειξη του δυναμόμετρου. Επαναλάβετε άλλες 2 φορές και υπολογίστε τη μέση τιμή. Αλλάξτε την επιφάνεια επαφής του βιβλίου και επαναλάβετε τη διαδικασία.



Μετρήσεις	Δύναμη τριβής στη μεγάλη επιφάνεια του βιβλίου (N)	Δύναμη τριβής στη μικρή επιφάνεια του βιβλίου (N)
Μέτρηση 1η		
Μέτρηση 2η		
Μέτρηση 3η		
Μέση τιμή		

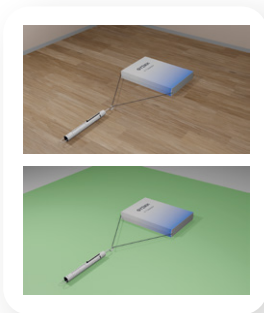
Γράψτε τα συμπεράσματά σας για την εξάρτηση ή όχι της τριβής ολίσθησης από το εμβαδόν της επιφάνειας.

.....

.....

**Β. Είδος επιφάνειας επαφής**

Τοποθετήστε ένα βιβλίο πρώτα στο θρανίο και τραβήξτε το με τη βοήθεια του δυναμόμετρου, ώστε να αρχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα. Καταγράψτε την ένδειξη του δυναμόμετρου. (Πραγματοποιήστε 3 μετρήσεις και υπολογίστε τη μέση τιμή.) Επαναλάβετε τη διαδικασία με το βιβλίο πάνω στο δάπεδο της αίθουσας και στη συνέχεια με το βιβλίο πάνω στην έδρα.



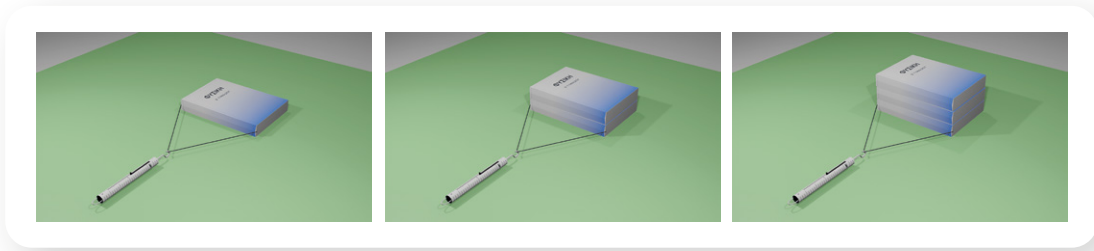
Μετρήσεις	Δύναμη τριβής στην επιφάνεια του θρανίου (N)	Δύναμη τριβής στην επιφάνεια του δαπέδου (N)	Δύναμη τριβής στην επιφάνεια της έδρας (N)
Μέτρηση 1η			
Μέτρηση 2η			
Μέτρηση 3η			
Μέση τιμή			

Γράψτε τα συμπεράσματά σας για την εξάρτηση ή όχι της τριβής ολίσθησης από το είδος της επιφάνειας.

.....

**Γ. Κάθετη αντίδραση**

Τοποθετήστε ένα βιβλίο στο θρανίο και τραβήξτε το με τη βοήθεια του δυναμόμετρου, ώστε μόλις να κινείται με σταθερή ταχύτητα. Καταγράψτε την ένδειξη του δυναμόμετρου στον παρακάτω πίνακα. Επαναλάβετε το πείραμα με δύο και στη συνέχεια με τρία ίδια βιβλία, όπως φαίνεται στο σχήμα. Σχεδιάστε την κάθετη αντίδραση από το έδαφος στο κάτω βιβλίο, με δεδομένο ότι τα βιβλία έχουν το ίδιο βάρος.

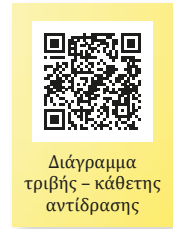
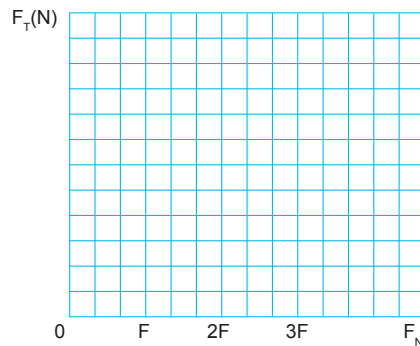


Μετρήσεις	Δύναμη τριβής $F_T(N)$ για:		
	1 βιβλίο Κάθετη αντίδραση $F_N = F$	2 βιβλία Κάθετη αντίδραση $F_N = 2F$	3 βιβλία Κάθετη αντίδραση $F_N = 3F$
Μέτρηση 1η			
Μέτρηση 2η			
Μέτρηση 3η			
Μέση τιμή			

Αποτυπώστε τη σχέση δύναμης τριβής ολίσθησης και κάθετης αντίδρασης στο επόμενο διάγραμμα.

## 3.2.2α

### Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τριβή ολίσθησης



Γράψτε τα συμπεράσματά σας για την εξάρτηση ή όχι της τριβής ολίσθησης από την κάθετη αντίδραση.

.....

.....



- Η **τριβή** είναι μια δύναμη επαφής μεταξύ δύο σωμάτων.

Το σημείο εφαρμογής της τριβής θεωρείται το μέσο της κοινής επιφάνειας επαφής των δύο σωμάτων. Επειδή θεωρούμε ότι τα σώματα έχουν πολύ μικρές διαστάσεις, συχνά στα σχήματα η τριβή εμφανίζεται με σημείο εφαρμογής το κέντρο του σώματος. Η διεύθυνση της τριβής είναι παράλληλη προς την επιφάνεια επαφής των δύο σωμάτων και η φορά της είναι τέτοια, ώστε να εμποδίζει την κίνηση του ενός σώματος σε σχέση με το άλλο.

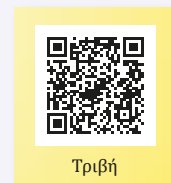
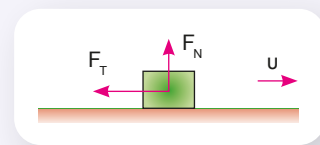
Η δύναμη της τριβής εμφανίζεται όταν το ένα σώμα κινείται ή πρόκειται να κινηθεί σε σχέση με το άλλο. Η εμφάνισή της διαπιστώνεται από τη δυσκολία της κίνησης του ενός σώματος σε σχέση με το άλλο.

- Η τριβή που εμφανίζεται όταν το ένα σώμα κινείται σε σχέση με το άλλο ονομάζεται τριβή ολίσθησης. Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η **τριβή ολίσθησης** είναι το είδος των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή και η κάθετη αντίδραση στην επιφάνεια επαφής των σωμάτων.

Η τριβή ολίσθησης δεν εξαρτάται από το μέγεθος της επιφάνειας επαφής.

Η μαθηματική σχέση από την οποία υπολογίζεται η τριβή ολίσθησης  $F_T$  είναι:

$$F_T = \mu F_N$$

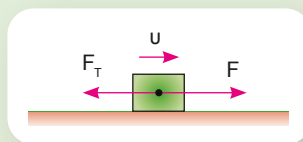


όπου  $\mu$  ο συντελεστής τριβής ολίσθησης που εξαρτάται από το είδος των επιφανειών και  $F_N$  η κάθετη αντίδραση μεταξύ των επιφανειών. Ο συντελεστής τριβής ολίσθησης  $\mu$  δεν έχει μονάδες μέτρησης, δηλαδή είναι καθαρός αριθμός.



### Κίνηση σωμάτων με σταθερή ταχύτητα

Μια μεγάλη παρανόηση που δημιουργείται είναι ότι, για να κινηθεί ένα σώμα με **σταθερή ταχύτητα**, πρέπει να ασκείται σε αυτό σταθερή δύναμη. Στην περίπτωση αυτή, λανθασμένα αγνοείται η δύναμη της τριβής που αναπόφευκτα ασκείται στο κινούμενο σώμα. Όταν σε κινούμενο σώμα ασκείται σταθερή δύναμη ίση σε μέτρο και αντίθετη σε κατεύθυνση από τη δύναμη της τριβής, τότε η συνισταμένη τους είναι μηδέν και το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα.



### Με την τριβή εκλύεται θερμότητα

Η τριβή είναι μια δύναμη που μεταμορφώνει κινητική ενέργεια σε θερμική. Το φαινόμενο αυτό αξιοποιήθηκε από τον άνθρωπο για αύξηση της θερμοκρασίας σωμάτων ή και για την ανάφλεξή τους. (Η τριβή μεταξύ ξύλων θεωρείται από τους πρώτους τρόπους ανάμματος φωτιάς από τον άνθρωπο.)



Εντυπωσιακό είναι το φαινόμενο της ανάφλεξης ουράνιων σωμάτων που εισέρχονται στην ατμόσφαιρα της Γης λόγω τριβής με τα άτομα της ατμόσφαιρας. Αν δεν υπήρχε ατμόσφαιρα και συνεπώς αν δεν υπήρχαν δυνάμεις τριβής, δε θα γινόταν ανάφλεξη των μετεώρων, δε θα συρρικνωνόταν η μάζα τους και θα έπεφταν στο έδαφος προκαλώντας τεράστιους κρατήρες, όπως παρατηρείται στη Σελήνη, όπου δεν υπάρχει ατμόσφαιρα.



### Λίπανση για τη μείωση της τριβής

Πολλές φορές θέλουμε να μειώσουμε τις τριβές που εμφανίζονται μεταξύ επιφανειών που τρίβονται μεταξύ τους, όπως τα μηχανικά μέρη ενός κινητήρα αυτοκινήτου. Για τον λόγο αυτό καλύπτουμε τις επιφάνειες με κατάλληλο λιπαντικό υλικό, όπως ο γρασογραφίτης, η βαλβολίνη, το λάδι μηχανής κ.ά. Το λιπαντικό σώμα μειώνει τον συντελεστή τριβής ολίσθησης των επιφανειών.



### Τριβή και αρθρώσεις

Οι κινήσεις του ανθρώπινου σώματος γίνονται μέσω των μυών, που με τη σειρά τους κινούν τα οστά. Τα κινούμενα οστά συνδέονται μεταξύ τους με τις αρθρώσεις. Για κάθε κίνηση του σώματος πρέπει να υπερνικηθούν οι τριβές μεταξύ των οστών, στο μέρος όπου αρθρώνονται μεταξύ τους. Αν τα οστά στην περιοχή της άρθρωσης ήταν σε άμεση επαφή, οι τριβές θα ήταν μεγάλες και η κίνηση δύσκολη. Για τον λόγο αυτό ο οργανισμός εκκρίνει ειδικό λιπαντικό μέσο, το υγρό των αρθρώσεων. Τελικά οι τριβές μειώνονται και η κίνηση διευκολύνεται. Οι ασθένειες στις αρθρώσεις (π.χ. αρθρίτιδα) αυξάνουν την τριβή και δυσκολεύουν την κίνηση.



**Πίνακας συντελεστών τριβής ολίσθησης**

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται οι τιμές του συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ επιφανειών σε επαφή.

Υλικά	Συντελεστής τριβής ολίσθησης $\mu$
Ατσάλι σε ατσάλι	0,57
Πάγος σε πάγο	0,03
Υγρές αρθρώσεις στους ανθρώπους	0,003



- 1** Στη διπλανή φωτογραφία βλέπουμε δύο νέους που δυσκολεύονται να περπατήσουν στον πάγο. Σύμφωνα με τον νόμο της τριβής, ποιος παράγοντας πρέπει να μεταβληθεί για να μπορέσουν να περπατήσουν με ασφάλεια; Προτείνετε έναν τρόπο για να μεταβληθεί ο παράγοντας αυτός.

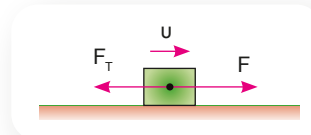


- 2** Προσπαθείτε να κινήσετε τη βιβλιοθήκη της τάξης σας, ώστε να βαφτεί ο τοίχος πίσω της, και δυσκολεύεστε. Προτείνετε με βάση τον νόμο της τριβής δύο παρεμβάσεις που θα κάνατε για να μεταβάλετε τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τριβή, έτσι ώστε να μετακινήσετε εύκολα τη βιβλιοθήκη.



Ερώτηση - Δραστηριότητα

- 3** Στο σχήμα φαίνεται ένα σώμα που κινείται με σταθερή ταχύτητα υπό την επίδραση της ασκούμενης δύναμης  $F = 4 \text{ N}$ .



- α) Να υπολογίσετε τη δύναμη της τριβής.  
 β) Αν η κάθετη αντίδραση του δαπέδου είναι  $F_N = 10 \text{ N}$ , πόσος είναι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης κιβωτίου-δαπέδου;



Ερώτηση - Δραστηριότητα

**Εργασία**

Αναζητήστε πληροφορίες για τρόπους ελάττωσης ή αύξησης της τριβής ολίσθησης.

# 3.2.2β

## Στατική τριβή και τριβή ολίσθησης

Λέξεις-κλειδιά: στατική τριβή, τριβή ολίσθησης

!?

1



2



- Στην εικόνα 1, ένα αυτοκίνητο είναι σταματημένο σε κατηφόρα. Ποια δύναμη το εμποδίζει να κινηθεί;
- Στην εικόνα 2, ένα αυτοκίνητο ολισθαίνει με μπλοκαρισμένους τροχούς. Ποια δύναμη μειώνει την ταχύτητά του;
- Ποια είναι τα κοινά χαρακτηριστικά των δυνάμεων αυτών και ποιες οι διαφορές τους;



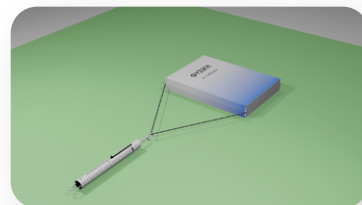
### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Η τιμή της στατικής τριβής και της τριβής ολίσθησης

Θα χρειαστείτε ένα δυναμόμετρο και τα βιβλία σας. Δουλεύετε μαζί με τον συμμαθητή ή τη συμμαθήτριά σας ως ομάδα.

Με το βιβλίο ακίνητο στο θρανίο τραβάτε ελαφρά με το δυναμόμετρο το βιβλίο, ώστε αυτό να μην κινείται. Αυξάνετε σταδιακά τη δύναμη που ασκείτε στο βιβλίο, φροντίζοντας να παραμένει ακίνητο.

Όσο το σώμα είναι ακίνητο (ισορροπεί), ποια δύναμη εμποδίζει την κίνησή του και ποιο είναι το μέτρο της κάθε φορά;

.....



ΠΕ

ΜΑΘ

Παρατηρήστε τις ενδείξεις του δυναμόμετρου. Είναι σταθερή η δύναμη της τριβής όσο το σώμα είναι ακίνητο (στάσιμο);

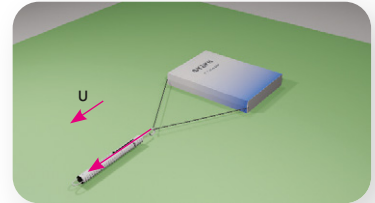
.....

Σε τι συμπέρασμα καταλήγετε για την τιμή της δύναμης αυτής;

.....

Τραβάτε το βιβλίο σας, ώστε να αποκτήσει σταθερή ταχύτητα. Καταγράψτε την ένδειξη του δυναμόμετρου που είναι ίση με τη δύναμη της τριβής ολίσθησης κάθε φορά.

Επαναλάβετε τη διαδικασία για μεγαλύτερες ταχύτητες και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα.



Ταχύτητα	Ένδειξη δυναμόμετρου
Μικρή	
Μέση	
Μεγάλη	

Εξαρτάται η δύναμη της τριβής ολίσθησης από την ταχύτητα του σώματος;

.....

.....

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Η στατική τριβή βοηθά την κίνηση

Περπατήστε μέσα στην αίθουσα και διαπιστώστε πώς ασκείται δύναμη από το παπούτσι σας στο πάτωμα. Ποια δύναμη σας κινεί;

.....

.....

Βρέξτε το πάτωμα με νερό και προσπαθήστε να περπατήσετε στο βρεγμένο πάτωμα. Ποια είναι η διαφορά από την κίνησή σας στο στεγνό πάτωμα;

.....

Φανταστείτε να περπατάτε πάνω στον πάγο. Είναι εύκολη η κίνησή σας; Ποια δύναμη την επηρεάζει;

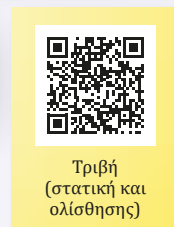
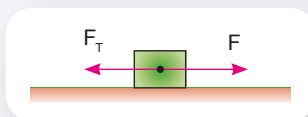
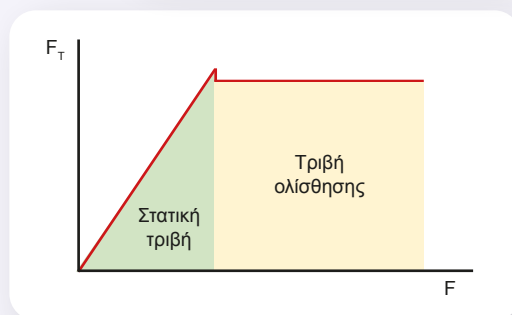
.....

.....





- Η δύναμη της τριβής ανάμεσα σε δύο σώματα διακρίνεται σε τριβή ολίσθησης και σε στατική τριβή. Η **τριβή ολίσθησης** εμφανίζεται όταν το ένα σώμα κινείται σε σχέση με το άλλο, ενώ η **στατική τριβή** εμφανίζεται όταν το ένα σώμα τείνει να κινηθεί σε σχέση με το άλλο. Η στατική τριβή μπορεί να εμποδίζει την κίνηση των σωμάτων ή μπορεί να βοηθά την κίνηση του ενός σώματος ως προς το άλλο (βάδισμα).
- Η τριβή ολίσθησης δεν εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία κινείται το ένα σώμα σε σχέση με το άλλο και έχει σταθερή τιμή (όπως είδαμε σε προηγούμενη ενότητα, εξαρτάται από το είδος των επιφανειών των σωμάτων και την κάθετη αντίδραση μεταξύ τους). Η στατική τριβή δεν έχει σταθερή τιμή, αλλά είναι αντίθετη κάθε φορά με τη δύναμη που επιδιώκει να κινήσει το σώμα. Στο διάγραμμα αποτυπώνεται η μεταβολή της τριβής που ασκείται σε ένα σώμα, όσο αυξάνουμε τη δύναμη που ασκούμε για να το κινήσουμε.



### Τριβή και οδική ασφάλεια

Η λεγόμενη πρόσφυση των ελαστικών σχετίζεται με τη στατική τριβή που παρουσιάζουν τα λάστιχα με τον δρόμο και είναι αρκετά σύνθετη έννοια, καθώς εμπεριέχονται παράγοντες όπως η μορφολογία των ελαστικών κ.ά. Ιδιαίτερες κατηγορίες ελαστικών, όπως τα **χιονολάστιχα**, κατασκευάζονται με κατάλληλες προδιαγραφές, ώστε να έχουν αυξημένη πρόσφυση στο χιόνι.



Ειδικά για τη βελτίωση των φρένων των αυτοκινήτων, εδώ και χρόνια τα αυτοκίνητα εφοδιάζονται με το σύστημα ABS. Είναι ένα υδραυλικό κύκλωμα που εναλλάσσει το κλείδωμα και το ξεκλείδωμα της «λαβής» της δαγκάνας στον δίσκο του τροχού και έτσι εναλλάσσεται η άσκηση τριβής ολίσθησης και στατικής τριβής μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος.



- 1 α) Σε ποια τριβή αναφέρονται οι εικόνες των προειδοποιητικών πινακίδων;  
β) Ποια τριβή πρέπει να υπάρχει, για να είναι ασφαλής η κίνηση;



- 2 Να καταγράψετε στον πίνακα σε ποια περίπτωση η τριβή βοηθά ή εμποδίζει την κίνηση, καθώς και το είδος της τριβής που εμφανίζεται.

Δραστηριότητα	Βοηθά στην κίνηση	Εμποδίζει την κίνηση	Είδος τριβής (στατική ή ολίσθησης)
Σηκώνω ένα πακέτο πιέζοντας με τα χέρια μου τις δύο κάθετες πλευρές του.			
Περπατώ πάνω σε στεγνό πάτωμα.			
Σε αυτοκίνητο σπινάρουν οι ρόδες του για να ξεκινήσει.			
Σέρνουμε το θρανίο μας.			



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

# 3.2.2γ

## Προέλευση τριβής – Δυνάμεις σωμάτων σε επαφή

Λέξεις-κλειδιά: αντίδραση, σημεία επαφής

!?

1



2



- Πώς ερμηνεύεται η ύπαρξη δυνάμεων επαφής;
- Ποια είναι η μικροσκοπική εξήγηση ύπαρξης της τριβής;
- Ποια είναι η συνολική δύναμη που ασκείται μεταξύ δύο σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή; (εικόνα 1)
- Γιατί τα ορειβατικά παπούτσια έχουν έντονα ανάγλυφα πέλματα; (εικόνα 2)



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Η αιτία της τριβής

Διαθέτετε μία κασετίνα, δύο χαρτόνια και δύο γυαλόχαρτα.

Τοποθετούμε στο θρανίο τα δύο χαρτόνια το ένα πάνω στο άλλο και από πάνω την κασετίνα.

Ένα παιδί κρατά το κάτω χαρτόνι και ένα άλλο σέρνει οριζόντια το δεύτερο χαρτόνι, με την κασετίνα.

Επαναλάβετε το πείραμα χρησιμοποιώντας τα γυαλόχαρτα αντί για τα χαρτόνια.

Σε ποια περίπτωση κινούνται ευκολότερα τα σώματα και γιατί;

.....

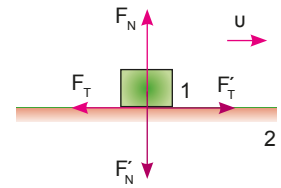
.....

ΠΕ

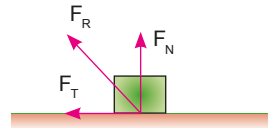
ΜΑΘ

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Σχεδίαση δυνάμεων επαφής δύο σωμάτων**

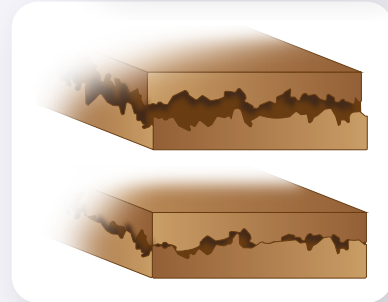
Στο διπλανό σχήμα αποτυπώνεται η κάθετη αντίδραση  $F_N$  από το σώμα 2 στο σώμα 1 και η αντίδρασή της  $F'_N$  από το 1 στο 2. Θεωρώντας ότι το ένα σώμα κινείται ως προς το άλλο, εμφανίζονται οι δυνάμεις τριβής ολίσθησης  $F_T$ ,  $F'_T$  που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Εστιάστε στο σώμα 1 και στις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό. Να σχεδιάσετε τη δύναμη  $F_R$  της σύνθεσης των δυνάμεων επαφής που ασκούνται από το σώμα 2 στο σώμα 1.



- Η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα που είναι σε επαφή με ένα άλλο είναι η συνισταμένη δύναμη της κάθετης αντίδρασης  $F_N$  και της τριβής  $F_T$ . Τη δύναμη αυτή τη συμβολίζουμε ως  $F_R$ .



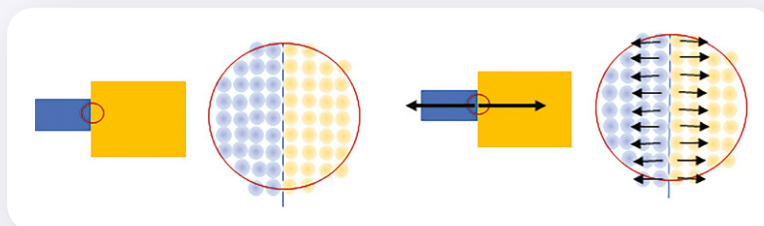
- Οι επιφάνειες των σωμάτων, όσο λείες και αν φαίνονται, δεν είναι εντελώς επίπεδες. Σε πολύ μεγάλη μεγέθυνση θα διαπιστώσουμε ότι η κάθε επιφάνεια έχει μικροπροεξοχές και μικροκοιλότητες. Όταν δύο επιφάνειες είναι σε επαφή, οι προεξοχές της μιας επιφάνειας μπλέκονται στις κοιλότητες της άλλης και αντίστροφα. Όσο μεγαλύτερη είναι η κάθετη αντίδραση των δύο επιφανειών, τόσο μεγαλύτερη είναι η εμπλοκή αυτή, με συνέπεια να εμποδίζεται η ολίσθηση της μιας επιφάνειας ως προς την άλλη. Η λίπανση μειώνει αυτή την εμπλοκή και άρα την τριβή.



**Σημεία επαφής** είναι τα σημεία όπου εμφανίζεται η τριβή μεταξύ δύο τραχιών επιφανειών που γλιστρούν η μία ως προς την άλλη. Αν η κάθετη αντίδραση που ασκείται μεταξύ των επιφανειών αυξάνεται, αυξάνονται τα σημεία επαφής των σωμάτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της τριβής.

- **Ερμηνεία δυνάμεων επαφής**

Όταν δύο σώματα έρθουν σε επαφή, τότε αλληλεπιδρούν τα μόρια των επιφανειών τους, επειδή πλησιάζουν πολύ κοντά μεταξύ τους. Οι μικροσκοπικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων κατά την αλληλεπίδρασή τους είναι ηλεκτρομαγνητικής φύσεως. Η δύναμη επαφής είναι το άθροισμα των πολλών μικροσκοπικών δυνάμεων μεταξύ των μορίων.



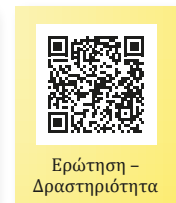
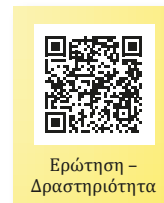


### Οι λεπίδες στα πέδιλα του πατινάζ

Η πίεση μιας επιφάνειας πάγου με ένα οξύ (μυτερό) αντικείμενο προκαλεί προσωρινή τήξη του πάγου στο σημείο επαφής. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει όταν ένας αθλητής πατινάζ πατά με τα πέδιλά του στον πάγο. Ο πάγος λιώνει και μεταξύ πέδιλου και πάγου δημιουργείται μια στρώση νερού που συμπεριφέρεται ως λιπαντικό σώμα, μειώνοντας τον συντελεστή τριβής του πέδιλου με τον πάγο. Μετά τη διέλευση του πατινιέρ ο πάγος πήζει, καθώς δεν ασκούνται πιέσεις επάνω του (φαινόμενο ανάπηξης).



**1** Αν η συνολική δύναμη επαφής  $F_R$  που ασκείται μεταξύ δύο σωμάτων έχει την ίδια διεύθυνση με τη δύναμη της κάθετης αντίδρασης, σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε για την τριβή; Αιτιολογήστε την απάντησή σας με ένα σχήμα.



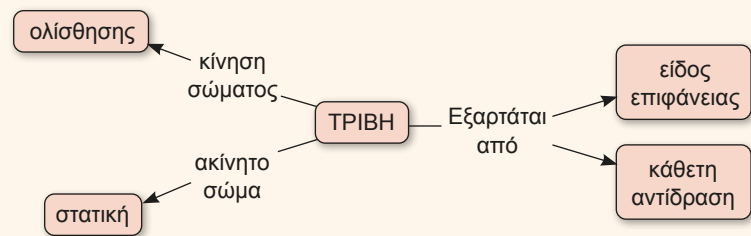
**2** Μπορεί η συνολική δύναμη επαφής  $F_R$  να έχει την κατεύθυνση της δύναμης της τριβής  $F_T$ ;

## Σύνοψη ενότητας

Τριβή είναι μια δύναμη επαφής μεταξύ δύο σωμάτων, που εμφανίζεται όταν το ένα σώμα κινείται ή πρόκειται να κινηθεί σε σχέση με το άλλο. Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τριβή είναι το είδος των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή και η κάθετη αντίδραση στην επιφάνεια επαφής των σωμάτων.

Υπάρχουν δύο είδη τριβών: η τριβή ολίσθησης και η στατική τριβή. Η τριβή ολίσθησης εμφανίζεται όταν το ένα σώμα κινείται σε σχέση με το άλλο και διαπιστώνεται από τη δυσκολία της κίνησης του σώματος. Η στατική τριβή εμφανίζεται μεταξύ δύο ακίνητων σωμάτων, όταν το ένα σώμα τείνει να κινηθεί σε σχέση με το άλλο, και διαπιστώνεται από την αδυναμία της κίνησης του σώματος.

Η αιτία της τριβής είναι οι μικροσκοπικές ανωμαλίες που παρουσιάζουν οι επιφάνειες. Όταν δύο επιφάνειες είναι σε επαφή, οι προεξοχές της μιας μπλέκονται στις κοιλότητες της άλλης και αντίστροφα.



## Από τη μεταφορά με έλκηθρα στα οχήματα με τροχούς

Η τριβή αποτελούσε πάντα ένα πολύ μεγάλο εμπόδιο για τις μετακινήσεις των ανθρώπων.

Η ολίσθηση των αντικειμένων συνοδευόταν από άσκηση μεγάλων δυνάμεων και απαιτούσε χρόνο και ανθρώπινους πόρους. Σε κάποιες περιοχές της Γης όπου το έδαφος καλυπτόταν από χιόνι, ο άνθρωπος χρησιμοποίησε το έλκηθρο, καθώς ο συντελεστής τριβής του ξύλου με τον πάγο είναι σχετικά μικρός και η ολίσθηση γίνεται ευκολότερα. Ακόμα και σήμερα οι μεταφορές σε χιονοσκεπείς εκτάσεις γίνονται με έλκηθρα ή με οχήματα στα οποία έχουν προσαρμοστεί κατάλληλα χιονοπέδιλα. Οι πρώτοι εξερευνητές της Αρκτικής και της Ανταρκτικής χρησιμοποίησαν οχήματα με χιονοπέδιλα αντί για τροχούς, ενώ πολλά αεροπλάνα που προσγειώνονται στις περιοχές αυτές διαθέτουν, παράλληλα με τους τροχούς, αντίστοιχα χιονοπέδιλα.

Όμως, ακόμα και σε περιοχές που δεν υπήρχε χιόνι, όπως στην Αίγυπτο, ο άνθρωπος χρησιμοποίησε έλκηθρα για τη μεταφορά υλικών. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούσαν υγρά λιπαντικά για τη μεταφορά μεγάλων ογκόλιθων, ώστε να μειωθεί η τριβή.

Η εφεύρεση του τροχού αποτέλεσε μία από τις πρώτες τεχνολογικές επαναστάσεις στην ιστορία του ανθρώπου. Η ανακάλυψή του προήλθε από την ανάγκη του ανθρώπου για εύκολη μεταφορά αγαθών. Εμπειρικά ο άνθρωπος παρατήρησε ότι, όταν ένα αντικείμενο κυλά, παρουσιάζει μικρότερη τριβή από ό,τι όταν ολισθαίνει. Επίσης, με την κύλιση μπορούσε να υπερβεί εμπόδια που ήταν πολύ δύσκολο να προσπεράσει με την ολίσθηση. Η εξέλιξη των τροχών κινήθηκε παράλληλα με την εξέλιξη της επιστήμης και την τεχνολογική πρόοδο των ανθρώπων. Διάφορες εποχές της ανθρώπινης ιστορίας χαρακτηρίστηκαν από τις καινοτομίες που εισήγαγε ο άνθρωπος στους τροχούς των μέσων μεταφοράς.



Λέξεις-κλειδιά: πίεση, κάθετη δύναμη, μανόμετρο

!?

1



2



3

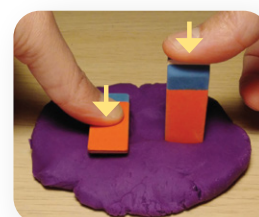


- Γιατί με τα χιονοπέδιλα δε βουλιάζουμε στο χιόνι; (εικόνα 1)
- Ποια είναι η χρήση του οργάνου μέτρησης της εικόνας 2 που συναντάμε στα πρατήρια καυσίμων; Ποιο φυσικό μέγεθος μετράει και ποιες είναι οι μονάδες μέτρησης που αναγράφονται;
- Γιατί είναι εύκολο να καρφώσουμε μία πινέζα στο ξύλο (εικόνα 3) χωρίς να χρησιμοποιήσουμε σφυρί; Συμβαίνει το ίδιο με το καρφί;



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Ορισμός της πίεσης

Α. Χρησιμοποιήστε μια πλαστελίνη και δύο ίδιες γόμες. Τοποθετήστε πάνω στην πλαστελίνη τη μικρή επιφάνεια της μίας γόμες και τη μεγάλη επιφάνεια της άλλης γόμες. Προσπαθήστε να ασκήσετε κατακόρυφες δυνάμεις ίδιου μέτρου στις δύο γόμες.



ΠΕ

ΜΑΘ

Βυθίζονται το ίδιο οι δύο γόμες από την εφαρμογή των δυνάμεων ίδιου μέτρου;

Ναι  Όχι

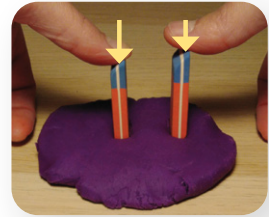
Μεγαλύτερη παραμόρφωση (βύθισμα) της πλαστελίνης προκλήθηκε κάτω από τη:

α) μεγαλύτερη επιφάνεια β) μικρότερη επιφάνεια

B. Αφού επαναφέρετε την πλαστελίνη στην αρχική της μορφή, τοποθετήστε τις γόμες κάθετα, όπως φαίνεται στη διπλανή φωτογραφία. Ασκήστε με τα δάχτυλά σας κατακόρυφες δυνάμεις διαφορετικού μέτρου στις δύο γόμες.

Μεγαλύτερη παραμόρφωση της πλαστελίνης προκλήθηκε από τη:

α) μικρότερη δύναμη β) μεγαλύτερη δύναμη



Συμπληρώστε τα κενά των προτάσεων με μία από τις λέξεις: *μεγαλύτερη, μικρότερη*.

Η παραμόρφωση της πλαστελίνης για ίδια δύναμη είναι μεγαλύτερη όταν η επιφάνεια είναι .....

Η παραμόρφωση της πλαστελίνης για ίδια επιφάνεια είναι μεγαλύτερη όταν η δύναμη είναι .....

Η παραμόρφωση στην πλαστελίνη είναι το αποτέλεσμα της τιμής ενός φυσικού μεγέθους που ονομάζεται πίεση και προκαλείται από την αλληλεπίδραση της γόμας με την πλαστελίνη.

Συμβολίζοντας με  $p$  την πίεση, με  $F_k$  την κάθετη δύναμη που ασκείται και με  $A$  το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής, επιλέξτε τον καταλληλότερο ορισμό για την πίεση:

α)  $p = F_k A$  β)  $p = \frac{F_k}{A}$  γ)  $p = \frac{A}{F_k}$

Γ. Σύμφωνα με τη σχέση της πίεσης στην οποία καταλήξατε, συμπληρώστε τις μονάδες μέτρησης που προκύπτουν στο S.I.

Μονάδα μέτρησης:

α) της δύναμης: 1 .....

β) του εμβαδού: 1 .....

γ) της πίεσης: 1 ..... = 1 Pa (Pascal)



ΕΡ

ΜΑΘ

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Μέτρηση της πίεσης

Στη διπλανή εικόνα φαίνεται ένα μανόμετρο (όργανο μέτρησης της πίεσης). Το συγκεκριμένο μηχανικό μανόμετρο διαθέτει δύο κλίμακες με διαφορετικές μονάδες μέτρησης (με μαύρο και κόκκινο).

Ποια είναι η μονάδα μέτρησης με το μαύρο χρώμα; 1 .....

Ποια είναι η μονάδα μέτρησης με το κόκκινο χρώμα; 1 .....

Το ποδήλατο βουνού έχει πίεση στα ελαστικά του ..... bar.

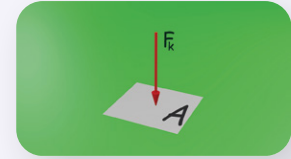
Το ποδήλατο δρόμου έχει πίεση στα ελαστικά του ..... psi.



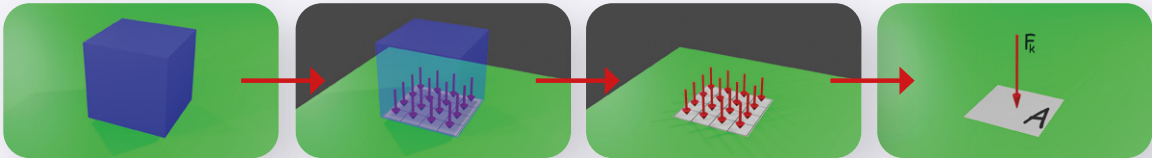


- Η **πίεση** ( $p$ ) είναι το μονόμετρο φυσικό μέγεθος που ορίζεται ως το πηλίκο της δύναμης ( $F_K$ ) που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν ( $A$ ) της επιφάνειας. Δηλαδή:

$$p = \frac{F_K}{A}$$



Παρατήρηση: Υποθέτουμε ότι η κάθετη δύναμη  $F_K$  είναι ομοιόμορφα κατανομημένη. Η  $F_K$  είναι η συνισταμένη των επιμέρους κάθετων δυνάμεων επαφής που εμφανίζονται στα τμήματα της επιφάνειας, όπως φαίνεται παρακάτω:



- Από τη μαθηματική σχέση προκύπτει ότι η μονάδα μέτρησης της πίεσης στο S.I. είναι το  $1 \text{ N} / \text{m}^2$ , το οποίο ονομάζεται  $1 \text{ Pa}$  (Pascal). Άλλες μονάδες μέτρησης της πίεσης και οι αντιστοιχίες τους με το Pa φαίνονται παρακάτω:

$$1 \text{ kPa} = 1.000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ MPa} = 1.000.000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mbar} = 1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ psi} \approx 6.895 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmHg} \approx 133,3 \text{ Pa}$$

- Τα όργανα μέτρησης της πίεσης ονομάζονται **μανόμετρα**. Στο συγκεκριμένο όργανο της εικόνας η εξωτερική κλίμακα (μαύρο χρώμα) είναι βαθμονομημένη σε bar και η εσωτερική (κόκκινο χρώμα) είναι βαθμονομημένη σε psi (pounds per square inch).





### Πίεση και εμβαδόν...

Σε πολλές καταστάσεις στην καθημερινή μας ζωή επιδιώκουμε να εμφανίζονται μεγάλες πιέσεις, ενώ σε άλλες μικρές. Δεδομένου ότι οι δυνάμεις που ασκούνται έχουν συχνά συγκεκριμένες τιμές, η μεταβολή της πίεσης γίνεται μέσω του εμβαδού των επιφανειών επαφής.

Για να κοπεί, για παράδειγμα, ένα αντικείμενο, πρέπει να δεχτεί μεγάλη πίεση. Γι' αυτό τον λόγο τα μαχαίρια έχουν μικρή επιφάνεια, οπότε η πίεση γίνεται πολύ μεγάλη.

Τα φορτηγά που μεταφέρουν μεγάλα φορτία έχουν πολλά και φαρδιά λάστιχα, έτσι ώστε να μειώνεται σημαντικά η πίεση στο οδόστρωμα.



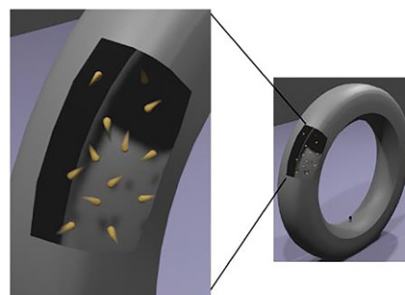
### Πίεση και ασφάλεια...

Η πίεση του αέρα μέσα στα ελαστικά είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος για την ασφάλειά μας. Αν το ελαστικό έχει μικρότερη ή μεγαλύτερη πίεση από την τιμή που δίνει ο κατασκευαστής, τότε φθείρεται ταχύτερα. Μία τυπική τιμή της πίεσης είναι 2,2 bar (περίπου 32 psi). Η πίεση πρέπει να ελέγχεται συστηματικά, γιατί μειώνεται με τον χρόνο από διάφορα αίτια. Ειδικότερα στις μοτοσυκλέτες, η χαμηλή πίεση στα ελαστικά μπορεί να είναι αιτία πτώσης.



### Πίεση αερίου...

Ο αέρας, όπως και όλα τα σώματα, αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια, τα μόρια. Τα μόρια του αερίου που περιέχεται σε ένα ελαστικό κινούνται με μεγάλες ταχύτητες σε τυχαίες κατευθύνσεις. Όταν ένα μόριο φτάσει στην επιφάνεια του ελαστικού, συγκρούεται με αυτό αλλάζοντας την κατεύθυνσή του. Λόγω της σύγκρουσης αυτής ασκείται δύναμη στο ελαστικό από τα μόρια. Από το σύνολο των συγκρούσεων των μορίων με τα τοιχώματα του ελαστικού, λόγω του μεγάλου πλήθους τους, δημιουργείται η πίεση στο εσωτερικό του ελαστικού.



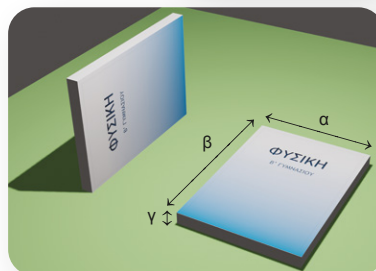


**1** Να αιτιολογήσετε για ποιο λόγο μια τσάντα διαθέτει πλατείς μάντες στην περιοχή των ώμων για τη μεταφορά της.

**2** Σε μια επιφάνεια που έχει εμβαδόν  $0,1 \text{ m}^2$  ασκείται ομοιόμορφα κάθετη δύναμη μέτρου  $200 \text{ N}$ . Να υπολογίσετε την πίεση στην επιφάνεια.



\* **3** Πόση δύναμη πρέπει να ασκήσουμε κάθετα και ομοιόμορφα σε μια επιφάνεια εμβαδού  $100 \text{ cm}^2$ , έτσι ώστε η πίεση να είναι  $10 \text{ kPa}$ ;



**4** Διαλέξτε ένα βιβλίο (π.χ. της φυσικής).

α) Ζυγίστε το:  $m = \dots\dots\dots \text{ kg}$

β) Υπολογίστε το βάρος του:  $F_g = \dots\dots\dots \text{ N}$

γ) Μετρήστε με τον χάρακα τις διαστάσεις του:

$\alpha = \dots\dots\dots \text{ m}$      $\beta = \dots\dots\dots \text{ m}$      $\gamma = \dots\dots\dots \text{ m}$

δ) Υπολογίστε τη δύναμη που δέχεται το βιβλίο από το έδαφος (κάθετη αντίδραση  $F_N$ ), καθώς και τη δύναμη που δέχεται το έδαφος από το βιβλίο  $F'_N$  (δράση - αντίδραση):

$F_N = \dots\dots\dots \text{ N}$      $F'_N = \dots\dots\dots \text{ N}$

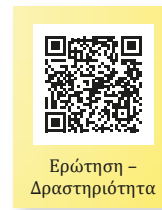
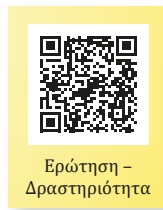
ε) Υπολογίστε το εμβαδόν των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος:

$A_1 = \dots\dots\dots \text{ m}^2$      $A_2 = \dots\dots\dots \text{ m}^2$

στ) Υπολογίστε την πίεση στο έδαφος σε κάθε περίπτωση της φωτογραφίας:

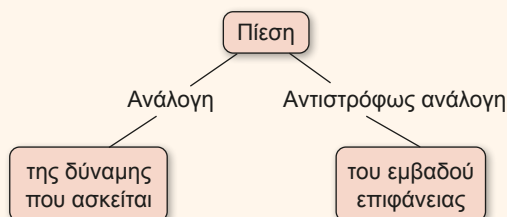
$p_1 = \dots\dots\dots \text{ Pa}$      $p_2 = \dots\dots\dots \text{ Pa}$

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ N / kg}$ .



## Σύνοψη ενότητας

Η πίεση είναι το μονόμετρο φυσικό μέγεθος που ορίζεται ως το πηλίκο της δύναμης που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας. Τα όργανα μέτρησης της πίεσης ονομάζονται μανόμετρα.



## 3.3.2α

Ο νόμος  
της υδροστατικής

Λέξεις-κλειδιά: υδροστατική πίεση

!?

1



2



3



- Γιατί χρειαζόμαστε ειδικές κατασκευές (βαθυσκάφη) για να φτάσουμε σε βάθη μερικών χιλιομέτρων; (εικόνα 1)
- Για ποιο λόγο η βουτιά σε μεγάλο βάθος προκαλεί συχνά πόνο στα αυτιά; (εικόνα 2)
- Σε ποιο ποτήρι της εικόνας 3 ο πυθμένας δέχεται μεγαλύτερη πίεση από το νερό και σε ποιο μικρότερη; Για ποιο λόγο;



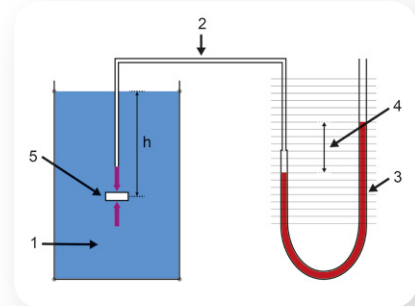
ΕΡ

ΜΑΘ

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Το μανόμετρο υγρού**

Να αναγνωρίσετε τα διάφορα τμήματα του μανόμετρου (όργανο μέτρησης της πίεσης).

Περιγραφή	Αριθμός
Σωλήνας με αέρα	
Κλίμακα μέτρησης	
Δεξαμενή νερού	
Κάψα (φτιαγμένη με μεμβράνη που επιτρέπει την παραμόρφωσή της)	
Σωλήνας σχήματος U με χρωματιστό υγρό	



**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η υδροστατική πίεση****A. Εξάρτηση από το βάθος**

Ανοίξτε την προσομοίωση «Μανόμετρο και υδροστατική πίεση».

Με σταθερή την πυκνότητα και την επιτάχυνση της βαρύτητας μεταβάλετε το βάθος και μετρήστε την υδροστατική πίεση. Υπολογίστε στην τρίτη στήλη τον λόγο πίεσης προς το βάθος. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα.

Βάθος h(m)	Υδροστατική πίεση p(kPa)	$\frac{\rho_{\text{υδρ}}}{h}$
1		
2		
3		
4		



Μανόμετρο και  
υδροστατική  
πίεση

ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ

**Θυμάμαι ότι...**

...δύο ποσά είναι ανάλογα,  
όταν έχουν σταθερό λόγο.

Ποιο συμπέρασμα προκύπτει από τα αποτελέσματα στην τρίτη στήλη;

.....

**B. Εξάρτηση από την πυκνότητα**

Διατηρώντας σταθερό το βάθος (π.χ. στα 2 m) και την επιτάχυνση της βαρύτητας, μεταβάλετε την πυκνότητα του υγρού και συμπληρώστε τον πίνακα.

Πυκνότητα d(kg/m <sup>3</sup> )	Υδροστατική πίεση p(kPa)	$\frac{\rho_{\text{υδρ}}}{d}$
500		
1.000		
1.500		
2.000		

Ποιο συμπέρασμα προκύπτει από τα αποτελέσματα στην τρίτη στήλη;

.....

**Γ. Εξάρτηση από την επιτάχυνση της βαρύτητας**

Διατηρώντας σταθερό το βάθος (π.χ. στα 2 m) και την πυκνότητα (π.χ. 1.000 kg / m<sup>3</sup>), μεταβάλετε την επιτάχυνση της βαρύτητας και συμπληρώστε τον πίνακα.

Επιτάχυνση της βαρύτητας g(m/s <sup>2</sup> )	Υδροστατική πίεση p(kPa)	$\frac{\rho_{\text{υδρ}}}{g}$
5		
10		
15		
20		

Ποιο συμπέρασμα προκύπτει από τα αποτελέσματα στην τρίτη στήλη;

Σύμφωνα με τις παραπάνω παρατηρήσεις, ποια από τις παρακάτω μαθηματικές σχέσεις υπολογίζει την υδροστατική πίεση;

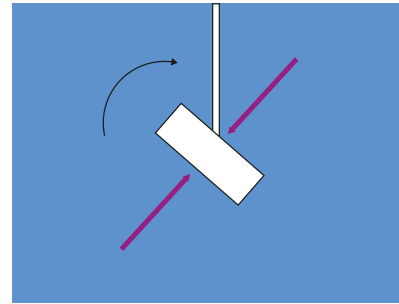
α)  $p_{\text{υδρ}} = \frac{dg}{h}$       β)  $p_{\text{υδρ}} = dgh$       γ)  $p_{\text{υδρ}} = \frac{gh}{d}$       δ)  $p_{\text{υδρ}} = \frac{h}{dg}$

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: «Πιεστική» δύναμη

Περιστρέψτε το άκρο του μανόμετρου της προσομοίωσης «Μανόμετρο και υδροστατική πίεση» όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα. Η δύναμη που δέχεται κάθε επιφάνεια από το υγρό:

- α) είναι πάντα κάθετη στην επιφάνεια.  
β) είναι πάντα παράλληλη στην επιφάνεια.  
γ) τίποτα από τα παραπάνω.

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

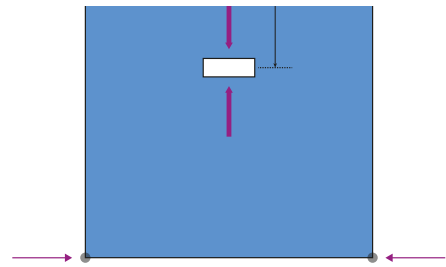


### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4: Υδροστατική πίεση και μέγεθος δοχείου

Από τα κάτω άκρα του δοχείου (προκειμένου να μη μεταβληθεί το βάθος) μεταβάλετε το σχήμα (και κατά συνέπεια τον όγκο του υγρού). Η υδροστατική πίεση:

- α) εξαρτάται από το σχήμα και τον όγκο του δοχείου.  
β) δεν εξαρτάται από το σχήμα και τον όγκο του δοχείου.

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.



Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις και συνοψίστε τα συμπεράσματα για την υδροστατική πίεση.

Η υδροστατική πίεση σε ένα σημείο του υγρού εξαρτάται από ..... από την επιφάνεια του υγρού, την ..... και την ..... του υγρού.

Η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το ..... του δοχείου ή από τον ..... του υγρού.

Οι δυνάμεις που οφείλονται στην πίεση του υγρού είναι πάντα ..... στις επιφάνειες με τις οποίες έρχονται σε επαφή.

ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ

ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ

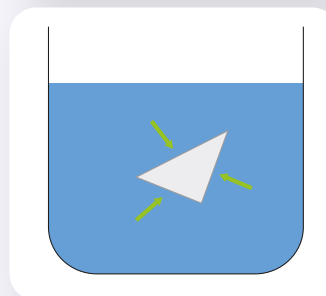
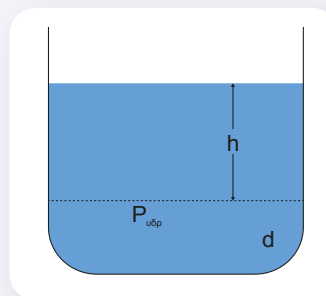


- Η πίεση που εμφανίζεται σε ένα σημείο ενός υγρού το οποίο βρίσκεται σε ηρεμία (ισορροπεί) ονομάζεται **υδροστατική πίεση**. Η υδροστατική πίεση  $p_{υδρ}$  οφείλεται στο βάρος του υπερκείμενου υγρού και κατά συνέπεια εξαρτάται από την **επιτάχυνση της βαρύτητας (g)** στον συγκεκριμένο τόπο. Επιπλέον, η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με το **βάθος (h)** από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού και ανάλογη με την **πυκνότητα (d)** του υγρού. Δηλαδή:

$$p_{υδρ} = dgh$$



Υδροστατική πίεση



- Η υδροστατική πίεση **δεν** εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή από τον όγκο του υγρού που περιέχει το δοχείο.
- Κάθε σώμα που βρίσκεται στο εσωτερικό υγρού δέχεται από αυτό δυνάμεις, οι οποίες είναι κάθετες σε κάθε επιφάνεια του σώματος.



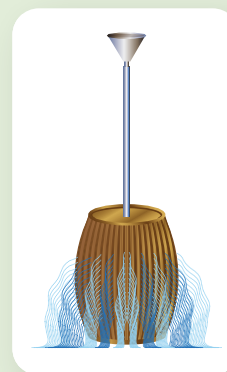
### Αρτηριακή πίεση...

Το αίμα, ως ρευστό, ρέει μέσα στις αρτηρίες ασκώντας πίεση σε αυτές. Η πίεση αυτή ονομάζεται αρτηριακή πίεση και αποτελεί έναν σημαντικό δείκτη για την υγεία ενός ανθρώπου. Οι φυσιολογικές τιμές της συστολικής αρτηριακής πίεσης (όταν ο καρδιακός μυς συστέλλεται) είναι κατά 100 mmHg-140 mmHg μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική πίεση, ενώ της διαστολικής (όταν ο καρδιακός μυς διαστέλλεται) είναι κατά 60 mmHg-90 mmHg μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική. Η αυξημένη συστολική πίεση (υπέρταση) αποτελεί παράγοντα κινδύνου για εγκεφαλικό, έμφραγμα κ.ά.



### Το βαρέλι του Πασκάλ

Ο Μπλεζ Πασκάλ (Blaise Pascal) ήταν Γάλλος μαθηματικός, φυσικός και φιλόσοφος που έζησε κατά τον 17ο αιώνα. Ο Πασκάλ συνέβαλε σε πολλούς τομείς της φυσικής, κυρίως στον τομέα της μηχανικής των ρευστών. Προς τιμήν των επιστημονικών του συνεισφορών, το όνομα Pascal δόθηκε στη μονάδα πίεσης στο S.I. Το βαρέλι του Πασκάλ είναι ο τίτλος ενός πειράματος υδροστατικής πίεσης που αποδίδεται στον Πασκάλ. Στο πείραμα, ο Πασκάλ πήρε ένα βαρέλι γεμάτο με νερό και άνοιξε στην επάνω επιφάνειά του μια μικρή τρύπα. Στην τρύπα προσάρμοσε έναν μακρύ και λεπτό κατακόρυφο σωλήνα. Στη συνέχεια γέμισε τον σωλήνα με μικρή ποσότητα νερού, ώστε να αυξηθεί σημαντικά, λόγω του ύψους της ελεύθερης επιφάνειας του νερού στον σωλήνα, η υδροστατική πίεση στα τοιχώματα του βαρελιού, με αποτέλεσμα αυτά να ανοίξουν και το βαρέλι να χάσει τη στεγανότητά του.

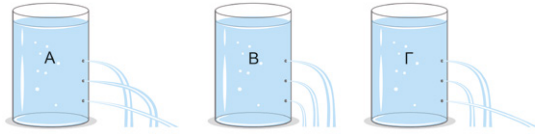




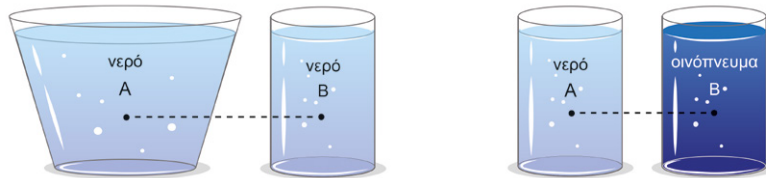
- 1 Αντικαθιστώντας τη μονάδα μέτρησης κάθε μεγέθους (στο S.I.) στον τύπο της υδροστατικής πίεσης, να αποδείξετε ότι η μονάδα της υδροστατικής πίεσης που προκύπτει είναι το:

$$1 \text{ N} / \text{m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

- 2 Σε ποιο από τα τρία διπλανά δοχεία (Α, Β και Γ) απεικονίζονται σωστά οι τροχιές που θα ακολουθήσουν οι φλέβες του νερού; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



- 3 Να συγκρίνετε την υδροστατική πίεση στα σημεία Α και Β σε κάθε περίπτωση. Δίνονται:  $d_{\text{νερ}} = 1.000 \text{ kg} / \text{m}^3$ ,  $d_{\text{οι}} = 790 \text{ kg} / \text{m}^3$ .



- 4 Να υπολογίσετε την υδροστατική πίεση σε βάθος 3 m από την επιφάνεια καθαρού νερού και από την επιφάνεια θαλασσινού νερού.

$$\text{Δίνονται: } g = 10 \text{ N} / \text{kg}, d_{\text{νερ}} = 1.000 \text{ kg} / \text{m}^3, d_{\text{θαλ.νερ}} = 1.027 \text{ kg} / \text{m}^3.$$

### Κατασκευή (για το σπίτι)

Η υδροστατική πίεση μας δίνει τη δυνατότητα να κατασκευάσουμε ένα απλό μανόμετρο ανοιχτού σωλήνα.

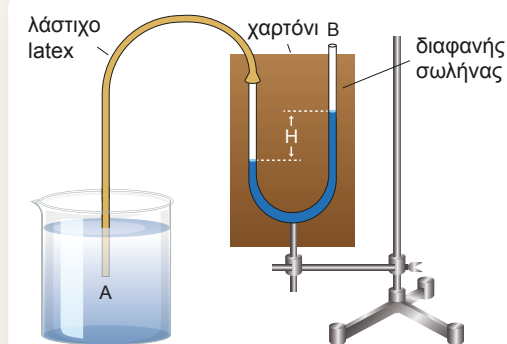
Χρησιμοποιήστε ένα διαφανές λάστιχο. Σχηματίστε με το λάστιχο το γράμμα U και κολλήστε το σε ένα χαρτόνι ή σε μια πλαστική βάση. Στηρίξτε το στη συνέχεια κατακόρυφα. Στο ένα σκέλος του λάστιχου συνδέστε ένα δεύτερο λάστιχο από latex (για μεγαλύτερη ευλυγισία). Προσθέστε νερό στον σωλήνα. Βυθίστε το λάστιχο από latex μέσα σε δοχείο ή μπουκάλι με κάποιο υγρό. Μετρώντας τη διαφορά ύψους του νερού (H) στα δύο σκέλη και γνωρίζοντας την επιτάχυνση της βαρύτητας και την πυκνότητα του νερού (που περιέχεται στο λάστιχο), μπορείτε να μετρήσετε την υδροστατική πίεση στο σημείο Α του υγρού από τη σχέση  $p_{\text{υδρ}} = d_{\text{νερ}} g H$ .



Ερώτηση - Δραστηριότητα



Ερώτηση - Δραστηριότητα



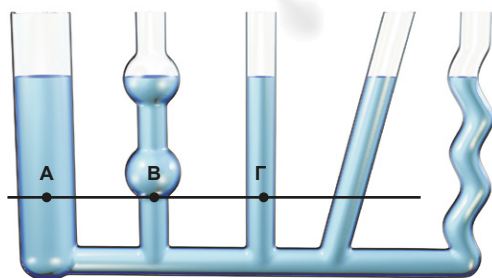
# 3.3.2β

## Εφαρμογές της υδροστατικής πίεσης

Λέξεις-κλειδιά: συγκοινωνούντα δοχεία



1



2



3



- Έχουν ίδια πίεση τα σημεία A, B και Γ που βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο; (εικόνα 1)
- Πώς αλλάζει η πίεση του νερού σε σχέση με τον όροφο στον οποίο βρίσκεται ένα διαμέρισμα; (εικόνα 2)
- Το φράγμα Hoover (εικόνα 3) κατασκευάστηκε μεταξύ 1931-1936 για τη δημιουργία υδροηλεκτρικού εργοστασίου. Ποιος παράγοντας επιβάλλει να είναι τα φράγματα παχύτερα στο κάτω μέρος τους;



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Συγκοινωνούντα δοχεία

Παρακολουθήστε το διπλανό βίντεο και απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις.

Ποιο είναι το συμπέρασμα για την ελεύθερη επιφάνεια των συγκοινωνούντων δοχείων;

Γιατί η πίεση στα σημεία A, B και Γ της συσκευής συγκοινωνούντων δοχείων είναι ίδια;



Φωτόδεντρο – Συγκοινωνούντα δοχεία

ΠΡ

ΜΑΘ

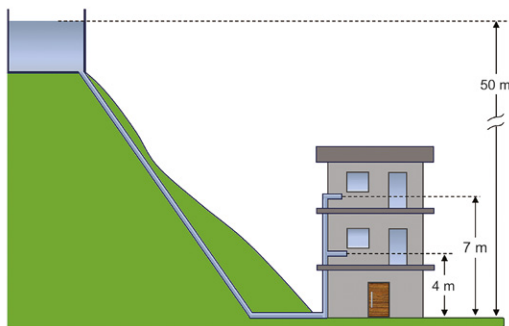
ΓΡ

ΔΠ

ΜΑΘ

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Υδραγωγείο

Μία δεξαμενή τροφοδοτεί με νερό ένα διώροφο κτίριο. Το άκρο του σωλήνα στον 1ο όροφο βρίσκεται σε ύψος 4 m από το έδαφος, στον 2ο όροφο 7 m από το έδαφος, ενώ η στάθμη της δεξαμενής βρίσκεται στα 50 m από το έδαφος. Να υπολογίσετε σε ποιο βάθος από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού βρίσκεται το άκρο του σωλήνα κάθε ορόφου.



α) 1ος όροφος: .....

β) 2ος όροφος: .....

Αν γνωρίζετε ότι η πυκνότητα του καθαρού νερού είναι  $d_{\text{νερ}} = 1.000 \text{ kg / m}^3$  και η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ m / s}^2$  ή  $10 \text{ N/kg}$ , να υπολογίσετε για κάθε όροφο την υδροστατική πίεση.

α) 1ος όροφος:

.....

β) 2ος όροφος:

.....

Σε ποιον όροφο η υδροστατική πίεση είναι μεγαλύτερη;

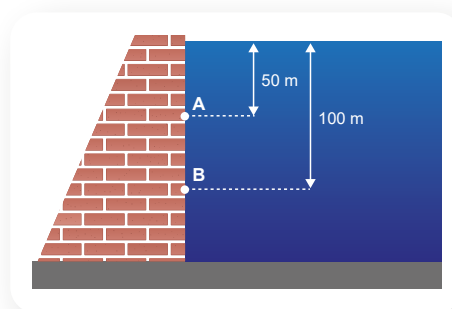
.....

ΔΠ

ΜΑΘ

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Η κατασκευή φράγματος

Με την κατασκευή ενός φράγματος δημιουργείται μία τεχνητή λίμνη με σκοπό να παραχθεί (υδρο)ηλεκτρική ενέργεια. Θεωρώντας την πυκνότητα του νερού  $d_{\text{νερ}} = 1.000 \text{ kg / m}^3$  και την επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ N / kg}$ , να υπολογίσετε την υδροστατική πίεση σε βάθος 50 m και 100 m από την επιφάνεια της τεχνητής λίμνης στις θέσεις Α και Β.



$P_{\text{υδρ(A)}} = \dots\dots\dots$

$P_{\text{υδρ(B)}} = \dots\dots\dots$

Χρησιμοποιώντας τον ορισμό της πίεσης, να υπολογίσετε τη δύναμη που ασκεί το νερό στις θέσεις Α και Β σε επιφάνεια  $1 \text{ m}^2$ . (Θεωρούμε ότι η πίεση είναι περίπου σταθερή σε αυτή την επιφάνεια.)

.....

.....

Για ποιο λόγο το φράγμα έχει μεγαλύτερο πλάτος στα πιο βαθιά σημεία;

.....

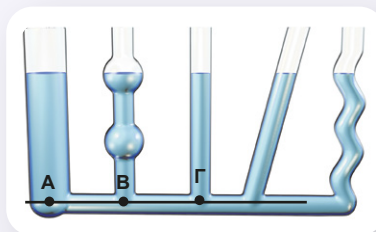
.....



Υδροστατική πίεση και δύναμη σε φράγμα



- Αν γεμίσουμε με κάποιο υγρό δοχεία διαφορετικού σχήματος τα οποία συγκοινωνούν (συγκοινωνούντα δοχεία) και αφήσουμε το υγρό να ισορροπήσει, θα παρατηρήσουμε ότι η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού στα διάφορα δοχεία βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο (αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων). Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το υγρό ηρεμεί και επομένως οι πιέσεις στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο πρέπει να είναι ίσες.



Για παράδειγμα, οι πιέσεις στα σημεία Α, Β και Γ είναι ίσες. Επειδή όμως η υδροστατική πίεση εξαρτάται από το βάθος από την ελεύθερη επιφάνεια και όχι από το σχήμα ή από τον όγκο του υγρού, συμπεραίνεται πως οι ελεύθερες επιφάνειες βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

- Η πίεση στο νερό ενός διαμερίσματος εξαρτάται από τη διαφορά υψομέτρου ανάμεσα στο διαμέρισμα και τη στάθμη της δεξαμενής. Τι συμβαίνει όμως όταν το διαμέρισμα βρίσκεται υψηλότερα από τη δεξαμενή; Είναι φανερό ότι σε αυτή την περίπτωση δεν μπορεί να φτάσει το νερό μόνο του, οπότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια αντλία νερού (πιεστικό) όπως αυτή της φωτογραφίας. Εξάλλου, και σε σπίτια όπου φτάνει το νερό αλλά έχει χαμηλή πίεση, συχνά επιλέγεται η λύση του πιεστικού.

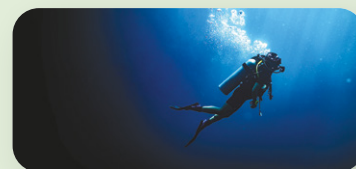


- Τα **υδροηλεκτρικά εργοστάσια** αποτελούν μια σημαντική πηγή ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι εφικτή λόγω της υψηλής πίεσης του νερού στο βάθος του ταμειυτήρα. Η υψηλή πίεση του νερού είναι ικανή να περιστρέφει την τουρμπίνα, η οποία με τη σειρά της παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Από την άλλη, η υψηλή πίεση (λόγω βάθους) αυξάνει και το κόστος κατασκευής του φράγματος, καθώς πρέπει να αντιμετωπιστούν οι τεράστιες δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό.



### Η νόσος των δυτών...

Όταν εισπνέουμε ατμοσφαιρικό αέρα, διαλύεται στο αίμα μας οξυγόνο και άζωτο (περίπου σε αναλογία 1:4). Η ποσότητα του διαλυμένου αερίου εξαρτάται από την πίεση του αερίου στην επιφάνεια της Γης, την ατμοσφαιρική πίεση. Όταν ένας δύτης καταδύεται σε μεγάλο βάθος, η εξωτερική πίεση (υδροστατική) αυξάνεται σημαντικά. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερο οξυγόνο και άζωτο που εισπνέει ο δύτης από τη φιάλη διαλύεται στο αίμα του.



Αν ο δύτης αποφασίσει να αναδυθεί γρήγορα (επιστρέφοντας σε μικρότερη πίεση), το άζωτο δεν προλαβαίνει να απομακρυνθεί από το σώμα του, δημιουργώντας φυσαλίδες στα υγρά του σώματος και στους ιστούς. Αυτό μπορεί να προκαλέσει από πόνο (συνήθως στις αρθρώσεις) μέχρι και θάνατο.



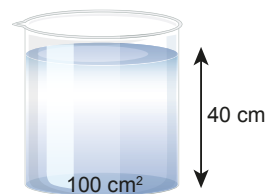
\* **1** Σε ποιο βάθος από την επιφάνεια της θάλασσας η υδροστατική πίεση είναι 205,4 kPa; Δίνονται:  $g = 10 \text{ N / kg}$ ,  $d_{\text{θαλ. νερ}} = 1.027 \text{ kg / m}^3$ .

\* **2** Ένα δοχείο με νερό έχει διατομή  $100 \text{ cm}^2$  και είναι γεμισμένο μέχρι το ύψος των 40 cm, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

α) Να υπολογίσετε την υδροστατική πίεση στον πυθμένα του δοχείου.

β) Πόση δύναμη δέχεται ο πυθμένας από το νερό;

Δίνονται:  $g = 10 \text{ N / kg}$ ,  $d_{\text{νερ}} = 1.000 \text{ kg / m}^3$ .



**3** Στη διπλανή εικόνα φαίνονται δύο σωλήνες που περιέχουν το ίδιο υγρό.

α) Να εξηγήσετε για ποιο λόγο οι δύο σωλήνες δε συγκοινωνούν σε τμήμα της εικόνας που δε φαίνεται.

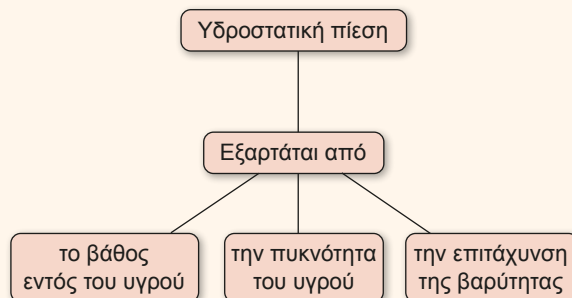
β) Ποια στάθμη από τους δύο σωλήνες θα μετακινηθεί περισσότερο, αν τους συνδέσουμε στο κάτω μέρος με ένα σωληνάκι, και γιατί;



Ερώτηση –  
Δραστηριότητα

## Σύνοψη ενότητας

Η πίεση που εμφανίζεται σε ένα σημείο στο εσωτερικό ενός υγρού το οποίο ισορροπεί ονομάζεται υδροστατική πίεση. Η υδροστατική πίεση εξαρτάται από το βάθος από την ελεύθερη επιφάνεια, από την επιτάχυνση της βαρύτητας στον συγκεκριμένο τόπο και από την πυκνότητα του υγρού. Η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή από τον όγκο του υγρού.



## 3.3.3α

## Αρχή του Pascal

Λέξεις-κλειδιά: μετάδοση πίεσης, υδραυλικά φρένα



1



2



- Πολύ συχνά χρειάζεται να πολλαπλασιάσουμε το μέτρο μιας δύναμης. Με ποιο μηχανισμό καταφέρνουμε να ανυψώσουμε ένα αυτοκίνητο με τη δύναμή μας; (εικόνα 1)
- Πολλά σύγχρονα ποδήλατα έχουν υδραυλικά φρένα. Ποιο είναι το πλεονέκτημα αυτών των φρένων σε σχέση με τα συμβατικά; (εικόνα 2)



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Αρχή του Pascal

Χρησιμοποιήστε εσείς ή ο/η εκπαιδευτικός της τάξης μία πλαστική φιάλη από νερό, στην οποία έχουν ανοιχτεί δύο μικρές οπές στην ίδια κατακόρυφο και σε διαφορετικά ύψη. Γεμίστε με νερό και παρακολουθήστε την τροχιά που ακολουθεί η φλέβα του νερού βγαίνοντας από κάθε οπή.

Σχεδιάστε τις τροχιές στο σχήμα 1.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

ΠΕ

ΜΑΘ

Στη συνέχεια, αφού ξαναγεμίσετε τη φιάλη με νερό, κλείστε το στόμιο με το στόμα σας και φυσήξτε δυνατά, αυξάνοντας την πίεση στην επιφάνεια του νερού.

Σχεδιάστε εκ νέου την τροχιά από κάθε οπή στο σχήμα 2.

Κυκλώστε την παρατήρησή σας:

Η αύξηση της πίεσης που προκαλέσατε στο στόμιο της φιάλης μεταφέρθηκε:

α) μόνο στην πάνω οπή      β) μόνο στην κάτω οπή      γ) και στις δύο οπές

Θα άλλαζε η προηγούμενη απάντησή σας, αν οι οπές ήταν σε διαφορετικά σημεία;

.....

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Πολλαπλασιαστής δύναμης

Ανοίξτε στο Φωτόδεντρο την προσομοίωση «Αρχή του Pascal». Μετακινώντας τα τοιχώματα των εμβόλων, μεταβάλετε το εμβαδόν τους. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με διάφορες τιμές της δύναμης και του εμβαδού κάθε εμβόλου και υπολογίστε τον λόγο τους σε κάθε περίπτωση.



Φωτόδεντρο –  
Αρχή του Pascal

$F_1(\text{N})$	$A_1(\text{cm}^2)$	$F_2(\text{N})$	$A_2(\text{cm}^2)$	$\frac{F_1}{A_1} \left( \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \right)$	$\frac{F_2}{A_2} \left( \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \right)$
10	20		100		
10	40		100		
10	60		100		
10	80		100		
10	100		100		

Τι παρατηρείτε για τους λόγους  $\frac{F_1}{A_1}$  και  $\frac{F_2}{A_2}$  στις δύο τελευταίες στήλες;

.....

.....

Ποιο μέγεθος εκφράζει ο λόγος  $\frac{F}{A}$ ;

.....

Τι συμπεραίνετε με βάση τις τιμές στις δύο τελευταίες στήλες;

.....

ΠΕ

ΜΑΘ

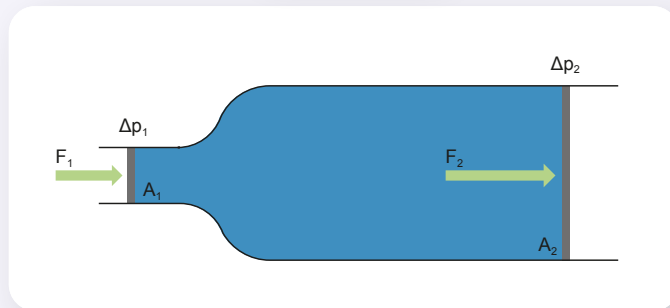
ΓΡ



- Σύμφωνα με την **αρχή του Pascal**, η αύξηση της πίεσης σε μια περιοχή ενός περιορισμένου, από τοιχώματα, υγρού μεταδίδεται αμείωτη σε όλο το υγρό και στα τοιχώματα που το περικλείουν. Έτσι, στο παρακάτω κλειστό δοχείο με υγρό, αύξηση της πίεσης κατά  $\Delta p_1$  στο μικρό έμβολο αυξάνει την πίεση κατά  $\Delta p_2$  στο μεγάλο έμβολο. Για τις δύο μεταβολές της πίεσης ισχύει:



$$\Delta p_1 = \Delta p_2$$

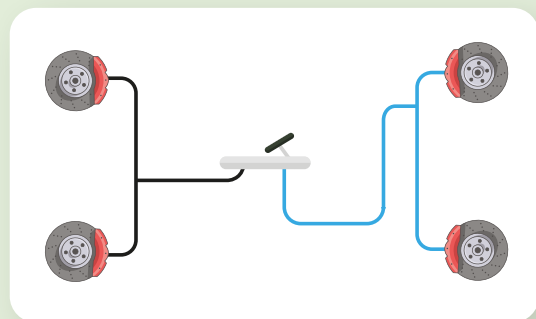


- Από την προηγούμενη σχέση προκύπτει ότι  $F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$ , δηλαδή το μέτρο της  $F_2$  είναι τόσες φορές μεγαλύτερο από το μέτρο της  $F_1$  όσες φορές είναι μεγαλύτερο το εμβαδόν  $A_2$  από το εμβαδόν  $A_1$ . Το γεγονός αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να πολλαπλασιάζουμε το μέτρο μιας δύναμης.



### Αρχή του Pascal και υδραυλικά φρένα...

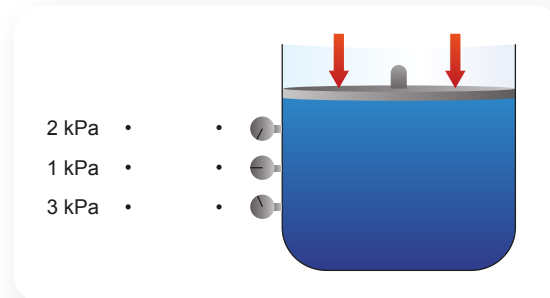
Από το πάτημα του φρένου μέχρι τους τροχούς παρεμβάλλεται ένα σύστημα σωληνώσεων που περιέχει ένα ειδικό υγρό (υγρό φρένων). Λόγω της αρχής του Pascal, η δύναμη που ασκούμε στη μία πλευρά του συστήματος (πεντάλ φρένου) αυξάνεται ανάλογα με τον λόγο των εμβαδών (έμβολο στον τροχό προς έμβολο στο πεντάλ). Έτσι είναι αρκετά πιο εύκολο να φρενάρουμε το όχημα, καθώς πολλαπλασιάζεται η δύναμη που ασκούμε με το πόδι μας.





**1** Στο παρακάτω κλειστό δοχείο με εφαρμοστό έμβολο περιέχεται υγρό και τρία μανόμετρα σε διαφορετικά βάθη.

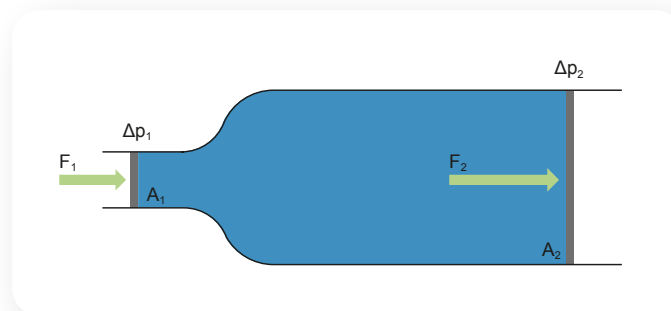
α) Να αντιστοιχίσετε τις τιμές της πίεσης στην αριστερή στήλη με το μανόμετρο στη δεξιά στήλη. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



β) Με τη βοήθεια του εμβόλου και εξωτερικών δυνάμεων αυξάνουμε την πίεση κατά 3 kPa. Ποια θα είναι η νέα ένδειξη κάθε μανόμετρου;

**\* 2** α) Χρησιμοποιώντας την αρχή του Pascal, να αποδείξετε ότι για τις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  στο μικρό και στο μεγάλο έμβολο ισχύει:

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$$



β) Να εφαρμόσετε την παραπάνω σχέση, αν ισχύει  $F_1 = 20 \text{ N}$ ,  $A_1 = 10 \text{ cm}^2$  και  $A_2 = 100 \text{ cm}^2$ .



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

# 3.3.3β

## Εφαρμογές της αρχής του Pascal

**Λέξεις-κλειδιά:** υδραυλικός ανυψωτήρας, υδραυλικός κύλινδρος, χρυσός κανόνας της μηχανικής

!?

1



2



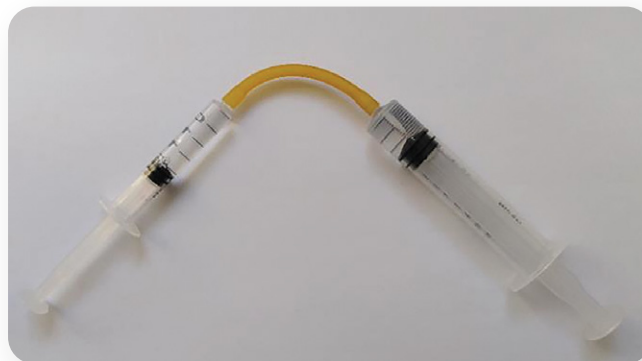
- Με ποιον τρόπο αξιοποιείται η αρχή του Pascal σε έναν υδραυλικό ανυψωτήρα; (εικόνα 1)
- Με ποιον τρόπο αξιοποιείται η αρχή του Pascal στα σκαπτικά μηχανήματα, όπου υπάρχει ανάγκη άσκησης πολύ μεγάλων δυνάμεων; (εικόνα 2)



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Χρυσός κανόνας της μηχανικής

Α. Χρησιμοποιήστε δύο σύριγγες διαφορετικής διατομής, όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα. Αφού τις συνδέσετε με ένα μικρό λάστιχο και τις γεμίσετε με νερό (ή μπλε οινόπνευμα, για να φαίνεται καλύτερα), ασκήστε δύναμη στα δύο έμβολα. Παρατηρήστε ποιο έμβολο είναι ευκολότερο να μετακινήσει το υγρό.

Κυκλώστε την παρατήρησή σας.



ΔΠ

ΜΑΘ

Είναι ευκολότερο να μετακινηθεί το υγρό όταν ασκείται δύναμη:

α) στο μικρό έμβολο      β) στο μεγάλο έμβολο

Για τα δύο έμβολα ισχύει ότι:

α) το μικρό έμβολο μετατοπίζεται περισσότερο από το μεγαλύτερο.

β) το μεγάλο έμβολο μετατοπίζεται περισσότερο από το μικρότερο.

γ) τα δύο έμβολα μετατοπίζονται το ίδιο.

- B. Μετρήστε με ένα παχύμετρο τη διάμετρο  $\delta_1$  του εμβόλου της μικρής σύριγγας και τη διάμετρο  $\delta_2$  του εμβόλου της μεγάλης σύριγγας και βρείτε το εμβαδόν της διατομής τους:

$$A_1 = \frac{\pi \delta_1^2}{4} = \dots\dots\dots$$

$$A_2 = \frac{\pi \delta_2^2}{4} = \dots\dots\dots$$

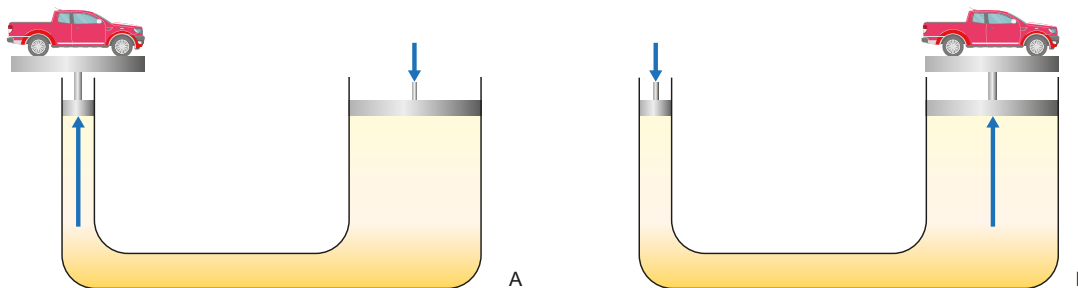
Χρησιμοποιήστε την αρχή του Pascal, για να υπολογίσετε πόσες φορές πολλαπλασιάζεται η δύναμη από το μικρό έμβολο ( $F_1$ ) στο μεγάλο έμβολο ( $F_2$ ):

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} = \dots\dots\dots$$

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Υδραυλικός ανυψωτήρας

Χρησιμοποιήστε τα συμπεράσματα της δραστηριότητας 1, για να απαντήσετε στα παρακάτω ερωτήματα.

- B1. Επιλέξτε από τα παρακάτω σχήματα Α και Β το σχήμα στο οποίο εφαρμόζεται σωστά η αρχή του Pascal στην αρχή λειτουργίας του υδραυλικού ανυψωτήρα. Αιτιολογήστε την απάντησή σας.



.....

.....

.....

- B2. Υπολογίστε τον λόγο του εμβαδού του μεγάλου εμβόλου προς το εμβαδόν του μικρού εμβόλου, αν χρειάζεται με δύναμη μέτρου 50 N να ανυψώσουμε (με σταθερή ταχύτητα) όχημα βάρους 10.000 N.

.....

.....

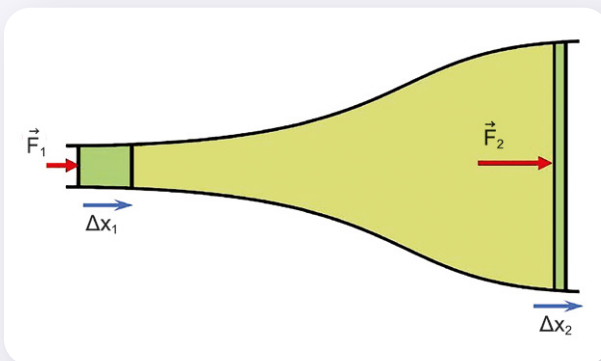
.....

ΛΠ

ΜΑΘ



- Η αρχή του Pascal χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που υπάρχει ανάγκη να αυξήσουμε το μέτρο μιας δύναμης. Για παράδειγμα, στο υδραυλικό τιμόνι η δύναμη που ασκούμε σε αυτό πολλαπλασιάζεται στον τροχό με τη βοήθεια κατάλληλης διαμόρφωσης του συστήματος πλοήγησης και με τη χρήση ειδικού υγρού, καθιστώντας το πιο «ελαφρύ» σε σχέση με ένα τιμόνι που δεν είναι υδραυλικό. Με παρόμοιο τρόπο λειτουργούν τα υδραυλικά φρένα, το υδραυλικό πιεστήριο, σκαπτικά μηχανήματα κ.ά. Το κέρδος σε δύναμη όμως δεν είναι χωρίς κόστος. Έτσι, εφαρμόζοντας την αρχή του Pascal κερδίζουμε σε δύναμη, αλλά χάνουμε σε μετατόπιση, όπως φαίνεται και στο σχήμα (χρυσός κανόνας της μηχανικής). Το γεγονός αυτό είναι αποτέλεσμα της διατήρησης της ενέργειας.



Χρυσός κανόνας της μηχανικής



### Αρχή του Pascal και εκσκαφείς...

Ο εκσκαφέας αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο μηχανήμα για μεγάλα (και όχι μόνο) τεχνικά έργα. Η χρησιμότητά του έγκειται στο γεγονός των τεράστιων δυνάμεων που μπορεί να ασκήσει (δεκάδες έως εκατοντάδες χιλιάδες N). Οι δυνάμεις αυτές αναπτύσσονται χάρη στα υδραυλικά συστήματα που φέρει, των οποίων η λειτουργία στηρίζεται στην αρχή του Pascal.

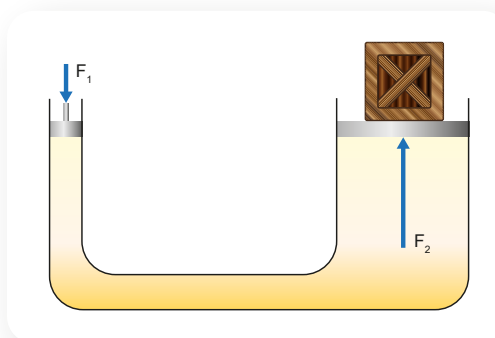




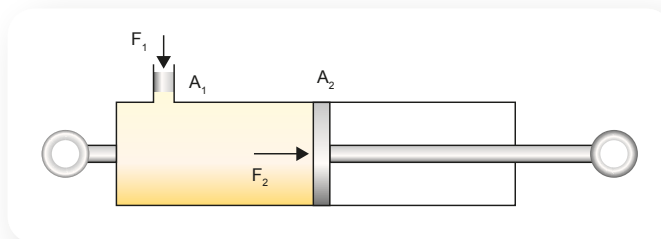
**1** Ένα κιβώτιο μάζας 100 kg ισορροπεί στον διπλανό υδραυλικό ανυψωτήρα. Το εμβαδόν του μικρού εμβόλου είναι  $1 \text{ dm}^2$  και του μεγάλου εμβόλου  $25 \text{ dm}^2$ .

- α) Να υπολογίσετε και να σχεδιάσετε το βάρος του κιβωτίου.  
 β) Ποιο πρέπει να είναι το μέτρο της δύναμης που ασκείται από το υγρό ( $F_2$ ), για να ισορροπεί το κιβώτιο;  
 γ) Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης  $F_1$  στο μικρό έμβολο.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ . Θεωρήστε ότι τα έμβολα δεν έχουν βάρος.



**\*\* 2** Ο υδραυλικός κύλινδρος ενός μηχανήματος λειτουργεί με λάδι και έχει διάμετρο μικρού εμβόλου  $d_1 = 3 \text{ cm}$  και διάμετρο μεγάλου εμβόλου  $d_2 = 12 \text{ cm}$ .



- α) Να υπολογίσετε το εμβαδόν κάθε εμβόλου ( $A_1$  και  $A_2$ ).  
 β) Πόση δύναμη ασκείται στο μικρό έμβολο, αν γνωρίζουμε ότι το μεγάλο έμβολο ασκεί δύναμη  $F_2 = 1.600 \text{ N}$ ;



Ερώτηση –  
Δραστηριότητα



Ερώτηση –  
Δραστηριότητα

## Σύνοψη ενότητας

Σύμφωνα με την αρχή του Pascal, η αύξηση της πίεσης σε μια περιοχή ενός περιορισμένου, από τοιχώματα, υγρού μεταδίδεται αμείωτη σε όλο το υγρό και στα τοιχώματα που το περικλείουν.

Η αρχή του Pascal βρίσκει εφαρμογή όταν υπάρχει ανάγκη να αυξήσουμε το μέτρο μιας δύναμης. Η άσκηση μικρής δύναμης σε ένα έμβολο προκαλεί μέσω του υγρού την άσκηση μεγάλης δύναμης σε ένα μεγάλο έμβολο (υδραυλικό πιεστήριο).

Αρχή του Pascal

Μικρή δύναμη  
σε μικρό έμβολο

Μεγάλη δύναμη  
σε μεγάλο έμβολο

## 3.3.4α Άνωση

Λέξεις-κλειδιά: άνωση

!?

1



2



- Το τεράστιο σε βάρος πλοίο επιπλέει (εικόνα 1). Ποια δύναμη μπορεί και κρατά στην επιφάνεια το πλοίο, από πού προέρχεται και από τι εξαρτάται;
- Γιατί η κολύμβηση στη θάλασσα είναι ευκολότερη σε σχέση με την κολύμβηση στην πισίνα; (εικόνα 2)

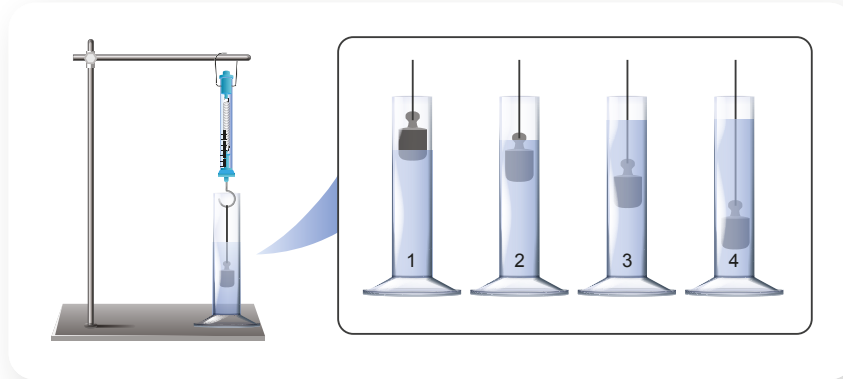
**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Άνωση και εκτοπιζόμενος όγκος (ποιοτική μελέτη)**

Χρησιμοποιήστε έναν ογκομετρικό κύλινδρο και προσθέστε απιονισμένο νερό μέχρι κάποια ένδειξη. Κρεμάστε έναν μεταλλικό κύλινδρο σε ένα δυναμόμετρο και διαβάστε την ένδειξή του για να βρείτε το βάρος του  $F_g$ .

ΠΕ

ΜΑΘ

Σημειώστε την ένδειξη  $F_g = \dots\dots\dots$  N. Στη συνέχεια βυθίστε τον μεταλλικό κύλινδρο στο νερό, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, και σημειώστε τη νέα ένδειξη ( $F'$ ) του δυναμόμετρου, καθώς και τον όγκο ( $V$ ) του νερού που εκτοπίζει ο κύλινδρος κάθε φορά. Συμπληρώστε τις στήλες  $F'$  και  $V$ .



	$F'$ (N)	$V$ (cm <sup>3</sup> )	$F_A$ (N)
1			
2			
3			
4			

Υπογραμμίστε τη λέξη μέσα στην παρένθεση που περιγράφει σωστά τις παρατηρήσεις σας:

Η ένδειξη του δυναμόμετρου, όταν βυθίζουμε τον μεταλλικό κύλινδρο, είναι (**μεγαλύτερη / μικρότερη**) σε σχέση με την ένδειξη του δυναμόμετρου, όταν ο μεταλλικός κύλινδρος είναι έξω από το νερό. Αυτό σημαίνει ότι το νερό ασκεί δύναμη στον κύλινδρο με διεύθυνση (**κατακόρυφη / οριζόντια**) και με φορά προς τα (**πάνω / κάτω**). Η δύναμη αυτή ονομάζεται άνωση ( $F_A$ ) και την υπολογίζουμε πειραματικά από τη σχέση:

$$F_A = \dots\dots\dots$$

Χρησιμοποιώντας την τελευταία σχέση, υπολογίστε τη δύναμη της άνωσης και συμπληρώστε την αντίστοιχη στήλη του πίνακα. Υπογραμμίστε παρακάτω τις παρατηρήσεις σας:

- Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του νερού που εκτοπίζει ένα αντικείμενο, τόσο (**μεγαλύτερη / μικρότερη**) είναι η δύναμη της άνωσης που ασκείται σε αυτό.
- Η δύναμη της άνωσης (**εξαρτάται / δεν εξαρτάται**) από το βάθος στο οποίο βρίσκεται το αντικείμενο, εφόσον το αντικείμενο είναι ολόκληρο βυθισμένο (περιπτώσεις 3 και 4 στο παραπάνω σχήμα).

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Άνωση και πυκνότητα υγρού (ποιοτική μελέτη)**

Προσθέστε μια μεγάλη ποσότητα αλάτι προκειμένου να αυξήσετε την πυκνότητα του υγρού. Αφού ανακατέψετε το νερό για να διαλυθεί το αλάτι, βυθίστε πάλι ολόκληρο τον μεταλλικό κύλινδρο. Υπολογίστε ξανά τη δύναμη της άνωσης.

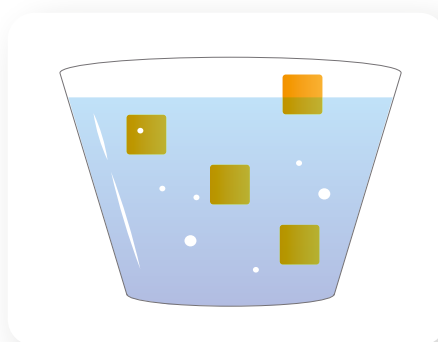
$F'(N)$	$V(cm^3)$	$F_A(N)$

Τι παρατηρείτε συγκρίνοντας την τιμή της άνωσης που ασκείται στον κύλινδρο, όταν αυτός βυθίζεται σε αλατόνερο, σε σχέση με την τιμή που βρήκατε, όταν ήταν βυθισμένος σε απιονισμένο νερό στη δραστηριότητα 1; Υπογραμμίστε παρακάτω την επιλογή που δηλώνει την παρατήρησή σας:

Η δύναμη της άνωσης είναι (μεγαλύτερη / **μικρότερη**), όταν η πυκνότητα του υγρού είναι μεγαλύτερη.

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Προέλευση της άνωσης**

Με τη βοήθεια της προσομοίωσης «Άνωση και δυνάμεις υγρών» σχεδιάστε τις δυνάμεις που δέχεται το κιβώτιο από το υγρό μέσα στο οποίο είναι βυθισμένο.



Στη συνέχεια, με ένα διαφορετικό χρώμα στίλο σχεδιάστε τη συνισταμένη δύναμη που προκύπτει στην οριζόντια διεύθυνση (άξονας x) και τη συνισταμένη δύναμη που προκύπτει στην κατακόρυφη διεύθυνση (άξονας y).

Πού οφείλεται η άνωση που δέχεται ένα σώμα;

.....

.....

.....

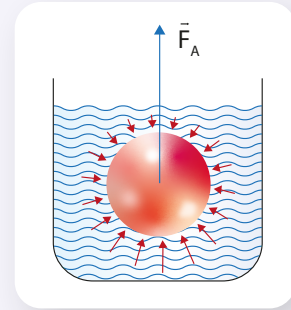
.....

ΠΕ  
ΜΑΘ

ΠΡ  
ΜΑΘ  
ΓΡ



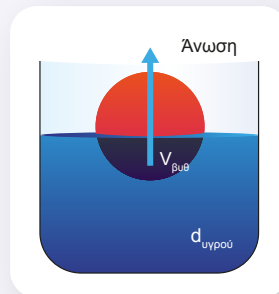
- Λόγω της υδροστατικής πίεσης, σε ένα σώμα που είναι βυθισμένο σε υγρό ασκούνται δυνάμεις που είναι κάθετες σε κάθε τμήμα της επιφάνειάς του. Οι δυνάμεις που ασκούνται στο κάτω μέρος του σώματος που βρίσκεται σε μεγαλύτερο βάθος είναι μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές που ασκούνται στο πάνω μέρος του. Η συνισταμένη όλων αυτών των δυνάμεων έχει κατακόρυφη διεύθυνση με φορά προς τα πάνω και είναι η άνωση.



- Σε κάθε σώμα που βυθίζεται σε υγρό ασκείται από το υγρό συνολική δύναμη, η οποία έχει **κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω**. Τη δύναμη αυτή την ονομάζουμε **άνωση** και εξαρτάται από την πυκνότητα του υγρού ( $d_{\text{υγρ}}$ ) και τον όγκο του υγρού που έχει εκτοπίσει το σώμα ( $V_{\text{εκτ}}$ ). Η άνωση δεν εξαρτάται από το βάθος στο οποίο βρίσκεται ένα σώμα, εφόσον είναι ολόκληρο βυθισμένο στο υγρό.



Άνωση



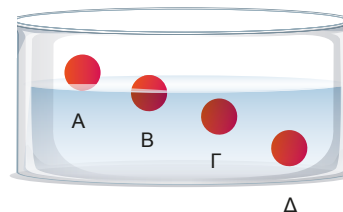
### Η άνωση στη Νεκρά Θάλασσα...

Γνωρίζοντας από τη δραστηριότητα 2 ότι η άνωση εξαρτάται από την πυκνότητα, και καθώς το αλατόνερο είναι πυκνότερο από το νερό, συμπεραίνουμε για ποιο λόγο η κολύμβηση στη θάλασσα είναι ευκολότερη από αυτή στην πισίνα. Ακόμη πιο έντονο είναι το φαινόμενο στη Νεκρά Θάλασσα, όπου η αλατότητα είναι πολύ μεγάλη, με αποτέλεσμα να αυξάνεται σημαντικά και η άνωση, όπως φαίνεται και στη διπλανή εικόνα.





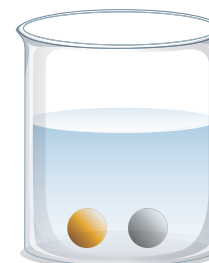
**1** Αφήνουμε μία σφαίρα από τη θέση Α να βυθιστεί στο νερό. Σε κάθε θέση κατά τη διάρκεια της βύθισής της να σχεδιάσετε τις δυνάμεις της άνωσης και του βάρους της, αιτιολογώντας τον σχεδιασμό σας.



**2** Να επιλέξετε την απάντηση που συμπληρώνει σωστά καθεμία από τις παρακάτω προτάσεις.

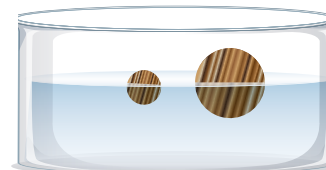
α) Δύο σφαίρες ίδιας ακτίνας, μία χάλκινη και μία αλουμινένια, είναι βυθισμένες στο νερό. Τότε:

- i) στις δύο σφαίρες ασκείται ίδια άνωση.
- ii) μεγαλύτερη άνωση ασκείται στη χάλκινη σφαίρα.
- iii) μεγαλύτερη άνωση ασκείται στην αλουμινένια σφαίρα.



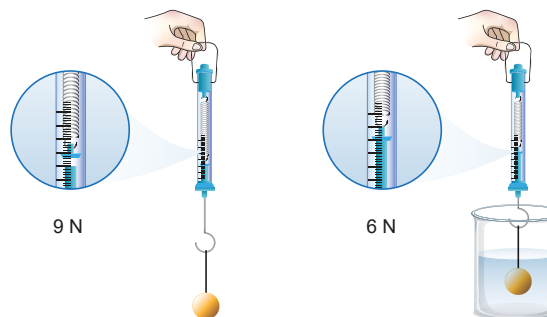
β) Δύο ξύλινες σφαίρες διαφορετικού μεγέθους επιπλέουν στο νερό. Τότε:

- i) μεγαλύτερη άνωση ασκείται στη μεγάλη σφαίρα.
- ii) στις δύο σφαίρες ασκείται ίδια άνωση.
- iii) μεγαλύτερη άνωση ασκείται στη μικρή σφαίρα.



γ) Η άνωση που ασκείται στη σφαίρα του σχήματος από το νερό είναι:

- i) 3 N.
- ii) 6 N.
- iii) 9 N.



Ερώτηση - Δραστηριότητα



Ερώτηση - Δραστηριότητα

# 3.3.4β

## Αρχή του Αρχιμήδη – Πλεύση

Λέξεις-κλειδιά: εκτοπιζόμενο υγρό, αρχή του Αρχιμήδη, συνθήκη πλεύσης

!?

1



2



- Η αναφώνηση «εύρηκα» αποδίδεται στον Αρχιμήδη. Σύμφωνα με τον θρύλο, ο Αρχιμήδης, ενθουσιασμένος από την ανακάλυψή του, έτρεχε γυμνός, αναφωνώντας «Εύρηκα». Τι ανακάλυψε ο Αρχιμήδης; (εικόνα 1)
- Ένα υποβρύχιο μπορεί να ανέλθει ή να κατέλθει στο νερό. Πώς μπορεί να συμβεί αυτό; (εικόνα 2)

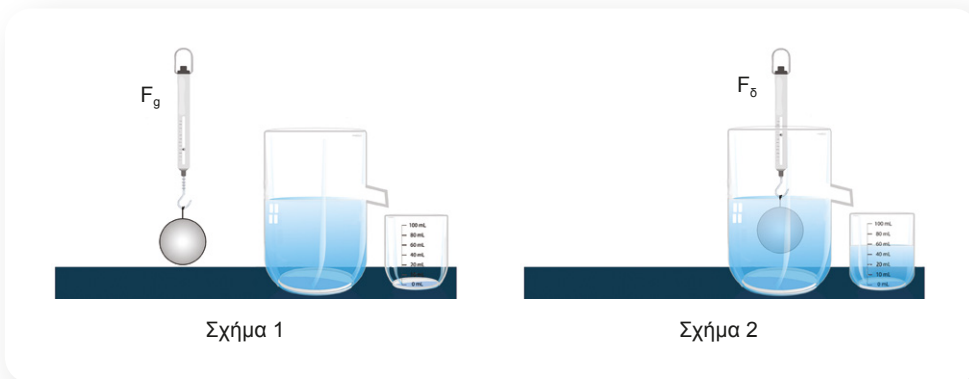


**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Αρχή του Αρχιμήδη**

Με ένα δυναμόμετρο μετρήστε το βάρος ( $F_g$ ) ενός αντικειμένου (σχήμα 1). Στη συνέχεια βυθίστε το αντικείμενο σε δοχείο το οποίο περιέχει νερό μέχρι την οπή υπερχειλίσσης. Σημειώστε τη νέα ένδειξη του δυναμόμετρου ( $F_\delta$ ) (σχήμα 2).

ΠΕ

ΜΑΘ



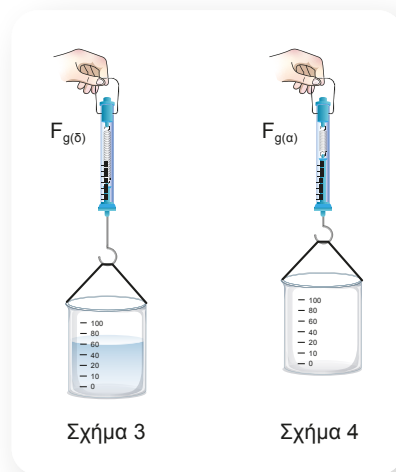
Υπολογίστε το μέτρο της άνωσης που ασκείται στο αντικείμενο.

$$F_A = F_g - F_\delta = \dots\dots\dots$$

Με το δυναμόμετρο μετρήστε το βάρος του δοχείου με το νερό ( $F_{g(\delta)}$ ) που εκτοπίστηκε από τη βύθιση του αντικειμένου (σχήμα 3), καθώς και το απόβαρο ( $F_{g(\alpha)}$ ) του δοχείου (σχήμα 4).

Υπολογίστε το καθαρό βάρος του υγρού που εκτοπίστηκε ( $F_{g(\nu\gamma\rho)}$ ).

$$F_{g(\nu\gamma\rho)} = F_{g(\delta)} - F_{g(\alpha)} = \dots\dots\dots$$



Συμπληρώστε τα κενά με τις παρατηρήσεις σας από το προηγούμενο πείραμα.

Η άνωση που ασκείται στο σώμα το οποίο είναι βυθισμένο στο νερό είναι ..... με το ..... του νερού που .....

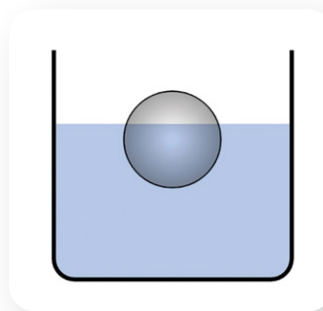
Η παραπάνω αρχή ονομάζεται *αρχή του Αρχιμήδη* και ισχύει για οποιοδήποτε ρευστό (υγρό ή αέριο).

ΕΡ

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Συνθήκη πλεύσης**

Στο διπλανό σχήμα η σφαίρα επιπλέει στο υγρό. Να σχεδιάσετε και να ονομάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στη σφαίρα.

Όνομα δύναμης	Κατεύθυνση



Αφού η σφαίρα ισορροπεί, ποια σχέση συνδέει τα μέτρα των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτή;

..... (συνθήκη πλεύσης)

ΠΡ

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Πότε ένα σώμα επιπλέει**

Συνδεθείτε στην προσομοίωση «Πλεύση». Επιλέξτε διάφορες τιμές πυκνότητας για το σώμα και το υγρό μέσα στο οποίο βρίσκεται. Συμπληρώστε τις τιμές στον πίνακα. Πατήστε «Έναρξη» για να διαπιστώσετε αν το σώμα βυθίζεται ή επιπλέει και σημειώστε το στην τελευταία στήλη.



Πλεύση

Πυκνότητα υγρού (kg/L)	Πυκνότητα στερεού (kg/L)	Ε (επιπλέει) / Β (βυθίζεται)

Γράψτε τα συμπεράσματά σας για το πότε επιπλέει ένα σώμα, συγκρίνοντας την πυκνότητά του με την πυκνότητα του υγρού.

.....

.....

.....

.....

.....

ΜΑΘ

ΓΡ



- Η άνωση ( $F_A$ ) που δέχεται ένα σώμα από κάποιο υγρό μέσα στο οποίο είναι βυθισμένο είναι ίση σε μέτρο με το βάρος ( $F_g$ ) του υγρού που εκτοπίζει το σώμα. Η παραπάνω πρόταση είναι γνωστή ως αρχή του Αρχιμήδη.

Συνεπώς έχουμε:

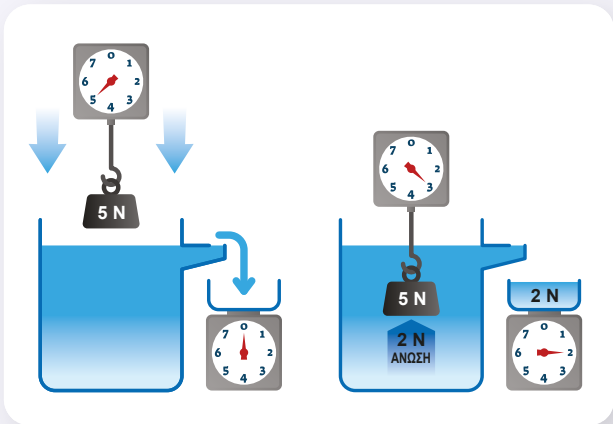
$$F_A = F_{g(\text{υγρού που εκτοπίζεται})} \quad \text{ή}$$

$$F_A = m_{(\text{υγρού που εκτοπίζεται})} g \quad \text{ή}$$

$$F_A = d_{\text{υγρ}} V_{\text{βυθ}} g$$

ή

$$F_A = d_{\text{υγρ}} g V_{\text{βυθ}}$$

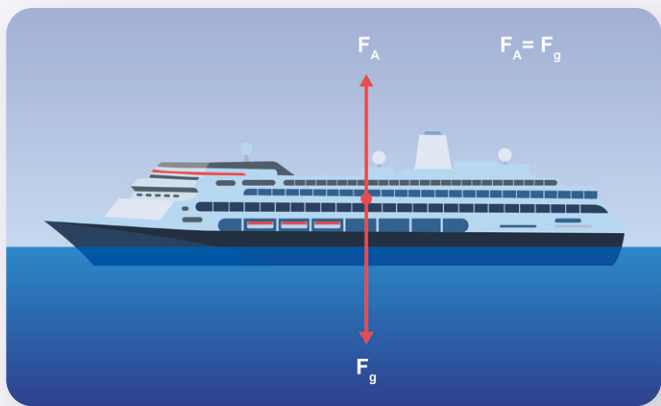


όπου  $d_{\text{υγρ}}$  η πυκνότητα του υγρού,  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας και  $V_{\text{βυθ}}$  ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού.

- **Πλεύση:** Όταν ένα σώμα επιπλέει, η δύναμη της άνωσης ( $F_A$ ) που ασκείται στο σώμα είναι ίση σε μέτρο με το βάρος ( $F_g$ ) του σώματος.

$$F_A = F_{g(\text{σώμ})}$$

Συνθήκη πλεύσης



Ένα σώμα επιπλέει σε κάποιο υγρό (ή ρευστό γενικότερα) αν η πυκνότητά του ( $d_{\text{σώμ}}$ ) είναι μικρότερη από την πυκνότητα του υγρού ( $d_{\text{υγρ}}$ ). Δηλαδή:

$$d_{\text{σώμ}} < d_{\text{υγρ}}$$



### Η κορυφή του παγόβουνου...

Όταν ένα σώμα επιπλέει σε κάποιο υγρό, υπάρχει ένα τμήμα του που είναι βυθισμένο και ένα τμήμα του που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του υγρού. Αποδεικνύεται ότι το ποσοστό του όγκου του σώματος που είναι βυθισμένο είναι ίσο με τον λόγο των πυκνοτήτων

$\left(\frac{d_{\text{σώμ}}}{d_{\text{υγρ}}}\right)$ . Η πυκνότητα ενός παγόβουνου είναι περίπου

$0,92 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  και του θαλασσινού νερού είναι περίπου

$1,025 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ . Συνεπώς από τον λόγο τους προκύπτει ότι

$\frac{0,92}{1,025} \approx 0,9 = 90\%$  του παγόβουνου βρίσκεται κάτω

από το νερό και μόλις το 10% βρίσκεται πάνω από το νερό. Το γεγονός αυτό καθιστά τα παγόβουνα πολύ επικίνδυνα για τα πλοία, αφού αυτό που διακρίνουν «...είναι μόνο η κορυφή του παγόβουνου».

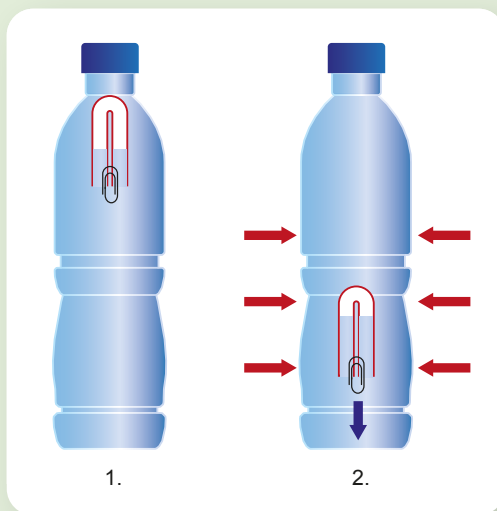


### Ο δύτης του Καρτέσιου

**Υλικά:** ένα πλαστικό μπουκάλι, πλαστικό καλαμάκι σπαστό στο ένα άκρο του, συνδετήρες, νερό.

**Διαδικασία:** Κόβουμε το καλαμάκι στο σπαστό άκρο του και δημιουργούμε ένα U. Στα δύο σκέλη του U σφηνώνουμε έναν συνδετήρα. Από τον συνδετήρα αυτό περνάμε άλλους δύο συνδετήρες. Έχουμε δημιουργήσει έτσι έναν «δύτη». Αν ο «δύτης» δεν επιπλέει στο νερό, βάζουμε μικρότερους συνδετήρες. Γεμίζουμε το μπουκάλι με νερό, ρίχνουμε μέσα τον «δύτη» και βιδώνουμε σφιχτά το καπάκι του μπουκαλιού.

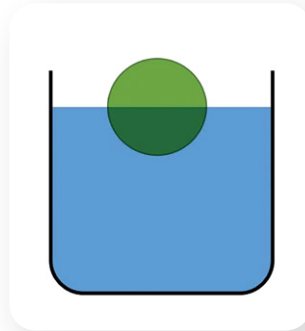
**Εξήγηση:** Ο «δύτης» επιπλέει, γιατί του ασκούνται οι αντίθετες δυνάμεις βάρους και άνωσης. Στο καλαμάκι έχει εγκλωβιστεί μια ποσότητα αέρα. Όταν πιέζουμε το μπουκάλι, η πίεση μεταφέρεται σε όλη την έκταση του νερού (αρχή του Pascal), οπότε και στο καλαμάκι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να συμπιέζεται ο εγκλωβισμένος αέρας στο καλαμάκι και να εισέρχεται σε αυτό περισσότερο νερό. Έτσι όμως η άνωση η οποία ασκείται στον «δύτη» μικραίνει, επειδή μικραίνει ο όγκος του νερού που αυτός εκτοπίζει, γίνεται μικρότερη από το βάρος του και αυτός καταδύεται. Όταν δεν πιέζουμε το μπουκάλι, το επιπλέον νερό που εισήλθε εξέρχεται από το καλαμάκι και η άνωση που ασκείται στον «δύτη» αποκτά την αρχική της τιμή. Γι' αυτό ο «δύτης» ανεβαίνει.



Αρχή του Πασκάλ  
– Ο δύτης του  
Καρτέσιου



- 1** Ένα σώμα σφαιρικού σχήματος έχει όγκο  $1 \text{ m}^3$  και επιπλέει σε νερό έχοντας το μισό του τμήμα βυθισμένο.



Να υπολογίσετε:

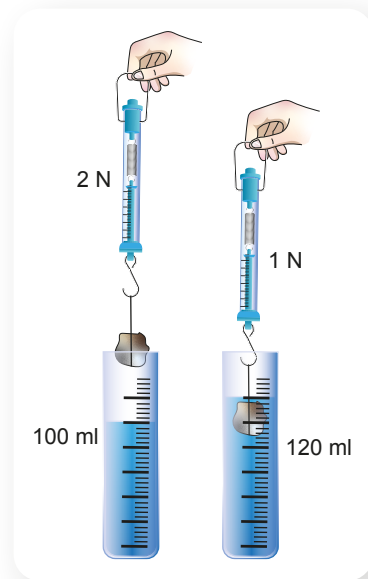
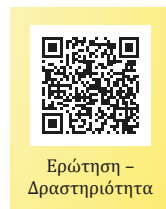
- τη δύναμη της άνωσης που ασκείται σε αυτό το σώμα από το νερό,
- το βάρος του σώματος,
- τη μάζα του σώματος,
- την πυκνότητα του σώματος και να επιβεβαιώσετε ότι είναι μικρότερη από την πυκνότητα του νερού.

Δίνονται:  $d_{\text{νερ}} = 1.000 \text{ kg / m}^3$ ,  $g = 10 \text{ N / kg}$ .

- \* 2** Κρεμάμε ένα σώμα από ένα δυναμόμετρο. Στη συνέχεια βυθίζουμε ολόκληρο το σώμα σε νερό. Να χρησιμοποιήσετε τις ενδείξεις του διπλανού σχήματος και να υπολογίσετε:

- το βάρος του σώματος,
- την άνωση που ασκείται από το υγρό,
- την πυκνότητα του σώματος.

Δίνεται:  $g = 10 \text{ N / kg}$ .



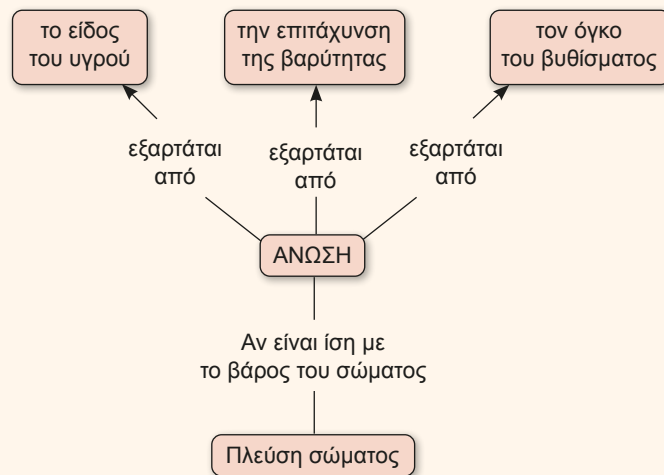
## Σύνοψη ενότητας

**Άνωση** είναι η δύναμη που ασκείται σε σώμα που βυθίζεται σε υγρό και η οποία έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω. Η άνωση εξαρτάται από την πυκνότητα του υγρού και τον όγκο του υγρού που εκτοπίζει το σώμα. Δεν εξαρτάται από το βάθος στο οποίο βρίσκεται ένα σώμα, εφόσον είναι ολόκληρο βυθισμένο.

Η άνωση οφείλεται στη διαφορά της υδροστατικής πίεσης στο κάτω μέρος του σώματος σε σχέση με το πάνω μέρος του.

**Αρχή του Αρχιμήδη:** Η άνωση που ασκείται σε ένα σώμα από κάποιο υγρό μέσα στο οποίο είναι βυθισμένο είναι ίση σε μέτρο με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει το σώμα.

Όταν επιπλέει ένα σώμα σε ένα υγρό, ασκείται σε αυτό άνωση από το υγρό, με μέτρο ίσο με το βάρος του σώματος. Για να επιπλέει ένα σώμα σε ένα υγρό, πρέπει η πυκνότητά του να είναι μικρότερη από αυτή του υγρού.



Λέξεις-κλειδιά: ατμοσφαιρική πίεση, βαρόμετρο

!?

1



3



2



- Από πού προέρχεται η δύναμη που «σπρώχνει» τον χυμό να ανέβει στο στόμα μας από το καλαμάκι; (εικόνα 1)
- Ένα βασικό όργανο μέτρησης στη μετεωρολογία είναι το βαρόμετρο (εικόνα 2). Τι μετράει το βαρόμετρο και πώς σχετίζεται η μεταβολή της ένδειξής του με τις καιρικές συνθήκες;
- Πολλά ρολόγια χειρός έχουν τη δυνατότητα να μετράνε υψόμετρο (εικόνα 3). Με ποιον τρόπο μετρούν το υψόμετρο στο οποίο βρίσκονται;



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Ο ατμοσφαιρικός αέρας ασκεί δύναμη

Γεμίστε μία μικρή φιάλη με νερό μέχρι το στόμιο. Κλείστε το στόμιο της ακουμπώντας προσεκτικά ένα μικρό κομμάτι χαρτί. Προσέξτε να μην εισέλθει αέρας στη φιάλη. Αναποδογυρίστε τη φιάλη πάνω από μια λεκάνη.

- Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο κομμάτι χαρτί, καθώς αυτό ισορροπεί.
- Ποια είναι η προέλευση των δυνάμεων που ασκούνται στο χαρτί;

.....

.....



ΠΕ

ΜΑΘ

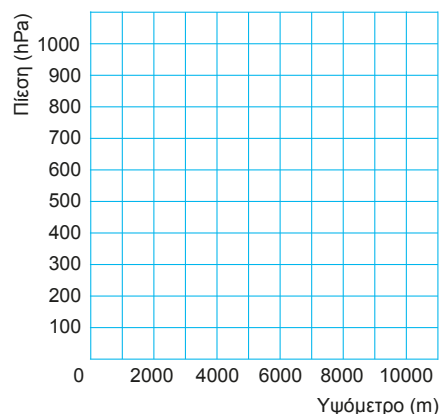
ΕΔ

ΜΑΘ

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης με το υψόμετρο**

Χρησιμοποιώντας ένα μετεωρολογικό μπαλόνι (αερόστατο) εφοδιασμένο με αισθητήρα πίεσης, καταγράφουμε τη μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης συναρτήσει του ύψους. Με βάση τον πίνακα των καταγραφόμενων τιμών, να σχεδιάσετε το αντίστοιχο διάγραμμα. (1 hPa = 100 Pa)

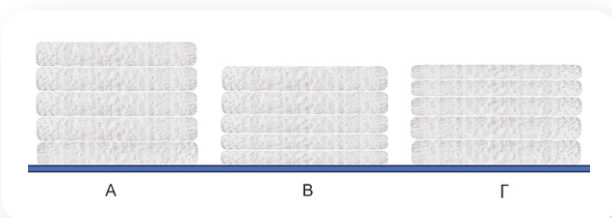
Υψόμετρο (m)	Πίεση (hPa)
0	1.000
2.000	807
4.000	642
6.000	510
8.000	407
10.000	324



α) Πώς μεταβάλλεται η ατμοσφαιρική πίεση σε συνάρτηση με το υψόμετρο;

.....

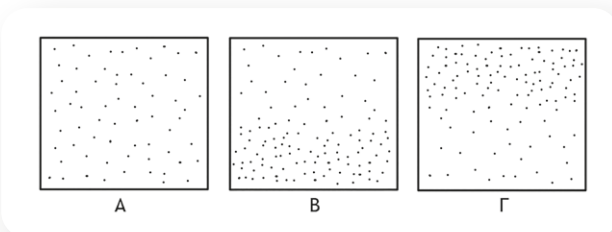
β) **Μια αναλογία:** Τοποθετούμε 5 όμοιες πετσέτες σε στοίβα (δηλαδή τη μία πάνω στην άλλη) για μερικές μέρες. Ποια από τις διπλανές τρεις περιπτώσεις (Α, Β, Γ) αντιπροσωπεύει την τελική μορφή τους; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.



.....

.....

γ) Σύμφωνα με την παραπάνω παρατήρησή σας και γνωρίζοντας ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελείται από μικροσκοπικά μόρια, ποια από τις διπλανές τρεις εικόνες (Α, Β, Γ) θεωρείτε ότι αντιπροσωπεύει καλύτερα την κατανομή των μορίων σε σχέση με το υψόμετρο;



.....

.....

δ) Μπορείτε να δώσετε μια εξήγηση για τη μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης σε σχέση με το υψόμετρο;

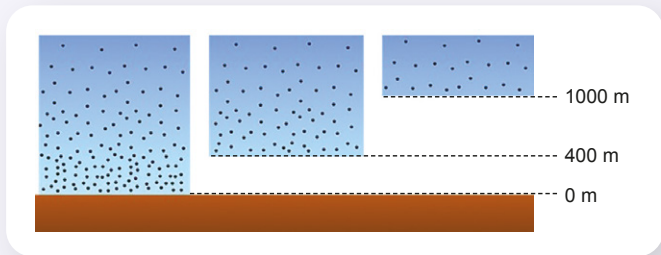
.....

.....



■ Ο **ατμοσφαιρικός αέρας** είναι ένα μείγμα αερίων που αποτελείται από άζωτο (περίπου 78%), οξυγόνο (περίπου 21%) και άλλα αέρια. Τα μόρια των αερίων αυτών κινούνται με μεγάλες ταχύτητες από την ενέργεια που τους προσφέρει ο ήλιος, τείνοντας να απομακρυνθούν από την επιφάνεια της Γης. Από την άλλη, η βαρύτητα της Γης έλκει τα μόρια αυτά προς το κέντρο της. Η δυναμική αυτή ισορροπία δημιουργεί τη **γήινη ατμόσφαιρα**.

■ Όπως τα υγρά, έτσι και τα αέρια δημιουργούν στο εσωτερικό τους πίεση. Η πίεση στο εσωτερικό της ατμόσφαιρας ονομάζεται **ατμοσφαιρική πίεση** και οφείλεται στο βάρος του υπερκείμενου αέρα. Η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας (υψόμετρο μηδέν) είναι περίπου  $101.300 \text{ Pa} = 1.013 \text{ mbar} = 1.013 \text{ hPa}$  και ονομάζεται **1 atm** (1 ατμόσφαιρα). Η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται με το υψόμετρο, επειδή μειώνεται το βάρος του υπερκείμενου αέρα, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Γνωρίζοντας την ατμοσφαιρική πίεση (με έναν αισθητήρα πίεσης), μπορούμε να υπολογίσουμε το υψόμετρο στο οποίο βρισκόμαστε σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς (π.χ. σε σχέση με την επιφάνεια της θάλασσας, που θεωρούμε υψόμετρο 0).



■ Σε έναν τόπο παρατηρούνται μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης με τον χρόνο. Οι μεταβολές της πίεσης επηρεάζουν τις καιρικές συνθήκες. Όργανο μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι το **βαρόμετρο**.

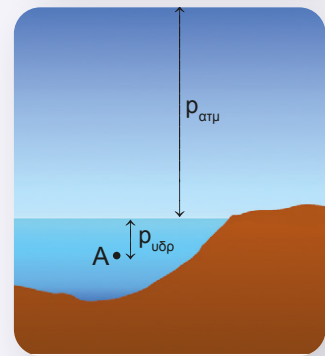


■ Με τη βοήθεια της αρχής του Pascal μπορούμε να υπολογίσουμε την **ολική πίεση** στο εσωτερικό υγρού πάνω από το οποίο υπάρχει ατμόσφαιρα. Στο διπλανό σχήμα η πίεση στο σημείο A είναι το άθροισμα της υδροστατικής και της ατμοσφαιρικής πίεσης. Συνεπώς:

$$P_{ολ} = P_{υδρ} + P_{ατμ}$$



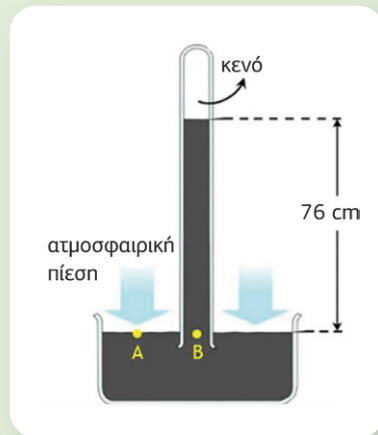
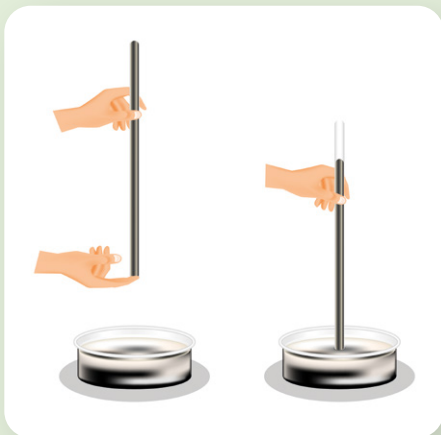
Ολική πίεση





### Η μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης

Για να μετρήσει την ατμοσφαιρική πίεση ο Evangelista Torricelli, χρησιμοποίησε έναν σωλήνα γεμάτο υδράργυρο, τον οποίο αναποδογύρισε και βύθισε μέσα σε δοχείο με υδράργυρο, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η στάθμη του υδραργύρου κατεβαίνοντας σταμάτησε σε ύψος 76 cm ή 760 mm.



Θεωρώντας ότι πάνω από τον υδράργυρο μέσα στον σωλήνα δεν υπάρχουν ατμοί υδραργύρου (δηλαδή ο χώρος είναι κενός), η υδροστατική πίεση στη βάση του σωλήνα (στο σημείο Β) θα είναι:

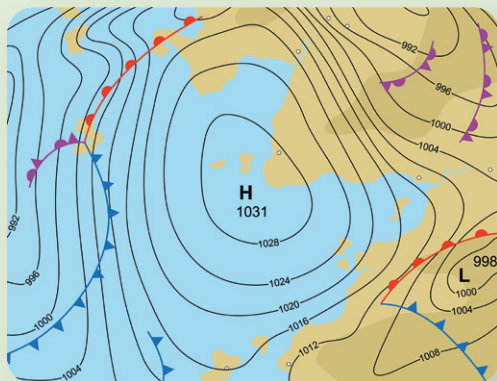
$$p_{\text{υδρ}} = d_{(\text{υδραργύρου})}gh = 13.600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \times 0,76 \text{ m} \approx 101.300 \text{ Pa} = 1.013 \text{ hPa}$$

Όμως, η υδροστατική πίεση στο Β είναι ίση με την ατμοσφαιρική πίεση στο Α, αφού τα δύο σημεία βρίσκονται σε οριζόντιο επίπεδο. Επομένως:

$$p_{\text{atm}} = p_{\text{υδρ}} = 1.013 \text{ hPa}$$

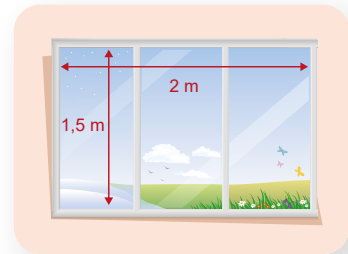
### Ατμοσφαιρική πίεση και καιρός...

Η γνώση της ατμοσφαιρικής (ή βαρομετρικής) πίεσης σε κάθε τόπο είναι μια σημαντική παράμετρος για τη γνώση και την πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών. Έτσι, σε μετεωρολογικούς χάρτες θα παρατηρήσετε συχνά γραμμές (λέγονται ισοβαρείς) κατά μήκος των οποίων παρατηρείται ίδια ατμοσφαιρική πίεση. Επιπλέον, σε έναν τέτοιο χάρτη εμφανίζονται οι περιοχές με υψηλό βαρομετρικό (H) και οι περιοχές με χαμηλό βαρομετρικό (L). Οι τιμές που αναγράφονται είναι συνήθως σε hPa ή mbar (1 hPa = 1 mbar = 100 Pa). Ένα υψηλό βαρομετρικό συνήθως αντιπροσωπεύει καλοκαιρία, ενώ όταν πλησιάζει σε μια περιοχή ένα χαμηλό βαρομετρικό, συνήθως αντιπροσωπεύει κακοκαιρία. Στον συγκεκριμένο χάρτη, το υψηλό βαρομετρικό έχει τιμή 1.031 hPa, ενώ το χαμηλό βαρομετρικό έχει τιμή 998 hPa. Ο άνεμος είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών πιέσεων που επικρατούν σε δύο διαφορετικούς τόπους.



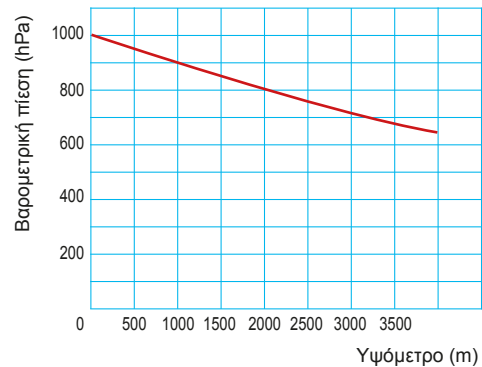
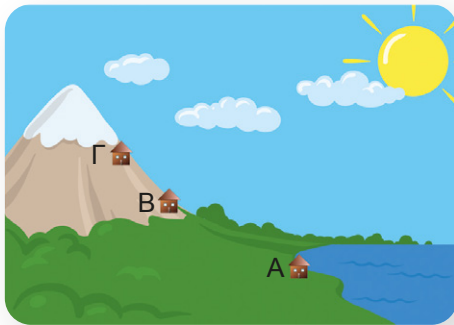


- 1** Ένα παράθυρο έχει διαστάσεις  $1,5 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ . Αν γνωρίζουμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι  $100.000 \text{ Pa}$ :
- να υπολογίσετε τη δύναμη που ασκείται στο παράθυρο από την ατμόσφαιρα,
  - να εξηγήσετε για ποιο λόγο δε σπάει το τζάμι του παραθύρου.

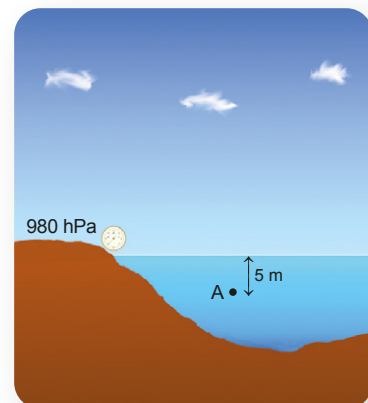


- \* 2** Ποιο θα έπρεπε να είναι το ύψος του σωλήνα που χρησιμοποίησε ο Torricelli, αν ήθελε να μετρήσει την ατμοσφαιρική πίεση χρησιμοποιώντας νερό αντί για υδράργυρο;  
 Δίνονται:  $g = 10 \text{ N / kg}$ ,  $d_{\text{νερ}} = 1.000 \text{ kg / m}^3$ .

- 3** Τρεις μετεωρολογικοί σταθμοί Α, Β και Γ βρίσκονται σε διαφορετικά υψόμετρα. Το βαρόμετρο του σταθμού Α δείχνει κάποια στιγμή της ημέρας την ένδειξη  $1.000 \text{ hPa}$ , του Β την ένδειξη  $900 \text{ hPa}$  και του Γ την ένδειξη  $750 \text{ hPa}$ . Αν γνωρίζουμε ότι ο σταθμός Α βρίσκεται σε υψόμετρο  $0 \text{ m}$  (στο επίπεδο της θάλασσας), σε ποιο υψόμετρο βρίσκονται περίπου οι σταθμοί Β και Γ; Να κάνετε χρήση του διαγράμματος.



- 4** Ένα βαρόμετρο, στην άκρη μιας λίμνης, δείχνει την ένδειξη  $980 \text{ hPa}$ . Να υπολογίσετε την ολική πίεση σε βάθος  $5 \text{ m}$  από την επιφάνεια της λίμνης.  
 Δίνονται: η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ N / kg}$  και η πυκνότητα του νερού  $d_{\text{νερ}} = 1.000 \text{ kg / m}^3$ .



Ερώτηση - Δραστηριότητα



Ερώτηση - Δραστηριότητα

# 3.3.5β

## Άνωση στον αέρα

Λέξεις-κλειδιά: άνωση στα αέρια

!?

1



2



- Υπάρχουν μπαλόνια που ανυψώνονται αν τα αφήσεις ελεύθερα και άλλα που καταλήγουν στο έδαφος (εικόνα 1). Ποια είναι η αιτία αυτού του φαινομένου;
- Τα υγρά και τα αέρια ανήκουν στην κατηγορία των ρευστών. Αν βυθίσουμε μία μπάλα στο νερό, αυτή θα κινηθεί προς τα πάνω και θα καταλήξει στην επιφάνεια. Για ποιο λόγο δεν ανυψώνεται μια μπάλα που βρίσκεται «βυθισμένη» στον ατμοσφαιρικό αέρα;



**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Άνωση στα ρευστά**

Αφήνουμε μία μπάλα μέσα σε μια δεξαμενή με νερό και αντίστοιχα ένα μπαλόνι με ήλιο μέσα σε ένα δωμάτιο (αρχικά και τα δύο ακίνητα).

- A. Η κατεύθυνση προς την οποία θα κινηθούν τα σώματα (η μπάλα και το μπαλόνι ηλίου) είναι:
- α) προς τα κάτω και τα δύο.
  - β) προς τα πάνω και τα δύο.
  - γ) η μπάλα προς τα πάνω και το μπαλόνι ηλίου προς τα κάτω.
  - δ) η μπάλα προς τα κάτω και το μπαλόνι ηλίου προς τα πάνω.
  - ε) τα σώματα δε θα κινηθούν.

B. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στην μπάλα και στο μπαλόνι ηλίου (πάνω στα σχήματα) τη στιγμή που τα αφήνουμε ελεύθερα να κινηθούν.



**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Συνθήκη ανύψωσης**

Ανοίξτε την προσομοίωση «Άνωση στα αέρια».

α) Μεταβάλετε την πυκνότητα του μπαλονιού. Επιλέγοντας «Έναρξη», παρατηρήστε την κατεύθυνση προς την οποία κινείται το μπαλόνι. Πότε το μπαλόνι ανυψώνεται μέσα στον ατμοσφαιρικό αέρα;



.....

.....

.....

β) Ενεργοποιήστε την επιλογή «Δυνάμεις». Μεταβάλετε πάλι την πυκνότητα του μπαλονιού και παρατηρήστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο ακίνητο μπαλόνι. Πότε το μπαλόνι ανυψώνεται μέσα στον ατμοσφαιρικό αέρα;

.....

.....

.....

γ) Με βάση τα συμπεράσματά σας από τις προηγούμενες δραστηριότητες, να συγκρίνετε την πυκνότητα κάθε σώματος της αριστερής στήλης με την πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, αντιστοιχίζοντας τα στοιχεία της δεξιάς στήλης με αυτά της αριστερής στήλης.

- |                           |   |   |  |
|---------------------------|---|---|--|
| Μπάλα ποδοσφαίρου         | • | • | Μικρότερη πυκνότητα από τον ατμοσφαιρικό αέρα  |
| Θερμός αέρας σε αερόστατο | • |   |  |
| Μπαλόνι ηλίου             | • | • | Μεγαλύτερη πυκνότητα από τον ατμοσφαιρικό αέρα |
| Άνθρωπος                  | • |   |  |

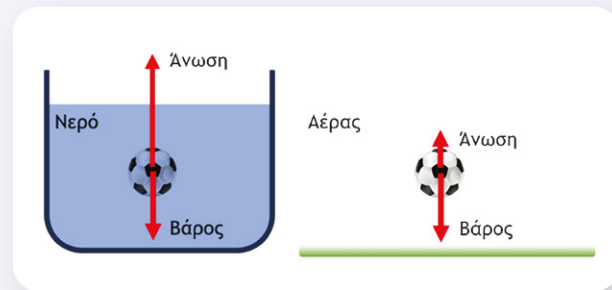




■ Μέσα στην ατμόσφαιρα τα σώματα δέχονται **άνωση** (όπως και στα υγρά) ίση με το βάρος του αέρα που εκτοπίζουν. Επειδή η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα είναι μικρή (περίπου  $1,2 \text{ kg / m}^3$  σε πίεση 1 atm και σε θερμοκρασία  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), η άνωση δε γίνεται εύκολα αντιληπτή, γιατί συνήθως είναι πολύ μικρότερη από το βάρος των σωμάτων.

■ Ένα σώμα **ανυψώνεται** μέσα στην ατμόσφαιρα αν η πυκνότητά του  $d_{\text{σώματος}}$  είναι μικρότερη από αυτή της ατμόσφαιρας  $d_{\text{ατμόσφαιρας}}$ :

$$d_{\text{σώματος}} < d_{\text{ατμόσφαιρας}}$$



### Αερόπλοια...

Μέχρι τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο το γρηγορότερο μέσο για να ταξιδέψεις από την Ευρώπη στην Αμερική και αντίστροφα ήταν το αερόπλοιο. Για να μπορέσει το αερόπλοιο να ανυψωθεί, χρειάζεται να γεμίσει με κάποιο αέριο, το οποίο έχει μικρότερη πυκνότητα από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Δύο τέτοια αέρια είναι το υδρογόνο ( $\text{H}_2$ ) και το ήλιο ( $\text{He}$ ). Το υδρογόνο έχει μικρότερη πυκνότητα από το ήλιο, ενώ είναι και κατά πολύ φθηνότερο στην παραγωγή του από το σπάνιο (οπότε και ακριβό) ήλιο.

Τα δύο αέρια χρησιμοποιήθηκαν στα αερόπλοια, με το υδρογόνο να μπορεί να μεταφέρει μεγαλύτερο φορτίο λόγω μικρότερης πυκνότητας. Το υδρογόνο όμως έχει ένα μεγάλο μειονέκτημα σε σχέση με το ήλιο. Είναι εύφλεκτο. Στις 6 Μαΐου του 1937 το αερόπλοιο Hindenburg, που περιείχε υδρογόνο, στην προσπάθειά του να αγκυροβολήσει στη ναυτική αεροπορική βάση του Λέικχερστ, στο Νιου Τζέρσεϋ, εξερράγη σκοτώνοντας 35 ανθρώπους που ταξίδευαν με αυτό και έναν άνθρωπο στο έδαφος. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε το τέλος των εμπορικών ταξιδιών με αερόπλοια.



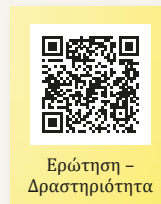
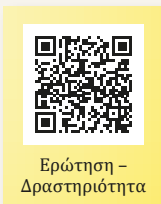


### Δραστηριότητα

Να χρησιμοποιήσετε μια μπάλα ποδοσφαίρου της οποίας ο μέσος όγκος είναι  $5.500 \text{ cm}^3$ .

- α) Με μια ζυγαριά να μετρήσετε τη μάζα της  $m$  και να υπολογίσετε το βάρος της.
- β) Να υπολογίσετε την άνωση που ασκείται από το νερό στην μπάλα (όταν αυτή επιπλέει) και την άνωση που ασκείται από την ατμόσφαιρα στην μπάλα.
- γ) Να συγκρίνετε την άνωση που ασκείται στην μπάλα από το νερό με αυτή που ασκείται στην μπάλα από τον αέρα.

Δίνονται: η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \text{ N / kg}$  και η πυκνότητα του αέρα  $d_{\text{αέρα}} = 1,3 \text{ kg / m}^3$ .

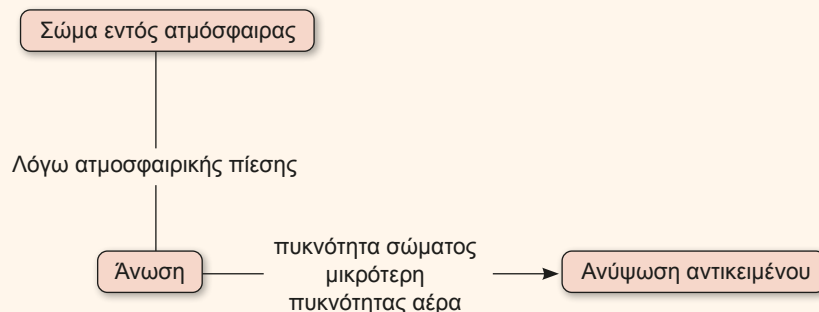


## Σύνοψη ενότητας

Η πίεση η οποία ασκείται στα σώματα που βρίσκονται μέσα στην ατμόσφαιρα της Γης ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση και οφείλεται στο βάρος του υπερκείμενου αέρα. Όργανο μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι το βαρόμετρο.

Η ολική πίεση στο εσωτερικό υγρού, όταν πάνω του υπάρχει ατμόσφαιρα, είναι το άθροισμα της ατμοσφαιρικής και της υδροστατικής πίεσης.

Μέσα στην ατμόσφαιρα τα σώματα δέχονται **άνωση** (όπως και στα υγρά) ίση με το βάρος του αέρα που εκτοπίζουν. Για να ανυψωθεί ένα σώμα στον αέρα, θα πρέπει η πυκνότητά του να είναι μικρότερη της πυκνότητας του αέρα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

# Η δύναμη μπορεί να αλλάξει την κίνηση

**4.1** Η δύναμη επηρεάζει την κίνηση των σωμάτων

**4.2** Η επιτάχυνση

**4.3** Ο 2ος νόμος του Νεύτωνα (Newton)

**4.4** Ελεύθερη πτώση

**4.5** Ομαλή κυκλική κίνηση



# 4.1

## Η δύναμη επηρεάζει την κίνηση των σωμάτων

Λέξεις-κλειδιά: μεταβολή της ταχύτητας, δύναμη



1



2



3



Στην εικόνα 1 ένα αυτοκίνητο φρενάρει. Στην εικόνα 2 ένα παιδί τραβάει το αρχικά ακίνητο όχημα, το οποίο αρχίζει να κινείται. Στην εικόνα 3 μία μπάλα του τένις χτυπά στο έδαφος και αλλάζει κατεύθυνση.

- Σε ποιες από τις παραπάνω εικόνες υπάρχει μεταβολή στην ταχύτητα (κινητική κατάσταση) των σωμάτων;
- Ποια είναι η αιτία της μεταβολής της κινητικής κατάστασης των σωμάτων;



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Η μεταβολή της ταχύτητας

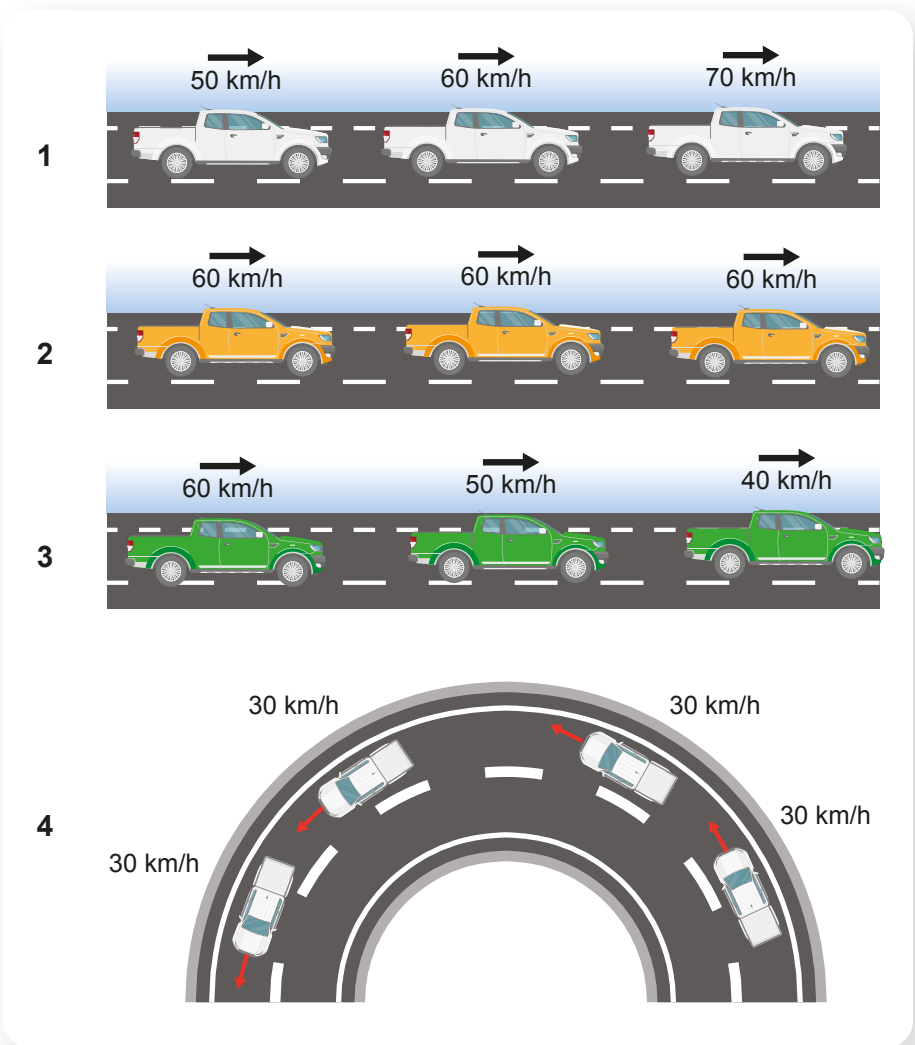
Παρατηρήστε την κίνηση του οχήματος στις εικόνες 1 έως 4 που ακολουθούν και σημειώστε με ✓ στον πίνακα αν υπάρχει μεταβολή στο μέτρο ή στην κατεύθυνση της ταχύτητάς του.

ΕΡ

ΜΑΘ

# 4.1

## Η δύναμη επηρεάζει την κίνηση των σωμάτων



Εικόνα	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ				
	Το μέτρο της ταχύτητας...			Η κατεύθυνση της ταχύτητας...	
	αυξάνεται	μειώνεται	παραμένει σταθερό	μεταβάλλεται	δε μεταβάλλεται
1					
2					
3					
4					

Σε ποιες από τις παραπάνω περιπτώσεις μεταβάλλεται η ταχύτητα του οχήματος και γιατί;

.....

.....

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας

A. Αφήστε μία μπάλα να πέσει από κάποιο ύψος και παρατηρήστε την κίνησή της.

Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στην μπάλα είναι:

- α) μηδέν                      β) διάφορη του μηδενός

Η ταχύτητα της μπάλας:

- α) μεταβάλλεται            β) δε μεταβάλλεται



B. Εκτοξεύστε την μπάλα κατακόρυφα με φορά προς τα πάνω και παρατηρήστε την κίνησή της.

Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στην μπάλα είναι:

- α) μηδέν                      β) διάφορη του μηδενός

Η ταχύτητα της μπάλας:

- α) μεταβάλλεται            β) δε μεταβάλλεται



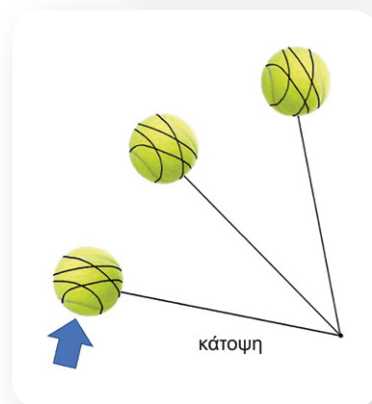
Γ. Δέστε την μπάλα με μία κλωστή και κρατήστε με το δάχτυλό σας την άκρη του σχοινού σε σταθερό σημείο πάνω στο θρανίο. Χτυπήστε με το άλλο χέρι την μπάλα, όπως δείχνει το μπλε βέλος, και παρατηρήστε την κίνησή της.

Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στην μπάλα είναι:

- α) μηδέν                      β) διάφορη του μηδενός

Κατά τη διάρκεια της κίνησης, η ταχύτητα της μπάλας:

- α) μεταβάλλεται            β) δε μεταβάλλεται



Δ. Αφήστε ακίνητη την μπάλα πάνω στο θρανίο.

Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στην μπάλα είναι:

- α) μηδέν                      β) διάφορη του μηδενός

Η ταχύτητα της μπάλας:

- α) μεταβάλλεται            β) δε μεταβάλλεται

Συμπληρώστε το κενό της πρότασης με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις:

Αν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι διάφορη του μηδενός, τότε η ταχύτητα του σώματος .....

ΠΕ

ΜΑΘ

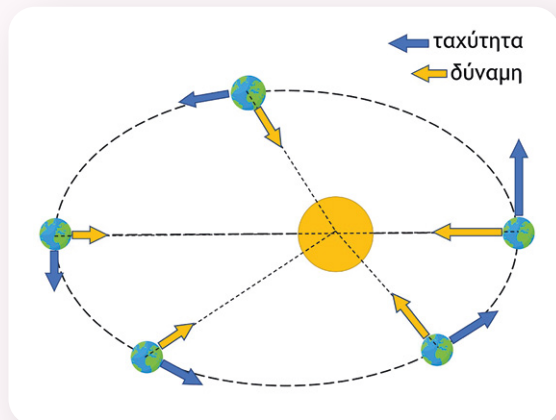


- Η ταχύτητα, ως διανυσματικό μέγεθος (έχει μέτρο και κατεύθυνση), μεταβάλλεται όταν αλλάζει το μέτρο ή η κατεύθυνσή της.
- **Αιτία της μεταβολής της ταχύτητας** και συνεπώς της κινητικής κατάστασης ενός σώματος **είναι η δύναμη** που ασκείται σε αυτό. Δηλαδή μια δύναμη μπορεί να μεταβάλλει την ταχύτητα ενός σώματος.



### Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας της Γης

Καθώς η Γη κινείται στο διάστημα, ασκείται σε αυτή βαρυτική δύναμη από τον Ήλιο. Η διεύθυνση αυτής της δύναμης είναι, όπως γνωρίζουμε, η ευθεία που ενώνει τα κέντρα των δύο ουράνιων σωμάτων. Η ταχύτητα της Γης είναι εφαπτόμενη στην τροχιά της και λόγω της βαρυτικής δύναμης μεταβάλλεται τόσο το μέτρο της όσο και η κατεύθυνσή της καθώς η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο. Η τροχιά δεν είναι τέλειος κύκλος. Το σημείο της τροχιάς της Γης που απέχει λιγότερο (περίπου 147 εκ. χλμ.) από τον Ήλιο ονομάζεται περιήλιο και η ταχύτητά της εκεί είναι η μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια του έτους. Αντίστοιχα, το σημείο της τροχιάς της Γης που απέχει περισσότερο από τον Ήλιο ονομάζεται αφήλιο (περίπου 152 εκ. χλμ.) και η ταχύτητά της σε αυτό το σημείο είναι η μικρότερη κατά τη διάρκεια του έτους.



Χρησιμοποιήστε την προσομοίωση «Βαρύτητα και τροχιές» (του ιστοτόπου PhET Interactive Simulations). Μπορείτε να μετακινήσετε τον Ήλιο, για να παρατηρήσετε με ποιον τρόπο μεταβάλλεται η ταχύτητα της Γης. Επιπλέον, μπορείτε να επιλέξετε να βλέπετε και την τροχιά και πώς αυτή επηρεάζεται από την κατεύθυνση της βαρυτικής δύναμης.

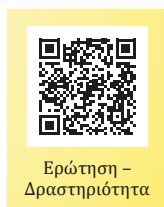
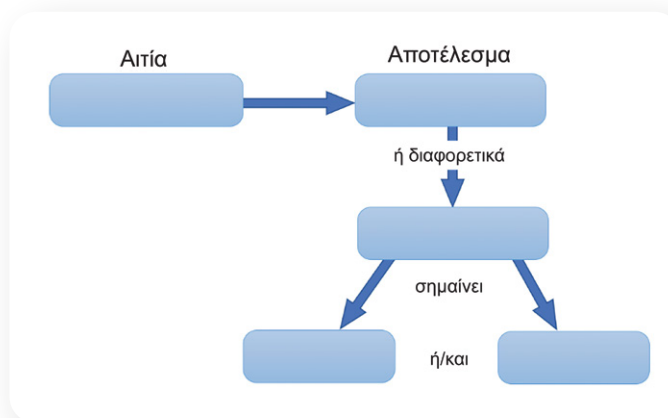


PhET –  
Βαρύτητα  
και τροχιές



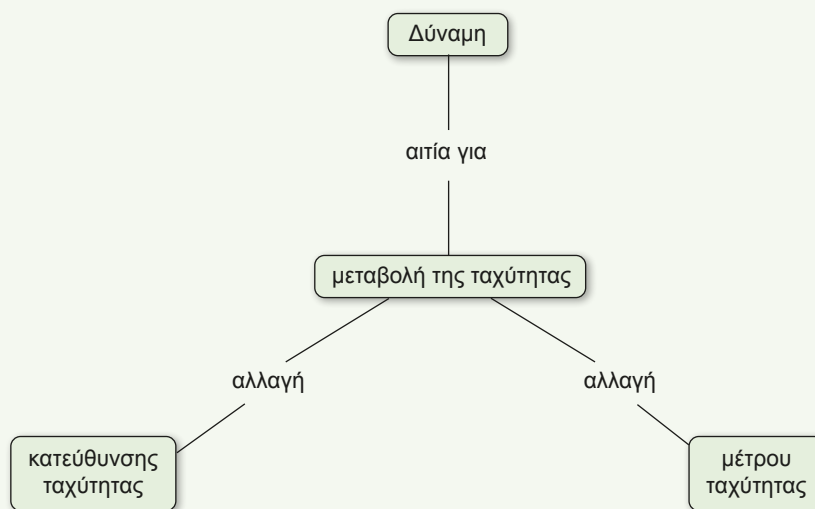
Να συμπληρώσετε τον διπλανό χάρτη εννοιών με τα παρακάτω μεγέθη:

- α) μεταβολή στο μέτρο της ταχύτητας
- β) δύναμη
- γ) μεταβολή της ταχύτητας
- δ) μεταβολή στην κατεύθυνση
- ε) μεταβολή στην κινητική κατάσταση



## Σύνοψη ενότητας

Η ταχύτητα μεταβάλλεται όταν το μέτρο ή η κατεύθυνσή της αλλάζει.  
Αιτία της μεταβολής της ταχύτητας ενός σώματος είναι η δύναμη που ασκείται σε αυτό.



4.2<sub>α</sub>

## Ορισμός της επιτάχυνσης

Λέξεις-κλειδιά: επιτάχυνση, επιταχυνόμενη κίνηση, επιβραδυνόμενη κίνηση



1



2



3

Καύσιμο	Πετρέλαιο
Χωρητικότητα κινητήρα	1.560 cm <sup>3</sup>
Μέγιστη ισχύς	109 HP
Μέγιστη ροπή	240 Nm
0-100 km/h	11,2 s
Μέση κατανάλωση	4,6 L / 100 km

- Μπορούμε με το ταχύμετρο του αυτοκινήτου να καταλάβουμε αν το αυτοκίνητο επιταχύνεται ή επιβραδύνεται; (εικόνα 1)
- Τι σημαίνει ότι ένας πιλότος πολεμικού αεροσκάφους «δέχεται» επιτάχυνση 6g; (εικόνα 2)
- Στην εικόνα 3 φαίνεται ένας πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών ενός αυτοκινήτου. Ποιο χαρακτηριστικό περιγράφει την επιτάχυνση του αυτοκινήτου;



ΕΔ

ΜΑΘ

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Η επιτάχυνση

Στις εικόνες που ακολουθούν, δύο οχήματα έχουν τις ταχύτητες που σημειώνονται στις αντίστοιχες χρονικές στιγμές που αναφέρονται στους κύκλους.

α) Ποιο από τα δύο οχήματα έχει μεγαλύτερη ταχύτητα τη χρονική στιγμή 9 s;

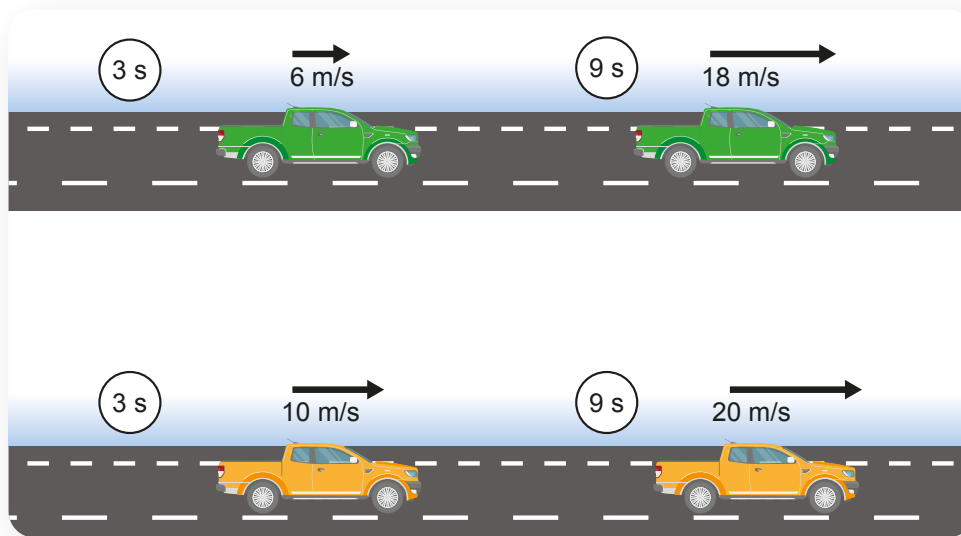
.....

β) Σε ποιο όχημα από τα δύο η μεταβολή της ταχύτητας είναι μεγαλύτερη;

.....

γ) Σε ποιο από τα δύο οχήματα αυξήθηκε γρηγορότερα η ταχύτητα (ποιο είχε δηλαδή μεγαλύτερη επιτάχυνση); Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

.....



Σύμφωνα με τις παραπάνω παρατηρήσεις και με τη βοήθεια του/της εκπαιδευτικού της τάξης, γράψτε με ποια σχέση θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση ( $a$ ) ενός σώματος:

.....

ή με λόγια: η επιτάχυνση είναι ο ρυθμός μεταβολής της ....., δηλαδή δείχνει πόσο γρήγορα ..... η .....

Υπολογίστε την επιτάχυνση κάθε οχήματος στις παραπάνω εικόνες.

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

Η μονάδα μέτρησης της επιτάχυνσης που προκύπτει από την παραπάνω σχέση είναι το .....

ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Επιταχυνόμενη και επιβραδυνόμενη κίνηση**

Στην προσομοίωση «Επιτάχυνση – Επιβράδυνση» αφήνουμε ένα μπαλάκι του τένις από κάποιο ύψος. Να υπογραμμίσετε τη λέξη μέσα στην παρένθεση που ταιριάζει στην περιγραφή.



Επιτάχυνση –  
Επιβράδυνση

Τη στιγμή που αφήνουμε το μπαλάκι η ταχύτητα που έχει είναι (μηδέν / μικρή). Καθώς κινείται προς τα κάτω, η ταχύτητά του (μειώνεται / αυξάνεται), δηλαδή το σώμα (επιταχύνεται / επιβραδύνεται). Κάποια στιγμή το μπαλάκι χτυπά στο έδαφος, οπότε αρχίζει να ανεβαίνει. Καθώς ανεβαίνει, η ταχύτητά του (μειώνεται / αυξάνεται), δηλαδή το σώμα (επιταχύνεται / επιβραδύνεται).

ΕΔ

ΜΑΘ

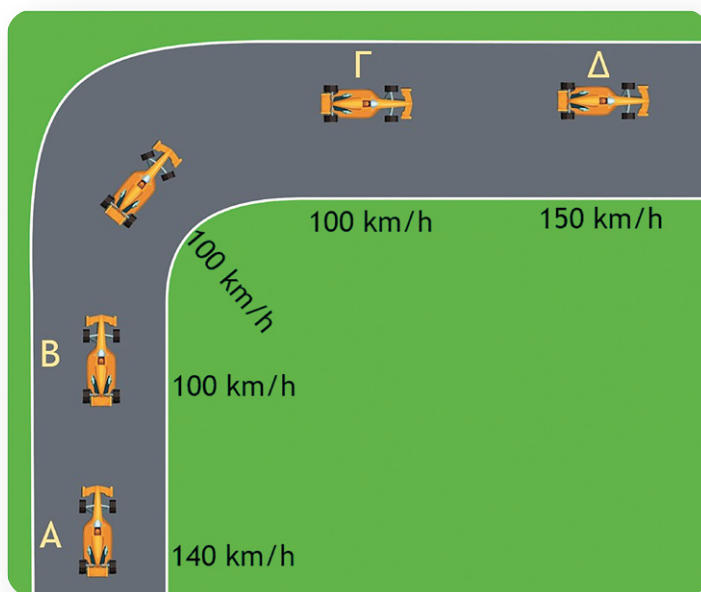
**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Μεταβολή της ταχύτητας και επιτάχυνση**

Να εξηγήσετε για ποιο λόγο το αγωνιστικό αυτοκίνητο έχει επιτάχυνση στα τμήματα της διαδρομής:

A → B : .....

B → Γ : .....

Γ → Δ : .....

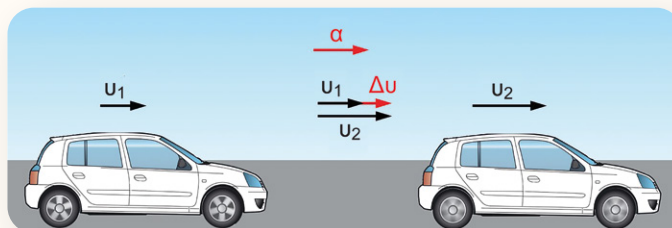




- Η **επιτάχυνση α** ενός σώματος είναι ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητάς του, δηλαδή η μεταβολή της ταχύτητας στη μονάδα του χρόνου. Ένα σώμα επιταχύνεται όταν μεταβάλλεται το διάνυσμα της ταχύτητας, δηλαδή αλλάζει το μέτρο της ταχύτητας ή η κατεύθυνσή της.

Αν το σώμα κινείται ευθύγραμμα και δεν αλλάζει κατεύθυνση, τότε η επιτάχυνση α υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



όπου Δv η μεταβολή του μέτρου της ταχύτητας και Δt το αντίστοιχο χρονικό διάστημα που έγινε η μεταβολή.

Η μονάδα μέτρησης της επιτάχυνσης στο S.I. είναι το  $1 \frac{m}{s} = 1 \frac{m}{s^2}$ .

Η επιτάχυνση είναι διανυσματικό μέγεθος με κατεύθυνση ίδια με αυτήν της μεταβολής της ταχύτητας.

- Στην καθομιλούμενη γλώσσα χρησιμοποιούμε τους όρους **επιτάχυνση** και **επιβράδυνση** για να εκφράσουμε την αύξηση ή τη μείωση αντίστοιχα του μέτρου της ταχύτητας ενός σώματος.



Το διάνυσμα της επιτάχυνσης



### Ελιγμοί και επιταχύνσεις αεροσκάφους

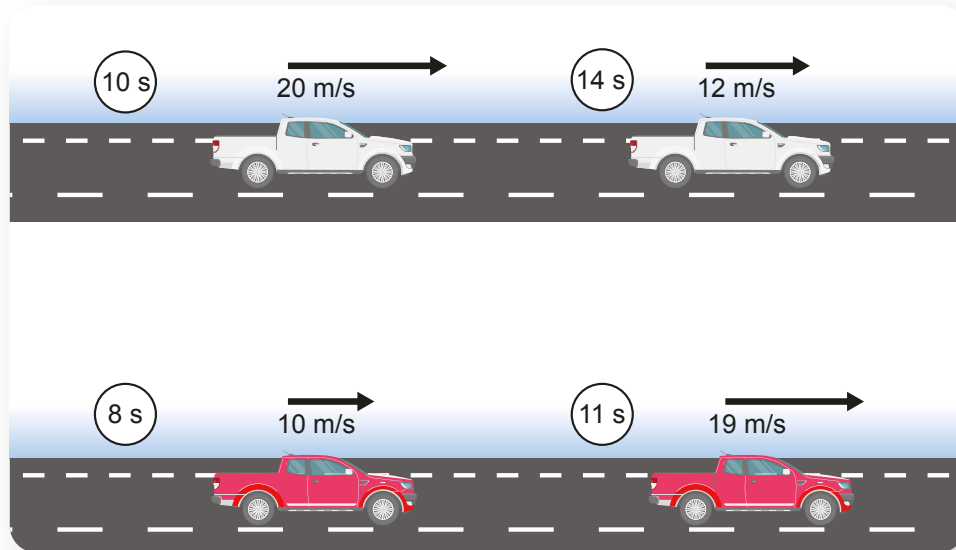
Είδαμε ότι ένα κινούμενο σώμα επιταχύνεται όχι μόνο όταν αλλάζει το μέτρο της ταχύτητάς του, αλλά και όταν αλλάζει η κατεύθυνσή της. Ένα αεροσκάφος που κάνει έναν ελιγμό επιταχύνεται με επιτάχυνση που μπορεί να φτάνει και τα 8g (όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας). Θα μάθουμε σε επόμενη ενότητα ότι η επιτάχυνση ενός σώματος συνδέεται με τις ασκούμενες δυνάμεις σε αυτό. Έτσι, ένας πιλότος κατά τη διάρκεια ελιγμών δέχεται ισχυρότατες δυνάμεις.



Αν το αεροσκάφος εκτελεί κατακόρυφο κύκλο στο κάτω μέρος της τροχιάς, η επιτάχυνση για λίγα δευτερόλεπτα φτάνει και τα 6g. Στην περίπτωση αυτή ο πιλότος μπορεί να χάσει τις αισθήσεις του. Γι' αυτό οι πιλότοι είναι εκπαιδευμένοι για ακραίες επιταχύνσεις, ενώ ταυτόχρονα φορούν ειδικές στολές που αποτρέπουν να κινηθεί μεγάλη ποσότητα αίματος προς τα πόδια.



- 1 Να υπολογίσετε την επιτάχυνση κάθε αυτοκινήτου. Στη συνέχεια να σχεδιάσετε το διάνυσμα της επιτάχυνσης, λαμβάνοντας υπόψη αν η τιμή που υπολογίσατε γι' αυτή είναι θετική ή αρνητική.



- \* 2 Στα τεχνικά χαρακτηριστικά που φαίνονται στην αρχική σελίδα της ενότητας αναφέρεται ότι το αυτοκίνητο μπορεί να επιταχύνεται από 0 km/h σε 100 km/h σε χρονικό διάστημα 11,2 s. Να υπολογίσετε την επιτάχυνση του αυτοκινήτου.



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

# 4.2β

## Υπολογισμός της επιτάχυνσης από πειραματικά δεδομένα

Λέξεις-κλειδιά: επιτάχυνση, διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου



1



2



- Με ποιον τρόπο μπορεί να μετρηθεί η επιτάχυνση ενός αυτοκινήτου; (εικόνα 1)
- Πολλές σύγχρονες συσκευές έχουν αισθητήρα μέτρησης της επιτάχυνσης (εικόνα 2). Γνωρίζετε κάποιες εφαρμογές που στηρίζονται στη μέτρηση της επιτάχυνσης;



ΑΜ

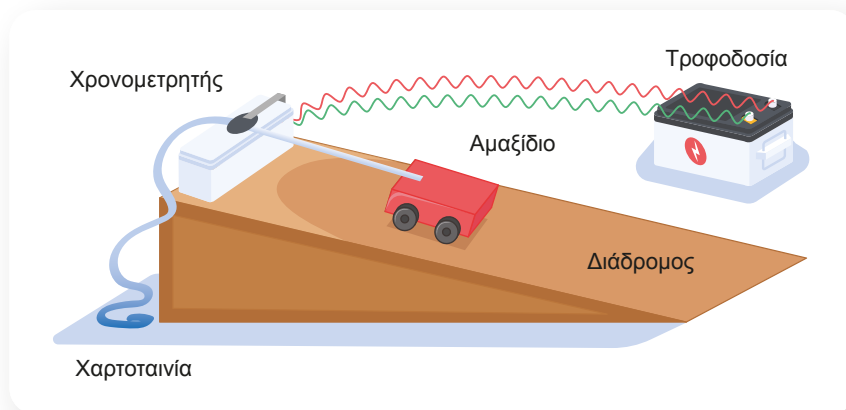
ΜΑΘ

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Υπολογισμός της επιτάχυνσης με τη χρήση ηλεκτρικού χρονομετρητή

Για το πείραμα θα χρειαστείτε:

ηλεκτρικό χρονομετρητή, δίσκο καρμπόν, χαρτοταινία, τροφοδοτικό, αμαξίδιο, σφικκτήρες, κεκλιμένο επίπεδο.

Στηρίξτε με έναν σφικκτήρα τον χρονομετρητή στην κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου (π.χ. θρανίο σε κλίση) και ρυθμίστε τον στην επιλογή «20 / s» (20 χτυπήματα σε 1 s). Τοποθετήστε το αμαξίδιο στην κορυφή του επιπέδου και περάστε το καρμπόν και τη χαρτοταινία κάτω από την ακίδα. Ενεργοποιήστε τον χρονομετρητή και αφήστε το αμαξίδιο να κινηθεί. Μελετήστε τις θέσεις των κουκκίδων που άφησε το καρμπόν στη χαρτοταινία.



Αν ο χρονομετρητής χτυπά τη χαρτοταινία 20 φορές σε 1 s, τότε το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών κουκκίδων είναι:  $\Delta t = \text{___ s}$ .

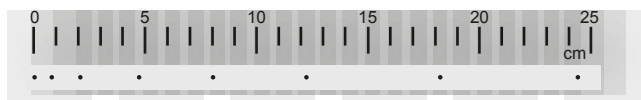
Αφαιρέστε τη χαρτοταινία και παρατηρήστε τις κουκκίδες που έχουν τυπωθεί σε αυτή.

Ξεκινήστε από μια κουκκίδα την οποία θα θεωρήσετε θέση  $x_0 = 0$  και με τη βοήθεια ενός χάρακα μετρήστε τις μετατοπίσεις  $\Delta x$  ανά 5 κουκκίδες. Από τη σχέση  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  υπολογίστε την αντίστοιχη ταχύτητα στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα  $\Delta t$ . Στη συνέχεια υπολογίστε την επιτάχυνση από τη σχέση  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  και τη μέση τιμή της επιτάχυνσης. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα.

Χρονικό διάστημα $\Delta t$ (s)	Μετατόπιση $\Delta x$ (cm)	Ταχύτητα $v$ (cm/s)	Μεταβολή της ταχύτητας $\Delta v$ (cm/s)	Επιτάχυνση $a$ (cm/s <sup>2</sup> )	Μέση τιμή $a$ (cm/s <sup>2</sup> )

### Εναλλακτική δραστηριότητα

Μετρήστε τις μετατοπίσεις μεταξύ διαδοχικών κουκκίδων που αποτυπώθηκαν στην κορδέλα, αν ο χρονομετρητής αφήνει αποτύπωμα κάθε  $\Delta t = 0,05$ , και συμπληρώστε τον προηγούμενο πίνακα.



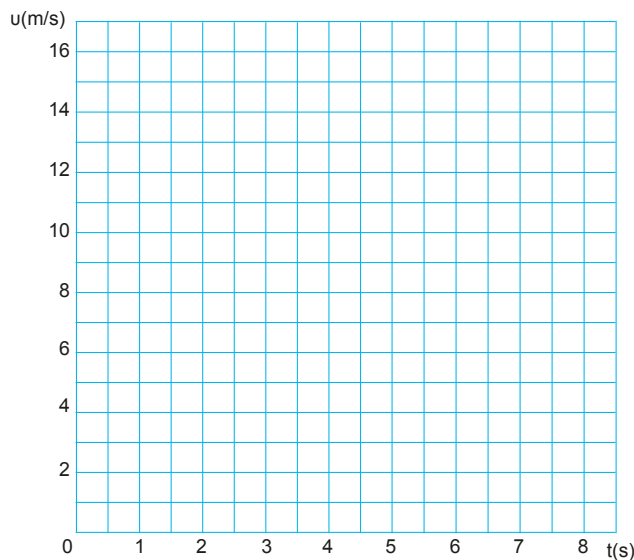
### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Υπολογισμός επιτάχυνσης από διάγραμμα

Ανοίξτε την προσομοίωση «Ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση» και συμπληρώστε στον παρακάτω πίνακα τις χρονικές στιγμές ( $t$ ) και τις αντίστοιχες τιμές της ταχύτητας ( $v$ ).



Χρονική στιγμή $t$ (s)	Ταχύτητα $v$ (m/s)

Σημειώστε με έντονες κουκκίδες (•) στο παρακάτω διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου τα αντίστοιχα ζεύγη τιμών από τον πίνακα.



Σχεδιάστε μια ευθεία η οποία να διέρχεται από τα σημεία που σημειώσατε και χρησιμοποιήστε τη σχέση

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

για να υπολογίσετε την επιτάχυνση από το διάγραμμα (κλίση καμπύλης).

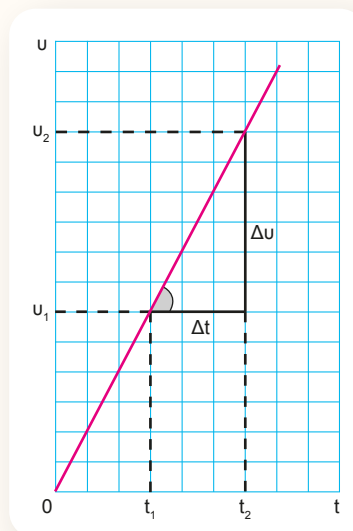
.....

.....

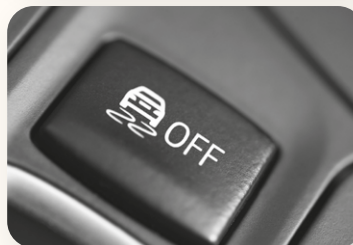


- Μία μέθοδος για να υπολογίσουμε την επιτάχυνση ενός σώματος στο σχολικό εργαστήριο είναι να μετρήσουμε την ταχύτητά του σε διάφορες χρονικές στιγμές και κατόπιν να χρησιμοποιήσουμε τη σχέση ορισμού της επιτάχυνσης  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ .

Μπορούμε να εκτιμήσουμε πόσο μεγάλη είναι η επιτάχυνση ενός σώματος από τη γραφική παράσταση  $v - t$ .



- Πολλές τεχνολογικές εφαρμογές σε κινητά, ρολόγια, αυτοκίνητα κτλ., όπως το σύστημα ESP (έλεγχος πλαγιολίσθησης στα αυτοκίνητα), στηρίζονται στη μέτρηση της επιτάχυνσης. Επειδή στη μέτρηση της επιτάχυνσης απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, σε αυτές τις συσκευές χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί αισθητήρες που ονομάζονται επιταχυνσιόμετρα.



#### Επιταχυνσιόμετρα σε καταστάσεις ανάγκης

Μία από τις χρήσεις που έχει το επιταχυνσιόμετρο σε σύγχρονα κινητά είναι η αναγνώριση ατυχήματος και η κλήση έκτακτης ανάγκης. Αν ο κάτοχος του κινητού εμπλακεί σε ατύχημα με το όχημά του, η επιτάχυνση που θα μετρήσει το κινητό θα είναι πολύ μεγάλη. Αυτό σε συνδυασμό με καταγραφή από το μικρόφωνο του κινητού ήχων πολύ μεγάλης έντασης (κραυγές) ενεργοποιεί την αποστολή μηνύματος στον χρήστη. Αν ο χρήστης δεν ανταποκρίνεται στο μήνυμα, τότε το κινητό αυτόματα ενεργοποιεί κλήση έκτακτης ανάγκης. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που το κινητό ενεργοποιείται εσφαλμένα. Μία τέτοια περίπτωση είναι όταν βρισκόμαστε σε τρενάκι roller coaster (εικόνα), όπου παρατηρούνται και μεγάλες επιταχύνσεις και δυνατές κραυγές.

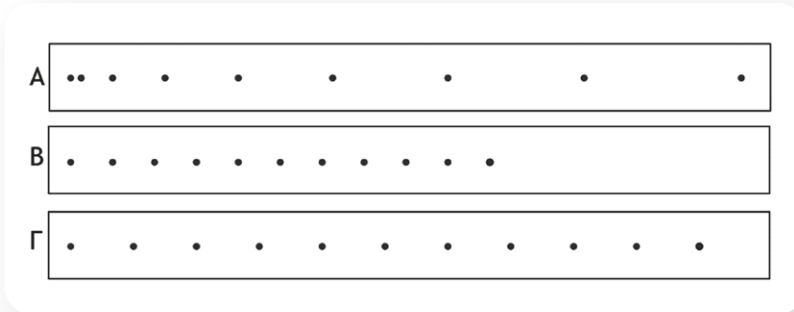


#### Εναλλακτικός τρόπος υπολογισμού της επιτάχυνσης

Με τη βοήθεια της εφαρμογής Tracker Video Analysis είναι δυνατόν κάνοντας χρήση ενός βίντεο της κίνησης ενός σώματος να υπολογιστούν διάφορα μεγέθη της κίνησης, όπως θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση, και να σχεδιαστούν τα αντίστοιχα διαγράμματα.



1 Ποια από τις παρακάτω χαρτοταινίες χρονομετρητή περιγράφει κίνηση στην οποία υπάρχει επιτάχυνση;

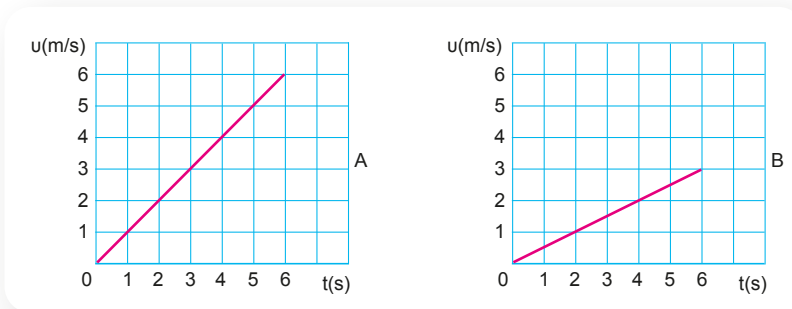


Ερώτηση - Δραστηριότητα



Ερώτηση - Δραστηριότητα

2 Τα παρακάτω διαγράμματα ταχύτητας - χρόνου αντιστοιχούν στην κίνηση δύο αμαξιδίων.



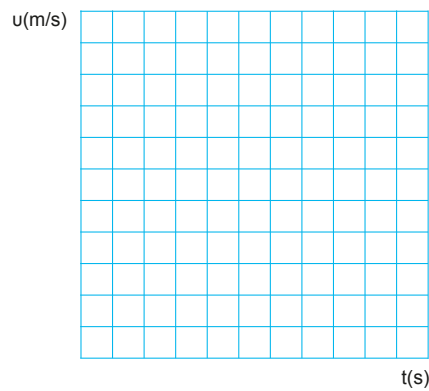
- α) Να υπολογίσετε και να συγκρίνετε τις επιταχύνσεις τους.
- β) Ποιες διαφορές παρατηρείτε στις γραφικές παραστάσεις;

3 Ανοίξτε την προσομοίωση «Επιταχυνόμενη κίνηση» και συμπληρώστε στον παρακάτω πίνακα τα ζεύγη τιμών ταχύτητας - χρόνου. Στη συνέχεια σημειώστε τα ζεύγη τιμών στο διάγραμμα  $v - t$  που ακολουθεί και σχεδιάστε την αντίστοιχη γραμμή, η οποία να διέρχεται κατά τον βέλτιστο τρόπο από τα σημεία.



Επιταχυνόμενη κίνηση

Χρόνος t(s)	Ταχύτητα u(m/s)

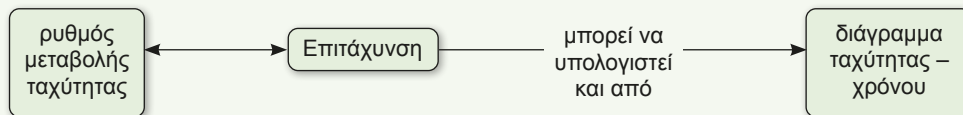


- α) Είναι η κίνηση επιταχυνόμενη;  
β) Σε τι διαφέρει το διάγραμμα που σχεδιάσατε από τα διαγράμματα ταχύτητας – χρόνου της προηγούμενης άσκησης;



### Σύνοψη ενότητας

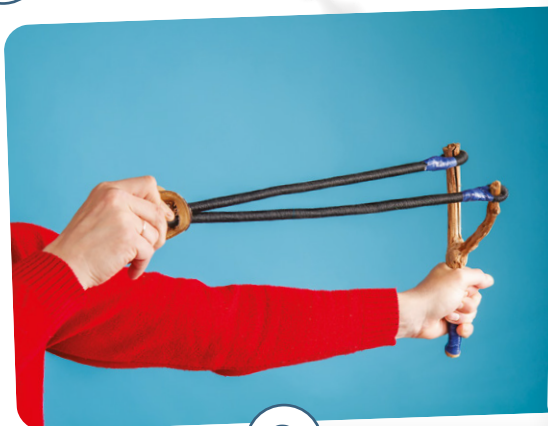
Επιτάχυνση είναι ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας, δηλαδή η μεταβολή της ταχύτητας στη μονάδα του χρόνου. Είναι διάνυσμα με κατεύθυνση ίδια με την κατεύθυνση της μεταβολής της ταχύτητας.



Λέξεις-κλειδιά: 2ος νόμος του Νεύτωνα

!?

1



2



3



- Γιατί, αν θέλουμε να εκτοξευθεί η πέτρα με μεγαλύτερη ταχύτητα από τη σφεντόνα, πρέπει να τεντώσουμε το λάστιχο πιο πολύ; (εικόνα 1)
- Ένα τρένο δυσκολεύεται περισσότερο να ξεκινήσει όταν έχει λίγα ή όταν έχει πολλά βαγόνια; (εικόνα 2)
- Τη στιγμή που η ρακέτα χτυπά το μπαλάκι, η ταχύτητά του μεταβάλλεται (επιτάχυνση). Σχετίζεται η επιτάχυνση που αποκτά το μπαλάκι με τη δύναμη που ασκείται από τη ρακέτα; (εικόνα 3)



ΠΡ

ΜΑΘ

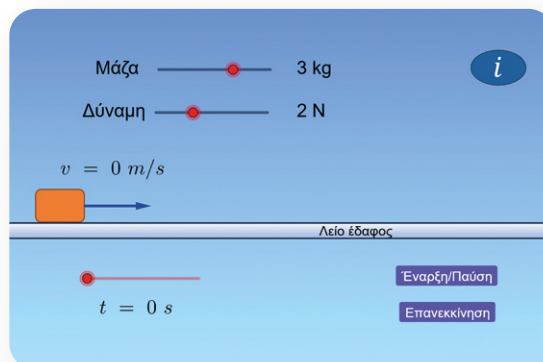
ΓΡ

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ: Σχέση δύναμης, μάζας και επιτάχυνσης – Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα

Διευρενήστε τη σχέση ανάμεσα στη δύναμη και την επιτάχυνση, καθώς και τη σχέση ανάμεσα στη μάζα και την επιτάχυνση. Η διερεύνηση θα γίνει με τη βοήθεια της προσομοίωσης «2ος νόμος του Νεύτωνα».



2ος νόμος του Νεύτωνα



#### A. Διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στη δύναμη και την επιτάχυνση

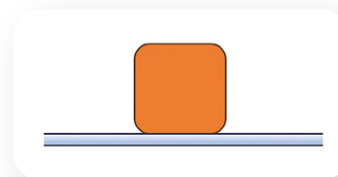
α) Επιλέξτε κάποια τιμή για τη δύναμη και παρατηρήστε την κίνηση του σώματος.

Η ταχύτητα του σώματος:

παραμένει σταθερή

αυξάνεται

Στο διπλανό σχήμα σχεδιάστε το διάνυσμα της επιτάχυνσης που αποκτά το αμαξίδιο, καθώς και το διάνυσμα της δύναμης που ασκείται σε αυτό.



Συμπληρώστε τα κενά των προτάσεων:

Όταν σε ένα σώμα ασκείται ....., τότε αυτό αποκτά ..... Η επιτάχυνση και η δύναμη έχουν ..... κατεύθυνση.

β) Επιλέξτε κάποια τιμή της μάζας  $m$  (π.χ.  $m = 2 \text{ kg}$ ) και διατηρήστε σταθερή την επιλογή σας. Επιλέξτε δύναμη  $F = 1 \text{ N}$  και πατήστε «Έναρξη». Παρακολουθήστε την κίνηση του σώματος και πατήστε κάποια στιγμή «Παύση» (ίδιο πλήκτρο). Συμπληρώστε τον πίνακα με την τιμή της ταχύτητας  $v$  και τη χρονική στιγμή  $t$  που έχει καταγραφεί και υπολογίστε με τη βοήθεια του τύπου την επιτάχυνση. Επαναλάβετε τη διαδικασία εφαρμόζοντας στο αμαξίδιο διαδοχικά δύναμη  $2 \text{ N}$ ,  $3 \text{ N}$  και  $4 \text{ N}$ .

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι			
Δύναμη $F(\text{N})$	Ταχύτητα $v(\text{m/s})$	Χρόνος $t(\text{s})$	Επιτάχυνση $a = \frac{v}{t} (\text{m/s}^2)$
1			
2			
3			
4			

Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ I σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της επιτάχυνσης σε συνάρτηση με τη δύναμη.

Τι μορφή έχει το διάγραμμα που σχεδιάσατε;

.....

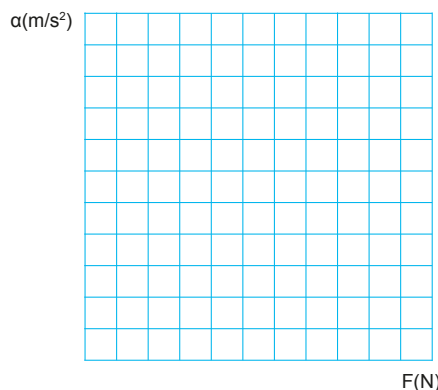
Τι ποσά συμπεραίνετε ότι είναι τα μεγέθη επιτάχυνση  $a$  και δύναμη  $F$ ;

.....

Από τις παραπάνω διαπιστώσεις, συμπληρώστε την πρόταση:

Η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα είναι .....

με τη δύναμη που ασκείται σε αυτό, όταν η μάζα του είναι .....



**B. Διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στη μάζα και την επιτάχυνση, όταν η δύναμη είναι σταθερή**

Εφαρμόστε κάποια δύναμη  $F$  (π.χ.  $F = 2 \text{ N}$ ) και διατηρήστε τη σταθερή. Επιλέξτε μάζα  $m = 1 \text{ kg}$  για το σώμα της προσομοίωσης. Πατήστε «Εναρξη», παρακολουθήστε για λίγο την κίνηση του σώματος και στη συνέχεια πατήστε «Παύση» (ίδιο πλήκτρο). Συμπληρώστε τον πίνακα με την ταχύτητα  $v$ , τη χρονική στιγμή  $t$  που έχει καταγραφεί, καθώς και με το αντίστροφο της μάζας  $\left(\frac{1}{m}\right)$ . Υπολογίστε με τη βοήθεια του τύπου την επιτάχυνση του σώματος. Επαναλάβετε τη διαδικασία και για τις υπόλοιπες τιμές της μάζας που σημειώνονται στον πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ II				
Μάζα $m(\text{kg})$	Αντίστροφο της μάζας $\frac{1}{m}(\text{kg}^{-1})$	Ταχύτητα $v(\text{m/s})$	Χρόνος $t(\text{s})$	Επιτάχυνση $a = \frac{v}{t}(\text{m/s}^2)$
1				
2				
3				
4				

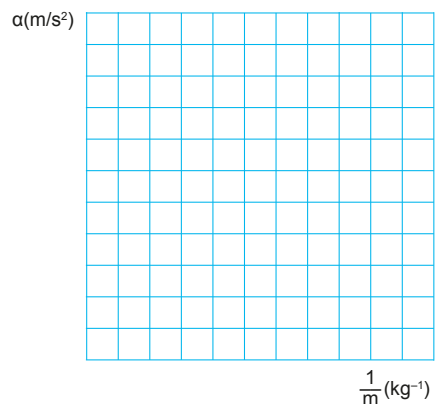
Με τη βοήθεια του ΠΙΝΑΚΑ II σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της επιτάχυνσης σε συνάρτηση με το αντίστροφο της μάζας.

Τι μορφή έχει το διάγραμμα που σχεδιάσατε;

.....

Τι ποσά συμπεραίνετε ότι είναι τα μεγέθη επιτάχυνση  $a$  και το αντίστροφο της μάζας  $\frac{1}{m}$ ;

.....



Ποιο είναι το συμπέρασμα για τη σχέση επιτάχυνσης  $a$  και μάζας  $m$ ;

.....

Από τις παραπάνω διαπιστώσεις, συμπληρώστε την πρόταση:

Η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα είναι ..... με τη μάζα του, όταν ασκείται σε αυτό σταθερή .....

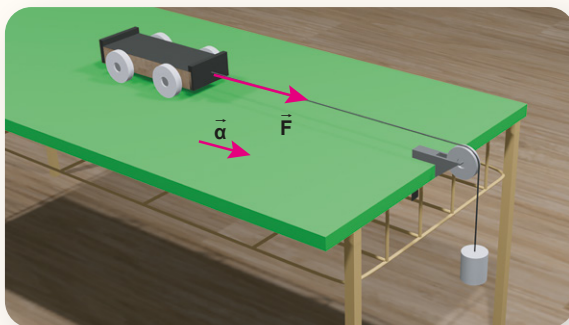
Αφού λάβετε υπόψη τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις περιπτώσεις A και B, γράψτε τη σχέση που συνδέει την επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα με τη δύναμη που ασκείται σε αυτό και με τη μάζα του.

.....

.....



- Όταν σε ένα σώμα ασκείται δύναμη, τότε αυτό επιταχύνεται. Η επιτάχυνση που αποκτά το σώμα έχει την **ίδια κατεύθυνση με τη δύναμη**.



Space Center  
Houston –  
Νόμοι του Νεύτωνα  
στο διάστημα

- Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα συνδέει την επιτάχυνση ενός σώματος με τη δύναμη που ασκείται σε αυτό και με τη μάζα του. Σύμφωνα με αυτόν: **Η επιτάχυνση  $a$  που αποκτά ένα σώμα είναι ανάλογη της δύναμης  $F$  που ασκείται σε αυτό και αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του  $m$ .**

$$a = \frac{F}{m}$$

ή αλλιώς

$$F = ma$$

- Αν σε ένα σώμα ασκούνται περισσότερες από μία δυνάμεις, τότε ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα ισχύει για τη συνισταμένη των δυνάμεων, δηλαδή:

$$F_{ολ} = ma$$



### Η μονάδα μέτρησης της δύναμης και ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα

Αν στη σχέση  $F = ma$  θέσουμε μάζα  $m = 1 \text{ kg}$  και επιτάχυνση  $a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ , τότε προκύπτει ότι η μονάδα μέτρησης της δύναμης στο S.I., που είναι το 1 N (Newton), ορίζεται από τη σχέση:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Δηλαδή 1 N είναι η δύναμη που, αν ασκηθεί σε σώμα μάζας 1 kg, προσδίδει σε αυτό επιτάχυνση  $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Το όνομα στη μονάδα μέτρησης της δύναμης δόθηκε προς τιμήν του Άγγλου φυσικού Ισαάκ Νεύτωνα (Isaac Newton).



Φωτόδεντρο - Νεύτωνα

### Οδήγηση σε βρεγμένο δρόμο

Όταν οδηγούμε τις βροχερές μέρες, που οι δρόμοι είναι βρεγμένοι, πρέπει να ελαττώνουμε ταχύτητα και να κρατάμε μεγαλύτερη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Όταν το οδόστρωμα είναι βρεγμένο, η δύναμη της τριβής ανάμεσα σε αυτό και τα λάστιχα του αυτοκινήτου είναι μειωμένη. Έτσι, αν χρειαστεί να φρενάρουμε απότομα, το αυτοκίνητο θα επιβραδυνθεί με μικρότερο ρυθμό, με αποτέλεσμα να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση μέχρι να σταματήσει.



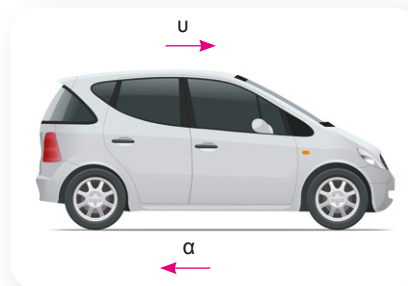
### Η φυσική στο καράτε

Η εικόνα ενός αθλητή του καράτε που σπάει τσιμεντένιες πλάκες ή τούβλα με το γυμνό του χέρι είναι γνώριμη. Όπως αποδεικνύεται, το τέλειο χτύπημα καράτε δεν είναι τίποτα άλλο από μια ακριβή εφαρμογή των νόμων του Νεύτωνα. Το μυστικό βρίσκεται στη γρήγορη κίνηση του χεριού κατά τη διάρκεια της πρόσκρουσης στο αντικείμενο και στον πολύ μικρό χρόνο που αυτή διαρκεί («κοφτό» χτύπημα). Ο συνδυασμός αυτών των δύο οδηγεί σε πολύ μεγάλη επιβράδυνση του χεριού, γεγονός που ισοδυναμεί με την εμφάνιση πολύ μεγάλης δύναμης στο χέρι και στο τούβλο (δράση - αντίδραση) κατά τη διάρκεια του χτυπήματος.





- 1 Στο διπλανό σχήμα φαίνονται η ταχύτητα και η επιτάχυνση που έχει ένα αυτοκίνητο. Σύμφωνα με το σχήμα:
- στο αυτοκίνητο ασκείται συνολική δύναμη προς τα δεξιά.
  - στο αυτοκίνητο ασκείται συνολική δύναμη προς τα αριστερά.
  - στο αυτοκίνητο δεν ασκείται δύναμη.
  - δεν μπορούμε να ξέρουμε αν στο αυτοκίνητο ασκείται δύναμη.

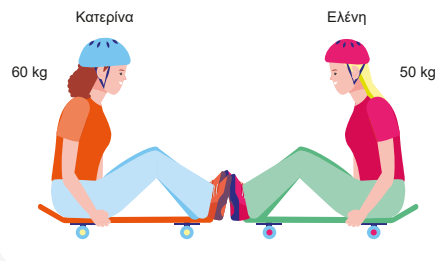


- 2 Όταν σπρώχνουμε ένα άδειο καρότσι, αυτό αποκτά επιτάχυνση  $3 \frac{m}{s^2}$ . Αν φορτώσουμε το καρότσι έτσι ώστε η συνολική του μάζα να τριπλασιαστεί και του ασκηθεί ίδια δύναμη, τότε αυτό αποκτά επιτάχυνση:



- α)  $1 \frac{m}{s^2}$     β)  $3 \frac{m}{s^2}$     γ)  $6 \frac{m}{s^2}$     δ)  $9 \frac{m}{s^2}$

- 3 Η Κατερίνα και η Ελένη κάθονται σε πατίνια και σπρώχνουν με τα πόδια τους, ασκώντας δύναμη η μία στην άλλη.



Σημειώστε ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές.

- Η Κατερίνα ασκεί δύναμη μεγαλύτερου μέτρου από ό,τι η Ελένη.
- Η Κατερίνα και η Ελένη ασκούν μεταξύ τους δυνάμεις ίσου μέτρου.
- Η Κατερίνα αποκτά ταχύτητα μεγαλύτερου μέτρου από την Ελένη.
- Η Ελένη αποκτά ταχύτητα μεγαλύτερου μέτρου από την Κατερίνα.
- Η Κατερίνα και η Ελένη αποκτούν ταχύτητες ίσου μέτρου.

### Δραστηριότητα

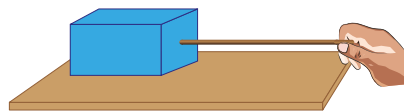
Δέστε ένα νήμα σε ένα βιβλίο και τοποθετήστε το βιβλίο πάνω στο θρανίο. Τραβήξτε αργά το νήμα.

Τι παρατηρείτε;

Επαναλάβετε τραβώντας το νήμα απότομα.

Τι παρατηρείτε αυτή τη φορά;

Προσπαθήστε να εξηγήσετε το φαινόμενο, αιτιολογώντας σε ποια από τις δύο περιπτώσεις ασκήθηκε στο βιβλίο από το νήμα μεγαλύτερη δύναμη.



Ερώτηση –  
Δραστηριότητα



Ερώτηση –  
Δραστηριότητα

# 4.3β

## Εφαρμογή του 2ου νόμου του Νεύτωνα

Λέξεις-κλειδιά: επιτάχυνση, 2ος νόμος του Νεύτωνα

!?

1



2



- Πώς μπορούμε να συσχετίσουμε το είδος της κίνησης που κάνει ένα σώμα με τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό; (εικόνα 1)
- Μπορούμε να υπολογίσουμε τη δύναμη που πρέπει να ασκηθεί σε ένα όχημα για να ακινητοποιηθεί διανύοντας συγκεκριμένη απόσταση; (εικόνα 2)

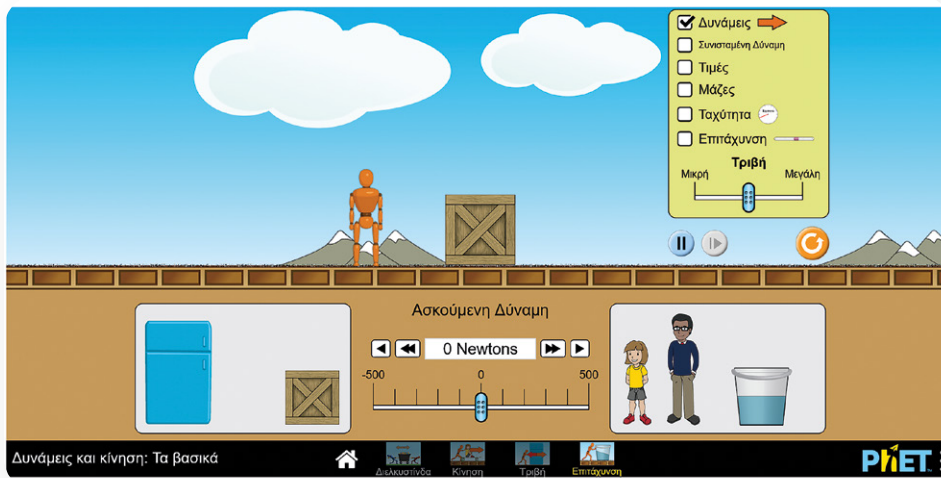


### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ: Εφαρμογή του 2ου νόμου του Νεύτωνα

Ανοίξτε την προσομοίωση «Δυνάμεις και κίνηση» (του ιστοτόπου PhET Interactive Simulations) και επιλέξτε «Επιτάχυνση».

ΠΡ

ΜΑΘ



PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, <https://phet.colorado.edu>

α) Ενεργοποιήστε όλες τις επιλογές και δώστε στην τριβή την πιο μικρή τιμή (μηδέν).

Ασκήστε δύναμη πατώντας στο διπλό βέλος. Τι παρατηρείτε σχετικά με την ταχύτητα του σώματος;

.....

Σχεδιάστε την οριζόντια δύναμη που ασκείται στο σώμα και επαληθεύστε την τιμή της επιτάχυνσης που εμφανίζεται.

.....

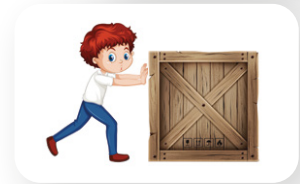
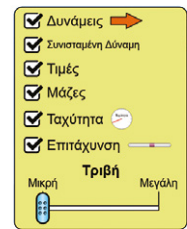
.....

Μηδενίστε τη δύναμη που ασκήσατε.

Τι παρατηρείτε σχετικά με την ταχύτητα του σώματος; Πώς εξηγείται το φαινόμενο;

.....

.....



β) Ενεργοποιήστε όλες τις επιλογές και δώστε στην τριβή την ενδιάμεση τιμή.

Ασκήστε δύναμη 50 N πατώντας μία φορά στο διπλό βέλος. Τι παρατηρείτε;

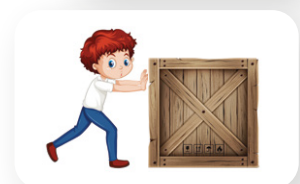
.....

.....

Σχεδιάστε τις οριζόντιες δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα και εξηγήστε το φαινόμενο.

.....

.....



Αυξήστε τη δύναμη που ασκήσατε, πατώντας στο διπλό βέλος, μέχρι το κιβώτιο να αρχίσει να κινείται. Τι παρατηρείτε σχετικά με την ταχύτητα του σώματος;

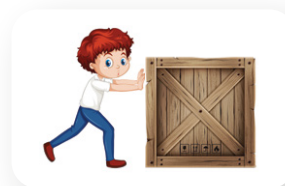
.....

.....

Σχεδιάστε τις οριζόντιες δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα και επαληθεύστε την τιμή της επιτάχυνσης που εμφανίζεται.

.....

.....



Μηδενίστε τη δύναμη που ασκήσατε.

Τι παρατηρείτε σχετικά με την ταχύτητα του σώματος; Πώς εξηγείται το φαινόμενο;

.....

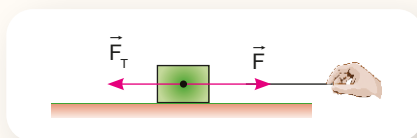
.....

.....



■ Αν είναι γνωστές οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα, τότε μπορούμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση που αυτό αποκτά. Για απλούστευση θεωρούμε ότι ασκούνται δύο δυνάμεις. Ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

- Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα από το νήμα ( $F$ ) και την τριβή από το δάπεδο ( $F_T$ ) και υπολογίζουμε τη συνισταμένη τους  $F_{ολ}$ .



- Εφαρμόζουμε τον 2ο νόμο του Νεύτωνα.

$$F_{ολ} = ma$$

είναι

$$F_{ολ} = F - F_T$$

και συνεπώς

$$F - F_T = ma$$

- Όταν σε ένα σώμα δεν ασκούνται δυνάμεις ή η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό είναι ίση με μηδέν, από τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα προκύπτει ότι η επιτάχυνση του σώματος είναι μηδέν. Συνεπώς το σώμα παραμένει ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα (ισορροπεί).



Εφαρμογή του 2ου νόμου του Νεύτωνα

**Παράδειγμα**

Ένα επιβατικό αυτοκίνητο μάζας 1.500 kg και ένα βυτιοφόρο μάζας 30.000 kg κινούνται στην εθνική οδό με την ίδια ταχύτητα 30 m/s (108 km/h). Για να ακινητοποιηθούν όταν φρενάρουν, απαιτείται χρόνος 5 s. Να υπολογίσετε:

- α) την επιτάχυνση κάθε οχήματος,  
β) τη (μέση) δύναμη που απαιτείται να ασκηθεί για να ακινητοποιηθεί κάθε όχημα.



Δεδομένα	Ζητούμενα	Σχέσεις
η μάζα του επιβατικού οχήματος $m_1 = 1.500 \text{ kg}$	η επιτάχυνση του επιβατικού αυτοκινήτου $\alpha_1$	$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
η μάζα του βυτιοφόρου $m_2 = 30.000 \text{ kg}$	η επιτάχυνση του βυτιοφόρου $\alpha_2$	
η ταχύτητα του επιβατικού οχήματος $v_1 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	η δύναμη που απαιτείται για να ακινητοποιηθεί το επιβατικό αυτοκίνητο $F_1$	$F = m\alpha$
η ταχύτητα του βυτιοφόρου $v_2 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	η δύναμη που απαιτείται για να ακινητοποιηθεί το βυτιοφόρο $F_2$	
ο χρόνος ακινητοποίησης $\Delta t = 5 \text{ s}$		

**Απάντηση**

- α) Επειδή το επιβατικό αυτοκίνητο και το βυτιοφόρο έχουν την ίδια ταχύτητα και ακινητοποιούνται στον ίδιο χρόνο, θα έχουν ίδιες επιταχύνσεις  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ .

$$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 30}{5} = -6 \text{ m/s}^2$$

Επειδή το μέτρο της ταχύτητας μειώνεται, μπορούμε να πούμε ότι τα οχήματα έχουν επιβράδυνση  $6 \text{ m/s}^2$ .

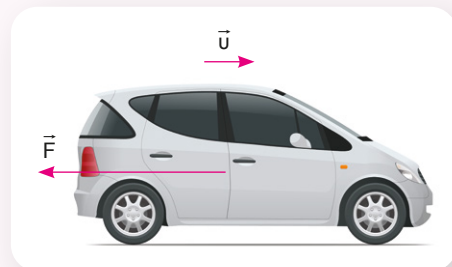
- β) Η δύναμη που επιβραδύνει το επιβατικό όχημα είναι:

$$F_1 = m_1 \alpha_1 = 1.500 \text{ kg} \times \left( -6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = -9.000 \text{ N}$$

Η δύναμη που επιβραδύνει το βυτιοφόρο είναι:

$$F_2 = m_2 \alpha_2 = 30.000 \text{ kg} \times \left( -6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = -180.000 \text{ N}$$

Το αρνητικό πρόσημο δηλώνει ότι η κατεύθυνση της δύναμης είναι αντίθετη με την κατεύθυνση προς την οποία κινείται κάθε όχημα, την οποία θεωρούμε θετική.





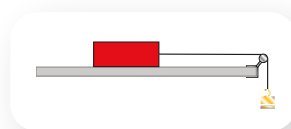
- 1** Εργάτης σπρώχνει ένα καρότσι συνολικής μάζας 50 kg σε οριζόντιο δάπεδο, ασκώντας οριζόντια δύναμη 100 N. Να υπολογίσετε την επιτάχυνση που αποκτά το καρότσι, αν θεωρηθεί ότι:
- α) οι δυνάμεις που εμποδίζουν την κίνηση του καροτσιού είναι πάρα πολύ μικρές, ώστε να μην τις λαμβάνουμε υπόψη,
  - β) οι δυνάμεις που εμποδίζουν την κίνηση του καροτσιού έχουν συνισταμένη 20 N.



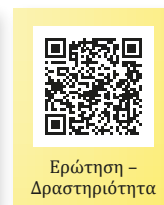
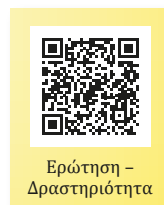
- 2** Αυτοκίνητο μάζας 1.000 kg κινείται σε έναν ευθύγραμμο δρόμο με ταχύτητα σταθερού μέτρου 20 m / s. Να επιλέξετε τη σωστή πρόταση από τις παρακάτω.
- α) Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο αυτοκίνητο έχει μέτρο 20.000 N.
  - β) Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο αυτοκίνητο έχει τη φορά της κίνησης.
  - γ) Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο αυτοκίνητο είναι μηδέν.
  - δ) Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά της συνισταμένης των δυνάμεων που ασκούνται στο αυτοκίνητο.



- 3** Σε πείραμα στο εργαστήριο χρησιμοποιήθηκε η διάταξη του διπλανού σχήματος. Το κιβώτιο μάζας 0,2 kg αφήνεται να κινηθεί στην οριζόντια επιφάνεια του τραπεζιού χωρίς τριβές.
- α) Να υπολογίσετε την επιτάχυνση που αποκτά το κιβώτιο, αν η δύναμη που δέχεται από το νήμα είναι 1 N.
  - β) Κάποια στιγμή και ενώ το κιβώτιο κινείται, κόβεται το νήμα. Μετά το κόψιμο του νήματος: i) το σώμα σταματά να κινείται, ii) το σώμα συνεχίζει να κινείται με σταθερή ταχύτητα, iii) το σώμα συνεχίζει να κινείται με την επιτάχυνση που είχε αποκτήσει.

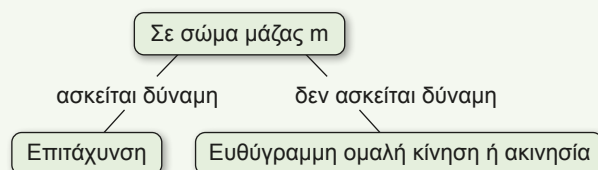


Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



## Σύνοψη ενότητας

Η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα είναι ανάλογη της συνολικής δύναμης που ασκείται σε αυτό και αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του.



Λέξεις-κλειδιά: ελεύθερη πτώση, επιταχυνόμενη κίνηση

!?

1



2



- Μια κοπέλα αποφασίζει να δοκιμάσει ένα άλμα πτώσης με εντατήρα (bungee jumping) (εικόνα 1). Τι είδους κίνηση πραγματοποιεί τα πρώτα δευτερόλεπτα της πτώσης της (πριν αρχίσει να ανακόπτει την πτώση της το ελαστικό σχοινί);
- Ένας μαθητής υποστηρίζει ότι, αν ρίξει μια μπάλα από κάποιο ύψος, η μπάλα θα κινείται με σταθερή ταχύτητα (εικόνα 2). Πώς μπορούμε να διαπιστώσουμε αν είναι σωστή αυτή η σκέψη; Σκεφτείτε κάποιο πείραμα που να επιβεβαιώνει τον ισχυρισμό ή να τον απορρίπτει.



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ: Μελέτη της ελεύθερης πτώσης

Πειραματικές προτάσεις (επιλέξτε 1 από τις 3 παρακάτω)

#### 1. Χρήση προσομοίωσης

Με τη βοήθεια της προσομοίωσης «Ελεύθερη πτώση» μπορούμε να μελετήσουμε την ελεύθερη πτώση ενός σώματος στην επιφάνεια της Γης και στην επιφάνεια διάφορων ουράνιων σωμάτων.

Επιλέξτε να καταγράψετε (για τη Γη) μετρήσεις ανά ίσα χρονικά διαστήματα (π.χ. ανά 0,5 s) και συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί.



Ελεύθερη  
πτώση

ΠΡ

ΜΑΘ

Χρονική στιγμή $t(s)$	Θέση $y(m)$	Χρονικό διάστημα $\Delta t(s)$	Μετατόπιση $\Delta y(m)$	Ταχύτητα $u(m/s^2)$	$\Delta u$	Επιτάχυνση $a(m/s^2)$
0				0		
0,5						
1,0						
1,5						
2,0						
2,5						
3,0						

Τι ισχύει για την επιτάχυνση με την οποία κινείται το σώμα όσο εκτελεί ελεύθερη πτώση; (Είναι σταθερή ή μεταβάλλεται;)

.....

Τι θα αλλάξει αν επιλέξουμε να πραγματοποιηθεί το πείραμα σε ένα άλλο ουράνιο σώμα;

.....

Αν επαναλάβετε το πείραμα στη Σελήνη, το μέτρο της επιτάχυνσης είναι το ίδιο / μεγαλύτερο / μικρότερο σε σχέση με τη Γη; Γιατί;

.....

Το μέτρο της δύναμης του βάρους που ασκείται στην μπάλα στη Σελήνη είναι το ίδιο / μεγαλύτερο / μικρότερο σε σχέση με τη Γη;

.....

**2. Επεξεργασία δεδομένων της κίνησης**

Η διπλανή εικόνα παρουσιάζει σε στιγμιότυπα την ελεύθερη πτώση μιας μπάλας. Πρόκειται για μια κίνηση με σταθερή ταχύτητα ή μεταβαλλόμενη; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

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



Συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί γνωρίζοντας ότι δύο διαδοχικά στιγμιότυπα απέχουν χρονικά  $\Delta t = 0,05 s$ .

Χρονικό διάστημα $\Delta t$ (s)	Μετατόπιση $\Delta x$ (cm)	Ταχύτητα $u = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ (cm/s)	Επιτάχυνση $a = \frac{\Delta u}{\Delta t}$ (cm/s <sup>2</sup> )	Μέση τιμή $a$ (cm/s <sup>2</sup> )
από 0 σε 0,05				
από 0,05 σε 0,1				
από 0,1 σε 0,15				
από 0,15 σε 0,2				
από 0,2 σε 0,25				

Τι παρατηρείτε για την επιτάχυνση κατά τη διάρκεια της κίνησης; Μεταβάλλεται ή μένει σταθερή;

.....

Υπολογίστε την επιτάχυνση σε μονάδα μέτρησης  $\frac{m}{s^2}$ .

.....

ΕΔ

### 3. Βιντεοανάλυση της κίνησης

Αφήστε μια μπάλα να πέσει ελεύθερα και με τη βοήθεια ενός λογισμικού βιντεοανάλυσης (π.χ. Tracker) περιγράψτε ποιοτικά και ποσοτικά την κατακόρυφη κίνηση της μπάλας.

ΜΑΘ



- **Ελεύθερη πτώση** είναι η **ευθύγραμμη επιταχυνόμενη κίνηση** ενός σώματος όταν το αφήσουμε να πέσει από κάποιο ύψος και η μόνη δύναμη που ενεργεί σε αυτό είναι το βάρος του  $F_g$ . Η επιτάχυνση του σώματος  $a$  που πραγματοποιεί ελεύθερη πτώση ισούται με την ένταση του βαρυτικού πεδίου  $g$  και είναι ανεξάρτητη της μάζας του σώματος  $m$ .

Αυτό αποδεικνύεται εφαρμόζοντας τον 2ο νόμο του Νεύτωνα:

$$a = \frac{F_g}{m} = \frac{mg}{m} = g$$

- Η τιμή της έντασης του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης αυξάνεται καθώς μεταβαίνουμε από τον ισημερινό στους πόλους και μειώνεται όσο αυξάνεται το ύψος από την επιφάνεια της Γης. Οι μεταβολές όμως είναι σχετικά μικρές και για τον λόγο αυτό θεωρούμε ότι για όλες τις θέσεις και μέχρι ύψους μερικών χιλιομέτρων η επιτάχυνση της βαρύτητας έχει περίπου την τιμή  $g = 9,8 \frac{N}{kg}$ . Συνήθως, για τη γρήγορη επίλυση απλών προβλημάτων χρησιμοποιούμε την προσεγγιστική τιμή  $g = 10 \frac{N}{kg}$  (ή  $10 \frac{m}{s^2}$ ).



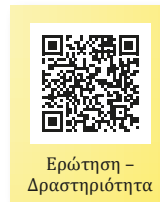
### Έλεγχος και επιβεβαίωση του νόμου της ελεύθερης πτώσης

Λέγεται ότι ο Γαλιλαίος πραγματοποίησε πολλά πειράματα σχετικά με την ελεύθερη πτώση, αφήνοντας να πέσουν ελεύθερα διάφορα σώματα από τον Πύργο της Πίζας. Απέδειξε πειραματικά ότι σώματα με διαφορετικές μάζες πέφτουν με την ίδια επιτάχυνση: «Κάθε σώμα που αφήνεται να πέσει υπό την επίδραση του βάρους του αποκτά την ίδια σταθερή επιτάχυνση, ανεξάρτητα της μάζας του, και σε κάθε στιγμή η απόσταση που διανύει είναι ανάλογη του τετραγώνου του χρόνου κίνησης».

Ο αστροναύτης Dave Scott στην αποστολή Apollo 15 έριξε ένα σφυρί και ένα φτερό στην επιφάνεια της Σελήνης με στόχο να επιβεβαιώσει τον νόμο της ελεύθερης πτώσης. Το ίδιο έχει επιβεβαιωθεί και από άλλα σχετικά πειράματα που πραγματοποιήθηκαν.



**1** Αφήστε από το ίδιο ύψος δύο όμοιες πλαστικές φιάλες, μία γεμάτη με νερό και μία γεμάτη κατά το ήμισυ. Επηρεάζει η μάζα της φιάλης τον χρόνο πτώσης;



**2** Αφήνουμε ένα σώμα από κάποιο ύψος πάνω από την επιφάνεια της Γης να πέσει στο έδαφος. Τα δεδομένα της κίνησης αποτυπώνονται στο σχήμα.

- α) Να υπολογίσετε την επιτάχυνση που αποκτά το σώμα.
- β) Μπορούμε να υποθέσουμε ότι στο σώμα κατά τη διάρκεια της πτώσης η μόνη δύναμη που ασκείται είναι το βάρος του;



### Εργασία

Χρησιμοποιώντας κατάλληλα την προσομοίωση «Ελεύθερη πτώση», υπολογίστε την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Υπόδειξη: Σε κάποια θέση, με τη χρήση μιας φωτοπύλης υπολογίστε την ταχύτητα της σφαίρας και με την τοποθέτηση και της δεύτερης φωτοπύλης στην αρχή της κίνησης υπολογίστε τον αντίστοιχο χρόνο.



# 4.4β

## 2ος νόμος Νεύτωνα και πτώσεις

Λέξεις-κλειδιά: αντίσταση από τον αέρα, οριακή ταχύτητα

!?

1



2



3



4



- Στις εικόνες 1 και 2 απεικονίζεται η πτώση δύο ανθρώπων. Ποια είναι η διαφορά στις κινήσεις; Ποιες δυνάμεις τις προκαλούν;
- Μπορείτε να συσχετίσετε τη δύναμη που αντιστέκεται στην πτώση του αλεξιπτωιστή με αυτή που επιβραδύνει το αεροπλάνο στην εικόνα 3;
- Γιατί ένα μπαλόνι που αφήνεται από κάποιο ύψος δεν εκτελεί ελεύθερη πτώση; (εικόνα 4)



ΕΡ

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Αντίσταση του αέρα

Μελετάμε τη δύναμη που ασκείται από τον αέρα σε ένα αντικείμενο το οποίο κινείται μέσα στον αέρα.

ΜΑΘ

α) Κρατήστε το φύλλο χαρτιού από τη μέση της μικρής διάστασής του ώστε να είναι κατακόρυφο, όπως στο σχήμα, και μετακινήστε το χέρι σας με μικρή ταχύτητα οριζόντια.



Ασκείται δύναμη από τον αέρα στο χαρτί; Πώς το διαπιστώνετε;

.....

Είναι η δύναμη αντίθετη από την ταχύτητα του χαρτιού;

Ναι  Όχι

β) Μετακινήστε το χέρι σας οριζόντια με μεγαλύτερη ταχύτητα.

Ασκείται μεγαλύτερη δύναμη στο χαρτί; Πώς το διαπιστώνετε;

.....

Από τα βήματα (α) και (β) προκύπτει ότι, όταν η ταχύτητα ενός σώματος είναι μεγαλύτερη, η δύναμη που ασκεί ο αέρας σε αυτό είναι:

μικρότερη  μεγαλύτερη

γ) Κόψτε το φύλλο στη μέση κατά μήκος της μεγάλης του διάστασης και κρατήστε τα δύο κομμάτια όπως φαίνεται στο σχήμα. Επαναλάβετε τη διαδικασία, όπως στο βήμα (α).



Το χαρτί εκτρέπεται από την κατακόρυφη θέση περισσότερο ή λιγότερο από ό,τι στο βήμα (α);

.....

Γράψτε το συμπέρασμα που προκύπτει για τη σχέση μεταξύ της δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα από τον αέρα και της μετωπικής επιφάνειας του σώματος. (Μετωπική επιφάνεια σώματος είναι η επιφάνεια που είναι κάθετη στην ταχύτητά του.)

.....

.....

**Συμπέρασμα:** Σύμφωνα με τα παραπάνω, η δύναμη από τον αέρα επηρεάζει την κίνηση κατά την πτώση ενός σώματος εντός της ατμόσφαιρας. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την κίνηση;

.....

.....

ΠΕ

ΜΑΘ

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Άνωση στον αέρα**

α) Χρησιμοποιήστε δύο μπαλόνια ίδιου βάρους. Στο πρώτο διοχετεύετε ήλιο τόσο ώστε, αν το αφήνατε, αυτό μόλις που θα κινούνταν προς τα κάτω. Στο δεύτερο διοχετεύετε μικρότερη ποσότητα από ό,τι στο πρώτο. Αφήστε τα δύο μπαλόνια από το ίδιο ύψος.

Με ποια σειρά φτάνουν στο έδαφος;

.....

Σχεδιάστε στην εικόνα τις δυνάμεις που δέχεται το κάθε μπαλόνι.

Είναι αμελητέα η δύναμη της άνωσης σε σχέση με το βάρος για κάθε μπαλόνι;

Ναι  Όχι

Εκτελούν τα δύο μπαλόνια ελεύθερη πτώση; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

.....

β) Γεμίστε με νερό ένα πλαστικό μπουκάλι του μισού λίτρου. Σε ένα άδειο μπουκάλι του ενός λίτρου προσθέστε μισό λίτρο νερό. Αφήστε ταυτόχρονα τα δύο μπουκάλια από το ίδιο ύψος να πέσουν. Με ποια σειρά φτάνουν στο έδαφος;

.....

Είναι αμελητέα η δύναμη της άνωσης σε σχέση με το βάρος για κάθε μπουκάλι;

Ναι  Όχι

Εκτελούν τα δύο μπουκάλια ελεύθερη πτώση; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

.....

**Συμπέρασμα:** Σύμφωνα με τα παραπάνω, καταγράψτε τα συμπεράσματά σας για τη δύναμη που ασκείται σε ένα αντικείμενο που κινείται μέσα στον αέρα.

.....



■ Κάθε σώμα που βρίσκεται εντός της ατμόσφαιρας δέχεται από αυτήν τη δύναμη της άνωσης. Όταν σώμα κινείται εντός της ατμόσφαιρας, δέχεται από τον αέρα αντίσταση που έχει κατεύθυνση αντίθετη της κίνησής του. Όταν ένα σώμα αφήνεται να πέσει στον ατμοσφαιρικό αέρα, ασκούνται σε αυτό, εκτός από το βάρος του, η άνωση και η αντίσταση του αέρα. Η άνωση για τα περισσότερα αντικείμενα είναι πολύ μικρή σε σχέση με το βάρος τους και δεν επηρεάζει την κίνησή τους κατά την πτώση τους. Η άνωση είναι συγκρίσιμη με το βάρος τους, όταν τα αντικείμενα έχουν πολύ μικρή μάζα και μεγάλο όγκο (π.χ. σε αερόστατα, μπαλόνια κτλ.). Μάλιστα, όταν η άνωση είναι μεγαλύτερη από το βάρος τους, αυτά ανέρχονται μέσα στον ατμοσφαιρικό αέρα.

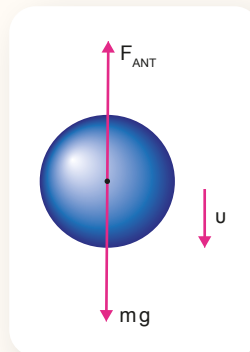


Η **αντίσταση του αέρα** ασκείται σε ένα αντικείμενο όταν αυτό κινείται σε σχέση με τον αέρα. Κατά την πτώση ενός αντικειμένου εντός της ατμόσφαιρας, η αντίσταση από τον αέρα έχει φορά προς τα πάνω και εξαρτάται τόσο από τη μετωπική επιφάνεια του αντικειμένου όσο και από την ταχύτητά του. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα, αυξάνεται και η αντίσταση του αέρα.

- Όταν ένα σώμα αφήνεται να πέσει από μεγάλο ύψος, στην αρχή η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το σώμα εκτελεί ελεύθερη πτώση. Καθώς πέφτει, η ταχύτητά του αυξάνεται, με συνέπεια να αυξάνεται και η αντίσταση από τον αέρα. Επομένως το σώμα πέφτει με επιτάχυνση μικρότερη από αυτή της ελεύθερης πτώσης. Όταν η αντίσταση του αέρα  $F_{αντ}$  γίνεται ίση με το βάρος του σώματος  $F_g$ , δηλαδή:

$$F_{αντ} = F_g$$

τότε το σώμα αποκτά μέγιστη ταχύτητα, η οποία παραμένει σταθερή για τη συνέχεια της κίνησής του. Η σταθερή αυτή ταχύτητα λέγεται **οριακή ταχύτητα**  $v_{op}$  και εξαρτάται από το βάρος του σώματος, από τη μετωπική επιφάνεια και από το σχήμα του σώματος.



### Αντίσταση του αέρα και σχήμα του αντικειμένου

Εκτός από τη μετωπική επιφάνεια και την ταχύτητα, η αντίσταση από τον αέρα εξαρτάται και από το σχήμα του αντικειμένου. Στο διπλανό σχήμα, με πορτοκαλί γραμμή αναπαρίσταται ο βαθμός εξάρτησης της αντίστασης του αέρα από διάφορα σχήματα αντικειμένων. Για παράδειγμα, στην επίπεδη πλάκα η αντίσταση του αέρα είναι μεγαλύτερη από αυτή σε ένα σφαιρικό αντικείμενο, όταν τα μέτρα της ταχύτητας των αντικειμένων είναι ίσα και οι μετωπικές επιφάνειες ίσες.



### Το αλεξίπτωτο

Το αλεξίπτωτο περιορίζει την ταχύτητα πτώσης ενός σώματος στην ατμόσφαιρα. Το σχήμα του και η επιφάνειά του προκαλούν μεγάλη αντίσταση από τον αέρα. Ο θόλος του αλεξίπτωτου είναι κατασκευασμένος από ανθεκτικά υλικά και η επιφάνειά του, για τη ρίψη ανθρώπων, είναι περίπου  $60 \text{ m}^2$ . Η οριακή ταχύτητα που αποκτά και με την οποία προσγειώνεται στο έδαφος ένας άνθρωπος που πέφτει με αλεξίπτωτο είναι περίπου  $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  έως  $6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Η συ-

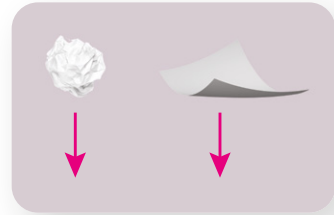


γκεκριμένη τιμή της ταχύτητας είναι ίση με την τιμή της ταχύτητας με την οποία προσγειώνεται ένας άνθρωπος που πέφτει ελεύθερα από ύψος  $1,25 \text{ m}$  έως  $1,8 \text{ m}$ .



Παίρνουμε δύο ίδιες κόλλες χαρτί και τσαλακώνουμε τη μία, ώστε να δημιουργήσουμε μία μπάλα. Τις αφήνουμε ταυτόχρονα να πέσουν από το ίδιο ύψος στο έδαφος, όπως φαίνεται στην εικόνα. Παρατηρούμε ότι τα δύο χαρτιά δε φτάνουν ταυτόχρονα στο έδαφος. Αυτό συμβαίνει επειδή:

- α) η κόλλα είναι βαρύτερη και τα βαρύτερα σώματα πέφτουν πιο γρήγορα από τα ελαφρότερα.
  - β) η άνωση από τον αέρα είναι μεγαλύτερη στην ατσαλάκωτη κόλλα.
  - γ) στην τσαλακωμένη κόλλα η αντίσταση από τον αέρα είναι μικρότερη από αυτή στην ατσαλάκωτη, επειδή έχει μικρότερη μετωπική επιφάνεια.
  - δ) την ατσαλάκωτη κόλλα την παίρνει ο αέρας, ενώ την τσαλακωμένη κόλλα όχι.
- Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.



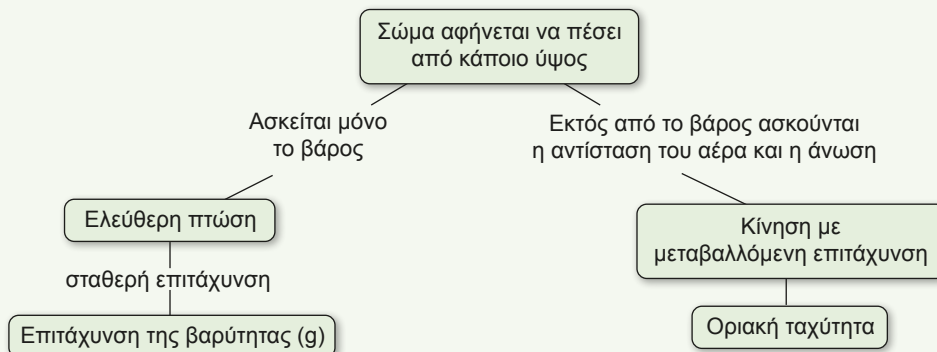
Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

### Κατασκευή αλεξίπτωτου (ιδιοκατασκευή)

Κόψτε ένα τετράγωνο κομμάτι 40 cm × 40 cm από μια πλαστική σακούλα. Δέστε τις άκρες τεσσάρων νημάτων μήκους περίπου 80 cm από τις τέσσερις γωνίες του πλαστικού τετραγώνου και στη συνέχεια δέστε τα άλλα άκρα μαζί σε μία μικρή γομολάστιχα. Το αλεξίπτωτο είναι έτοιμο. Αφήστε να πέσουν από τον δεύτερο όροφο του σχολείου σας ταυτόχρονα μια γομολάστιχα ίδια με αυτή του αλεξίπτωτου και το αλεξίπτωτο. Παρατηρήστε ποια φτάνει πρώτη στο έδαφος. Αν θέλετε, βιντεοσκοπήστε τις πτώσεις των δύο γομολάστιχων και με την εφαρμογή Tracker μετρήστε την επιτάχυνση της καθεμιάς.

## Σύνοψη ενότητας

Ελεύθερη πτώση είναι η ευθύγραμμη επιταχυνόμενη κίνηση ενός σώματος όταν το αφήσουμε να πέσει από κάποιο ύψος και η μόνη δύναμη που ενεργεί σε αυτό είναι το βάρος του. Η επιτάχυνση του σώματος είναι ίση με την ένταση του βαρυτικού πεδίου της Γης και είναι σταθερή στη διάρκεια της πτώσης για μικρό ύψος. Στη φύση υπάρχουν δυνάμεις που αντιστέκονται στην ελεύθερη πτώση ενός σώματος. Αυτές είναι η άνωση του αέρα, που είναι πολύ μικρή για τα περισσότερα σώματα, και η αντίσταση του αέρα, που εξαρτάται από τη μετωπική επιφάνεια του σώματος, το σχήμα και την ταχύτητά του.



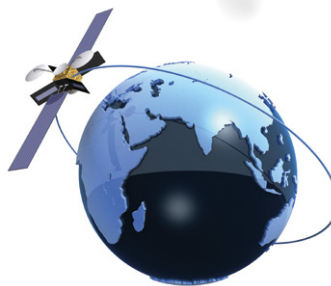
Λέξεις-κλειδιά: ομαλή κυκλική κίνηση, περίοδος, συχνότητα

!?

1



2



3



- Τι είδους τροχιά διαγράφουν τα καθίσματα στον τροχό της εικόνας 1;
- Μπορείτε να σχεδιάσετε την ταχύτητα του δορυφόρου στην εικόνα 2;
- Ποιος δείκτης του ρολογιού της εικόνας 3 ολοκληρώνει μια περιστροφή σε μικρότερο χρόνο; Ποιος δείκτης εκτελεί περισσότερες περιστροφές στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου;

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ: Η ομαλή κυκλική κίνηση και τα χαρακτηριστικά της**

Πατώντας το κουμπί του ρολογιού του σχήματος, αρχίζει να λειτουργεί το χρονόμετρο. Μελετήστε την κίνηση της άκρης του δευτερολεπτοδείκτη. Ονομάστε αυτό το σημείο Α.

Σχεδιάστε την τροχιά του σημείου Α στο διπλανό πλαίσιο. Ποια είναι η μορφή της; Πώς θα χαρακτηρίζατε την κίνηση αυτή λόγω της τροχιάς της;

.....  
 .....



ΑΜ

ΜΑΘ

Στη διπλανή εικόνα φαίνεται η πορεία που ακολουθούν μικρά κομμάτια μετάλλου όταν αποκολλούνται από τον τροχό λείανσης. Ποια είναι η κατεύθυνση της ταχύτητας αυτού του κομματιού λίγο πριν αποκολληθεί και γιατί;



.....  
 .....  
 Σχεδιάστε την ταχύτητα του σημείου A (άκρη του δευτερολεπτοδείκτη) του πρώτου βήματος.

Πώς σχετίζεται το μήκος του τόξου που διαγράφει το σημείο A με τον αντίστοιχο χρόνο; Μεταβάλλεται το μέτρο της ταχύτητας του σημείου A με την πάροδο του χρόνου; Πώς θα χαρακτηρίζατε μια τέτοια κίνηση κατά αντιστοιχία με την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση;

.....  
 .....  
 Σε πόσο χρόνο το σημείο A θα διαγράψει ολόκληρο τον κύκλο (περίοδος T);

.....  
 .....  
 Πόσες πλήρεις στροφές εκτελεί το σημείο A σε 120 δευτερόλεπτα; Πόσες στροφές εκτελεί σε 1 δευτερόλεπτο (συχνότητα f);



- Ένα σώμα πραγματοποιεί κυκλική κίνηση όταν η τροχιά του είναι κύκλος. Στην περίπτωση που το σώμα διανύει ίσα τόξα σε ίσα χρονικά διαστήματα, το μέτρο της ταχύτητάς του  $v$  είναι σταθερό και δίνεται από τη σχέση:

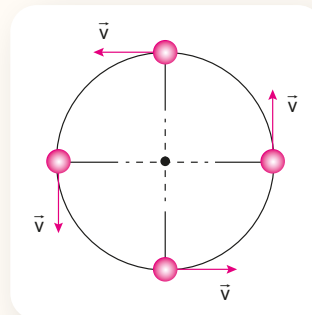
$$v = \frac{S}{t}$$

όπου  $S$  το μήκος του τόξου που διανύει και  $t$  ο αντίστοιχος χρόνος.

Η κίνηση αυτή ονομάζεται ομαλή κυκλική κίνηση.

Το διάνυσμα της ταχύτητας αλλάζει κατεύθυνση και είναι κάθε φορά εφαπτόμενο στην τροχιά.

- Ο χρόνος στον οποίο ένα σώμα που πραγματοποιεί ομαλή κυκλική κίνηση διαγράφει έναν πλήρη κύκλο λέγεται **περίοδος T** της κίνησης και μετριέται σε δευτερόλεπτα (s). Ο αριθμός των περιστρο-



Ομαλή κυκλική κίνηση

φών που διαγράφει το σώμα στη μονάδα του χρόνου ονομάζεται **συχνότητα  $f$**  και έχει μονάδα μέτρησης το  $\frac{1}{s}$  ή αλλιώς 1 Hz. Η περίοδος και η συχνότητα συνδέονται με τη σχέση:

$$f = \frac{1}{T}$$

- Η ομαλή κυκλική κίνηση είναι ειδική περίπτωση των περιοδικών κινήσεων. Μια κίνηση λέγεται περιοδική όταν επαναλαμβάνεται ακριβώς η ίδια σε ίσα χρονικά διαστήματα. Παραδείγματα περιοδικής κίνησης είναι η κίνηση της κούνιας, του εκκρεμούς του μετρονόμου, του εμβόλου μιας μηχανής κ.ά. Περίοδος της περιοδικής κίνησης είναι ο χρόνος που χρειάζεται να πραγματοποιηθεί η κίνηση μία φορά και συχνότητα ο αριθμός των επαναλήψεων της κίνησης στη μονάδα του χρόνου.



### Παράδειγμα 1

Ένα παιδικό τρενάκι κινείται σε κυκλική τροχιά ακτίνας  $R = 0,7 \text{ m}$ . Για να επιστρέψει στο ίδιο σημείο, περνάει χρόνος  $t = 2 \text{ min}$ . Να υπολογίσετε:

- το διάστημα που διανύει το τρενάκι, όταν κάνει μία πλήρη περιστροφή,
- την ταχύτητα που έχει το τρενάκι.



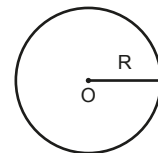
### Απάντηση

- Το τρενάκι κινείται στην περιφέρεια κύκλου ακτίνας  $R$ . Συνεπώς σε μια στροφή διανύει διάστημα ίσο με την περίμετρο του κύκλου, δηλαδή:

$$S = 2\pi R \quad \text{ή} \quad S = 2 \times 3,14 \times 0,7 \text{ m} \quad \text{ή} \quad S = 4,4 \text{ m}$$

- Ο χρόνος είναι  $t = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$ . Επομένως η ταχύτητα είναι:

$$v = \frac{S}{t} \quad \text{ή} \quad v = \frac{4,4 \text{ m}}{120 \text{ s}} \quad \text{ή} \quad v = 0,0367 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ή} \quad v = 3,67 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

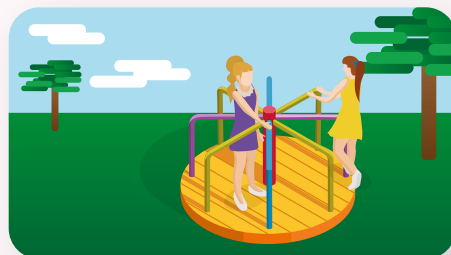


### Παράδειγμα 2

Στην εικόνα ο τροχός περιστρέφεται ομαλά. Διαφέρουν η περίοδος και η συχνότητα της κυκλικής κίνησης των δύο παιδιών; Ποια από τις δύο κοπέλες έχει μεγαλύτερη ταχύτητα;

### Απάντηση

Οι κοπέλες εκτελούν ομαλή κυκλική κίνηση. Όταν η μία κοπέλα θα διαγράψει έναν πλήρη κύκλο, τότε και η άλλη κοπέλα

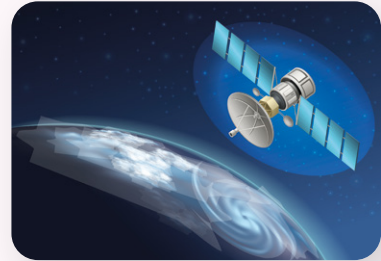


θα έχει διαγράψει έναν πλήρη κύκλο. Επομένως ο χρόνος για μία πλήρη περιστροφή είναι ίδιος και συνεπώς η περίοδος και η συχνότητα είναι ίδιες. Όμως το διάστημα που διανύουν σε χρόνο μιας περιόδου, δηλαδή  $t = T$ , είναι διαφορετικό. Η περίμετρος  $S_1$  του κύκλου που διαγράφει η κοπέλα με το κίτρινο φόρεμα είναι μεγαλύτερη από την περίμετρο  $S_2$  του κύκλου που διαγράφει η άλλη κοπέλα.

Για τις ταχύτητες είναι  $v_1 = \frac{S_1}{t}$ ,  $v_2 = \frac{S_2}{t}$  και, επειδή  $S_1 > S_2$ , προκύπτει  $v_1 > v_2$ .

### Δορυφόροι γεωστατικής τροχιάς

Οι δορυφόροι γεωστατικής τροχιάς είναι δορυφόροι οι οποίοι κινούνται σε κυκλικές τροχιές πάνω από τον ισημερινό και βρίσκονται διαρκώς πάνω από το ίδιο σημείο του. Για να συμβεί αυτό, τοποθετούνται σε τροχιά σε κατάλληλο ύψος (35.786 km), με αυστηρά συγκεκριμένη ταχύτητα. Τότε η περίοδός τους είναι ίση με την περίοδο περιστροφής της Γης. Επειδή οι δορυφόροι φαίνονται ακίνητοι ως προς τη Γη, μπορούμε να στοχεύσουμε προς έναν δορυφόρο με μια σταθερή κεραία και να λαμβάνουμε το σήμα που εκπέμπει. Λόγω του ύψους που βρίσκονται οι δορυφόροι, ένας μικρός αριθμός επαρκεί για να καλυφθεί επικοινωνιακά ολόκληρος ο πλανήτης. Εκτός από τις τηλεπικοινωνίες, χρησιμοποιούνται στη μετεωρολογία, για στρατιωτικούς σκοπούς κτλ.



- 1 Να χαρακτηρίσετε καθεμία από τις παρακάτω προτάσεις ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).
  - α) Στην ομαλή κυκλική κίνηση το μέτρο της ταχύτητας είναι σταθερό.
  - β) Αν η περίοδος μιας κυκλικής κίνησης διπλασιαστεί, τότε το σώμα θα κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα.
  - γ) Η ταχύτητα ενός σώματος στην ομαλή κυκλική κίνηση είναι κάθετη στην ακτίνα της τροχιάς του.
  - δ) Σε μια περιοδική κίνηση η συχνότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη με την περίοδο.
  - ε) Στην ομαλή κυκλική κίνηση το διάνυσμα της ταχύτητας παραμένει σταθερό.

- \* 2 Σε έναν σταθμό τρένων το μήκος του δευτερολεπτοδείκτη του ρολογιού είναι 40 cm. Για το άκρο του δευτερολεπτοδείκτη να υπολογίσετε:
  - α) την περίοδο και τη συχνότητά του,
  - β) την ταχύτητά του.



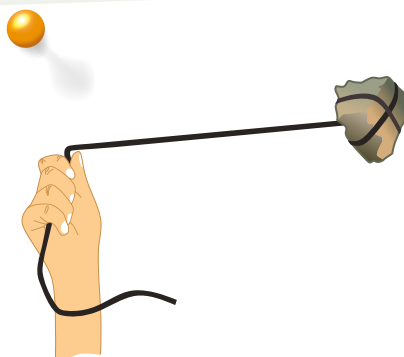
# 4.5β

## Δυναμική περιγραφή της ομαλής κυκλικής κίνησης

Λέξεις-κλειδιά: κεντρομόλος επιτάχυνση, κεντρομόλος δύναμη, συνθήκη έλλειψης βαρύτητας

!?

1



2



3



- Στους δορυφόρους και στην πέτρα της εικόνας 1 ασκούνται δυνάμεις, ενώ το μέτρο της ταχύτητάς τους παραμένει σταθερό. Πώς εξηγείται αυτό, σύμφωνα με τον 2ο νόμο του Νεύτωνα;
- Γιατί στη στροφή η ποδηλάτισσα αλλάζει τη θέση του σώματός της; (εικόνα 2)
- Στην εικόνα 3, όταν περιστρέφεται ο τροχός, οι μάντες από τους οποίους κρέμονται τα καθίσματα δεν είναι κατακόρυφοι. Όταν σταματήσει η περιστροφή, έρχονται στην κατακόρυφη θέση. Γιατί συμβαίνει αυτό;



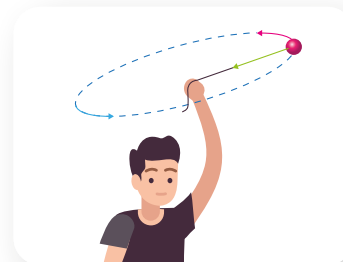
ΠΕ

ΜΑΘ

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Δυναμική στην ομαλή κυκλική κίνηση – Κεντρομόλος δύναμη

Στην άκρη ενός σχοινιού δέστε μια γομολάστιχα. Αρχίστε να περιστρέφετε κυκλικά τη γομολάστιχα, ώστε αυτή να εκτελεί περίπου ομαλή κυκλική κίνηση.

Παρατηρείτε ότι, για να εκτελέσει αυτή την κίνηση η γομολάστιχα, ασκείται σε αυτή από το σχοινί δύναμη.



Σχεδιάστε στο διπλανό πλαίσιο την τροχιά της γομολάστιχας και τη δύναμη που ασκείται σε αυτή (αγνοήστε το βάρος τους). Ποια είναι η κατεύθυνση της δύναμης;

.....

Είναι επιταχυνόμενη η κίνηση της γομολάστιχας; Αν ναι, ποια είναι η κατεύθυνση της επιτάχυνσης και γιατί; Σχεδιάστε την επιτάχυνση στο προηγούμενο σχήμα.

.....

Γιατί η κίνηση της γομολάστιχας είναι επιταχυνόμενη, αφού το μέτρο της ταχύτητας είναι σταθερό;

.....

.....

Πώς θα κινηθεί η γομολάστιχα αν αφήσουμε το σχοινί και γιατί;

.....

.....

Η δύναμη που πρέπει να ασκείται σε ένα σώμα για να εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση ονομάζεται κεντρομόλος δύναμη και η αντίστοιχη επιτάχυνση που αποκτά το σώμα κεντρομόλος επιτάχυνση. Πώς συνδέεται η κεντρομόλος δύναμη με την κεντρομόλο επιτάχυνση; Ποια δύναμη παίζει τον ρόλο της κεντρομόλου δύναμης στην περίπτωση που μελετάμε;

.....

.....

.....

Αυξήστε την ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται η γομολάστιχα. Κρίνοντας από τη δύναμη του σχοινού που ασκείται στο χέρι μας, πώς μεταβάλλεται το μέτρο της δύναμης που ασκείται στη γομολάστιχα; Αυξάνεται  Μειώνεται

Σε τι συμπέρασμα καταλήγετε για τη μεταβολή του μέτρου της κεντρομόλου επιτάχυνσης όταν μεταβάλλεται το μέτρο της ταχύτητας;

.....

.....

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Κωνικό εκκρεμές και κεντρομόλος δύναμη**

Κρεμάστε με ένα νήμα από ένα σταθερό σημείο ένα βαρύ σώμα, π.χ. μια πέτρα, και θέστε τη σε κίνηση, όπως στο σχήμα (κωνικό εκκρεμές).

α) Σχεδιάστε την επιτάχυνση του αντικειμένου στη θέση που απεικονίζεται.

.....

.....

β) Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο αντικείμενο και τη συνισταμένη τους.

.....

.....

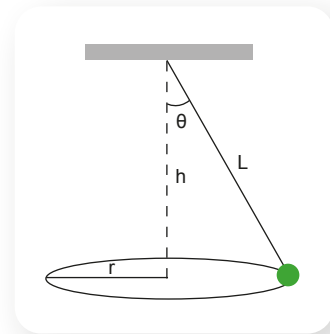
.....

γ) Εξηγήστε ποια δύναμη παίζει τον ρόλο της κεντρομόλου δύναμης.

.....

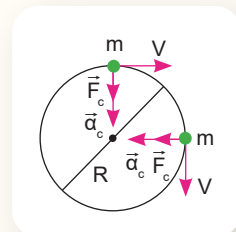
.....

.....



■ Όταν ένα σώμα εκτελεί καμπυλόγραμμη κίνηση, έχει πάντα επιτάχυνση, επειδή το διάνυσμα της ταχύτητας **αλλάζει κατεύθυνση** και συνεπώς η ταχύτητά του μεταβάλλεται.

Ειδικά στην ομαλή κυκλική κίνηση η επιτάχυνση έχει σταθερό μέτρο και σε κάθε σημείο της τροχιάς είναι κάθετη στην ταχύτητα. Επειδή κατευθύνεται προς το κέντρο της τροχιάς, λέγεται **κεντρομόλος επιτάχυνση**  $a_c$ .



- Από τον 2ο νόμο του Νεύτωνα προκύπτει ότι η δύναμη  $F_c$  που προκαλεί την κεντρομόλο επιτάχυνση  $a_c$  σε σώμα μάζας  $m$  δίνεται από τη σχέση:

$$F_c = ma_c$$

έχει σταθερό μέτρο και κατευθύνεται προς το κέντρο της τροχιάς. Η δύναμη αυτή ονομάζεται **κεντρομόλος δύναμη** και είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα. Απαραίτητη προϋπόθεση για να εκτελεί ένα σώμα ομαλή κυκλική κίνηση είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα να είναι διαρκώς κάθετη στην ταχύτητα του σώματος και να έχει σταθερό μέτρο.

Σε μια ομαλή κυκλική κίνηση, η κεντρομόλος δύναμη και η κεντρομόλος επιτάχυνση αυξάνονται όταν αυξηθεί η ταχύτητα.



### Παράδειγμα 1

Στη στροφή ο ποδηλάτης γέρνει, για να καταφέρει να παραμείνει στη στροφή και να στρίψει με ασφάλεια. Προς ποια κατεύθυνση γέρνει και γιατί;

#### Απάντηση

Στη στροφή η τροχιά του ποδηλάτη είναι τμήμα κυκλικής τροχιάς και συνεπώς έχει κεντρομόλο επιτάχυνση. Άρα θα πρέπει να γείρει με τέτοιο τρόπο, ώστε η συνισταμένη δύναμη να είναι η κεντρομόλος. Για να το πετύχει αυτό, γέρνει προς τη μεριά του κέντρου της κυκλικής τροχιάς, ώστε το βάρος του  $F_g$  και η δύναμη  $F_R$  από το έδαφος να έχουν συνισταμένη την κεντρομόλο δύναμη  $F_c$ .

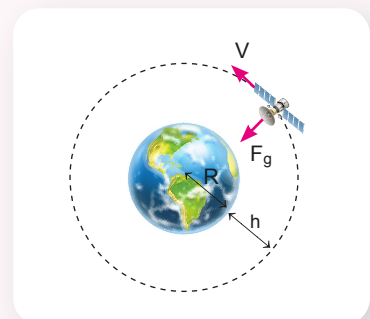


### Παράδειγμα 2

Πώς διατηρείται σε κυκλική τροχιά γύρω από τη Γη ο δορυφόρος; Μπορεί να κινείται με οποιαδήποτε ταχύτητα σε ένα συγκεκριμένο ύψος πάνω από τη Γη;

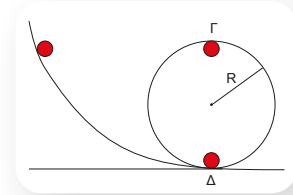
#### Απάντηση

Στην κυκλική κίνηση απαιτείται κεντρομόλος δύναμη. Στον δορυφόρο ασκείται από τη Γη η δύναμη της βαρύτητας, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η δύναμη αυτή είναι η κεντρομόλος δύναμη. Για καθορισμένο ύψος  $h$  η ακτίνα της τροχιάς και η κεντρομόλος δύναμη έχουν συγκεκριμένη τιμή και συνεπώς η ταχύτητα θα έχει καθορισμένη τιμή, που εξαρτάται από το ύψος. Αν η τιμή της ταχύτητας είναι μεγαλύτερη, ο δορυφόρος θα απομακρύνεται από τη Γη, ενώ αν είναι μικρότερη, θα πλησιάζει προς τη Γη.





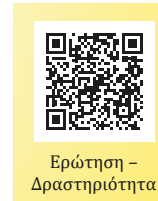
\* **1** Η κόκκινη μπίλια κατέρχεται κινούμενη σε αυλάκι μεταλλικού οδηγού. Περνάει από το σημείο Δ, συνεχίζει την πορεία της διερχόμενη από το σημείο Γ, επανέρχεται στο σημείο Δ και απομακρύνεται κινούμενη οριζόντια.



- α) Να σχεδιάσετε το διάνυσμα της ταχύτητας και των δυνάμεων που ασκούνται στην μπίλια, όταν αυτή βρίσκεται στα σημεία Δ και Γ.
- β) Να γράψετε τις σχέσεις με βάση τις οποίες υπολογίζεται η κεντρομόλος δύναμη στα σημεία Δ και Γ από τις δυνάμεις που ασκούνται στην μπίλια.

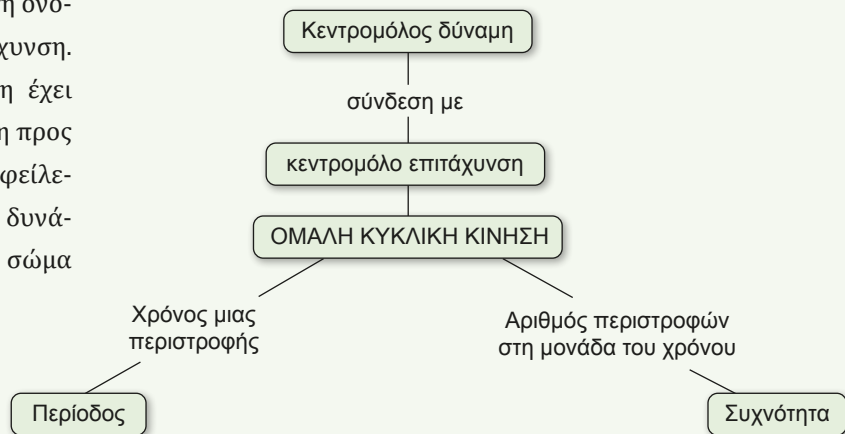
**2** Να χαρακτηρίσετε καθεμία από τις παρακάτω προτάσεις ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).  
Για ένα σώμα που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση:

- α) εκτός από τις δυνάμεις που ασκούνται, ασκείται και η κεντρομόλος δύναμη.
- β) η επιτάχυνση είναι κάθετη στην ταχύτητα.
- γ) η κεντρομόλος δύναμη είναι μικρότερη για μεγαλύτερη ταχύτητα.
- δ) το διάνυσμα της κεντρομόλου δύναμης και το διάνυσμα της κεντρομόλου επιτάχυνσης είναι συγγραμμικά.
- ε) η κεντρομόλος επιτάχυνση οφείλεται στη μεταβολή του μέτρου της ταχύτητας.



## Σύνοψη ενότητας

Στην ομαλή κυκλική κίνηση η τροχιά του κινούμενου σώματος είναι κύκλος και σε ίσους χρόνους διαγράφει ίσα τόξα. Περίοδος λέγεται ο χρόνος στον οποίο το σώμα διαγράφει έναν πλήρη κύκλο. Συχνότητα λέγεται ο αριθμός των περιστροφών που εκτελεί το σώμα στη μονάδα του χρόνου. Στην ομαλή κυκλική κίνηση το μέτρο της ταχύτητας παραμένει σταθερό, ενώ η κατεύθυνσή της αλλάζει. Η επιτάχυνση στην περίπτωση αυτή ονομάζεται κεντρομόλος επιτάχυνση. Η κεντρομόλος επιτάχυνση έχει σταθερό μέτρο, κατεύθυνση προς το κέντρο της τροχιάς και οφείλεται στη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα (κεντρομόλος δύναμη).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

# Ενέργεια και διατήρηση ενέργειας



**5.1** Κινητική και δυναμική ενέργεια

**5.2** Διατήρηση ενέργειας σε μηχανικό σύστημα

Λέξεις-κλειδιά: δυναμική ενέργεια, κινητική ενέργεια

!?

1



2



3



- Τι μορφή έχει η ενέργεια του νερού στο κάτω μέρος της υδατόπτωσης στην εικόνα 1;
- Τι μορφή ενέργειας έχει ο βράχος στην εικόνα 2;
- Τι μορφή ενέργειας έχει η τεντωμένη χορδή του τόξου; (εικόνα 3)



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Κίνηση και ενέργεια

Στο θρανίο σας έχετε στο ένα άκρο μια μεταλλική μπίλια και στο άλλο ένα εμπόδιο από σφουγγάρι ή συσκευασία με βαμβάκι.

Ασκώντας δύναμη στην μπίλια, την εκτοξεύουμε προς το εμπόδιο, αρχικά με μικρή ταχύτητα. Επαναλαμβάνουμε το πείραμα, εκτοξεύοντας την μπίλια με μεγαλύτερη ταχύτητα.

Τι σχέση έχουν οι παραμορφώσεις του εμποδίου στις δύο περιπτώσεις;

.....  
Στη συνέχεια εκτοξεύουμε με την ίδια περίπου ταχύτητα προς το εμπόδιο ταυτόχρονα ένα μπαλάκι του πινγκ πονγκ και μια μεταλλική μπίλια.

ΣΥ

ΜΑΘ

Το μπαλάκι ή η μπίλια προκαλεί μεγαλύτερη παραμόρφωση στο εμπόδιο;

.....

Πώς θα ονομάζουμε την ενέργεια που έχει η μπίλια πριν πέσει στο εμπόδιο;

.....

Από τι εξαρτάται η ενέργεια αυτή;

.....

ΣΥ

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Δυναμική ενέργεια

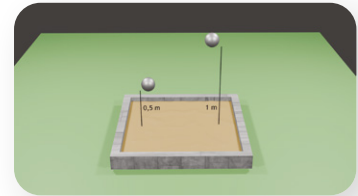
ΜΑΘ

### Δυναμική ενέργεια λόγω θέσης (βαρυτική δυναμική ενέργεια)

Έχετε μια λεκάνη με άμμο, κατά προτίμηση βρεγμένη, και μια μεταλλική μπάλα (ή μια πέτρα). Φροντίζετε το επίπεδο της άμμου να είναι ομαλό και οριζόντιο.

Αφήστε από ύψος 0,5 m περίπου να πέσει η μπάλα στην άμμο. Επαναλάβετε τη διαδικασία αφήνοντας την μπάλα να πέσει από ύψος 1 m περίπου, σε διαφορετικό όμως σημείο της άμμου. Παρατηρήστε τη λακκούβα που προκαλείται στην άμμο σε κάθε περίπτωση. Σε ποια περίπτωση το αποτύπωμα της μπάλας στην άμμο είναι μεγαλύτερο;

.....



Συνδέεται το μέγεθος του αποτυπώματος της μπάλας στην άμμο με το ποσό ενέργειας που έχει η μπάλα όταν φτάνει στην άμμο;

.....

Σε ποια περίπτωση η ενέργεια της μπάλας είναι μεγαλύτερη όταν φτάνει στην άμμο;

.....

Πώς απέκτησε η μπάλα την ενέργεια που έχει όταν φτάνει στο έδαφος; Έχει ενέργεια στη θέση από την οποία αφήνεται κάθε φορά;

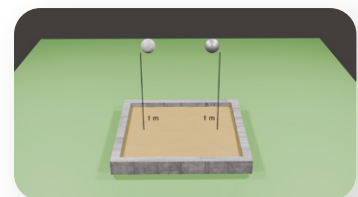
.....

Πώς εξαρτάται από το ύψος η ενέργεια που έχει η μεταλλική μπάλα στη θέση από την οποία αφήνεται να πέσει;

.....

Από το ίδιο ύψος (1 m περίπου) αφήστε να πέσουν σε διαφορετικά σημεία στην άμμο η μεταλλική σφαίρα (ή πέτρα) και μια μπάλα του πινγκ πονγκ. Φτάνουν τα δύο σώματα στο έδαφος με την ίδια ταχύτητα; Γιατί;

.....



Παρατηρώντας τις αντίστοιχες λακκούβες, ποιο σώμα είχε μεγαλύτερη ενέργεια στη θέση από την οποία το αφήσαμε να πέσει; Πώς εξαρτάται η ενέργεια αυτή από τη μάζα του σώματος;

.....

Πώς θα ονομάζουμε την ενέργεια που έχει ένα σώμα σε κάποια θέση πάνω από το έδαφος; Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις σας, από ποιους παράγοντες εξαρτάται αυτή;

.....

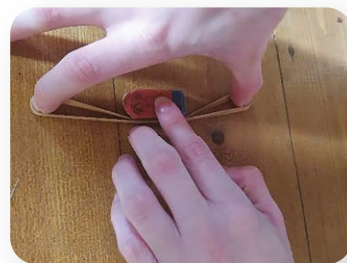
**Δυναμική ενέργεια λόγω κατάστασης (ελαστική δυναμική ενέργεια)**

**Υλικά:** ένα λαστιχάκι και μια γομολάστιχα.

Πάνω στο θρανίο κρατήστε ελαφρά τεντωμένο το λαστιχάκι. Τοποθετήστε στο κέντρο του λάστιχου τη γομολάστιχα και τραβήξτε την προς τα πίσω μέχρι ενός σημείου. Κατόπιν αφήστε ελεύθερη τη γομολάστιχα.

Τι ενέργεια απέκτησε η γομολάστιχα τη στιγμή που φεύγει από το λάστιχο;

Από πού προήλθε η ενέργεια αυτή;



- **Κινητική ενέργεια** είναι η ενέργεια που έχει ένα σώμα όταν κινείται. Συμβολίζεται με  $K$  και δίνεται από τη σχέση:

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

όπου  $m$  η μάζα και  $v$  η ταχύτητα του σώματος.

Μονάδα μέτρησης της κινητικής ενέργειας είναι το 1 J (Joule).

- **Δυναμική ενέργεια** είναι η ενέργεια που έχει ένα σώμα λόγω της θέσης του ή της κατάστασής του. Μονάδα μέτρησης της δυναμικής ενέργειας είναι το 1 J (Joule).

- Ειδικότερα, ένα σώμα έχει **βαρυτική δυναμική ενέργεια** όταν βρίσκεται σε κάποιο ύψος ως προς το έδαφος ή ως προς το επίπεδο στο οποίο η δυναμική ενέργεια θεωρείται μηδέν.

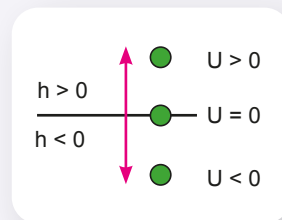
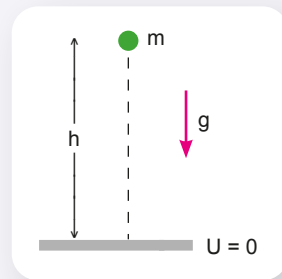
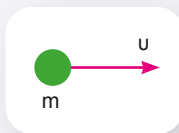
Η βαρυτική δυναμική ενέργεια συμβολίζεται με το  $U$  και δίνεται από τη σχέση:

$$U = mgh$$

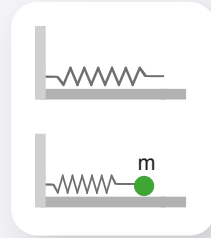
όπου  $m$  η μάζα του σώματος,  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας (ένταση του πεδίου βαρύτητας) στη συγκεκριμένη θέση και  $h$  η απόσταση του σώματος από τη θέση στην οποία η δυναμική ενέργεια θεωρείται μηδέν.

- Συνεπώς η βαρυτική δυναμική ενέργεια:

- εξαρτάται από τη μάζα του σώματος και από τη θέση στην οποία βρίσκεται,
- μπορεί να πάρει θετικές αλλά και αρνητικές τιμές.
  - ✓ Αν το σώμα βρίσκεται σε θέση πάνω από το επίπεδο αναφοράς (οριζόντιο επίπεδο στο οποίο θεωρούμε τη δυναμική ενέργεια 0), τότε το  $h$  είναι θετικό και η ενέργεια θετική.
  - ✓ Αν το σώμα βρίσκεται σε θέση κάτω από το επίπεδο αναφοράς (για παράδειγμα, μέσα σε ένα πηγάδι), τότε το  $h$  είναι αρνητικό και η ενέργεια αρνητική.



- Όταν ένα σώμα υφίσταται ελαστική παραμόρφωση, «αποθηκεύεται» σε αυτό ενέργεια. (Το σώμα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση όταν παύουν να ασκούνται σε αυτό οι δυνάμεις που προκαλούν την παραμόρφωσή του.) Η ενέργεια αυτή ονομάζεται δυναμική ενέργεια λόγω παραμόρφωσης ή **ελαστική δυναμική ενέργεια**. Ελαστική δυναμική ενέργεια έχει ένα τεντωμένο ελατήριο, ένα τεντωμένο λάστιχο κ.ά.



### Οδική ασφάλεια – Η σημασία της κίνησης με μικρές ταχύτητες

Διερευνώντας τη σχέση της κινητικής ενέργειας  $K = \frac{1}{2}mv^2$ , διαπιστώνουμε ότι, όταν η ταχύτητα ενός σώματος διπλασιάζεται, η κινητική ενέργεια τετραπλασιάζεται και αντίστοιχα τετραπλασιάζονται οι συνέπειες μιας σύγκρουσης. Για τον λόγο αυτό τοποθετούνται πινακίδες ορισμού μικρού ορίου ταχύτητας σε ορισμένες περιοχές.



- 1 Αυτοκίνητο μάζας 1.000 kg κινείται με ταχύτητα 36 km / h.
  - α) Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου.
  - β) Αν το ίδιο αυτοκίνητο κινείται με διπλάσια ταχύτητα (72 km / h), πόσες φορές θα αυξηθεί η κινητική ενέργεια;

- 2 Ανοίξτε την προσομοίωση «Κινητική ενέργεια».
  - α) Επιλέξτε τα δύο αυτοκίνητα να έχουν ίδια μάζα και το δεύτερο να έχει ταχύτητα διπλάσια του πρώτου. Τι σχέση έχουν οι κινητικές τους ενέργειες;
  - β) Στη συνέχεια επιλέξτε τα δύο αυτοκίνητα να έχουν ίδια ταχύτητα και το δεύτερο να έχει μάζα διπλάσια του πρώτου. Τι σχέση έχουν οι κινητικές τους ενέργειες;



Κινητική ενέργεια

- 3 Ένα θρανίο έχει ύψος 0,8 m. Κρατάμε ένα βιβλίο 200 g σε ύψος 1 m πάνω από το θρανίο. Να υπολογίσετε τη βαρυτική δυναμική ενέργεια ως προς:
  - α) το θρανίο,    β) το έδαφος.

Δίνεται:  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ .



Ερώτηση – Δραστηριότητα



Ερώτηση – Δραστηριότητα

# 5.1β

## Έργο δύναμης

Λέξεις-κλειδιά: έργο δύναμης, μετατόπιση

!?

1



2



3



- Στην εικόνα 1 απεικονίζεται γλυπτό που αναπαριστά τον μύθο του Σίσυφου. Εάν η πέτρα ήταν ελαφρύτερη, θα κουραζόταν λιγότερο ο Σίσυφος; Εάν η διαδρομή ήταν μικρότερη, η προσπάθειά του θα ήταν πιο εύκολη;
- Στην εικόνα 2 φαίνεται γλυπτό που αναπαριστά τον Άτλαντα να κρατά την υδρόγειο σφαίρα. Ποια είναι η διαφορά στην προσπάθεια που κάνει ο Σίσυφος και στην προσπάθεια που κάνει ο Άτλας; (εικόνες 1 και 2)
- Στην εικόνα 3 το νερό εξέρχεται από τη βάση του φράγματος με μεγάλη κινητική ενέργεια. Πώς απέκτησε την ενέργεια αυτή;



ΠΕ

ΜΑΘ

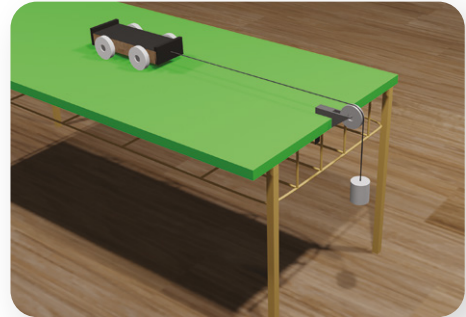
### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Έργο δύναμης

**Υλικά:** τραπέζι ή θρανίο, αμαξίδιο, τροχαλία με σφιγκτήρα, νήμα, βαρίδια 50 g.

Στην οριζόντια επιφάνεια του θρανίου πραγματοποιήστε τη διάταξη του διπλανού σχήματος. Σημειώστε δύο θέσεις A και B πάνω στη διαδρομή που θα ακολουθήσει το αμαξίδιο.

Κρεμάστε ένα βαρίδιο και αφήστε το αμαξίδιο να κινηθεί με την επίδραση της δύναμης από το σχοινί.

Παρατηρήστε την ταχύτητα του αμαξιδίου στις θέσεις A και B. Εξαρτάται η κινητική ενέργεια που αποκτά από το μήκος της διαδρομής από το σημείο εκκίνησης μέχρι τα σημεία A ή B;



Επαναλάβετε το πείραμα, αρχικά κρεμώντας το βαρίδιο των 50 g και στη συνέχεια προσθέτοντας ένα ακόμα βαρίδιο 50 g (σύνολο βάρους 100 g), ώστε να αυξηθεί η δύναμη που μέσω του σχοινού ασκείται στο αμαξίδιο.

Παρατηρήστε την ταχύτητα του αμαξιδίου, όταν περνά από τη θέση B. Σε ποια περίπτωση το αμαξίδιο αποκτά μεγαλύτερη κινητική ενέργεια;

Η κινητική ενέργεια που αποκτά το αμαξίδιο προήλθε από το έργο της δύναμης η οποία ασκείται σε αυτό. Πώς εξαρτάται αυτό το έργο από τη δύναμη που ασκείται στο αμαξίδιο και πώς από την αντίστοιχη μετατόπισή του στη διάρκεια που δρα η δύναμη;



Έργο σταθερής δύναμης

ΕΔ

ΜΑΘ

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Έργο και μετατροπές ενέργειας

Στο διπλανό σχήμα το σώμα έχει μάζα  $m = 1 \text{ kg}$  και αφήνεται από ύψος  $h = 2 \text{ m}$  στο πεδίο βαρύτητας της Γης.

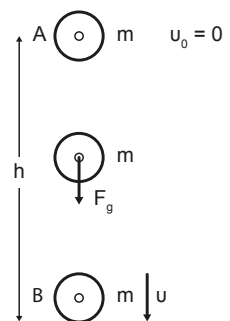
Τι ενέργεια έχει στη θέση A το σώμα; Πόση είναι αυτή;

Ποια είναι η δύναμη που ασκείται στο σώμα;

Πόσο έργο παράγει η δύναμη αυτή κατά την κίνηση του σώματος;

Τι σχέση έχει το έργο της δύναμης με την αρχική δυναμική ενέργεια του σώματος;

Ποια είναι η αιτία μεταμόρφωσης της δυναμικής σε κινητική ενέργεια;



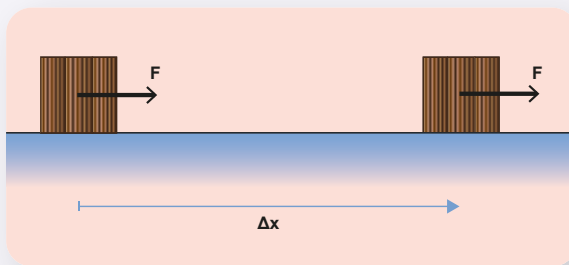


- Όταν μια δύναμη ασκείται σε σώμα το οποίο μετατοπίζεται προς την κατεύθυνση της δύναμης, παράγεται έργο που ισούται με το γινόμενο της δύναμης επί τη μετατόπιση. Το έργο μιας σταθερής δύναμης που έχει κατεύθυνση ίδια με την κατεύθυνση της μετατόπισης δίνεται από τη σχέση:

$$W = F\Delta x$$

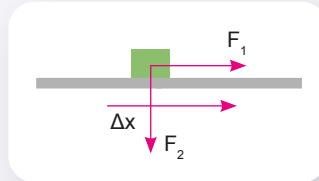
όπου  $F$  η δύναμη που ασκείται και  $\Delta x$  η μετατόπιση του σώματος. Μονάδα έργου είναι το 1 J (Joule).

- Η μετατροπή μιας μορφής ενέργειας σε μια άλλη (μεταμόρφωση ενέργειας) ή η μεταφορά ενέργειας από ένα σώμα σε ένα άλλο γίνεται μέσω του έργου των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα.



**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**

Αν η δύναμη που ασκείται στο σώμα και η μετατόπιση του σώματος έχουν κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις, τότε η δύναμη δεν παράγει έργο. Στο σχήμα, κατά τη μετατόπιση του σώματος, η  $F_1$  παράγει έργο, ενώ η  $F_2$  δεν παράγει έργο.



Επίσης, όταν η δύναμη είναι αντίθετη με τη μετατόπιση, το έργο της δύναμης είναι αρνητικό, δηλαδή  $W = -F\Delta x$ . Το έργο αυτό λέγεται καταναλισκόμενο. Αντίθετα, όταν το έργο έχει θετική τιμή, ονομάζεται παραγόμενο.



**Πασσαλοπήκτης**

Είναι ένα μηχάνημα που καρφώνει πασσάλους στο έδαφος, ώστε να δημιουργηθεί το κατάλληλο υπόβαθρο για ανέγερση κατασκευών (κτιρίων, γεφυρών κ.ά.). Χρησιμοποιείται σε σαθρά ή ελώδη εδάφη.

Αφού τοποθετηθεί ο στύλος κατακόρυφα, κατάλληλο βαρίδιο ανυψώνεται και αφήνεται να πέσει πάνω στον στύλο. Με τον τρόπο αυτό η δυναμική ενέργεια μεταμορφώνεται σε κινητική και στη συνέχεια σε έργο της δύναμης που ασκείται από τον στύλο στο έδαφος. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται πολλές φορές, μέχρι να διεισδύσει ο στύλος στο έδαφος.





- 1** Πόσο έργο παράγει η δύναμη που ασκούμε σε καθεμία από τις παρακάτω περιπτώσεις;
- α) Σε σταματημένο αυτοκίνητο ασκούμε δύναμη 1.000 N σπρώχνοντάς το. Το αυτοκίνητο δεν κινείται, γιατί έχει χειρόφρενο.
- β) Βγάζουμε το χειρόφρενο και ασκούμε πάλι δύναμη 1.000 N σπρώχνοντας το αυτοκίνητο. Το αυτοκίνητο τώρα κινείται για 50 m.
- 2** Σερβιτόρος κρατά έναν δίσκο με 4 μπουκαλιά με νερό που το καθένα έχει βάρος 10 N. Μετακινεί τον δίσκο οριζόντια κατά 5 m.
- α) Πόσο έργο παράγει το βάρος των μπουκαλιών;  
Στη συνέχεια κατεβάζει τον δίσκο κατακόρυφα κατά 0,5 m στο τραπέζι των πελατών.
- β) Πόσο έργο παράγει το βάρος των μπουκαλιών;



Ερώτηση –  
Δραστηριότητα

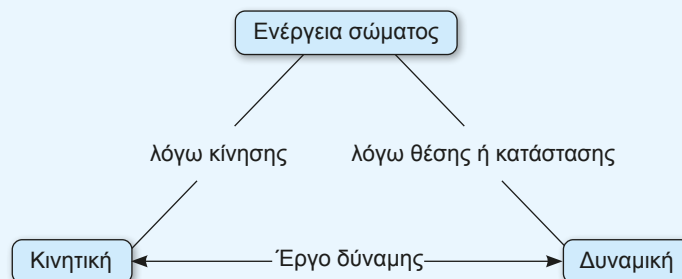


Ερώτηση –  
Δραστηριότητα

## Σύνοψη ενότητας

Κινητική ενέργεια είναι η ενέργεια που έχει ένα σώμα όταν κινείται. Είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας και έχει θετικές τιμές. Δυναμική ενέργεια είναι η ενέργεια που έχει ένα σώμα λόγω της θέσης του ή της κατάστασής του. Η βαρυτική δυναμική ενέργεια είναι ανάλογη της απόστασης από ένα οριζόντιο επίπεδο αναφοράς και μπορεί να έχει θετικές ή αρνητικές τιμές.

Η μετατροπή μιας μορφής ενέργειας σε μια άλλη ή η μεταφορά ενέργειας από ένα σώμα σε ένα άλλο γίνεται μέσω του έργου των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα. Το έργο είναι ανάλογο με τις ασκούμενες δυνάμεις και με τη μετατόπιση του σώματος στην κατεύθυνση της δύναμης. Μπορεί να έχει θετικές ή αρνητικές τιμές. Το έργο δύναμης κάθετης στη μετατόπιση είναι μηδέν.



## Ό,τι κερδίζω σε δύναμη το χάνω σε μετατόπιση (χρυσός κανόνας της Μηχανικής). Ράμπες, πολύσπαστα και μοχλοί

Οι απλές μηχανές είναι από τις πρώτες εφευρέσεις του ανθρώπου στην προσπάθειά του να διευκολύνει τις καθημερινές του εργασίες. Ιδέες όπως ο τροχός, η σφήνα και ο μοχλός, που σήμερα είναι στοιχεία της καθημερινότητάς μας, αποτέλεσαν την εποχή που ανακαλύφθηκαν τεχνολογικές επαναστάσεις. Μεγάλα έργα όπως οι πυραμίδες της Αιγύπτου, ο Παρθενώνας κ.ά. δε θα ήταν εφικτό να γίνουν χωρίς τη χρήση των απλών μηχανών. Οι αρχαίοι Έλληνες μελέτησαν με τη βοήθεια των μαθηματικών τις μηχανές αυτές και σε αυτούς αποδίδεται η διατύπωση του χρυσού κανόνα της Μηχανικής: «Ό,τι κερδίζω σε δύναμη το χάνω σε μετατόπιση».

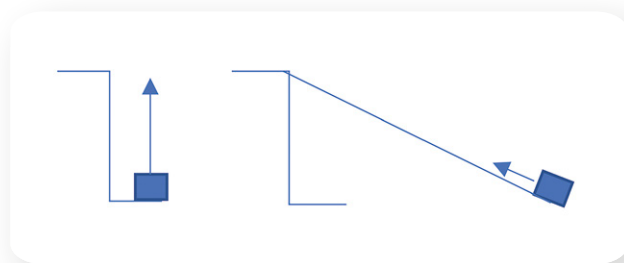
Θεωρείται ότι πρώτος ο Αρχιμήδης διατύπωσε τον κανόνα βιωματικά. Ο κανόνας αυτός στηρίζεται στη σχέση του έργου με τα μεγέθη δύναμη και μετατόπιση και περιγράφει το πώς συσχετίζονται ώστε να παράγεται το ίδιο έργο.

Χρησιμοποιώντας μια απλή μηχανή, διευκολυνόμαστε μειώνοντας τη δύναμη που απαιτείται, αλλά ό,τι κερδίζουμε σε δύναμη το χάνουμε σε μετατόπιση.

### Παραδείγματα απλών μηχανών

#### Το κεκλιμένο επίπεδο (π.χ. ράμπα)

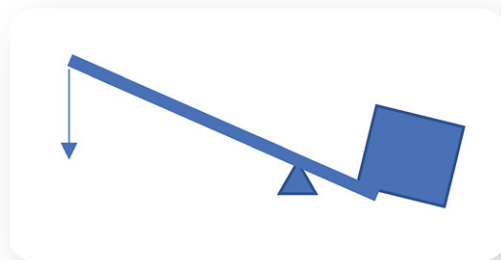
Το κεκλιμένο επίπεδο έχει καταγραφεί ότι χρησιμοποιήθηκε στην αρχαία Αίγυπτο για τη μετακίνηση ογκόλιθων απαραίτητων για την κατασκευή των πυραμίδων. Χρησιμοποιείται για να μετατοπίσουμε εύκολα σε διαφορετικό ύψος ένα βαρύ αντικείμενο.



Διευκολύνει την κίνηση (ολίσθηση) του αντικειμένου με την άσκηση δύναμης μικρότερης από το βάρος του σώματος. Όσο μικρότερη είναι η γωνία του κεκλιμένου επιπέδου, τόσο μικρότερη δύναμη θα ασκήσουμε για να υπερνικήσουμε το βάρος του σώματος και να το μετακινήσουμε, αλλά τόσο μεγαλύτερη διαδρομή θα κάνουμε.

#### Ο μοχλός

Οι αρχαίοι Έλληνες έδιναν πολύ μεγάλη αξία στον μοχλό. Γνωστή είναι η φράση «δῶς μοι πᾶ στῶ καὶ τὰν γᾶν κινάσω», δηλαδή «δώσε μου τόπο να σταθώ και τη γη θα μετακινήσω» (με τη βοήθεια ενός μοχλού), την οποία είπε ο Αρχιμήδης όταν κατάλαβε τη δύναμη του μοχλού στη μετακίνηση βαριών αντικειμένων.



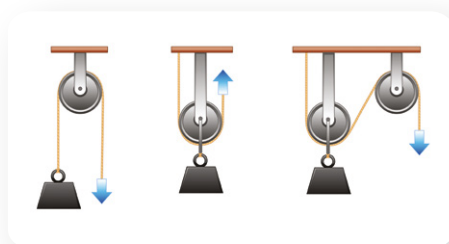
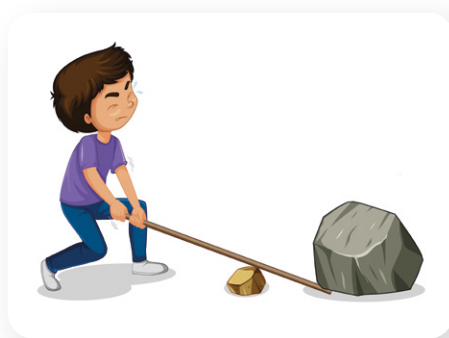
Ο μοχλός είναι μια απλή μηχανή που μπορεί να ανυψώσει ένα βαρύ σώμα. Αποτελείται από μια άκαμπτη ράβδο (μεταλλική ή ξύλινη) και ένα σταθερό σημείο που αποτελεί το υπομόχλιο. Το ένα άκρο της ρά-

βδου τοποθετείται κάτω από ένα βαρύ αντικείμενο σε μικρή απόσταση από το υπομόχλιο. Ασκώντας μια μικρή δύναμη στο άλλο άκρο της ράβδου, μπορούμε να ανυψώσουμε το αντικείμενο. Το πηλίκο των αποστάσεων των δύο άκρων από το υπομόχλιο είναι αντιστρόφως ανάλογο του πηλίκου των δυνάμεων (του βάρους του σώματος και της δύναμης που ασκούμε). Όμως και εδώ, ως απόρροια της διατήρησης της ενέργειας και του τύπου του έργου, μια μικρή ανύψωση του αντικειμένου απαιτεί μια μεγάλη μετατόπιση του άλλου άκρου της ράβδου.

### **Η τροχαλία - πολύσπαστα**

Καταγραφές χρήσης της τροχαλίας σε αρχαίες κατασκευές υπάρχουν πολλές σε κείμενα των Βαβυλωνίων. Αναφορές για τη χρήση της σε μηχανισμούς πολύσπαστου υπάρχουν σε ελληνικά κείμενα και φαίνεται ότι χρησιμοποιήθηκε σε κατασκευές το 400 π.Χ.

Η τροχαλία είναι ένας δίσκος που μπορεί να περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα και φέρει αυλάκωση στην περιφέρειά του, από την οποία διέρχεται ένα σκοινί. Ο βασικός ρόλος της τροχαλίας είναι να αλλάζει τη φορά της δύναμης που ασκούμε σε ένα σώμα (για να σηκώσουμε ένα σώμα, ασκούμε δύναμη προς τα κάτω, εκμεταλλευόμενοι και το βάρος μας). Στην περίπτωση αυτή, όση μετακίνηση προκαλούμε στο ένα άκρο του σχοινιού με το χέρι μας, τόσο μετατοπίζεται και το άλλο άκρο στο οποίο είναι δεμένο το σώμα. Η χρήση της τροχαλίας σε μηχανισμούς πολύσπαστου (σύστημα τροχαλιών) μας επιτρέπει να ανυψώσουμε ένα βαρύ σώμα ασκώντας δύναμη μικρότερη του βάρους του σώματος. Ανάλογα με τον αριθμό και τη σύνδεση των τροχαλιών μπορούμε να μειώσουμε τη δύναμη που ασκούμε. Στην περίπτωση αυτή όμως, σύμφωνα με τον χρυσό κανόνα της Μηχανικής, η μείωση της δύναμής μας συνεπάγεται αύξηση της διαδρομής του σχοινιού που τραβάμε.



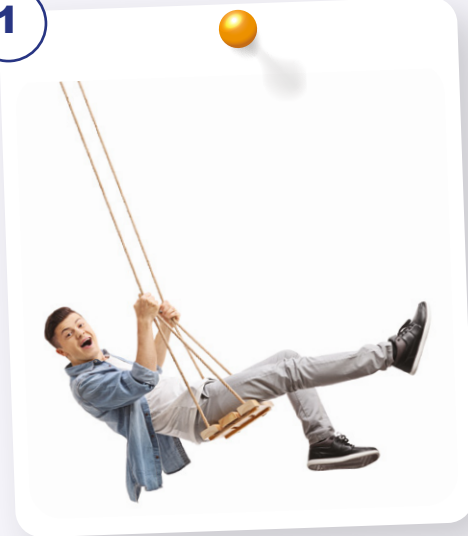
## 5.2α

Διατήρηση ενέργειας  
σε μηχανικό σύστημα

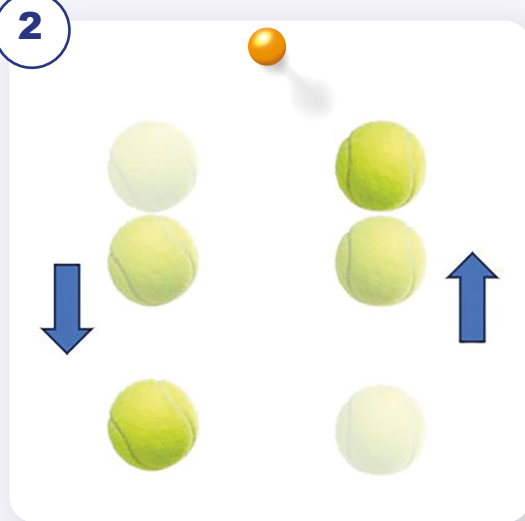
Λέξεις-κλειδιά: διατήρηση ενέργειας, μεταμορφώσεις ενέργειας



1



2



- Ποια μορφή ενέργειας έχει το παιδί στην κούνια όταν φτάνει στο ανώτερο σημείο της τροχιάς και ποια όταν διέρχεται από το κατώτερο σημείο της τροχιάς του; (εικόνα 1)
- Πώς μεταβάλλεται η κινητική και η βαρυτική δυναμική ενέργεια μιας μπάλας που κινείται κατακόρυφα; (εικόνα 2)



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Διατήρηση της ενέργειας – ποιοτική μελέτη

Συνδεθείτε στην προσομοίωση «Ενεργειακό πάρκο» (του ιστοτόπου PhET Interactive Simulations) και επιλέξτε «Εισαγωγή». Τοποθετήστε το παιδί στο ανώτερο ύψος της ράμπας σχήματος U και αφήστε το να κινηθεί. Παρατηρήστε τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται η κινητική και η δυναμική του ενέργεια (από την επιλογή «Ραβδόγραμμα»).

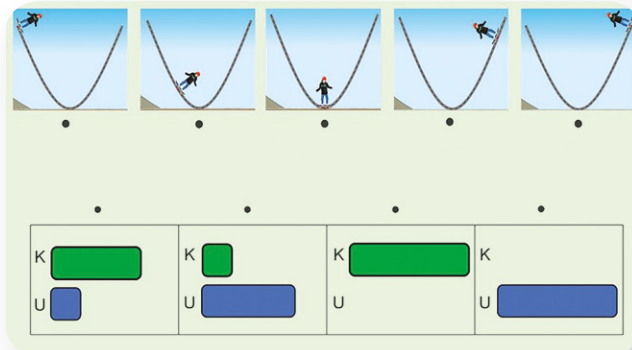
Στο σχήμα που ακολουθεί να κάνετε την αντιστοίχιση της θέσης που βρίσκεται το παιδί με την κινητική ενέργεια  $K$  και τη δυναμική ενέργεια  $U$  που έχει στη συγκεκριμένη θέση.

PhET –  
Ενεργειακό  
πάρκο

ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ



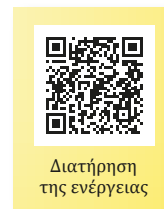
PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, <https://phet.colorado.edu>

Θεωρώντας ότι το ύψος στο οποίο βρίσκεται το παιδί μετριέται από το κατώτερο σημείο της τροχιάς του, συμπληρώστε τα παρακάτω κενά με τις λέξεις: αυξάνεται, μειώνεται, κινητική, δυναμική.

Καθώς το παιδί κατεβαίνει, η κινητική του ενέργεια ....., ενώ η δυναμική του ενέργεια .....  
 ..... . Αντίθετα, όταν το παιδί ανεβαίνει, η κινητική του ενέργεια ....., ενώ η δυναμική του ενέργεια ..... . Στο ανώτερο σημείο της τροχιάς του η ..... ενέργεια μηδενίζεται, ενώ όταν το παιδί διέρχεται από το κατώτερο σημείο της τροχιάς του, η ..... ενέργεια μηδενίζεται.

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Διατήρηση της ενέργειας – ποσοτική μελέτη

Συνδεθείτε στην προσομοίωση «Διατήρηση της ενέργειας». Αφού παρατηρήσετε την κίνηση της μπάλας, σημειώστε στον παρακάτω πίνακα την ταχύτητα που έχει η μπάλα στα διάφορα ύψη (π.χ.  $0, 4 \frac{m}{s}, 8 \frac{m}{s}$ ). Θεωρώντας ότι η μάζα της μπάλας είναι  $0,5 \text{ kg}$  και η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι  $g = 10 \frac{N}{kg}$ , να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια, τη βαρυτική δυναμική ενέργεια σε σχέση με το έδαφος, καθώς και το άθροισμά τους.



Ταχύτητα $u(m/s)$	Ύψος $h(m)$	Κινητική ενέργεια $K(J)$	Δυναμική ενέργεια $U(J)$	$K + U$ $(J)$

Τι παρατηρείτε για το άθροισμα της κινητικής και της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της κίνησης της μπάλας;

.....

Ποια δύναμη ασκείται στην μπάλα κατά την κάθοδο και κατά την άνοδό της;

.....

ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ



- Η κινητική και η δυναμική ενέργεια είναι δύο βασικές μορφές ενέργειας τις οποίες μπορεί να έχει ένα σώμα ή ένα σύστημα σωμάτων.
- Όταν σε ένα σώμα δεν ασκούνται τριβές και η μοναδική δύναμη που παράγει έργο είναι το βάρος του σώματος, τότε το άθροισμα της κινητικής και της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας διατηρείται σταθερό (δηλαδή η τιμή του αθροίσματος έχει την ίδια τιμή για όλες τις θέσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί το σώμα). Ισχύει:

$$K + U_{\text{βαρ}} = \text{σταθερό}$$

όπου  $K$  η κινητική ενέργεια και  $U_{\text{βαρ}}$  η βαρυτική δυναμική ενέργεια.

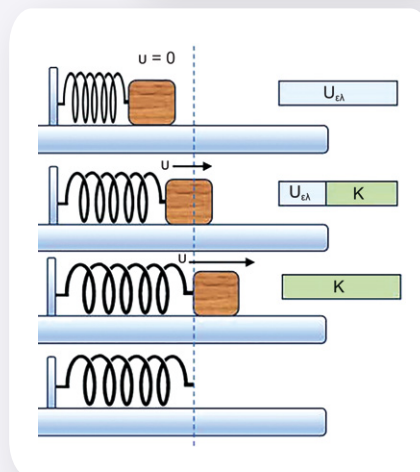
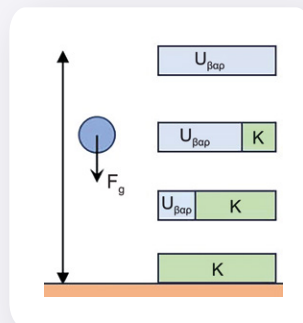
Όμοια, στην περίπτωση της κίνησης ενός σώματος δεμένου με ελατήριο το άθροισμα της κινητικής και της ελαστικής δυναμικής ενέργειας παραμένει σταθερό. Έχουμε:

$$K + U_{\text{ελ}} = \text{σταθερό}$$

όπου  $K$  η κινητική ενέργεια και  $U_{\text{ελ}}$  η ελαστική δυναμική ενέργεια.

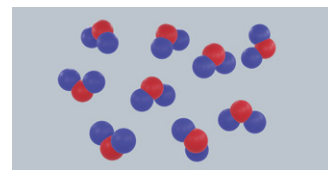
Γενικά, σε ένα μηχανικό σύστημα σωμάτων στο οποίο δεν υπάρχουν τριβές και το έργο παράγεται μόνο από βαρυτικές δυνάμεις, ηλεκτρικές δυνάμεις ή δυνάμεις ελαστικής παραμόρφωσης, το άθροισμα δυναμικής και κινητικής ενέργειας διατηρείται σταθερό.

$$K + U = \text{σταθερό}$$

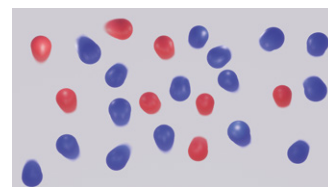


### Μορφές ενέργειας

Από προηγούμενες τάξεις γνωρίζουμε διάφορες μορφές ενέργειας, όπως χημική, θερμική, αιολική, πυρηνική κ.ά. Όλες αυτές οι μορφές ενέργειας ανάγονται σε δύο βασικές μορφές ενέργειας: την κινητική ενέργεια και τη δυναμική ενέργεια. Έτσι, η χημική ενέργεια σε μια ουσία είναι η δυναμική ενέργεια που έχουν τα άτομα και τα μόρια λόγω των δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους (δεσμοί). Η θερμική ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια που έχουν τα άτομα καθώς κινούνται σε τυχαίες κατευθύνσεις. Συνεπώς στον μικρόκοσμο η μεταμόρφωση χημικής ενέργειας σε θερμική αντιστοιχεί σε μεταμόρφωση δυναμικής ενέργειας των μορίων και των ατόμων σε κινητική.



Χημική ενέργεια  
(Δυναμική ενέργεια δεσμών)

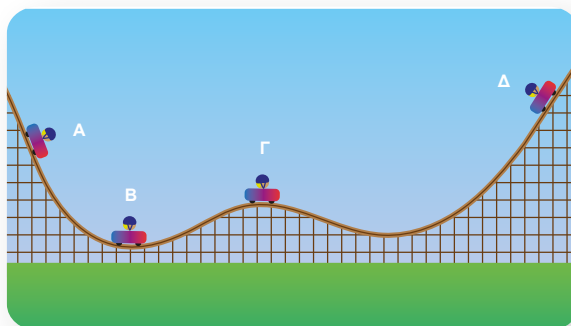


Θερμική ενέργεια (Κινητική ενέργεια)



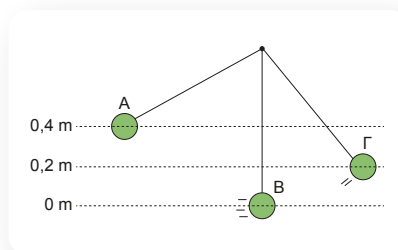
1 Ένα τρενάκι του λούνα παρκ ακολουθεί τη διαδρομή του σχήματος, φτάνοντας μέχρι το σημείο Δ. Θεωρήστε ότι στη διαδρομή δεν ασκούνται τριβές.

- α) Έχει ταχύτητα το τρενάκι στο σημείο Α; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.  
β) Να βάλετε σε αύξουσα σειρά (από τη μικρότερη στη μεγαλύτερη) τις τιμές της ταχύτητας που έχει το τρενάκι στις θέσεις Α, Β, Γ και Δ.



2 Δένουμε μια σφαίρα μάζας 200 g στην άκρη νήματος. Φέρνουμε τη σφαίρα σε ύψος 0,4 m (στη θέση Α) σε σχέση με το κατώτερο σημείο της τροχιάς της και την αφήνουμε ελεύθερη να κινηθεί. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα με τις θέσεις και τις αντίστοιχες ενέργειες.

Θεωρήστε  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ .

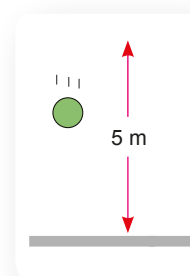


Θέση	Ύψος $h(\text{m})$	Δυναμική ενέργεια $U(\text{J})$	Κινητική ενέργεια $K(\text{J})$	$K + U$ (J)
Α				
Β				
Γ				

3 Αφήνουμε μια σφαίρα μάζας 0,5 kg από ύψος 5 m να πέσει στο έδαφος. Θεωρώντας ότι η μοναδική δύναμη που ασκείται στη σφαίρα είναι το βάρος, να υπολογίσετε:

- α) τη δυναμική της ενέργεια σε ύψος 5 m σε σχέση με το έδαφος,  
β) την κινητική της ενέργεια ελάχιστα πριν ακουμπήσει στο έδαφος.

Θεωρήστε ότι  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ .



Ερώτηση - Δραστηριότητα



Ερώτηση - Δραστηριότητα

# 5.2β

## Υποβάθμιση της ενέργειας – ποιοτική μελέτη

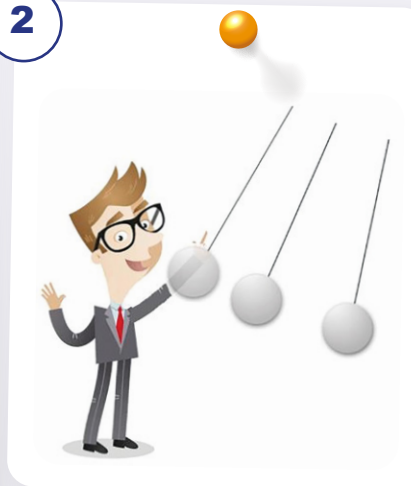
**Λέξεις-κλειδιά:** διατήρηση ενέργειας, θερμική ενέργεια, υποβάθμιση ενέργειας



1



2



- Η κούνια με την κοπέλα (εικόνα 1) θα σταματήσει, αν δεν προσφέρεται συνεχώς ενέργεια (π.χ. με το να σπρώχνει κάποιος περιοδικά την κοπέλα ή με το να κουνά η κοπέλα τα πόδια της). Γιατί μειώνεται η αρχική ενέργεια που έχει η κούνια και σε ποια μορφή από τη θέση που βρίσκεται μετατρέπεται (μεταμορφώνεται);
- Ο καθηγητής φυσικής (εικόνα 2) έχει φέρει πολύ κοντά στο πρόσωπό του μια βαριά, κρεμασμένη σφαίρα και την αφήνει από αυτό το σημείο να κινηθεί, χωρίς να φοβάται μήπως, καθώς η σφαίρα θα επιστρέφει, τον χτυπήσει. Τι είναι αυτό που γνωρίζει ο καθηγητής;



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Υποβάθμιση της ενέργειας

Συνδεθείτε στην προσομοίωση «Εργαστήριο εκκρεμούς» (του ιστοτόπου PhET Interactive Simulations) και επιλέξτε «Ενέργεια». Επιλέξτε κάποια τιμή για τη δύναμη της τριβής (π.χ. λίγο μεγαλύτερη από τη μέση). Απομακρύνετε το εκκρεμές και αφήστε το να ταλαντωθεί, παρατηρώντας το γράφημα της ενέργειας.

Με βάση την εξέλιξη του φαινομένου, υπογραμμίστε τη σωστή λέξη/φράση μέσα σε κάθε παρένθεση και συμπληρώστε τα κενά:



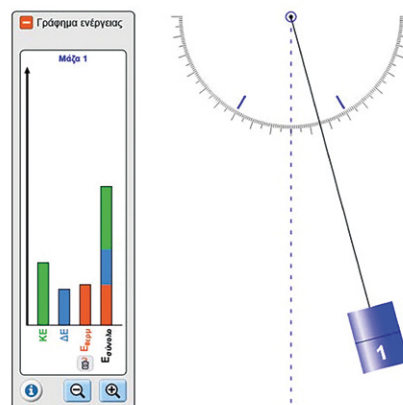
PhET –  
Εργαστήριο  
εκκρεμούς

ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ

- Η συνολική ενέργεια ( $E_{\text{σύνολο}}$ ) κατά τη διάρκεια του φαινομένου (μειώνεται / αυξάνεται / παραμένει σταθερή).
- Το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας του εκκρεμούς (μειώνεται / αυξάνεται / παραμένει σταθερό).
- Κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης μέρος της συνολικής ενέργειας του εκκρεμούς μεταμορφώνεται σε ..... ενέργεια.
- Όταν το εκκρεμές σταματήσει, το αρχικό σύνολο της κινητικής και δυναμικής ενέργειας έχει μεταμορφωθεί σε ..... ενέργεια. Αιτία της προηγούμενης μεταμόρφωσης είναι η δύναμη (πιο συγκεκριμένα το έργο της δύναμης) της .....

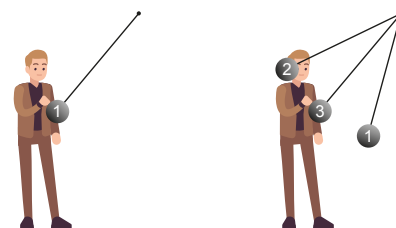


PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, <https://phet.colorado.edu>

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Τι γνωρίζει ο καθηγητής φυσικής;

Ο καθηγητής φυσικής της διπλανής εικόνας αφήνει μια βαριά σφαίρα από τη θέση 1 (μπροστά από το πρόσωπό του).

Σε ποια από τις θέσεις 2, 3 ή 4 αποκλείεται η σφαίρα να επιστρέψει μετά από μία ταλάντωση; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



.....

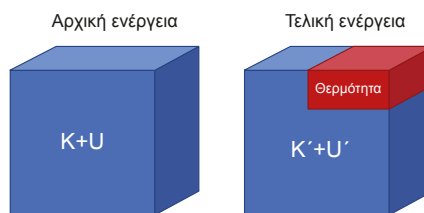
Συγκρίνετε την ενέργεια της σφαίρας στις δύο άλλες θέσεις (εκτός δηλαδή αυτής που αποκλείσατε) σε σχέση με την αρχική της ενέργεια στη θέση 1.

.....

Τι θα συνέβαινε αν ο καθηγητής δεν άφηνε αλλά έσπρωχνε τη σφαίρα στη θέση 1; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



**Η ενέργεια στη φύση δε δημιουργείται από το μηδέν ούτε χάνεται, αλλά μεταμορφώνεται (μετατρέπεται σε άλλη μορφή ή μεταφέρεται σε άλλο σώμα) (αρχή διατήρησης της ενέργειας).** Στα διάφορα φυσικά φαινόμενα, όταν υπάρχουν τριβές, μέρος του συνόλου της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας μεταμορφώνεται σε θερμική ενέργεια.



Μετατροπή σε θερμική ενέργεια



### Υποβάθμιση της ενέργειας

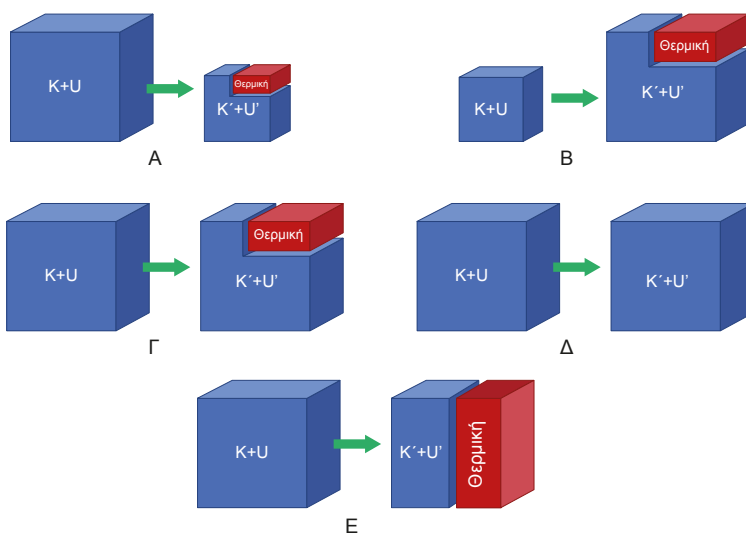
Η υποβάθμιση της ενέργειας αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που έχει να αντιμετωπίσει η τεχνολογία. Λόγω των τριβών στα μηχανικά μέρη του κινητήρα, μέρος της κινητικής τους ενέργειας μεταμορφώνεται σε θερμική ενέργεια, με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση του κινητήρα και να αυξάνεται η θερμοκρασία του με κίνδυνο την καταστροφή του.



Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, χρησιμοποιούνται ορυκτέλαια («λάδια μηχανής»), έτσι ώστε να μειωθεί η δύναμη της τριβής ανάμεσα στο έμβολο και τον κύλινδρο. Επιπλέον, κάθε κινητήρας διαθέτει σύστημα ψύξης, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερθέρμανση του κινητήρα.



**1** Αν ο κύβος αναπαριστά την ποσότητα ενέργειας ενός σώματος, ποια από τα σχήματα απεικονίζουν σωστά την ενέργεια πριν και μετά την εξέλιξη ενός φυσικού φαινομένου στο οποίο εμφανίζονται τριβές; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

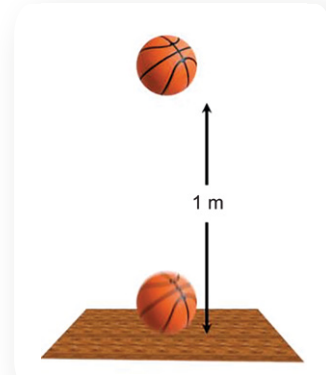
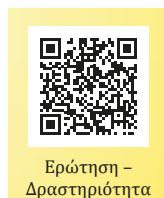


**2** Μια μπάλα μπάσκετ έχει μάζα 600 g και αφήνεται από ύψος 1 m να πέσει στο έδαφος.

Ποια ή ποιες από τις παρακάτω τιμές δεν μπορεί να έχει η κινητική ενέργεια της μπάλας ελάχιστα πριν ακουμπήσει στο έδαφος;

- α) 5 J      β) 7 J      γ) 9 J

Θεωρήστε  $g = 10 \text{ N / kg}$ .



# 5.2γ

## Υποβάθμιση της ενέργειας – ποσοτική μελέτη

Λέξεις-κλειδιά: μηχανικό σύστημα, διατήρηση ενέργειας, υποβάθμιση ενέργειας



1



2



- Αν το μηχανικό ρολόι τοίχου χρειάζεται το ίδιο κούρδισμα κάθε ημέρα λειτουργίας του, πόση είναι η καθημερινή απώλεια της συνολικής δυναμικής και κινητικής του ενέργειας; (εικόνα 1)
- Πώς μπορούμε να υπολογίσουμε τη θερμική ενέργεια που παράγεται κατά την κίνηση του έλικθρου στην πλαγιά; (εικόνα 2)



ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Υπολογισμός θερμικής ενέργειας

Συνδεθείτε στην προσομοίωση «Εκκρεμές και υποβάθμιση της ενέργειας» και παρατηρήστε την ταλάντωση του εκκρεμούς επιλέγοντας «Έναρξη». Στη συνέχεια, αφού κάνετε «Επαναφορά», επιλέξτε το πλήκτρο ολίσθησης «χρόνος» και μετακινήστε το με τα «βέλη» του πληκτρολογίου, προκειμένου να μπορείτε να παρατηρείτε σε αργή κίνηση το ύψος  $h$  όπου βρίσκεται το εκκρεμές στην έναρξη κάθε ταλάντωσης και να το καταγράψετε στον πίνακα. Αν η μάζα του εκκρεμούς είναι  $1 \text{ kg}$  και η ένταση της βαρύτητας (επιτάχυνση της βαρύτητας)  $g = 10 \text{ N/kg}$ , να συμπληρώσετε τις υπόλοιπες στήλες του πίνακα. Θεωρήστε τη βαρυτική δυναμική ενέργεια μηδενική στο κατώτερο σημείο της τροχιάς της σφαίρας.



Εκκρεμές και υποβάθμιση της ενέργειας

Ταλάντωση	Ύψος $h(m)$	Βαρυτική δυναμική ενέργεια $U_{βαρ}(J)$	Κινητική ενέργεια $K(J)$	$K + U_{βαρ} (J)$	Θερμική ενέργεια $E_{θερμική}(J)$
0	0,50		0		0
1			0		
2			0		
3			0		
4			0		

α) Πόση ενέργεια θα έπρεπε να προσφέρουμε στο τέλος της πρώτης ταλάντωσης του εκκρεμούς, έτσι ώστε αυτό να επιστρέφει στο ύψος από το οποίο ξεκίνησε;

.....

β) Ποιο είναι το ποσό της ενέργειας που μεταμορφώθηκε σε θερμική ενέργεια μετά από 4 ταλαντώσεις;

.....

γ) Πόση είναι η συνολική θερμική ενέργεια που παράγεται όταν το εκκρεμές, μετά από αρκετές ταλαντώσεις, ακινητοποιηθεί; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

.....

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Θερμική ενέργεια και τριβή

Χρησιμοποιήστε μία βάση για κεκλιμένο επίπεδο, ένα σώμα το οποίο να μην εμφανίζει μεγάλη τριβή με το επίπεδο και μία φωτοπύλη. Τοποθετήστε το κεκλιμένο επίπεδο σε τέτοια κλίση, ώστε το σώμα να ολισθαίνει. Μετρήστε τη μάζα του σώματος και το ύψος από το οποίο ξεκινά σε σχέση με τη φωτοπύλη. Αφήστε το σώμα και με τη βοήθεια του/της εκπαιδευτικού υπολογίστε την ταχύτητα με την οποία περνά από τη φωτοπύλη.

Να υπολογίσετε το άθροισμα της κινητικής και της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας του σώματος τη στιγμή της εκκίνησής του, θεωρώντας τη βαρυτική δυναμική ενέργεια μηδενική στη θέση της φωτοπύλης.

Θεωρήστε  $g = 10 \text{ N / kg}$ .

.....

Να υπολογίσετε το άθροισμα της κινητικής και της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας του σώματος τη στιγμή που διέρχεται από τη φωτοπύλη.

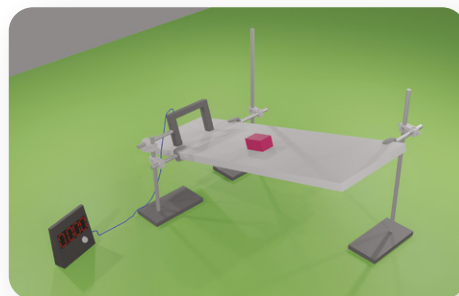
.....

Πόση είναι η θερμική ενέργεια που παράγεται κατά τη διάρκεια της κίνησης του σώματος μέχρι τη φωτοπύλη;

.....

Στο έργο ποιας δύναμης οφείλεται η μεταμόρφωση μέρους του συνόλου της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας σε θερμική ενέργεια;

.....



Η μεταμόρφωση μέρους του συνόλου της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας ενός μηχανικού συστήματος σε θερμική ενέργεια αναφέρεται ως «υποβάθμιση της ενέργειας». Μπορείτε να αιτιολογήσετε αυτό τον χαρακτηρισμό;

.....

.....

ΕΡ

ΜΑΘ

### Εναλλακτικά

Μελετήστε το παρακάτω πρόβλημα και απαντήστε διαδοχικά στα ερωτήματα της δραστηριότητας 2.

Ένας μαθητής με μάζα 40 kg ξεκινά με έλκηθρο χωρίς αρχική ταχύτητα από ύψος 5 m σε σχέση με το οριζόντιο έδαφος. Στο τέλος της διαδρομής του διέρχεται από έναν αισθητήρα, ο οποίος κατέγραψε ταχύτητα 18 km / h.



- Σε ένα μηχανικό σύστημα στο οποίο εμφανίζονται δυνάμεις τριβής το σύνολο της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας ελαττώνεται. Η διαφορά του αρχικού και του τελικού συνόλου είναι ίση με τη **θερμική ενέργεια** που παράγεται.

$$E_{\text{θερμική}} = (K + U)_{\text{πριν}} - (K + U)_{\text{μετά}}$$

- Στη φύση είναι αδύνατη η πλήρης μετατροπή μιας ποσότητας θερμικής ενέργειας σε άλλη μορφή ενέργειας. Για τον λόγο αυτό η θερμική ενέργεια θεωρείται «υποβαθμισμένης ποιότητας» ενέργεια. Αν και η συνολική ενέργεια στη διάρκεια των φυσικών διεργασιών παραμένει σταθερή, η «ποιότητα» της υποβαθμίζεται, καθώς μέρος της μεταμορφώνεται σε θερμική.

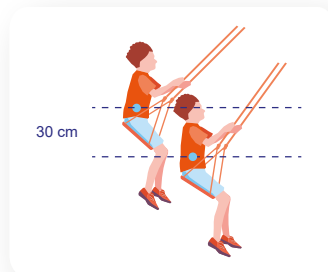


### Σκι ταχύτητας

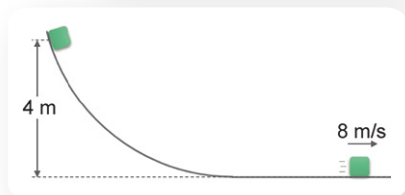
Υπάρχουν διάφορα αθλήματα στο σκι, ένα από τα οποία είναι και το σκι ταχύτητας. Ο αθλητής προσπαθεί σε μια ευθεία διαδρομή 1 km, με πολύ μεγάλες κλίσεις, να πετύχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ταχύτητα. Για να το καταφέρει, πρέπει να μειώσει τις τριβές που μεταμορφώνουν μέρος της ενέργειάς του σε θερμική ενέργεια. Για τον λόγο αυτό, συχνά ο αγώνας γίνεται σε μεγάλο υψόμετρο, όπου η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα είναι μικρότερη, ενώ η στολή και το κράνος του αθλητή έχουν αεροδυναμικά σχήματα. Οι ταχύτητες που επιτυγχάνουν οι αθλητές είναι πολύ μεγάλες, με το παγκόσμιο ρεκόρ που έχει καταγραφεί να είναι μεγαλύτερο από 250 km / h!



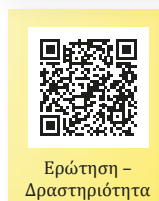
**1** Ένας μαθητής έχει μάζα 40 kg και κάνει κούνια. Αν ο μαθητής δεν προσφέρει καθόλου ενέργεια (κουνώντας τα πόδια του), τότε μετά από μία πλήρη ταλάντωση έχει βρεθεί 30 cm χαμηλότερα από το ύψος από το οποίο ξεκίνησε. Πόση ενέργεια πρέπει να προσφέρει ο μαθητής σε κάθε ταλάντωση, για να επανέρχεται στο ύψος από το οποίο ξεκίνησε; Θεωρήστε  $g = 10 \text{ N / kg}$ .



**2** Αφήνουμε ένα μικρό κιβώτιο μάζας 2 kg από ύψος 4 m να γλιστρήσει στη διαδρομή που φαίνεται στο σχήμα. Αν το κιβώτιο φτάνει στο οριζόντιο έδαφος με ταχύτητα μέτρου 8 m / s:



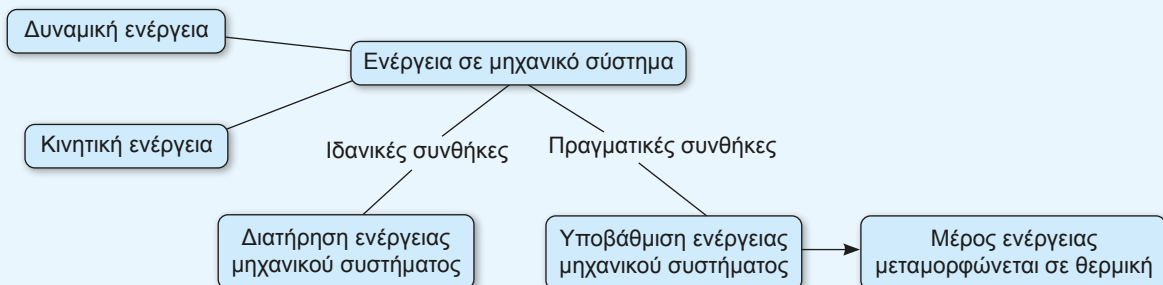
- α) να αποδείξετε ότι η διαδρομή δεν είναι λεία,
  - β) να υπολογίσετε το ποσό της θερμικής ενέργειας που παράγεται κατά τη διάρκεια της κίνησης.
- Θεωρήστε  $g = 10 \text{ N / kg}$ .



## Σύνοψη ενότητας

Η ενέργεια δε δημιουργείται από το μηδέν ούτε καταστρέφεται στα φαινόμενα που συμβαίνουν στη φύση, αλλά μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ή μεταμορφώνεται.

Οι δύο βασικές μορφές ενέργειας ενός μηχανικού συστήματος είναι η κινητική και η δυναμική ενέργεια. Αν δεν υπάρχουν τριβές και το έργο παράγεται μόνο από βαρυτικές δυνάμεις, ηλεκτρικές δυνάμεις ή δυνάμεις ελαστικής παραμόρφωσης, το άθροισμα δυναμικής και κινητικής ενέργειας παραμένει σταθερό. Αν ασκούνται στο σύστημα τριβές ή αντιστάσεις, μέρος του συνόλου της κινητικής και δυναμικής ενέργειας μεταμορφώνεται σε θερμική. Σε κάθε τέτοια μεταμόρφωση η ολική ενέργεια παραμένει σταθερή, αλλά υποβαθμίζεται.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

# Διάδοση της ενέργειας με κύματα – Η περίπτωση του ήχου



**6.1** Από την ταλάντωση στο κύμα

**6.2** Ήχος: Ηχητικά κύματα και τα χαρακτηριστικά τους

**6.3** Φαινόμενα του ήχου

# 6.1α Χαρακτηριστικά του κύματος

**Λέξεις-κλειδιά:** πλάτος κύματος, μήκος κύματος, περίοδος, συχνότητα, θεμελιώδης νόμος κυματικής

!?

1



2



- Ποια είναι η αιτία για τη δημιουργία παλμών και κυματισμών; (εικόνα 1)
- Με ποιον τρόπο δημιουργούνται; Τι χρειάζεται για να διαδοθούν;
- Αν χτυπήσουμε πιο δυνατά το τύμπανο, τι παρατηρούμε; (εικόνα 2)



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Δημιουργία και διάδοση ενός κύματος

**Υλικά:** μία λεκάνη με νερό, μία πιπέτα γεμάτη με νερό, ένα μικρό κομμάτι φελλού ή φελιζόλ.

Από μικρό ύψος ρίχνουμε από την πιπέτα σταγόνες νερού με σταθερό ρυθμό. Τι εμφανίζεται στην επιφάνεια του νερού;

.....  
Πώς συμπεριφέρεται ο φελλός;

.....  
Πώς απέκτησε ενέργεια ο φελλός;

.....  
Αν ρίχναμε από πιο ψηλά τις σταγόνες, τι θα παρατηρούσαμε για τον φελλό;

ΠΕ

ΜΑΘ

Πώς δημιουργήθηκε το κύμα;

.....

Πώς μεταφέρθηκε ενέργεια στον φελλό;

.....

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Χαρακτηριστικά του κύματος

Θα χρειαστείτε ένα σκοινί 4 m περίπου το οποίο να έχει σε ένα σημείο του δεμένη μια κόκκινη κορδέλα.

Απλώστε το σκοινί στο πάτωμα. Κρατώντας το ένα άκρο του σκοινιού, μετακινήστε το ρυθμικά δεξιά αριστερά, ώστε να προκαλέσετε μια ταλάντωση. Παρατηρήστε πώς κινείται το σημείο όπου είναι δεμένη η κόκκινη κορδέλα.

Μετρήστε τον χρόνο που απαιτείται για να κάνει μία πλήρη ταλάντωση το χέρι σας:  $T = \dots\dots\dots$  s

Στη συνέχεια μετρήστε τον χρόνο στον οποίο το σημείο του σκοινιού όπου είναι δεμένη η κόκκινη κορδέλα ολοκληρώνει μία πλήρη κίνηση (περίοδος):  $T_k = \dots\dots\dots$  s

Ποια είναι η σχέση τους; Τι συμπεραίνετε; .....

Αρχίζει να κινείται ταυτόχρονα με το χέρι σας η κορδέλα; .....

Έχει απομακρυνθεί η κορδέλα από την άκρη του σκοινιού; .....

Σχετίζεται η κίνηση της κορδέλας με αυτή του χεριού; .....

Όταν σταματήσει η κίνηση του σκοινιού, μετρήστε στο στιγμιότυπο του κύματος που έχει δημιουργηθεί την απόσταση δύο γειτονικών κορυφών (μήκος κύματος):  $\lambda = \dots\dots\dots$

Κατόπιν αυξήστε τον ρυθμό κίνησης του χεριού σας. Αποτυπώστε το νέο στιγμιότυπο και μετρήστε την απόσταση των γειτονικών κορυφών:  $\lambda' = \dots\dots\dots$

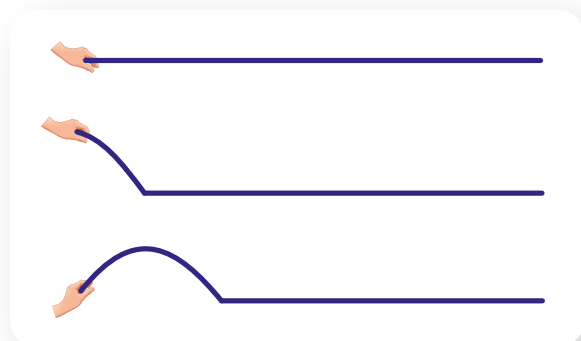
Τι παρατηρείτε για το μήκος κύματος, όταν αυξάνετε τον ρυθμό κίνησης του χεριού; .....

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Εύρεση ταχύτητας κύματος

Δημιουργήστε έναν παλμό ανασηκώνοντας και επαναφέροντας το χέρι σας στην αρχική θέση.

Μετρήστε τον χρόνο που απαιτείται για να φτάσει ο παλμός από το ένα άκρο του σκοινιού στο άλλο άκρο.

Καταχωρίστε στον πίνακα τις τιμές και υπολογίστε την ταχύτητα του κύματος.



Μήκος σκοινιού $L(m)$	Χρόνος μετακίνησης παλμού $\Delta t(s)$	Ταχύτητα κύματος $v = \frac{L}{\Delta t} \left( \frac{m}{s} \right)$

Επαναλάβετε το πείραμα, δημιουργώντας παλμό με μεγαλύτερο πλάτος μετακινώντας ψηλότερα το χέρι σας.

Ποια είναι τώρα η ταχύτητα του κύματος; .....

Εξαρτάται η ταχύτητα διάδοσης του παλμού από το πλάτος του παλμού; .....

Επαναλάβετε το πείραμα με μεγαλύτερο ρυθμό κίνησης του χεριού.

Ποια είναι τώρα η ταχύτητα του κύματος; .....

Εξαρτάται η ταχύτητα διάδοσης του παλμού από τον ρυθμό κίνησης του χεριού; .....

**Εναλλακτικά** μπορείτε να αξιοποιήσετε την προσομοίωση «Μηχανικό κύμα». Ξεκινήστε την προσομοίωση με το πλήκτρο «Εναρξη». Πριν η διαταραχή διανύσει το σύνολο της απόστασης που απεικονίζεται, πατήστε το πλήκτρο «Παύση». Με την επιλογή «Μέτρηση μήκους» μετρήστε την απόσταση που διάνυσε το κύμα.

Υπολογίστε την ταχύτητα του κύματος, αξιοποιώντας την ένδειξη του

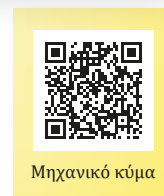
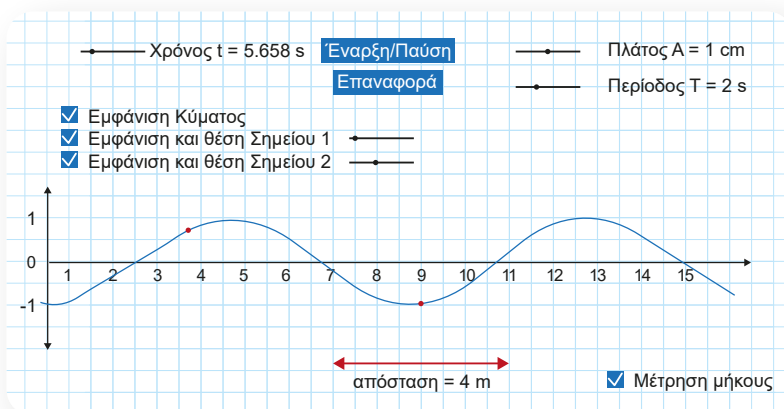
μετρητή χρόνου. ....

Αλλάξτε την περίοδο του κύματος και επαναλάβετε τη δραστηριότητα, υπολογίζοντας την ταχύτητα. ....

Τι σχέση έχει η νέα ταχύτητα με την προηγούμενη; .....

Συγκρίνετε τις τιμές της ταχύτητας που βρήκατε με το πηλίκο μήκους κύματος προς την περίοδο. Τι παρατηρείτε;

.....  
 .....



- Το κύμα είναι ένας μηχανισμός μεταφοράς ενέργειας.  
 Για τη δημιουργία ενός μηχανικού κύματος απαιτείται μια πηγή που ταλαντώνεται και ένα μέσο (ελαστικό) στο οποίο διαδίδεται το κύμα. Με το κύμα μεταφέρεται ενέργεια, η οποία προσφέρεται από την πηγή, χωρίς να συνοδεύεται από μεταφορά ύλης.
- **Χαρακτηριστικά του κύματος** είναι το **πλάτος (A)**, το **μήκος κύματος (λ)**, η **περίοδος (T)**, η **συχνότητα (f)** και η **ταχύτητα διάδοσης (v) του κύματος**.  
 Το **πλάτος του κύματος (A)** είναι το πλάτος της ταλάντωσης που εκτελεί κάθε σωματίδιο του ελαστικού μέσου και είναι ίσο με το πλάτος της ταλάντωσης της πηγής του κύματος. Ισούται με το μισό της απόστασης δύο διαδοχικών ακραίων θέσεων της ταλάντωσης. Μονάδα μέτρησης του πλάτους είναι το 1 m.  
**Μήκος κύματος (λ)** είναι η απόσταση δύο γειτονικών κορυφών. Μονάδα μέτρησής του είναι το 1 m.

Η **περίοδος του κύματος** ταυτίζεται με την περίοδο της ταλάντωσης της πηγής, δηλαδή με τον χρόνο που απαιτείται για να ολοκληρωθεί μία πλήρης ταλάντωσή της. Κάθε σημείο του κύματος ταλαντώνεται με την ίδια περίοδο  $T$  με αυτή της πηγής.

Σε χρόνο ίσο με μία περίοδο ( $T$ ) το κύμα διαδίδεται σε απόσταση ίση με ένα μήκος κύματος ( $\lambda$ ).

Η **συχνότητα ( $f$ ) του κύματος** ταυτίζεται με τη συχνότητα της πηγής και ορίζεται ως ο αριθμός των ταλαντώσεων που κάνει ένα σημείο του κύματος στη μονάδα του χρόνου. Μονάδα μέτρησής της είναι το 1 Hz, δηλαδή  $\frac{1}{s}$  (μία ταλάντωση ανά δευτερόλεπτο).

Η συχνότητα συνδέεται με την περίοδο με τη σχέση:

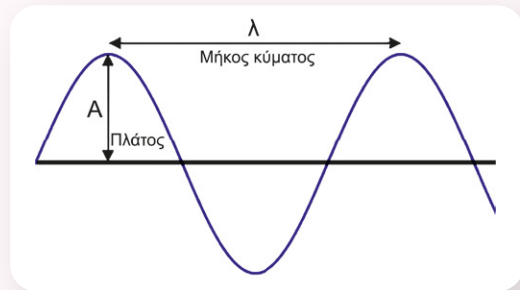
$$f = \frac{1}{T}$$

- Η **ταχύτητα διάδοσης του κύματος** υπολογίζεται από τη σχέση  $v = \frac{\lambda}{T}$ , από την οποία προκύπτει η σχέση:

$$v = \lambda f$$

που αποτελεί τη **θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής**.

Σε ένα ελαστικό μέσο το κύμα διαδίδεται με σταθερή ταχύτητα. Η ταχύτητα του κύματος εξαρτάται μόνο από το μέσο στο οποίο αυτό διαδίδεται.



### Ένα ανθρώπινο κύμα

Εμφανίστηκε στις κερκίδες του Μουντιάλ του Παγκοσμίου Κυπέλλου 1986 στο Μεξικό. Οι φίλαθλοι σηκώνονταν από τις θέσεις τους διαδοχικά και ρυθμικά, επευφημούσαν και σήκωναν τα χέρια τους ο ένας μετά τον άλλο. Στη συνέχεια ξανακάθονταν στις θέσεις τους. Με αυτό τον τρόπο η κίνηση διαδιδόταν κατά μήκος της κερκίδας. Κάθε θεατής παρέμενε στην ίδια θέση, αλλά το κύμα ενθουσιασμού «ταξίδευε», κάνοντας τον γύρο του σταδίου.



Μια βάρκα είναι δεμένη κοντά στην ακτή και τα κύματα την αναγκάζουν να ανεβοκατεβαίνει 30 φορές σε ένα λεπτό.

- Με ποια συχνότητα ταλαντώνεται η βάρκα;
- Κάθε κορυφή κύματος απέχει από το προηγούμενό του 2,5 m. Με ποια ταχύτητα κινούνται τα κύματα της θάλασσας;



Ερώτηση –  
Δραστηριότητα



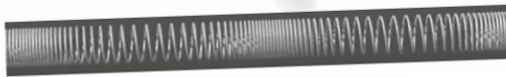
Ερώτηση –  
Δραστηριότητα

# 6.1β Είδη κυμάτων

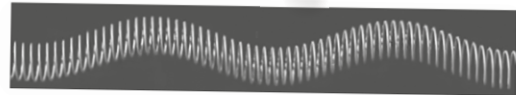
Λέξεις-κλειδιά: εγκάρσιο κύμα, διάμηκες κύμα, διεύθυνση ταλάντωσης, διεύθυνση διάδοσης



1



2



- Ποιες μορφές έχει το ελατήριο όταν ταλαντώνουμε το ένα άκρο του και διαδίδεται η διαταραχή; (εικόνες 1 και 2)
- Πώς πρέπει να κινείται το ένα άκρο του ελατηρίου, για να δημιουργείται η καθεμία από τις παραπάνω μορφές;



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Δημιουργία εγκάρσιου και διαμήκους κύματος

α) Μπείτε σε μια σειρά και με τα χέρια κατεβασμένα πιαστείτε χέρι με χέρι με τους διπλανούς/διπλανές σας. Ο πρώτος στη σειρά σηκώνει τα χέρια του στην ανάταση και στη συνέχεια τα κατεβάζει. Επαναλαμβάνει την κίνηση με σταθερό ρυθμό. Κάθε παιδί μεταφέρει την κίνηση στο διπλανό και η κίνηση μεταφέρεται σε όλη τη σειρά.

Διαφέρει η κίνηση των χεριών του πρώτου από την κίνηση του τελευταίου;

.....

Ποια κοινά χαρακτηριστικά έχουν οι κινήσεις των χεριών όλων των παιδιών;

.....

Έχουν μετακινηθεί οι μαθητές/μαθήτριες από τη θέση τους;

.....

Με ποια από τις παραπάνω εικόνες 1 και 2 θα παρομοιάζατε τη διάδοση της διαταραχής;

.....

β) Στη συνέχεια μπείτε σε μια σειρά και έχετε τα χέρια σηκωμένα στην ανάταση. Πιαστείτε χέρι με χέρι με τους διπλανούς/διπλανές σας. Ο πρώτος στη σειρά μετακινεί τα χέρια του δεξιά αριστερά με σταθερό ρυθμό. Κάθε παιδί μεταφέρει την κίνηση στο διπλανό και η κίνηση μεταφέρεται σε όλη τη σειρά.

Σε τι διαφέρει η κίνηση των χεριών του πρώτου από την κίνηση του τελευταίου;

.....

Ποια κοινά χαρακτηριστικά έχουν οι κινήσεις των χεριών όλων των παιδιών;

.....

ΠΕ

ΜΑΘ

Έχουν μετακινηθεί οι μαθητές/μαθήτριες από τη θέση τους;

.....

Με ποια από τις εικόνες 1 και 2 της προηγούμενης σελίδας θα παρομοιάζατε τη διάδοση της διαταραχής;

.....

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Περιγραφή εγκάρσιου και διαμήκους κύματος

α) Ξεκινήστε την προσομοίωση «Εγκάρσιο κύμα». Όταν η διαταραχή φτάσει στο άλλο άκρο, «παγώστε» την προσομοίωση.

Τι μορφή έχει το μέσο διάδοσης (ελατήριο);

.....

Πώς θα ορίζατε το μήκος κύματος  $\lambda$  του εγκάρσιου κύματος;

.....

Πώς σχετίζεται η κίνηση κάθε σπείρας του ελατηρίου με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος;

.....

β) Επιλέξτε την προσομοίωση «Διαμήκη κύματα». Τοποθετήστε την κόκκινη γραμμή της προσομοίωσης πάνω σε μια σπείρα του ελατηρίου, «χρωματίζοντάς» την. Ξεκινήστε την προσομοίωση. Τι κίνηση κάνει η σπείρα;

.....

Ποια είναι η διεύθυνση της κίνησής της σε σχέση με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος;

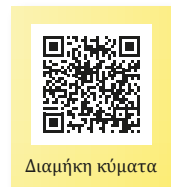
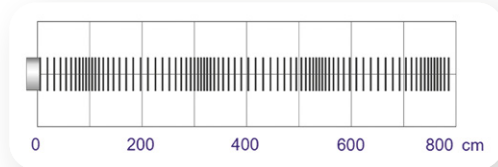
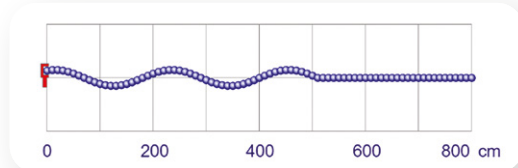
.....

Όταν η διαταραχή θα έχει φτάσει στο άλλο άκρο, «παγώστε» την προσομοίωση. Τι μορφή έχει το μέσο διάδοσης (ελατήριο);

.....

Πώς θα ορίζατε το μήκος κύματος  $\lambda$  του διαμήκους κύματος;

.....

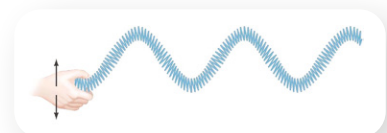


## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Δημιουργία εγκάρσιου και διαμήκους κύματος σε ελατήριο

**Υλικά:** ένα μαλακό ελατήριο μεγάλου μήκους, ένα χρονόμετρο, μια χάρτινη μετροταινία.

**Διαδικασία:** Στο πάτωμα μπροστά από το θρανίο σας απλώστε το ελατήριο.

α) Ένα μέλος της ομάδας προκαλεί ταλάντωση στο ένα άκρο του ελατηρίου, κινώντας το ρυθμικά και κάθετα στον άξονα του ελατηρίου, και με αυτό τον τρόπο δημιουργεί ένα εγκάρσιο κύμα.



ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ

ΠΕ

ΜΑΘ

Μετρήστε τον χρόνο που απαιτείται για να κινηθεί ένα όρος από το ένα άκρο έως το άλλο άκρο. Μετρήστε το μήκος του ελατηρίου:

$$\Delta t = \dots\dots\dots, \quad L = \dots\dots\dots$$

Υπολογίστε την ταχύτητα του κύματος:  $v = \dots\dots\dots$

- β) Δύο μέλη της ομάδας κρατούν το ελατήριο οριζόντια από τα άκρα του, ώστε αυτό να είναι ελαφρά επιμηκυμένο. Το ένα μέλος της ομάδας ταλαντώνει με σταθερό ρυθμό το ένα άκρο του ελατηρίου κατά μήκος της διεύθυνσής του. Μετρήστε τον χρόνο που απαιτείται για να μετακινηθεί ένα πύκνωμα από το ένα άκρο στο άλλο.



Μετρήστε το μήκος του ελατηρίου:

$$\Delta t' = \dots\dots\dots, \quad L' = \dots\dots\dots$$

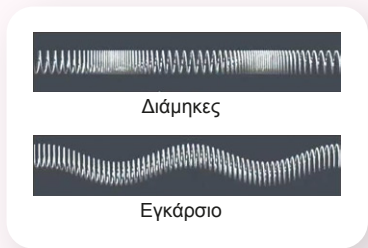
Υπολογίστε την ταχύτητα του κύματος:  $v' = \dots\dots\dots$

Συγκρίνετε τις ταχύτητες του εγκάρσιου και του διαμήκους κύματος.

Τι συμπεραίνετε;  $\dots\dots\dots$



- Εγκάρσια είναι τα κύματα στα οποία η διεύθυνση της κίνησης (ταλάντωσης) των σωματιδίων του ελαστικού μέσου είναι κάθετη με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Το πλάτος του κύματος είναι ίσο με το πλάτος ταλάντωσης των σωματιδίων του ελαστικού μέσου. Στα εγκάρσια κύματα δημιουργούνται όρη και κοιλάδες. Το μήκος κύματος  $\lambda$  είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ορέων ή δύο διαδοχικών κοιλάδων.



Τα εγκάρσια κύματα διαδίδονται μόνο στα στερεά και κατά προσέγγιση στην επιφάνεια των υγρών.

- Διαμήκη είναι τα κύματα στα οποία η διεύθυνση της κίνησης (ταλάντωσης) των σωματιδίων του ελαστικού μέσου συμπίπτει με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Το πλάτος του κύματος είναι ίσο με το πλάτος ταλάντωσης των σωματιδίων του ελαστικού μέσου. Στα διαμήκη κύματα δημιουργούνται πυκνώματα και αραιώματα στο μέσο διάδοσής τους. Το μήκος κύματος  $\lambda$  είναι η απόσταση δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή αραιωμάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα διαμήκων κυμάτων (μηχανικών) είναι τα ηχητικά κύματα.

Τα διαμήκη κύματα διαδίδονται και στα στερεά και στα υγρά και στα αέρια.

- Στο ίδιο μέσο διάδοσης τα διαμήκη κύματα διαδίδονται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τα εγκάρσια.



### Επιφανειακά κύματα

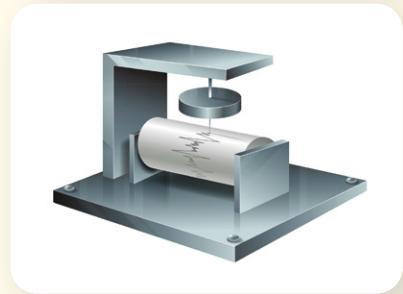
Ένας άλλος τύπος κυμάτων είναι τα κύματα που δημιουργούνται στην επιφάνεια υγρών. Δημιουργώντας ένα κύμα σε μια λεκάνη με νερό, παρατηρούμε ότι το νερό στην επιφάνεια κινείται τόσο παράλληλα όσο και κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Παρόμοια κύματα είναι τα κύματα της θάλασσας.



### Σεισμικά κύματα

Ένας σεισμός αποτελεί μια δόνηση στο εσωτερικό της Γης. Όταν δημιουργείται ένας σεισμός, η ενέργειά του μεταφέρεται με κύματα προς διάφορες κατευθύνσεις και καταγράφεται από τους σειсмоγράφους. Τα παραγόμενα κύματα είναι διαφορετικών μορφών. Τα κυριότερα κύματα που δημιουργούνται είναι τα διαμήκη ή πρωτεύοντα κύματα (κύματα P), που είναι ταχύτερα και είναι τα πρώτα που γίνονται αντιληπτά, και τα εγκάρσια ή δευτερεύοντα κύματα (κύματα S), που είναι και τα ισχυρότερα.

Τα διαμήκη κύματα διέρχονται από τον πυρήνα της Γης, ενώ τα εγκάρσια όχι. Γνωρίζοντας ότι τα εγκάρσια κύματα δε διαδίδονται σε ρευστά, οι επιστήμονες συμπέραναν ότι ο πυρήνας της Γης είναι σε ρευστή κατάσταση.



**1** Με ένα ελατήριο μήκους  $L = 1 \text{ m}$  δημιουργούμε ένα εγκάρσιο κύμα, ταλαντώνοντας το ένα άκρο του.

- Αν ο χρόνος που ολοκληρώνεται μια ταλάντωση είναι  $2 \text{ s}$ , ποια είναι η συχνότητα του κύματος που δημιουργείται;
- Αν η απόσταση δύο διαδοχικών κορυφών του κύματος είναι  $20 \text{ cm}$ , με ποια ταχύτητα διαδίδεται το κύμα;
- Αν φωτογραφίζαμε το ελατήριο τη στιγμή που το χέρι μας (το ένα άκρο) ήταν σε θέση κορυφής, πόσες κορυφές θα βλέπαμε σε όλο το μήκος του;
- Πόσα μήκη κύματος θα αποτυπώνονταν στη φωτογραφία;



- \*\* 2** Αν γνωρίζουμε ότι τα πρωτεύοντα (P) σεισμικά κύματα (διαμήκη) που προκαλούνται από έναν σεισμό έχουν ταχύτητα  $10.000 \text{ m/s}$  και είναι δύο φορές γρηγορότερα από τα δευτερεύοντα (S) σεισμικά κύματα (εγκάρσια), να υπολογίσετε την απόσταση του επίκεντρου ενός σεισμού από έναν σειсмоγράφο στον οποίο έγινε καταγραφή των κυμάτων P και S με χρονική διαφορά  $6 \text{ s}$ .



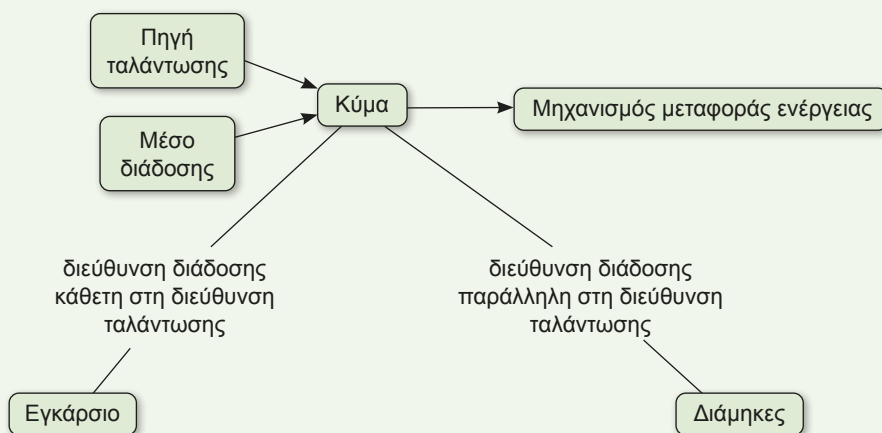
Ερώτηση -  
Δραστηριότητα



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

## Σύνοψη ενότητας

Το κύμα είναι ένας μηχανισμός μεταφοράς ενέργειας. Για τη δημιουργία του απαιτείται μια πηγή ταλάντωσης και ένα μέσο διάδοσης. Χαρακτηριστικά του είναι η περίοδος, η συχνότητα, το πλάτος και το μήκος κύματος. Η ταχύτητα του κύματος υπολογίζεται από τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής. Στα εγκάρσια κύματα η διεύθυνση ταλάντωσης των σωματιδίων του μέσου είναι κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Τα εγκάρσια κύματα εμφανίζουν όρη και κοιλάδες. Στα διαμήκη κύματα η διεύθυνση ταλάντωσης των σωματιδίων του μέσου είναι παράλληλη με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Στα διαμήκη κύματα δημιουργούνται πυκνώματα και αραιώματα.



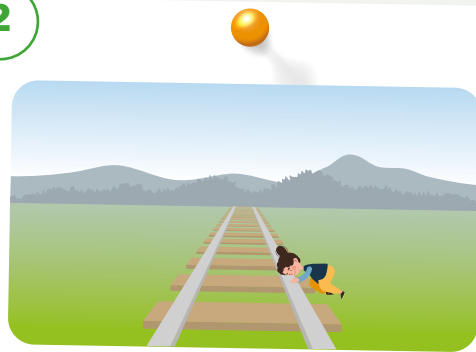
Λέξεις-κλειδιά: ήχος, πυκνώματα, αραιώματα

!?

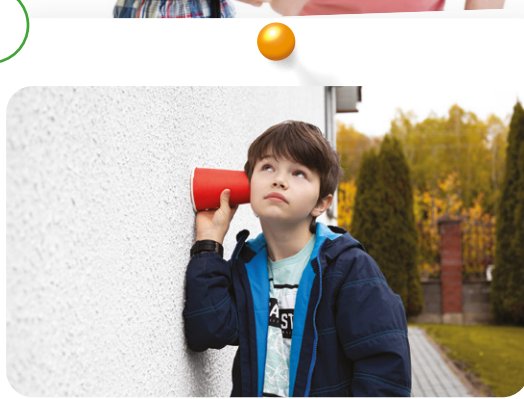
1



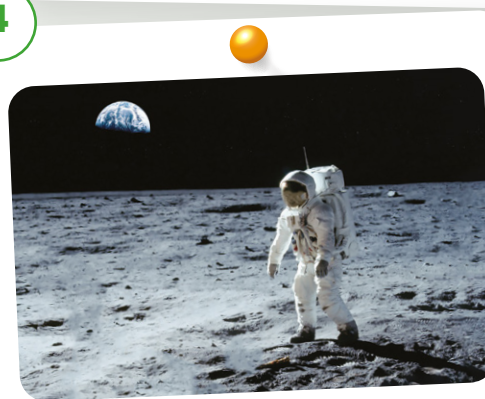
2



3



4



- Τι κοινό βλέπουμε στις εικόνες 1, 2 και 3;
- Γιατί κάποιος να χρησιμοποιεί τη σιδηροδρομική γραμμή για να ακούσει αν έρχεται το τρένο; (εικόνα 2)
- Ένας αστροναύτης στη Σελήνη θα ακούσει τον ήχο από έναν μετεωρίτη που θα πέσει πίσω του; (εικόνα 4)
- Ποιες είναι οι διαφορές θορύβου, κρότου, νότας;



ΠΡ

ΓΡ

ΜΑΘ

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Τρόπος διάδοσης ηχητικού κύματος**

Ανοίξτε στον ιστότοπο PhET την προσομοίωση «Εισαγωγή στα κύματα».

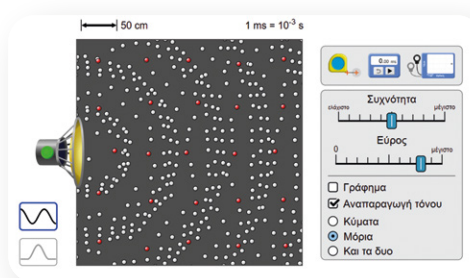
Στο περιβάλλον της προσομοίωσης επιλέξτε «Ήχος» και στη συνέχεια «Αναπαραγωγή τόνου» και «Μόρια». Πατήστε το πράσινο κουμπί του ηχείου και παρατηρήστε την κίνηση των μορίων του αέρα. Τι είδους κύμα είναι ο ήχος, εγκάρσιο ή διάμηκες;



PhET –  
Εισαγωγή  
στα κύματα

Με την επιλογή «Γράφημα» εμφανίζεται η πίεση του αέρα στον περιβάλλοντα χώρο του ηχείου. Παγώστε την εικόνα. Σε ποια σημεία η πίεση του αέρα είναι μεγαλύτερη, στη θέση πυκνωμάτων ή αραιωμάτων;

Μεταβάλετε τη θέση του επιλογέα «Εύρος». Αυξάνεται το πλάτος της ταλάντωσης των μορίων (πλάτος του κύματος) όταν ο ήχος γίνεται ισχυρότερος;



PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, <https://phet.colorado.edu>

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Ο ήχος στο κενό

Τοποθετήστε ένα ηλεκτρικό κουδούνι ή ένα επιτραπέζιο ρολόι σε έναν κλωβό κενού. Συγκρίνετε τους ήχους που ακούτε όταν στον κλωβό υπάρχει αέρας και όταν δεν υπάρχει.

Ποια είναι η προϋπόθεση για να διαδοθεί ο ήχος;



Ο ήχος δε διαδίδεται στο κενό

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3: Χαρακτηριστικά του ήχου. Γιατί όλοι οι ήχοι δεν είναι ίδιοι;

Γιατί κάποιοι ήχοι είναι ευχάριστοι και κάποιοι ενοχλητικοί;

Ανοίξτε την προσομοίωση «Σύγκριση ήχων».

Επιλέξτε τον ήχο 1 και με σταθερό το πλάτος (A) αλλάξτε τις συχνότητες f. Πώς ακούγονται οι ήχοι στις μεγάλες και πώς στις μικρές συχνότητες;



Σύγκριση ήχων

Χρησιμοποιήστε το διαπασών της νότας λα (διαπασών εργαστηρίου) και αλλάζοντας τις συχνότητες στην προσομοίωση βρείτε τη συχνότητα του ήχου που προσομοιάζει με τον ήχο του διαπασών.

Επιλέξτε μια συχνότητα και ακούστε τους ήχους 1 και 2. Ακούγονται ίδιοι;

Στη διπλανή εικόνα αποτυπώνεται η κυματομορφή της νότας λα από πιάνο και κιθάρα αντίστοιχα, όπως αυτή φαίνεται στην οθόνη ενός παλμογράφου ή στην οθόνη υπολογιστή με χρήση ειδικού λογισμικού.



ΠΕ

ΜΑΘ

ΠΡ

ΜΑΘ

ΓΡ

Τι κοινό έχουν οι ήχοι των οποίων τις κυματομορφές βλέπετε και σε τι διαφέρουν;

.....

.....

#### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4: Η ταχύτητα του ήχου σε σχέση με το μέσο διάδοσης

Στον πίνακα καταγράφονται οι ταχύτητες του ήχου σε διάφορα μέσα διάδοσής του. Σε ποια είδη σωμάτων ο ήχος διαδίδεται με μεγαλύτερη ταχύτητα;

.....

.....

.....

.....

Μέσο διάδοσης	Ταχύτητα
Αέρας 20 °C	343 m/s
Αέριο ήλιο	972 m/s
Υδράργυρος	1.451 m/s
Νερό	1.593 m/s
Ξύλο	3.700 m/s
Μάρμαρο	3.810 m/s
Τσιμέντο	4.000 m/s
Σίδηρο	5.570 m/s



- Τα ηχητικά κύματα είναι διαμήκη μηχανικά κύματα. Συνεπώς, όταν διαδίδονται, δημιουργούνται πυκνώματα και αραιώματα. Στον αέρα η μετάδοση του ήχου συνοδεύεται με μεταβολές της πίεσης. Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται τόσο στα αέρια όσο και στα υγρά και στα στερεά. Δε διαδίδονται στο κενό, γιατί δεν υπάρχει μηχανικό μέσο διάδοσης.

Μια ηχητική πηγή (π.χ. τύμπανο), καθώς ταλαντώνεται, αλληλεπιδρά με τα γειτονικά μόρια του μέσου (π.χ. αέρα) και προκαλεί την ταλάντωσή τους. Η ενέργεια της πηγής μεταφέρεται με μορφή διαμήκων κυμάτων στον γύρω χώρο. Τα κύματα που φτάνουν σε έναν δέκτη προκαλούν τη δόνησή του.

- Τα ηχητικά κύματα χαρακτηρίζονται από τα μεγέθη συχνότητα ( $f$ ), μήκος κύματος ( $\lambda$ ) και πλάτος ( $A$ ). Το πλάτος ( $A$ ) σχετίζεται με το πόσο ισχυρός είναι ο ήχος.

Το μήκος κύματος ( $\lambda$ ) ενός ηχητικού κύματος είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων (περιοχών μέγιστης πίεσης) ή αραιωμάτων (περιοχών ελάχιστης πίεσης). Η συχνότητα και το μήκος κύματος συνδέονται με την ταχύτητα διάδοσης μέσω της γνωστής εξίσωσης της κυματικής:

$$v = \lambda f$$

Η ταχύτητα του ηχητικού κύματος εξαρτάται από το μέσο διάδοσής του. Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται ταχύτερα στα στερεά, με μικρότερη ταχύτητα στα υγρά και με ακόμη μικρότερη ταχύτητα στα αέρια.



### Διαπασών

Το διαπασών αποτελεί βασικό εργαλείο κάθε μουσικού. Είναι ένα μεταλλικό εργαλείο, συνήθως από χάλυβα, που έχει τη μορφή Υ. Μετά από απότομη και σύντομη κρούση παράγει ήχο σε έναν συγκεκριμένο σταθερό τόνο. Τα πιο συνηθισμένα διαπασών παράγουν τόνο που αντιστοιχεί στη νότα λα των 440 Hz. Με τη βοήθειά του, ο μουσικός μπορεί να κουρδίσει ένα μουσικό όργανο, ενώ ο διευθυντής ορχήστρας μπορεί να δώσει τον τόνο στα όργανα της ορχήστρας. Το διαπασών εφευρέθηκε το 1711 από τον Βρετανό μουσικό John Shore. Σήμερα αντί για διαπασών μπορεί να χρησιμοποιηθούν εφαρμογές έξυπνων κινητών τηλεφώνων.



### Χροιά

Χροιά είναι το υποκειμενικό χαρακτηριστικό του ήχου που μας επιτρέπει να τον διακρίνουμε από άλλους ήχους ίδιας έντασης και συχνότητας. Όπως διερευνήσατε στη δραστηριότητα 2, η νότα λα που παράγει ένα πιάνο και μια κιθάρα ακούγεται και απεικονίζεται σε έναν παλμογράφο διαφορετικά. Οι μικρές διαφορές στους ήχους που ακούγονται και απεικονίζονται με τη βοήθεια ενός παλμογράφου διαμορφώνουν τη χροιά της νότας του κάθε οργάνου. Η χροιά είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα της φωνής των ανθρώπων και ο λόγος που ξεχωρίζουν οι φωνές τους.



**1** Η φωνή ενός τενόρου ή μίας υψιφώνου μπορεί να σπάσει ένα ποτήρι. Να περιγράψετε από πού προέρχεται και πώς μεταφέρεται η ενέργεια που σπάζει το ποτήρι.



**\*\* 2** Με το ξέσπασμα μιας καταιγίδας βλέπουμε αστραπές και μετά από 5 s ακούμε τον ήχο της βροντής.  
α) Μπορείτε να υπολογίσετε πόσο απέχει η καταιγίδα από εσάς;  
β) Αν μετά από 10 min η χρονική διαφορά μεταξύ αστραπής και βροντής μειωθεί στα 4 s, πόσο γρήγορα κινείται η καταιγίδα;  
Θεωρήστε ότι το φως γίνεται αντιληπτό άμεσα με την έναρξη του φαινομένου και η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι 340 m / s.



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

# 6.2β

## Είδη ήχων και ένταση ήχου

Λέξεις-κλειδιά: υπέρηχοι, υπόηχοι, ντεσιμπέλ, ακοή, ακουόγραμμα, ηχητική μόλυνση

!?

1



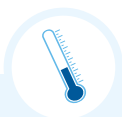
2



3



- Στην εικόνα 1 βλέπουμε μια σφυρίχτρα για σκύλους. Γιατί, όταν σφυρίζουμε με αυτή, δεν ακούμε κανέναν ήχο σε αντίθεση με τους σκύλους;
- Πώς επικοινωνούν μεταξύ τους οι φάλαινες; (εικόνα 2)
- Στην εικόνα 3 γίνεται έλεγχος με ηχομέτρηση. Πώς ονομάζεται και τι μετρά το όργανο μέτρησης;



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Σχέση συχνότητας και αντίληψης του ήχου

Ανοίξτε την προσομοίωση «Συχνότητες».

Επιλέξτε τις συχνότητες που αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα και συμπληρώστε τον.



Συχνότητα (Hz)	Ακούγεται το ηχητικό κύμα; (ΝΑΙ / ΟΧΙ)	Πώς ακούγεται ο ήχος; (π.χ. οξύς, αμβλύς)
10		
200		
1.000		
10.000		
14.000		
17.000		
21.000		

Γίνονται αντιληπτοί όλοι οι ήχοι;

.....

Πώς σχετίζεται η οξύτητα του ήχου με τη συχνότητά του;

.....

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2: Ένταση του ήχου

Αξιοποιήστε ένα ντεσιμπελόμετρο ή εναλλακτικά κάποια αντίστοιχη εφαρμογή στο κινητό ή στον υπολογιστή σας που προσομοιώνει ένα ντεσιμπελόμετρο.

Μιλήστε αρχικά χαμηλόφωνα και μετά αυξήστε την ένταση της φωνής σας.

Φροντίστε να είστε σε έναν χώρο χωρίς θορύβους. Με τη βοήθεια του ντεσιμπελόμετρου καταγράψτε τις μετρήσεις της έντασης της φωνής σας.

Ψίθυρος ..... dB

Χαμηλόφωνη ομιλία ..... dB

Δυνατή ομιλία ..... dB

Κραυγές ..... dB

Για την προστασία της δημόσιας υγείας έχουν θεσπιστεί όρια επιτρεπόμενου θορύβου στις αστικές περιοχές έως 55 dB κατά τις εργάσιμες ώρες και έως 45 dB τις ώρες κοινής ησυχίας. Σύμφωνα με τις μετρήσεις σας, πώς πρέπει να συμπεριφερόμαστε κατά τη διάρκεια των ωρών κοινής ησυχίας;

.....

.....



ΠΡ

ΜΑΘ

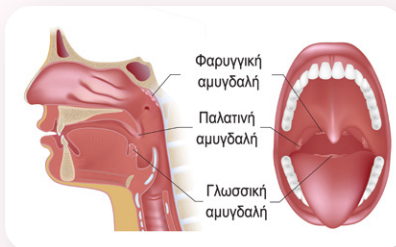
ΓΡ

ΑΜ

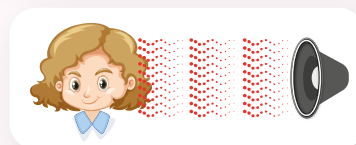
ΜΑΘ



■ Τα όργανα του ανθρώπου με τα οποία παράγονται οι ήχοι είναι ο λάρυγγας (με τις φωνητικές χορδές) και το στόμα (το τελευταίο παίζει και τον ρόλο του αντηχείου), που ενισχύει τον ήχο. Το όργανο με το οποίο αντιλαμβανόμαστε τα ηχητικά κύματα είναι το αυτί. Η αίσθηση που ενεργοποιείται είναι η ακοή. Τα έμβια όντα αξιοποιούν τα όργανα της ακοής για να επικοινωνούν, να εντοπίζουν τη τροφή τους και να προειδοποιούνται για τους κινδύνους.

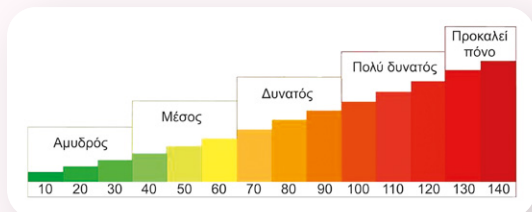


■ Τα ηχητικά κύματα που μπορούν να γίνουν αισθητά από το ανθρώπινο αυτί (ακουστικό φάσμα του ανθρώπου) ονομάζονται ακουστοί ήχοι. Το ακουστικό φάσμα του ανθρώπου κυμαίνεται από 20 Hz έως 20.000 Hz. Σε μεγαλύτερες ηλικίες το ανώτερο όριο μειώνεται (π.χ. στα 15.000 Hz). Τα ηχητικά κύματα με συχνότητα μικρότερη των 20 Hz ονομάζονται υπόηχοι (0,1 Hz έως 20 Hz). Ηχητικά κύματα με συχνότητες μεγαλύτερες των 20.000 Hz λέγονται υπέρηχοι.



■ Καθώς διαδίδεται ο ήχος, μεταφέρεται ενέργεια. Ένταση του ήχου είναι η ενέργεια που διέρχεται σε χρόνο 1 s από μια επιφάνεια ίση με  $1 \text{ m}^2$  η οποία είναι κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης του ήχου. Η ένταση του ήχου εξαρτάται από το τετράγωνο του πλάτους (A) του ηχητικού κύματος. Η ένταση του ήχου μειώνεται με την απόσταση.

■ Για την εκτίμηση της ποσότητας της ηχητικής ενέργειας που φτάνει στο αυτί μας σε συγκεκριμένο χρόνο αξιοποιούμε την έννοια «στάθμη έντασης ήχου». Μονάδα της στάθμης έντασης του ήχου είναι το 1 dB. Υπολογίζεται ότι η στάθμη έντασης του ήχου μειώνεται κατά 6 dB για κάθε διπλασιασμό της απόστασης από την πηγή. Δηλαδή, αν ένας ακροατής στέκεται σε απόσταση 1 m από ηχητική πηγή και μετακινηθεί στα 2 m, τότε η ένταση του ήχου που θα ακούει θα μειωθεί κατά 6 dB.



Στον διπλανό πίνακα καταγράφονται οι στάθμες ήχου ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται ένας ακροατής.

dB	Πηγή ήχου
120	Όριο πόνου. Σε απόσταση 50 m από αεροπλάνο που απογειώνεται
110	Ροκ συναυλία
100	Θόρυβος τρένου
90	Λειτουργία μηχανημάτων βιομηχανιών
80	Κυκλοφοριακή κίνηση
70	Πολυσύχναστο κατάστημα
60	Κανονική ομιλία
50	Θόρυβος περιβάλλοντος πόλης ή σπιτιού
40	Ήχος ψυγείου
30	Εξοχή
20	Ψίθυρος
10	Θρόισμα φύλλων
0	Κατώφλι ακοής

### Το ακουστό φάσμα διαφόρων έμβιων όντων

Το εύρος συχνοτήτων που γίνονται αντιληπτές είναι διαφορετικό σε κάθε έμβιο ον, προσαρμοσμένο στις ανάγκες του, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

		Μικρότερη αντιληπτή συχνότητα	Μεγαλύτερη αντιληπτή συχνότητα
Άνθρωπος		20 Hz	20.000 Hz
Σκύλος		15 Hz	50.000 Hz
Γάτα		60 Hz	65.000 Hz
Ποντίκι		1.000 Hz	70.000 Hz
Νυχτερίδα		100 Hz	120.000 Hz
Δελφίνι		150 Hz	150.000 Hz

### Ένταση ήχου

Η ένταση ήχου σχετίζεται με το πλάτος της ταλάντωσης των μορίων του μέσου με το οποίο διαδίδεται ο ήχος. Ειδικά για τον αέρα, σχετίζεται με τις μεταβολές της πίεσης. Ένας ήχος με στάθμη έντασης 20 dB σε σχέση με έναν ήχο 10 dB έχει 10 ( $10^1$ ) φορές μεγαλύτερη ένταση, ενώ ένας ήχος 30 dB σε σχέση με έναν ήχο 10 dB έχει 100 ( $10^2$ ) φορές μεγαλύτερη ένταση. Η μέτρηση της έντασης του ήχου γίνεται με μετρητή στάθμης ήχου, που ονομάζεται ντεσιμπελόμετρο.



### Τονικό ύψος

Το τονικό ύψος ή η οξύτητα του ήχου σχετίζεται με τη συχνότητά του. Στις μουσικές νότες το τονικό ύψος είναι η συχνότητα που αντιστοιχεί στη νότα. Για παράδειγμα, το τονικό ύψος της νότας λα ενός διαπασών είναι στα 440 Hz.

### Ακουόγραμμα

Το ακουόγραμμα είναι μια ιατρική εξέταση από ωτορινολαρυγγολόγο, στην οποία εκτιμάται η ικανότητα ενός ασθενή να αντιλαμβάνεται κάποιους ήχους διαφόρων συχνοτήτων. Στο ακουόγραμμα αποτυπώνεται η ελάχιστη ένταση ενός ήχου συγκεκριμένης συχνότητας που αντιλαμβάνεται κάποιος.



### Υπόηχοι

Οι υπόηχοι μπορούν να παραχθούν από φυσικά φαινόμενα, όπως οι σεισμοί, τα ηφαίστεια, οι χιονοστιβάδες, το σπάσιμο των παγόβουνων, οι αστραπές κ.ά. Οι υπόηχοι μπορούν επίσης να παραχθούν και από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως οι μηχανές και οι ανεμογεννήτριες. Καθώς οι υπόηχοι κατά τη διάδοσή τους απορροφώνται πολύ λίγο από την ύλη, ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις. Οι φάλαινες επικοινωνούν με υπόηχους συχνότητας περίπου 15 Hz, που φτάνουν σε αποστάσεις χιλιάδων χιλιομέτρων. Επειδή όμως οι μηχανές των πλοίων παράγουν και αυτές υπόηχους, δημιουργείται ηχητική μόλυνση, που εμποδίζει την επικοινωνία των θαλάσσιων κητών και πιθανόν είναι και αυτός ένας παράγοντας για τη μείωση του πληθυσμού των φαλαινών.



\*\* Ανάμεσα σε δύο χωριά που απέχουν απόσταση 10 km βρίσκεται ένα λατομείο. Ένας ήχος από έκρηξη στο λατομείο ακούγεται στο πιο μακρινό χωριό (B), με ένταση κατά 12 dB μικρότερη από αυτή που ακούγεται στο χωριό (A). Πόσο απέχει κάθε χωριό από το λατομείο;



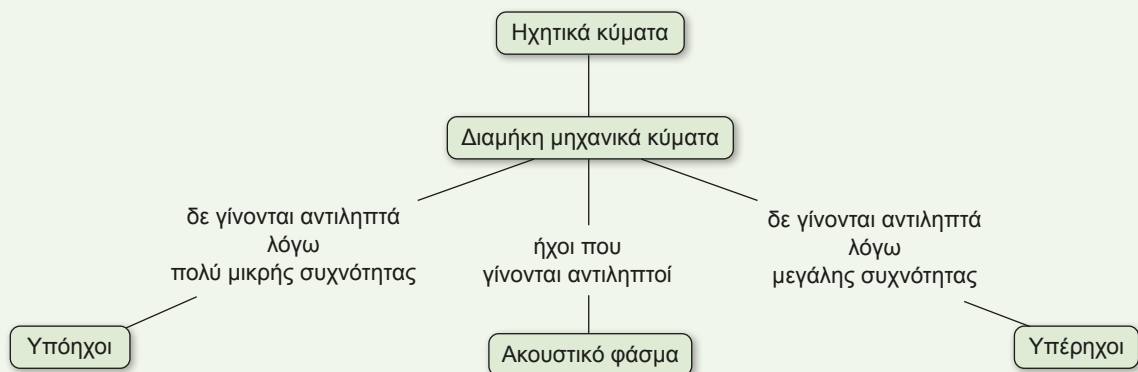
Ερώτηση -  
Δραστηριότητα



Ερώτηση -  
Δραστηριότητα

## Σύνοψη ενότητας

Τα ηχητικά κύματα είναι διαμήκη μηχανικά κύματα. Προκαλούνται από μια ηχητική πηγή και διαδίδονται σε όλα τα μέσα (στερεά, υγρά, αέρια). Δε διαδίδονται όμως στο κενό. Η ταχύτητά τους είναι μεγαλύτερη σε πυκνότερα μέσα. Γίνονται αντιληπτά από τον άνθρωπο με το όργανο της ακοής. Τόσο οι υπόηχοι, που είναι κύματα με πολύ χαμηλές συχνότητες, όσο και οι υπέρηχοι, που είναι κύματα με πολύ υψηλές συχνότητες, δε γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο. Το ακουστικό φάσμα είναι διαφορετικό για τα διάφορα ζώα. Μονάδα στάθμης του ήχου είναι το db.



# 6.3α Ανάκλαση

Λέξεις-κλειδιά: ανάκλαση, ήχος, ηχώ, αντήχηση



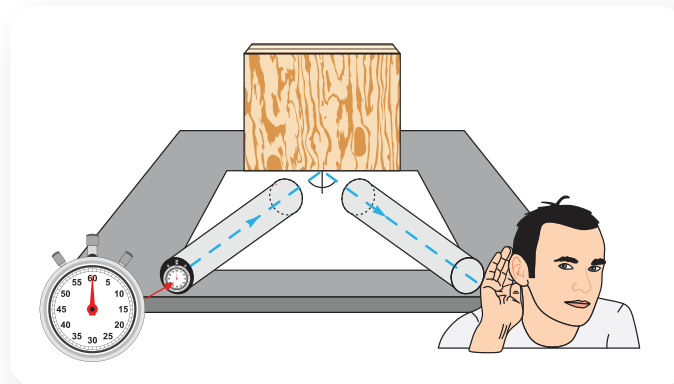
Το Μέγαρο Μουσικής Αθηνών έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να υποστηρίζει μεγάλα μουσικά έργα και ο ήχος που ακούνε οι θεατές να είναι εξαιρετικός. Σε αυτό συντελεί η ύπαρξη κινητών πετασμάτων, με τη βοήθεια των οποίων αλλάζει η διαμόρφωση της αίθουσας και των θεωριών και αυξομειώνεται ο χώρος της σκηνής.

- Σε τι βοηθά η μετακίνηση των κινητών πετασμάτων στο Μέγαρο Μουσικής;



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ: Ανάκλαση κύματος

Θα χρειαστείτε δύο πλαστικούς ή χάρτινους σωλήνες, μια στιλπνή επίπεδη επιφάνεια, ένα λευκό χαρτί και ένα μηχανικό ρολόι.



Σχεδιάστε μια τυχαία γωνία στο χαρτόνι. Τοποθετήστε τους δύο κυλίνδρους κατά μήκος των πλευρών της γωνίας και τη στιλπνή επιφάνεια κάθετα στο χαρτόνι, στην κορυφή της γωνίας. Μπροστά από τον έναν κύλινδρο τοποθετήστε το ρολόι και στον άλλο βάλτε το αυτί σας, όπως φαίνεται στο σχήμα. Περιστρέψτε κατάλληλα τη στιλπνή επιφάνεια γύρω από την κάθετη στο χαρτόνι, η οποία περνά από την κορυφή της γωνίας, μέχρι

να ακουστεί εντονότερα ο ήχος του ρολογιού. Χαράξετε στο χαρτόνι το ίχνος της στυλπνής επιφάνειας και φέрте την κάθετη σε αυτό. Με αυτό τον τρόπο σχηματίζονται δύο γωνίες, η γωνία πρόσπτωσης και η γωνία ανάκλασης. **Γωνία πρόσπτωσης** ( $\hat{\pi}$ ) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της πορείας του προσπίπτοντος ηχητικού κύματος και της κάθετης στην επιφάνεια, ενώ **γωνία ανάκλασης** ( $\hat{\alpha}$ ) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της πορείας του ανακλώμενου ηχητικού κύματος και της κάθετης στην επιφάνεια. Με τη βοήθεια μοιρογνωμονίου να συγκρίνετε τις δύο γωνίες και να γράψετε τη μεταξύ τους σχέση.

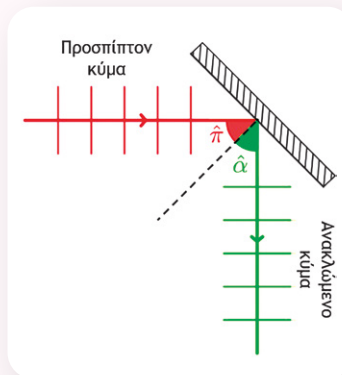


- Κάθε ηχητικό κύμα διαδίδεται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα σε ένα ομογενές μέσο, εκτός αν στην πορεία του συναντήσει ένα εμπόδιο. Τότε το κύμα συνεχίζει την πορεία του στο αρχικό μέσο διάδοσης ακολουθώντας διαφορετική κατεύθυνση. Το φαινόμενο ονομάζεται **ανάκλαση**. Η συχνότητα του ανακλώμενου κύματος είναι ίδια με αυτή του προσπίπτοντος.
- Η γωνία που σχηματίζει το προσπίπτον κύμα με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια (εμπόδιο) λέγεται γωνία πρόσπτωσης ( $\hat{\pi}$ ). Η γωνία που σχηματίζει το ανακλώμενο κύμα με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια (εμπόδιο) λέγεται γωνία ανάκλασης ( $\hat{\alpha}$ ). Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης:

$$\hat{\pi} = \hat{\alpha}$$

- Ο άνθρωπος μπορεί να διακρίνει δύο ίδιους μεταξύ τους ήχους, εφόσον φτάσουν στο αυτί του με χρονική διαφορά τουλάχιστον 0,1 s. Αν μετά από ανάκλαση οι δύο ίδιοι ήχοι (ο αρχικός και ο ανακλώμενος) φτάσουν στο αυτί με διαφορά μεγαλύτερη από 0,1 s, θα ακουστούν ως ξεχωριστοί.

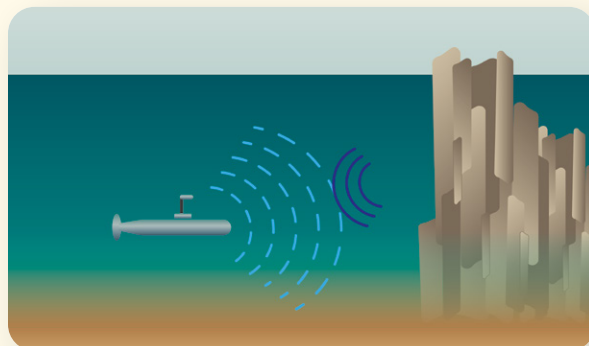
Αν φωνάξουμε μπροστά από ένα εμπόδιο που βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη από 17 m από εμάς, ο ήχος κινούμενος με ταχύτητα 340 m/s θα ανακλαστεί στο εμπόδιο και θα επιστρέψει προς εμάς (την πηγή), έχοντας διανύσει απόσταση μεγαλύτερη των 34 m σε χρόνο μεγαλύτερο από 0,1 s. Άρα το αυτί θα διακρίνει τον ανακλώμενο ήχο ως διαφορετικό από τον αρχικό. Το φαινόμενο λέγεται **ηχώ** (ή αντίλαλος) και παρατηρείται σε φαράγγια, μεγάλες άδειες αίθουσες κτλ. Αν η απόσταση είναι μικρότερη από 17 m, οι δύο ήχοι δεν ξεχωρίζουν. Τότε οι ήχοι συγχέονται και το αποτέλεσμα τους ακούγεται πιο βαθύ. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **αντήχηση**. Ο χρόνος που χρειάζεται ώστε ο ήχος μετά την εκπομπή του να επιστρέψει στο σημείο όπου βρίσκεται η πηγή του αφού ανακλαστεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της απόστασης ανάμεσα στην πηγή και τον ανακλαστήρα.





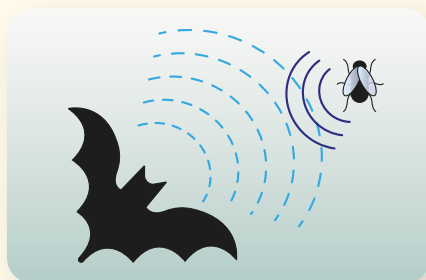
### Σόναρ

Τα υποβρύχια, μην έχοντας ορατότητα κάτω από το νερό, χρησιμοποιούν ειδικά όργανα, τα σόναρ, που εκπέμπουν ηχητικά κύματα. Όπως τα δελφίνια αξιοποιούν τις ανακλάσεις των υπερήχων που εκπέμπουν για να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους και τα πιθανά εμπόδια, έτσι και τα υποβρύχια εκπέμπουν ήχους και στη συνέχεια δέχονται τις ανακλάσεις τους σε εμπόδια που μπορεί να υπάρχουν μέσα στο νερό. Η χρονική καθυστέρηση του ανακλώμενου σε σχέση με το εκπεμπόμενο κύμα οδηγεί στον υπολογισμό της θέσης του εμποδίου.

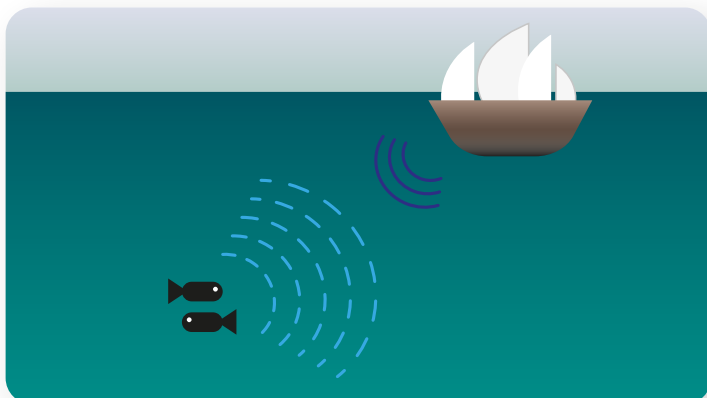


### Η ανάκλαση ηχητικού κύματος ως εργαλείο εντοπισμού τροφής

Πολλά ζώα χρησιμοποιούν ως μέσο πλοήγησης την ανίχνευση ανακλώμενων ήχων. Για παράδειγμα, οι νυχτερίδες και άλλα ζώα για την αναζήτηση της τροφής τους έχουν κατάλληλα όργανα που εκπέμπουν ήχους και στη συνέχεια δέχονται τις ανακλάσεις τους σε εμπόδια. Έτσι, αντιλαμβάνονται τη θέση, το μέγεθος και την ταχύτητα του θηράματός τους.



Ένα αλιευτικό σκάφος χρησιμοποιώντας σόναρ δέχεται ανάκλαση από κοπάδι ψαριών. Αν το κύμα επιστρέφει στο σκάφος 1 s μετά την εκπομπή του, σε πόση απόσταση βρίσκεται το κοπάδι των ψαριών; Θεωρήστε ότι η ταχύτητα του ήχου στο νερό είναι  $v = 1.600 \text{ m/s}$ .



# 6.3β Διάθλαση

Λέξεις-κλειδιά: διάθλαση



1



2



- Η μουσική από τον χώρο μιας συναυλίας ακούγεται το βράδυ σε μεγάλη απόσταση, παρότι παρεμβάλλονται εμπόδια. Γιατί συμβαίνει αυτό; (εικόνα 1)
- Για ποιο λόγο τα κύματα της θάλασσας αλλάζουν κατεύθυνση και μήκος κύματος όταν πλησιάζουν στα αβαθή; (εικόνα 2)



ΕΔ

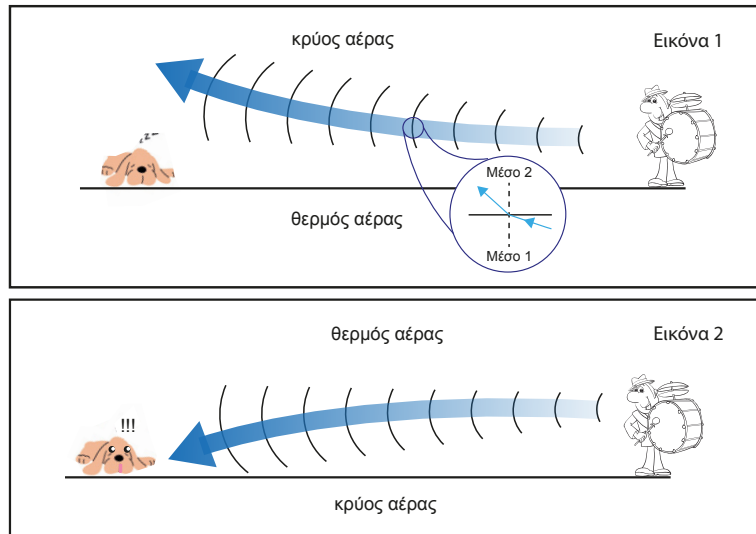
ΜΑΘ

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ: Διάθλαση του ήχου στον αέρα

Γνωρίζοντας από πειραματικά δεδομένα ότι η ταχύτητα του ήχου σε θερμοκρασία 0 °C είναι 331 m/s και αυξάνεται περίπου κατά 6 m/s όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται κατά 10 °C, συμπληρώστε τον διπλανό πίνακα, που συνδέει την ταχύτητα του ήχου στον αέρα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

-20 °C	..... m/s
-10 °C	..... m/s
0 °C	331 m/s
10 °C	..... m/s
20 °C	343 m/s
30 °C	..... m/s
40 °C	..... m/s

Παρατηρήστε τις εικόνες 1 και 2 που δείχνουν την πορεία του ήχου σε διαφορετικά στρώματα αέρα.



Ποια διαφοροποίηση παρατηρείτε ανάμεσα στις δύο εικόνες, η οποία οδηγεί σε διαφορετικά αποτελέσματα;

.....

Το συγκεκριμένο φαινόμενο αλλαγής πορείας του ηχητικού κύματος λέγεται διάθλαση. Πού οφείλεται, κατά τη γνώμη σας, το φαινόμενο αυτό;

.....

Στην εικόνα 1 αποτυπώνεται η μετάβαση του ήχου από στρώματα θερμού αέρα σε στρώματα ψυχρού αέρα. Μεγεθύνοντας τον χώρο, αποτυπώνεται η πορεία του ηχητικού κύματος κατά τη μετάβασή του από το ένα στρώμα στο άλλο. Το κύμα, διερχόμενο από το θερμότερο στρώμα (μέσο 1) στο ψυχρότερο στρώμα (μέσο 2), διαθλάται, αλλάζοντας διεύθυνση διάδοσης.

Να εντοπίσετε στην εικόνα 1 τη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της διεύθυνσης του κύματος στο μέσο 2 και της κάθετης στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων (γωνία διάθλασης  $\hat{\delta}$ ), καθώς και τη γωνία πρόσπτωσης  $\hat{\pi}$ . Ποια είναι μεγαλύτερη;

.....

Σύμφωνα με τον προηγούμενο πίνακα, σε ποιο μέσο διάδοσης είναι μεγαλύτερη η ταχύτητα του ήχου, στο στρώμα θερμότερου αέρα ή στο στρώμα ψυχρότερου αέρα;

.....

Λαμβάνοντας υπόψη τις απαντήσεις σας στα προηγούμενα ερωτήματα, σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε;

.....

Να επιβεβαιώσετε το συμπέρασμά σας, επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία για την εικόνα 2.



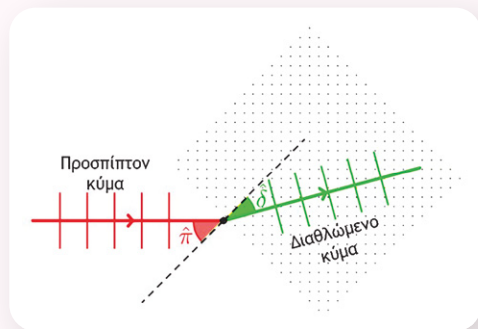
- Όταν ηχητικό κύμα διέρχεται από ένα μέσο σε ένα άλλο, **διαθλάται**, δηλαδή αλλάζει η ταχύτητά του και κατά συνέπεια η πορεία του. Η συχνότητα του διαθλώμενου κύματος είναι ίδια με αυτή του προσπίπτοντος.

Η γωνία που σχηματίζει το διαθλώμενο κύμα με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων λέγεται γωνία διάθλασης.

Όταν κατά τη μετάβαση του κύματος από ένα μέσο σε άλλο η ταχύτητά του μειώνεται, η γωνία διάθλασης ( $\hat{\delta}$ ) είναι μικρότερη από τη γωνία πρόσπτωσης ( $\hat{\pi}$ ), ενώ όταν η ταχύτητα του κύματος αυξάνεται, η γωνία διάθλασης ( $\hat{\delta}$ ) είναι μεγαλύτερη από τη γωνία πρόσπτωσης ( $\hat{\pi}$ ).

Η διάθλαση παρατηρείται σε όλα τα μηχανικά κύματα. Στη διπλανή εικόνα τα κύματα αλλάζουν κατεύθυνση λόγω διάθλασης που οφείλεται στη μείωση του βάρους της θάλασσας και συνεπώς στη μείωση της ταχύτητάς τους.

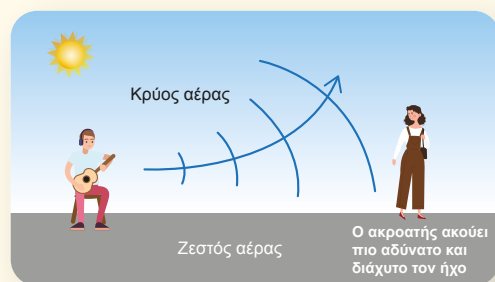
- Για τον ήχο γνωρίζουμε ότι η ταχύτητά του εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αέρα στον οποίο διαδίδεται. Όταν ηχητικό κύμα διαδίδεται διαδοχικά σε στρώματα διαφορετικής θερμοκρασίας, παύει να κινείται ευθύγραμμο, αλλά υφίσταται συνεχείς εκτροπές και κινείται καμπυλόγραμμα.



### Διάθλαση του ήχου στον αέρα

Κατά τη διάρκεια της ημέρας ο αέρας κοντά στην επιφάνεια της Γης είναι θερμότερος από τον αέρα σε υψηλότερα στρώματα. Ο ήχος κινείται γρηγορότερα στον ζεστό αέρα. Έτσι αλλάζει πορεία διερχόμενος από διαδοχικά στρώματα διαφορετικής θερμοκρασίας, διαθλάται και απομακρύνεται από το έδαφος. Κατά συνέπεια δεν μπορούμε να ακούσουμε καθαρά τους ήχους στη διάρκεια της ημέρας.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας ο αέρας που είναι πιο κοντά στην επιφάνεια της Γης είναι ψυχρότερος. Ο ήχος διαθλάται και η πορεία των ηχητικών κυμάτων καμπυλώνει προς το έδαφος. Έτσι ο ακροατής ακούει τον ήχο πιο καθαρά κατά τη διάρκεια της νύχτας. Για παράδειγμα, η μουσική από συναυλίες ακούγεται το βράδυ σε μεγάλη απόσταση, παρότι συχνά μεσολαβούν πολυκατοικίες γύρω από τον χώρο των συναυλιών.

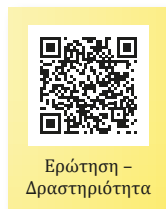
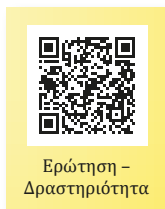
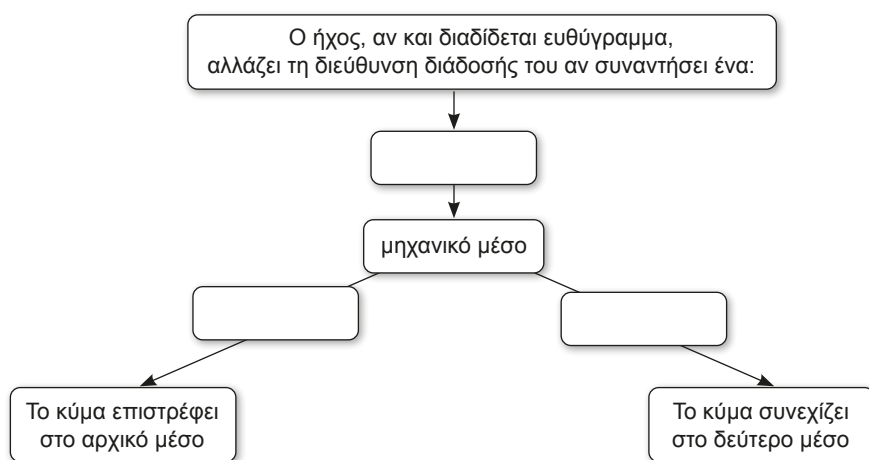


### Διάδοση του ήχου στους ωκεανούς

Η θερμοκρασία του νερού των ωκεανών είναι μικρότερη όσο βαθύτερα τη μετράμε. Αν ένας ήχος έχει πηγή στο εσωτερικό της θάλασσας, π.χ. τον εκπέμπει μια φάλαινα, η διάδοσή του δεν είναι ευθεία γραμμή αλλά καμπύλη που στρέφει προς τα κάτω. Κατά συνέπεια ο ήχος ταξιδεύει σε μεγάλες αποστάσεις και μπορεί να ακουστεί από άλλες φάλαινες που βρίσκονται πολλά χιλιόμετρα μακριά.



Αποτυπώστε στον εννοιολογικό χάρτη τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης ενός κύματος.



# 6.3γ Απορρόφηση

Λέξεις-κλειδιά: απορρόφηση

!?

1



2



3



- Στην εικόνα 1 φαίνεται το εσωτερικό από ένα ραδιοφωνικό στούντιο. Γιατί οι τοίχοι του έχουν επενδυθεί με αυτό το υλικό; Τι αποτελέσματα θα είχαμε αν όλες οι επιφάνειες ήταν λείες και στιλπνές;
- Γιατί στις θεατρικές και κινηματογραφικές αίθουσες οι επενδύσεις των καθισμάτων και οι κουρτίνες είναι από βελούδο; (εικόνα 2)
- Σε ένα χιονισμένο τοπίο όλα μοιάζουν πιο ήσυχα (εικόνα 3). Αυτό συμβαίνει μόνο επειδή δεν κυκλοφορούν πολλοί άνθρωποι;



ΠΕ

ΜΑΘ

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1: Κάποια υλικά απορροφούν τον ήχο

Τοποθετήστε μια πηγή ήχου (π.χ. ξυπνητήρι, κινητό) πάνω στο θρανίο. Ένα παιδί κλείνει με το χέρι του το ένα αυτί του και ακουμπά το άλλο αυτί του στο θρανίο. Ακούγεται δυνατά ο ήχος;

.....  
Στη συνέχεια, κάτω από την πηγή του ήχου, πάνω στο θρανίο, βάζουμε αρκετή ποσότητα από βαμβάκι ή χαρτί κουζίνας και επαναλαμβάνουμε το πείραμα. Ακούγεται το ίδιο δυνατά ο ήχος;

.....  
Δοκιμάστε να παρεμβάλετε μεταξύ θρανίου και ηχητικής πηγής διάφορα υλικά (όπως φελιζόλ, χαρτοπετσέτες) και ελέγξτε αν ακούγεται ο ήχος. Τι συμπεράσματα βγάξετε για τα υλικά ως προς την ικανότητα απορρόφησης του ήχου;



- Σε κάθε ανάκλαση του ήχου η ενέργειά του μειώνεται, καθώς μέρος της μεταφέρεται στην ανακλώμενη επιφάνεια. Αν ο ήχος υποστεί πολλαπλές ανακλάσεις, μπορεί να αποσβεστεί, δηλαδή να απορροφηθεί πολύ μεγάλο μέρος της ενέργειάς του (μεταμορφώνεται σε θερμική ενέργεια). Ανάλογα με τη φύση του εμποδίου που συναντά ο ήχος, η **απορρόφηση** ποικίλλει. Κάποια υλικά όπως το βελούδο μπορούν να απορροφήσουν μεγάλο ποσό της ηχητικής ενέργειας. Γι' αυτό σε αίθουσες συναυλιών, κινηματογράφων, διαλέξεων κτλ. οι τοίχοι και τα καθίσματα έχουν επενδυθεί με βελούδο. Το ίδιο συμβαίνει και με μια χιονισμένη επιφάνεια.

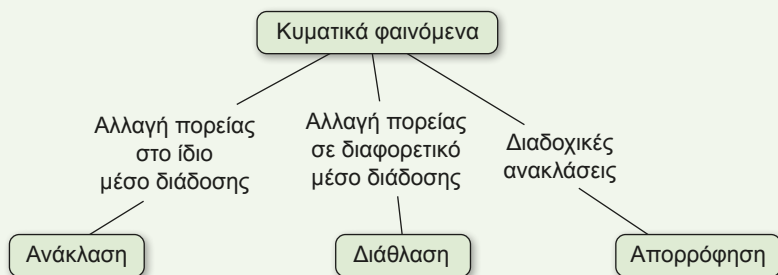


Σας ζητούν να επενδύσετε ένα δωμάτιο, για να φτιάξετε ένα στούντιο ηχογράφησης. Ποια από τα παρακάτω υλικά θα επιλέξετε και γιατί;

τζάμι, γκοφρέ χαρτί, γυψοσανίδα, βελούδινο ύφασμα, μοριοσανίδα (νοβοπάν)

## Σύνοψη ενότητας

Κάθε κύμα, όπως και ο ήχος, κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα. Όταν συναντήσει ένα διαφορετικό μέσο διάδοσης, είτε θα ανακλαστεί επιστρέφοντας στο αρχικό μέσο είτε θα διαθλαστεί συνεχίζοντας στο νέο μέσο με διαφορετική ταχύτητα. Αν η ταχύτητά του μειωθεί, η γωνία διάθλασης είναι μικρότερη από τη γωνία πρόσπτωσης. Κατά την ανάκλαση του ήχου παρατηρούνται τα φαινόμενα της ηχούς και της αντήχησης. Απορρόφηση του κύματος από ένα μέσο έχουμε όταν συμβούν πολλαπλές ανακλάσεις στο μέσο με σταδιακή μείωση της ενέργειας του κύματος.



# Λεξιλόγιο όρων

**Αδράνεια:** η ιδιότητα της ύλης να αντιστέκεται σε κάθε μεταβολή της κινητικής της κατάστασης.

**Αδρανειακή μάζα:** την αναγνωρίζουμε με την ιδιότητά της να αντιστέκεται στη μεταβολή της κινητικής της κατάστασης.

**Ανάκλαση:** όταν ένα κύμα προσπίπτει σε μια επιφάνεια, επιστρέφει στο ίδιο μέσο αλλάζοντας πορεία.

**Άνωση:** η κατακόρυφη δύναμη με φορά προς τα πάνω που ασκείται από ένα υγρό σε σώμα που βυθίζεται στο υγρό.

**Απορρόφηση του ήχου:** το φαινόμενο όπου μετά από πολλαπλές ανακλάσεις του ήχου απορροφάται μεγάλο μέρος της ενέργειάς του με αποτέλεσμα να αποσβεστεί.

**Ασθενείς αλληλεπιδράσεις:** δυνάμεις στις οποίες οφείλονται φαινόμενα όπως η ραδιενέργεια και η διάσπαση β.

**Ατμοσφαιρική πίεση:** η πίεση της ατμόσφαιρας σε ένα σώμα, η οποία δημιουργείται από το βάρος του υπερκείμενου αέρα.

**Βαρόμετρο:** όργανο μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης.

**Βάρος:** η βαρυτική δύναμη που ασκεί η Γη σε ένα σώμα με κατεύθυνση προς το κέντρο της.

**Βαρυτικές αλληλεπιδράσεις:** οι δυνάμεις αλληλεπίδρασης που εμφανίζονται ανάμεσα σε μάζες.

**Βαρυτική μάζα:** την αναγνωρίζουμε με την ιδιότητά της να ασκεί βαρυτική δύναμη σε οποιαδήποτε άλλη μάζα.

**Διάθλαση:** όταν μηχανικό κύμα διέρχεται από ένα μηχανικό μέσο σε ένα άλλο, αλλάζει η ταχύτητά του και κατά συνέπεια η πορεία του.

**Διαμήκη κύματα:** τα κύματα στα οποία η διεύθυνση της κίνησης (ταλάντωσης) των μορίων του ελαστικού μέσου είναι παράλληλη με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.

**Διάστημα διαδρομής:** το συνολικό μήκος (απόσταση) της διαδρομής που διανύει ένα σώμα κατά τη μετάβασή του από μια θέση σε μια άλλη.

**Δράση – αντίδραση:** οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντα κατά ζεύγη.

**Δυνάμεις από απόσταση:** οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ σωμάτων χωρίς αυτά να έρθουν σε επαφή.

**Δυνάμεις από επαφή:** οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ σωμάτων που έρχονται ή βρίσκονται σε επαφή.

**Δύναμη:** η αιτία που μπορεί να προκαλέσει παραμόρφωση ή μεταβολή της κινητικής κατάστασης ενός σώματος.

**Δυναμική ενέργεια:** η ενέργεια που έχει ένα σώμα λόγω της θέσης του ή της κατάστασής του.

**Εγκάρσια κύματα:** τα κύματα στα οποία η διεύθυνση της κίνησης (ταλάντωσης) των μορίων του ελαστικού μέσου είναι κάθετη με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.

**Ελεύθερη πτώση:** η ευθύγραμμη επιταχυνόμενη κίνηση ενός σώματος όταν το αφήσουμε να πέσει από κάποιο ύψος και η μόνη δύναμη που ενεργεί σε αυτό είναι το βάρος του, το οποίο θεωρείται σταθερό.

**Ένταση ήχου:** η ενέργεια του ηχητικού κύματος που διέρχεται από τη μονάδα επιφάνειας στη μονάδα του χρόνου.

**Επιτάχυνση:** ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας, δηλαδή η μεταβολή της ταχύτητας στη μονάδα του χρόνου.

**Επιτάχυνση της βαρύτητας:** η επιτάχυνση του σώματος που πραγματοποιεί ελεύθερη πτώση και ισούται με την ένταση του βαρυτικού πεδίου.

**Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση:** η κίνηση στην οποία το κινητό διαγράφει ευθεία τροχιά και σε ίσους χρόνους διανύει ίσα διαστήματα.

**Ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις:** οι δυνάμεις που εμφανίζονται ανάμεσα σε φορτισμένα σώματα.

**Ηχητικά κύματα:** διαμήκη μηχανικά κύματα. Στον αέρα η μετάδοσή τους συνοδεύεται με μεταβολές της πίεσης.

**Ηχώ:** το φαινόμενο της καθυστερημένης ακρόασης του ίδιου ήχου λόγω ανάκλασής του σε μακρινό εμπόδιο.

**Θέση:** το σημείο στο οποίο βρίσκεται ένα σώμα ως προς το σημείο αναφοράς.

**Ισορροπία σώματος:** ένα σώμα λέμε ότι ισορροπεί όταν είναι ακίνητο ή όταν κινείται ευθύγραμμα με ταχύτητα σταθερού μέτρου.

**Ισχυρές αλληλεπιδράσεις:** οι δυνάμεις που συγκρατούν τα πρωτόνια και τα νετρόνια στον πυρήνα.

**Κεντρομόλος δύναμη:** η δύναμη που διατηρεί ένα σώμα σε κυκλική τροχιά και προκαλεί κεντρομόλο επιτάχυνση.

**Κεντρομόλος επιτάχυνση:** η επιτάχυνση ενός σώματος που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, η οποία οφείλεται στη μεταβολή της κατεύθυνσης της ταχύτητάς του.

**Κινητική ενέργεια:** η ενέργεια που έχει ένα σώμα όταν κινείται.

**Μάζα:** η ποσότητα της ύλης που περιέχεται σε ένα σώμα και εκφράζει την αδράνεια του σώματος.

**Μανόμετρα:** όργανα μέτρησης της πίεσης.

**Μέση (αριθμητική) ταχύτητα:** το πηλίκο του διαστήματος που διανύει το σώμα.

**Μετατόπιση:** η μεταβολή της θέσης ενός σώματος.

**Μήκος κύματος:** η απόσταση δύο γειτονικών κορυφών ή δύο γειτονικών πυκνωμάτων του κύματος.

**Ομαλή κυκλική κίνηση:** η κίνηση ενός σώματος όταν η τροχιά είναι κύκλος και το σώμα διανύει ίσα τόξα σε ίσα χρονικά διαστήματα.

**Περιοδική κίνηση:** η κίνηση που επαναλαμβάνεται ακριβώς η ίδια ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

**Περίοδος:** ο χρόνος που απαιτείται για να εκτελέσει το σώμα μία πλήρη κίνηση στην περιοδική κίνηση.

**Πίεση:** το μονόμετρο φυσικό μέγεθος που ορίζεται ως το πηλίκο της δύναμης που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας.

**Πλάτος του κύματος:** το πλάτος της ταλάντωσης που εκτελεί κάθε μόριο του ελαστικού μέσου, όταν σε αυτό διαδίδεται ένα κύμα.

**Σημείο αναφοράς:** σημείο που ορίστηκε ως αρχή των μετρήσεων της θέσης ενός σώματος.

**Στιγμιαία ταχύτητα:** η ταχύτητα που έχει ένα σώμα σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

**Συνισταμένη δύναμη:** η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα και προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα με αυτά που προκαλούν δύο ή περισσότερες δυνάμεις που ασκούνται στο ίδιο σώμα.

**Συντελεστής τριβής:** ο παράγοντας της τριβής που εξαρτάται από το είδος των επιφανειών.

**Συχνότητα:** ο αριθμός των επαναλήψεων της κίνησης στη μονάδα του χρόνου.

**Τριβή (στατική ή ολίσθησης):** μια δύναμη επαφής μεταξύ δύο σωμάτων που εμφανίζεται όταν το ένα τείνει να κινηθεί (στατική) ή κινείται ως προς το άλλο (ολίσθησης).

**Τροχιά:** η γραμμή που ενώνει τα σημεία από τα οποία διέρχεται ένα σώμα.

**Υδροστατική πίεση:** η πίεση που εμφανίζεται σε ένα σημείο στο εσωτερικό ενός υγρού το οποίο ισορροπεί.

**Υπέρηχοι:** ηχητικά κύματα με συχνότητες μεγαλύτερες των 20.000 Hz.

**Υπόηχοι:** ηχητικά κύματα με συχνότητες μικρότερες των 20 Hz.

**Χρονική διάρκεια ή χρονικό διάστημα:** το μέγεθος που μας περιγράφει το πόσο διήρκεσε ένα φαινόμενο.

**Χρονική στιγμή:** το μέγεθος που μας περιγράφει το πότε συνέβη κάποιο γεγονός.



Προτάσεις υλοποίησης των Δραστηριοτήτων και ενδεικτικές λύσεις-απαντήσεις των ερωτήσεων και των ασκήσεων

# Τυπολόγιο

ΕΝΝΟΙΑ – ΝΟΜΟΣ	ΤΥΠΟΣ
Μετατόπιση	$\Delta x = x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}}$
Μέση (αριθμητική) ταχύτητα	$v_{\mu} = \frac{S}{\Delta t}$
Νόμος του Hooke	$F = k\Delta l$
Συνισταμένη συγγραμμικών δυνάμεων ίδιας φοράς	$F_{\text{ολ}} = F_1 + F_2$
Συνισταμένη συγγραμμικών δυνάμεων αντίθετης φοράς	$F_{\text{ολ}} = F_1 - F_2 (F_1 > F_2)$
Συνισταμένη δύο κάθετων μεταξύ τους δυνάμεων	$F_{\text{ολ}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$
Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση	$\bar{v} = \text{σταθερή}$
Συνθήκη ισορροπίας	$F_{\text{ολ}} = 0$
Νόμος της παγκόσμιας έλξης	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
Βάρος	$F_g = mg$
Τριβή	$F_T = \mu F_N$
Πίεση	$p = \frac{F}{A}$
Υδροστατική πίεση	$p_{\text{υδρ}} = dgh$
Αρχή του Pascal	$\Delta p_1 = \Delta p_2$

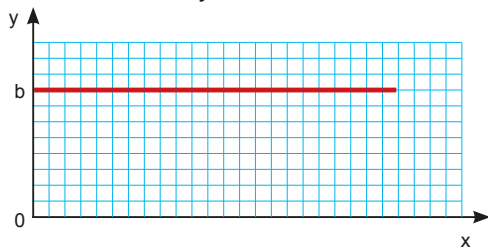
## ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ

Πυκνότητα νερού	$d = 1 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} = 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
-----------------	--

ΕΝΝΟΙΑ – ΝΟΜΟΣ	ΤΥΠΟΣ
Συνθήκη πλευσης	$F_A = F_g$
Αρχή του Αρχιμήδη	$F_A = d_{\text{υγρ}} g V_{\text{βυθισμ}}$
Πλευση σώματος	$d_{\text{σώματος}} < d_{\text{υγρού}}$
Επιτάχυνση	$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
2ος νόμος Νεύτωνα	$F_{\text{ολ}} = ma$
Ταχύτητα στην ομαλή κυκλική κίνηση	$v = \frac{s}{\Delta t}$
Σχέση περιόδου - συχνότητας	$f = \frac{1}{T}$
Κεντρομόλος δύναμη	$F_c = m\alpha_c$
Κινητική ενέργεια	$K = \frac{1}{2}mv^2$
Βαρυτική δυναμική ενέργεια	$U = mgh$
Έργο μιας σταθερής δύναμης	$W = F\Delta x$
Διατήρηση ενέργειας σε μηχανικό σύστημα	$K + U = \text{σταθερή}$
Θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής	$v = \lambda f$
Ανάκλαση κύματος	$\hat{\pi} = \hat{\alpha}$

## ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ

Το μέγεθος  $y$  είναι σταθερό και ανεξάρτητο από το  $x$ .  
 $y = b$



Το μέγεθος  $y$  είναι ανάλογο του  $x$ .  
 $y = ax$

