

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

# ΦΥΣΙΚΗ Α΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

---

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

### ΜΕΡΟΣ Α΄

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

# Φυσική Α΄ Λυκείου: Δραστηριότητες, Μέρος Α΄

Συγγραφή: **Γεώργιος Αρχοντής**, Αναπληρωτής Καθηγητής,  
Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου  
**Φώτιος Πτωχός**, Αναπληρωτής Καθηγητής,  
Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου  
**Νικόλαος Τούμπας**, Αναπληρωτής Καθηγητής,  
Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου  
**Ιωάννης Καρμιώτης**, Φυσικός,  
Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης  
**Δημήτριος Φιλίππου**, Φυσικός,  
Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης  
**Ανδρέας Παπαστυλιανού**,  
Πρώτος Λειτουργός Μέσης Εκπαίδευσης  
**Παναγιώτης Ελευθερίου**,  
Επιθεωρητής Μέσης Εκπαίδευσης Φυσικής  
**Γιαννάκης Χατζηκωστής**,  
Επιθεωρητής Μέσης Εκπαίδευσης Φυσικής

Σχεδιασμός εξωφύλλου: Θεόδωρος Κακουλλής,  
Λειτουργός Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων

Συντονισμός έκδοσης: Μαρίνα Άστρα Ιωάννου, Λειτουργός Υπηρεσίας Ανάπτυξης  
Προγραμμάτων

Γενικός Συντονισμός: Χρίστος Παρπούνας, Συντονιστής Υπηρεσίας Ανάπτυξης  
Προγραμμάτων

Α΄ Έκδοση 2016

Εκτύπωση:

© ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ISBN: 978-9963-0-4788-8



*Στο εξώφυλλο χρησιμοποιήθηκε ανακυκλωμένο χαρτί σε ποσοστό τουλάχιστον 50%, προερχόμενο από διαχείριση απορριμμάτων χαρτιού. Το υπόλοιπο ποσοστό προέρχεται από υπεύθυνη διαχείριση δασών.*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διασφάλιση της ποιότητας ζωής στον αιώνα που διανύουμε, βασίζεται ολοένα και περισσότερο στην επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο. Η απόκτηση εκπαίδευσης και δεξιοτήτων στην επιστήμη είναι απαραίτητη για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης και εδραίωσης της πραγματικής δημοκρατίας.

Με ιδιαίτερη χαρά προλογίζω την έκδοση του βιβλίου «Φυσική Α΄ Λυκείου». Το βιβλίο αυτό γράφτηκε με τη σκέψη ότι εσείς, οι σημερινοί μαθητές και οι αυριανοί πολίτες, θα πρέπει να δομήσετε ένα συνεκτικό σώμα γνώσεων, να αναπτύξετε τις αναγκαίες δεξιότητες και ικανότητες για συμμετοχή σε μια κοινωνία ενεργών και κριτικά σκεπτόμενων ανθρώπων και να διαμορφώσετε θετικές στάσεις και συμπεριφορές έναντι της επιστήμης. Γι' αυτό τον λόγο σε αυτό το βιβλίο τα θέματα της Φυσικής συνδέονται με την καθημερινή ζωή, τη φύση και την εξέλιξη της επιστήμης.

Επιθυμώ να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους εκπαιδευτικούς της ομάδας, Ιωάννη Καρμιώτη και Δημήτριο Φιλίππου, στον Πρώτο Λειτουργό Μέσης Εκπαίδευσης Ανδρέα Παπαστυλιανού, στους Επιθεωρητές Φυσικής Παναγιώτη Ελευθερίου και Γιαννάκη Χατζηκωστή, καθώς και στους πανεπιστημιακούς Γεώργιο Αρχοντή, Φώτιο Πτωχό και Νικόλαο Τούμπα που ασχολήθηκαν με τη συγγραφή του βιβλίου.

Τέλος, ευχαριστώ την Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων που είχε την ευθύνη για την έκδοση του βιβλίου αυτού.

Διευθυντής Μέσης Εκπαίδευσης

**Δρ Κυπριανού Λούης**

**Διευθυντής Μέσης Εκπαίδευσης**

## Λίγα λόγια για το νέο Βιβλίο Φυσικής της Α' Λυκείου

Αγαπητοί και αγαπητές μαθήτριες και μαθητές,

Σας καλωσορίζουμε στη νέα σχολική χρονιά, και σας ευχόμαστε, με αφετηρία αυτό το βιβλίο, να κάνετε ένα συναρπαστικό ταξίδι στον θαυμαστό κόσμο της Φυσικής.

Από τα βάθη της αρχαιότητας, οι άνθρωποι προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου. Τον 6ο αιώνα π.Χ. οι αρχαίοι Έλληνες φυσικοί φιλόσοφοι της Ιωνίας βασίστηκαν σε λογικά επιχειρήματα και διατύπωσαν τις πρώτες θεωρίες για την αρχή των όντων. Η σύγχρονη επιστημονική μεθοδολογία θεμελιώθηκε τον 17ο αιώνα από τον Γαλιλαίο (Galileo Galilei) και θέτει ως προϋπόθεση τη διεξαγωγή και ερμηνεία κατάλληλα σχεδιασμένων πειραμάτων. Σε συνδυασμό με την πειραματική μεθοδολογία, ο Γαλιλαίος τόνιζε ότι για την ερμηνεία των νόμων της Φύσης είναι απαραίτητη η χρήση των μαθηματικών (“το βιβλίο της Φύσης είναι γραμμένο με μαθηματικούς χαρακτήρες”). Τον ίδιο αιώνα, ο Ισαάκ Νεύτωνας διατύπωσε τους νόμους της κίνησης και τον νόμο της παγκόσμιας έλξης, στο φημισμένο έργο του *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.

Οι σύγχρονες Φυσικές θεωρίες και πειράματα μελετούν και ερμηνεύουν σε μεγάλο βαθμό φαινόμενα που παρατηρούνται τόσο σε υποατομική, όσο και σε αστρονομική κλίμακα, από τη συμπεριφορά των στοιχειωδών σωματιδίων μέχρι τη δημιουργία αστερών και την εξέλιξη του Σύμπαντος.

Σε συνδυασμό με την κατανόηση της συμπεριφοράς του Φυσικού κόσμου, η Φυσική έχει αναρίθμητες **πρακτικές εφαρμογές**. Η λειτουργία των συσκευών που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή για την παραγωγή φωτός, την παραγωγή και χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, την απορρόφηση ηλιακής ενέργειας, την κίνηση, την επικοινωνία και την ψυχαγωγία, βασίζεται σε φυσικές αρχές.

Στα μέσα του 20ου αιώνα, ο φημισμένος Αυστριακός Φυσικός Erwin Schroedinger, διατύπωσε στο βιβλίο του “*What is Life*” την άποψη ότι η Φυσική μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην ερμηνεία των φαινομένων που παρατηρούνται σε ζωντανούς οργανισμούς (**έμβια** ύλη). Η αλματώδης ανάπτυξη όλων των Φυσικών Επιστημών, ιδιαίτερα από τις αρχές του εικοστού αιώνα, καθιστά δυνατή τη μελέτη και την ερμηνεία της συμπεριφοράς της έμβιας ύλης με μία **διεπιστημονική προσέγγιση**, στην οποία συνδυάζονται μέθοδοι από πολλές επιστημονικές περιοχές (Φυσική, Χημεία, Βιολογία, κλάδοι Μηχανικής). Πειραματικές συσκευές που βασίζονται σε φυσικές αρχές, όπως το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, το μικροσκόπιο φθορισμού, το μικροσκόπιο ατομικής δύναμης και το σύγχροτρο προσφέρουν λεπτομερείς εικόνες της δομής του κυττάρου και των βιολογικών μορίων. Οι εικόνες αυτές, μαζί με θεωρητικά φυσικά

μοντέλα για τη δομή και τις δυνάμεις μεταξύ μορίων, συνεισφέρουν στο στοχευμένο σχεδιασμό φαρμάκων. Ταυτόχρονα, η Φυσική συνεισφέρει ουσιαστικά σε πολλές διαγνωστικές και θεραπευτικές τεχνικές της σύγχρονης Ιατρικής, όπως η χρήση υπερήχων, ο πυρηνικός μαγνητικός συντονισμός (MRI), η τομογραφία ποζιτρονίου-ηλεκτρονίου (PET scan), η ακτινοβολήση καρκινικών όγκων.

Οι αλματώδεις εξελίξεις που περιγράψαμε υποδεικνύουν ότι η Φυσική είναι ένας εξαιρετικά υποσχόμενος τομέας απασχόλησης για τους νέους ανθρώπους, που θα συνεισφέρουν στην πρόοδο της ανθρωπότητας, παίρνοντας τη σκυτάλη από τους παλαιότερους.

Το βιβλίο που έχετε στα χέρια σας αποτελεί ένα περιεκτικό και πλήρες κείμενο αναφοράς, που συμβαδίζει πιστά με το Αναλυτικό Πρόγραμμα.

Η ορθή χρήση και διατύπωση των Φυσικών Εννοιών και επιχειρημάτων επιτυγχάνεται μόνο με πολύχρονη, συνεχή και συστηματική εξάσκηση. Γι' αυτό το λόγο, καταβάλλαμε μεγάλη προσπάθεια έτσι ώστε το κείμενο του βιβλίου να χαρακτηρίζεται από σαφήνεια. Ελπίζουμε ότι αυτό θα σας βοηθήσει στο να κατανοήσετε και να διατυπώνετε ορθά και με σαφήνεια τις διδασκόμενες έννοιες.

Φροντίσαμε ώστε το κείμενο να βασίζεται στις ήδη αποκτηθείσες γνώσεις Μαθηματικών σας, χωρίς να τις υπερβαίνει.

Οι περισσότερες ενότητες ολοκληρώνονται με Ερωτήσεις Κατανόησης. Οι ερωτήσεις αυτές σας βοηθούν να επαναλάβετε βασικές έννοιες, και να ελέγξετε τον βαθμό στον οποίο τις έχετε κατανοήσει.

Η **επίλυση προβλημάτων** είναι **απαραίτητο και αναντικατάστατο στοιχείο** της εκπαίδευσης στη Φυσική. Τόσο η Πειραματική, όσο και η Θεωρητική Φυσική έχουν σημαντική ποσοτική συνιστώσα. Μαζί με την ανάπτυξη ικανοτήτων διερεύνησης και διατύπωσης συμπερασμάτων, είναι απαραίτητη και η σταδιακή ωρίμανση σας στην ποσοτική επεξεργασία δεδομένων. Γι' αυτό το λόγο έχουμε συμπεριλάβει στο βιβλίο πολυάριθμα λυμένα παραδείγματα και ασκήσεις κλιμακούμενης δυσκολίας.

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό χρειάζεται να δοκιμασθεί στην πράξη και να βελτιωθεί, όπου χρειάζεται. Ελπίζουμε να βρείτε το υλικό χρήσιμο, και σας ευχόμαστε **Καλή Νέα Σχολική Χρονιά**.

**Η Συγγραφική Ομάδα**



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ</b> .....	1
<b>Μονόμετρα και Διανυσματικά Μεγέθη, Μετατροπές Μονάδων Μέτρησης, Όργανα Μέτρησης</b> .....	2
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 1: Ταξινόμηση Μεγεθών σε Μονόμετρα και Διανυσματικά.....	3
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 2: Μετατροπές Μονάδων Μέτρησης.....	4
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 3: Επιλογή Οργάνου Μέτρησης Αποστάσεων, Χρονικών Διαστημάτων, Μαζών.....	7
<b>Μετρήσεις και Αβεβαιότητα</b> .....	10
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 4: Μετρήσεις και Αβεβαιότητα I: Πηγές Σφαλμάτων. Αντιστοιχία κλίμακας οργάνου και ακρίβειας μετρούμενων τιμών.....	11
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 5: Μετρήσεις και Αβεβαιότητα II. Σφάλμα Χρόνου Αντίδρασης.....	17
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΕΥΘΕΙΑ ΓΡΑΜΜΗ</b> .....	22
<b>Θέση, Μετατόπιση, Διανυόμενη Απόσταση</b> .....	23
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 6: Αναπαράσταση της Θέσης Σωμάτων σε Ευθεία Γραμμή.....	24
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 7: Υπολογισμός της Μετατόπισης ενός Σώματος σε Ευθεία Γραμμή ..	30
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 8: Υπολογισμός Διανυόμενης Απόστασης και Μετατόπισης για Σύνθετες Διαδρομές.....	31
<b>Μέση Διανυσματική Ταχύτητα, Στιγμιαία Ταχύτητα</b> .....	34
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 9: Μέτρηση της Στιγμιαίας Ταχύτητας με Σύστημα Φωτοπυλών.....	35
<b>Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση</b> .....	41
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 10: Εξαγωγή των Γραφικών Παραστάσεων Θέσης – Χρόνου και Ταχύτητας – Χρόνου στην Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση.....	42
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 11: Η διάταξη του ηλεκτρικού χρονομετρητή (ticker-timer).....	60
<b>Επιταχυνόμενη Κίνηση – Σύνδεση της Επιτάχυνσης με τη Μεταβολή στο Μέτρο/Αλγεβρική Τιμή της Ταχύτητας</b> .....	66
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 12: Σύνδεση Μέσης Επιτάχυνσης με τη Μεταβολή στο Μέτρο και την Αλγεβρική Τιμή της Ταχύτητας.....	67
<b>Ομαλά Επιταχυνόμενη Κίνηση</b> .....	70
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 13: Εξαγωγή της Γραφικής Παράστασης Θέσης – Χρόνου και Ταχύτητας – Χρόνου στην Ομαλά Επιταχυνόμενη Κίνηση.....	71
ΠΔ 13.2: Μελέτη της Κίνησης με Σταθερή Αρνητική Επιτάχυνση.....	81
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 14: Κίνηση σε κεκλιμένο διάδρομο – Μελέτη με διάταξη ticker-timer.....	86
<b>Ελεύθερη Πτώση</b> .....	91
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 15: Μελέτη της Ελεύθερης Πτώσης Σωμάτων και μέτρηση της επιτάχυνσης λόγω της βαρυτικής έλξης της Γης.....	92
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ</b> .....	99

<b>Σύνθεση Δυνάμεων</b> .....	100
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 16: Σύνθεση Δυνάμεων .....	101
<b>Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα</b> .....	114
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 17: Μελέτη της κίνησης ενός σώματος στο οποίο ασκείται μηδενική συνισταμένη δύναμη .....	115
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 18: Η Έννοια της Αδράνειας .....	119
<b>Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα (Θεμελιώδης Νόμος της Δυναμικής)</b> .....	125
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 19: Μελέτη της κίνησης ενός σώματος στο οποίο ασκείται μη μηδενική συνισταμένη δύναμη .....	126
<b>Στατική και Κινητική Τριβή</b> .....	132
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 20: Μελέτη της δύναμης της τριβής .....	133
<b>Ο Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα</b> .....	140
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 21: Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα .....	141



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

# Μονόμετρα και Διανυσματικά Μεγέθη, Μετατροπές Μονάδων Μέτρησης, Όργανα Μέτρησης

## Προτεινόμενες Δραστηριότητες: 1 - 3

### Τόπος Διεξαγωγής: Αίθουσα Διαλέξεων

**Σημείωση:** Αναλυτικές οδηγίες για τις Προτεινόμενες Δραστηριότητες (ΠΔ) περιέχονται στο Βιβλίο Εκπαιδευτικού (διαθέσιμο ηλεκτρονικά)

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Ταξινομούν τα φυσικά μεγέθη σε μονόμετρα και διανυσματικά
- Εκτελούν μετατροπές μεταξύ μονάδων μέτρησης
- Επιλέγουν τη σωστή μονάδα μέτρησης για να περιγράψουν το αντίστοιχο φυσικό μέγεθος

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 1** του Βιβλίου Μαθητή:

- Φυσικά μεγέθη και μονάδες μέτρησης (σελ. 14-15)
- Μετατροπές μονάδων (σελ. 17-19)
- Μονόμετρα και διανυσματικά μεγέθη (σελ. 20)
- Αβεβαιότητα και Μετρήσεις (σύνδεση κλίμακας οργάνου με ακρίβεια, σελ. 21-23)

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 1: Ταξινόμηση Μεγεθών σε Μονόμετρα και Διανυσματικά

**Χρόνος: 10 λεπτά**

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 14-15, 20

Στην τάξη έχετε συζητήσει τη διάκριση ανάμεσα σε μονόμετρα και διανυσματικά μεγέθη. Με βάση αυτή τη συζήτηση, να ταξινομήσετε τα επόμενα μεγέθη σε μονόμετρα και διανυσματικά. Σας δίδεται ένα παράδειγμα:

Μέγεθος	Μονόμετρο (Μ) / Διανυσματικό (Δ)
Μήκος Ράβδου	<b>Μ</b>
Απόσταση Γής - Ήλιου	
Θέση πολικού αστέρα στον ουράνιο θόλο	
Εμβαδόν σχολικής αίθουσας	
Όγκος κουτιού αναψυκτικού	
Χρονική διάρκεια του καλοκαιριού	
Μάζα ενός κουνουπιού	
Πυκνότητα του νερού	
Θερμοκρασία του Ήλιου	
Επιτάχυνση του αυτοκινήτου σας	
Βάρος φορητού υπολογιστή	
Ισχύς μιας λάμπας φωτισμού	
Τριβή	
Ηλεκτρικό φορτίο πρωτονίου	
Έλξη πρωτονίου – ηλεκτρονίου	
Όριο ταχύτητας στον αυτοκινητόδρομο	
Αντίσταση Αέρα	
Κινητική Ενέργεια πυραύλου	
Άνωση	

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 2: Μετατροπές Μονάδων Μέτρησης

### Χρόνος: 30 λεπτά

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 17-19

Για να πραγματοποιήσουμε κάποια μετατροπή μονάδων, πολλαπλασιάζουμε την τιμή του μεγέθους με έναν ή περισσότερους κατάλληλους λόγους, ίσους με 1. Επιλέγουμε τους λόγους έτσι ώστε να **απαλείφονται οι μονάδες από τις οποίες μετατρέπουμε**, και να **εμφανίζονται οι μονάδες στις οποίες μετατρέπουμε**. Θεωρούμε το εξής παράδειγμα:

1. Ένας τροχονόμος έχει συλλάβει έναν νεαρό οδηγό και τον κατηγορεί ότι είχε υπερβεί το όριο ταχύτητας στον αυτοκινητόδρομο (100 km/h). Ο νεαρός επιμένει ότι ήταν εντός του ορίου, διότι οδηγούσε μόνο με 30 m/s. Ποιος έχει δίκιο;

Για να μετατρέψουμε την ταχύτητα του οδηγού σε km/h, πρέπει στη θέση του m να εμφανισθεί το km και στη θέση του s να εμφανισθεί η h. Εργαζόμαστε ως εξής:

$$v = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \underbrace{\frac{3600}{1}}_{=1} \frac{\text{s}}{\text{h}} \underbrace{\frac{1}{1000}}_{=1} \frac{\text{km}}{\text{m}} = \frac{30 \times 3600}{1000} \frac{\text{m}}{\text{s}} \frac{\text{s}}{\text{h}} \frac{\text{km}}{\text{m}} = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Να παρατηρήσετε ότι:

- Οι μονάδες πολλαπλασιάζονται, διαιρούνται και απαλείφονται μεταξύ τους όπως οι αριθμοί.
- Οι μονάδες πρέπει να αναγράφονται συνεχώς, και όχι μόνο στο τέλος των πράξεων.

Να δοκιμάσετε εσείς:

2. Οι αστέρες νετρονίων είναι ουράνια σώματα με τυπική πυκνότητα  $\rho = 1100 \frac{\text{tn}}{\text{nanolitre}}$  (1 tn = 1000 Kg, 1 lt = 10<sup>9</sup> nanolitre). Να εκφράσετε την πυκνότητα ενός αστέρα νετρονίων σε Kg/cm<sup>3</sup> συμπληρώνοντας με κατάλληλο τρόπο την παρακάτω σχέση.

Ο λόγος μέσα σε κάθε αγκύλη [...] πρέπει να ισούται με 1.

$$\rho = 1100 \frac{\text{tn}}{\text{nanolitre}} \left[ \frac{\text{nanolitre}}{1 \text{ lt}} \right] \left[ \frac{1 \text{ lt}}{\text{cm}^3} \right] \left[ \frac{\text{Kg}}{1 \text{ tn}} \right] = \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

Ο όγκος ενός μικρού κύβου ζάχαρης είναι περίπου ίσος με  $1 \text{ cm}^3$ . Μόλις υπολογίσετε τη μάζα του υλικού ενός αστέρα νετρονίου που περιέχεται σε έναν μικρό κύβο αυτού του όγκου!

3. Η ανθρώπινη καρδιά λειτουργεί σαν αντλία που τροφοδοτεί με αίμα το ανθρώπινο σώμα. Η ροή του αίματος μέσα από την καρδιά είναι ίση με  $Q = 5 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$ . Να εκφράσετε αυτή τη ροή σε  $\text{cm}^3 / \text{s}$ .

$$Q = 5 \frac{\text{lt}}{\text{min}} = 5 \frac{\text{lt}}{\text{min}} \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

Δεδομένου ότι η καρδιά πάλλεται με ρυθμό περίπου 1 φορά ανά s, μόλις υπολογίσετε τον όγκο αίματος που στέλλει σε κάθε παλμό.

4. Στις 23 Σεπτεμβρίου 1999, η αποστολή του διαστημοπλοίου Mars Climate Orbiter (συνολικής αξίας 330 εκατομμυρίων δολαρίων) απέτυχε παταγωδώς, μετά από ένα ταξίδι διάρκειας 286 ημερών προς τον Άρη. Η αμερικανική αεροδιαστημική υπηρεσία NASA διαπίστωσε ότι το πρόβλημα προέρχονταν από λάθος στη μετατροπή μονάδων: Οι μηχανικοί της εταιρείας που κατασκεύαζε τους πυραύλους προώθησης έστειλαν δεδομένα για την απαιτούμενη προωθητική δύναμη στη μονάδα δύναμης round, και οι μηχανικοί της NASA έδιναν εντολές στο διαστημόπλοιο θεωρώντας ότι τα δεδομένα ήταν σε Newton (σύστημα SI).

Να υπολογίσετε την αντιστοιχία ανάμεσα στο 1 round δύναμης και στο 1 Nt δύναμης, λαμβάνοντας υπ' όψη τα εξής στοιχεία:

- Το βάρος  $B$  ενός σώματος μάζας  $m$  υπολογίζεται από τη σχέση  $B = mg$ , με  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  την επιτάχυνση της βαρύτητας.
- 1 round βάρους είναι το βάρος  $B$  ενός σώματος με μάζα  $m = 453,6$  γραμμάρια (1 round μάζας).

Με βάση τα παραπάνω:

$$\text{Βάρος } 1 \text{ pound} = 453,6 \text{ gr} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underbrace{\text{Kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}_{\text{Nt}} = \text{Nt}$$

5. **A.** Χρησιμοποιώντας τον Πίνακα 1-1 του βιβλίου και τη σχέση  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$  για τον όγκο μιας σφαίρας ακτίνας  $R$ , να υπολογίσετε τον όγκο της Γης (θεωρώντας ότι έχει σχήμα τέλειας σφαίρας).
- B.** Χρησιμοποιώντας τον Πίνακα 1-2 του βιβλίου, να υπολογίσετε την πυκνότητα της Γης. Να την συγκρίνετε με την πυκνότητα του νερού ( $1 \text{ g/cm}^3$ ).

Πρώτα θα υπολογίσετε την πυκνότητα της Γης (χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του βιβλίου, η απάντηση θα προκύψει σε  $\text{Kg/m}^3$ ):

$$\rho_{\Gamma\eta\varsigma} = \frac{M_{\Gamma\eta\varsigma}}{V_{\Gamma\eta\varsigma}} =$$

Προφανώς, η κατανομή μάζας της Γης δεν είναι ομοιόμορφη. Η απάντηση που βρήκατε εκφράζει τη μέση πυκνότητα της Γης.

Για να συγκρίνετε τη μέση πυκνότητα της Γης με την πυκνότητα του νερού, πρέπει να την εκφράσετε στις ίδιες μονάδες ( $\text{g/cm}^3$ ):

$$\rho_{\Gamma\eta\varsigma} = \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} =$$

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 3: Επιλογή Οργάνου Μέτρησης Αποστάσεων, Χρονικών Διαστημάτων, Μαζών

### Χρόνος στην Τάξη: 15 λεπτά

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 21-23

**A.** Να συζητήσετε στην τάξη πώς σχετίζεται η κλίμακα / μικρότερη υποδιαίρεση ενός οργάνου μέτρησης με το μέγεθος που θέλετε να μετρήσετε.

Η δεύτερη στήλη του Πίνακα 1 περιέχει διάφορα όργανα μέτρησης μήκους (αναφέρεται η μικρότερη υποδιαίρεση κάθε οργάνου), και διάφορες μονάδες μέτρησης μήκους. Η τέταρτη στήλη του Πίνακα 1 περιέχει χαρακτηριστικά μήκη. Για κάποια μήκη μπορείτε να συμβουλευθείτε τον Πίνακα 1-1 του βιβλίου.

Να ταιριάξετε το όργανο/μονάδα μέτρησης που θεωρείτε πιο κατάλληλο για να μετρήσει/περιγράψει το μήκος κάθε μεγέθους. Σας δίδεται ένα παράδειγμα.

Πίνακας 1. Αντιστοιχία οργάνων / μονάδων μέτρησης μήκους και μεγεθών με διάφορα μήκη			
A/A	Όργανο/Μονάδα Μέτρησης	A/A	Μέγεθος
1	Μετρητική ταινία με ένδειξη σε m		Απόσταση Ήλιου – Πλούτωνα
2	1 Έτος φωτός		Απόσταση μεταξύ Ευρωπαϊκών πόλεων
3	Μικροσκόπιο με διακριτική ικανότητα σε $\mu\text{m}$		Απόσταση μεταξύ ατόμων σε ένα υλικό
4	Χάρακας με ένδειξη σε mm	8	Ύψος ανθρώπου
5	1 Αστρονομική μονάδα (απόσταση Γης – Ήλιου)		Διαστάσεις οικοπέδου
6	Χάρακας με ένδειξη σε dm		Απόσταση μεταξύ γαλαξιών
7	Μετρητής αποστάσεων με ένδειξη σε km		Τυπικό κύτταρο
8	Μετρητική ταινία με ένδειξη σε cm		Μήκος μύγας
9	Μικροσκόπιο φαινομένου σήραγγας, με ικανότητα διάκρισης αποστάσεων 0,1 nm		Διαστάσεις σχολικής αίθουσας

Γ. (Για το σπίτι.) Η δεύτερη στήλη του Πίνακα 3 περιέχει όργανα μέτρησης μάζας (για κάθε όργανο αναφέρεται η μικρότερη υποδιαίρεσή του), και διάφορες μονάδες μέτρησης μάζας. Η τέταρτη στήλη περιέχει μεγέθη με διαφορετικές μάζες. Να ταιριάξετε το όργανο/μονάδα μέτρησης που θεωρείτε πιο κατάλληλο για να μετρήσει/περιγράψει τη μάζα του αντιστοίχου μεγέθους. Σας δίδεται ένα παράδειγμα.

<b>Πίνακας 2. Αντιστοιχία οργάνων / μονάδων μέτρησης χρόνου και μεγεθών με διάφορες χρονικές διάρκειες</b>			
<b>A/A</b>	<b>Όργανο/Μονάδα Μέτρησης</b>	<b>A/A</b>	<b>Μέγεθος</b>
1	Χρονόμετρο με ένδειξη λεπτών	5	Διάρκεια αγώνα στίβου 100 m
2	Έτος		Χρονικό διάστημα κατά το οποίο σημαίνει το σχολικό κουδούνι
3	Χρονόμετρο με ένδειξη δευτερολέπτου		Διάρκεια σεληνιακού μήνα
4	Χιλιετηρίδα		Χρόνος ζωής μιονίου
5	Χρονόμετρο με ένδειξη εκατοστού δευτερολέπτου		Τήξη παγετώνων
6	Εκατομμύριο χρόνια		Πήξη αυγού με βρασμό
7	Ημέρα		Μέση διάρκεια ζωής ανθρώπου
8	μs		Μετατόπιση τεκτονικών πλακών της Γής σε απόσταση km



**Πίνακας 3. Αντιστοιχία οργάνων / μονάδων μέτρησης μάζας και μεγεθών με διαφορετικές μάζες**

<b>A/A</b>	<b>Όργανο/Μονάδα Μέτρησης</b>	<b>A/A</b>	<b>Μέγεθος</b>
1	Μηχανική ζυγαριά με ένδειξη 0,1 Kg	3	Μάζα ανθρώπου
2	Ζυγιστικός σταθμός με ένδειξη 0,1 tn		Μάζα δυναμίτιδας (TNT) που έχει ισοδύναμη ισχύ με μια ατομική βόμβα
3	Ζυγαριά με ένδειξη σε kg		Μικρή τρίχα
4	Ηλεκτρονική ζυγαριά με ένδειξη σε mg		Μάζα θαλασσίων κητών
5	Mtn (Μεγατόνος)		Μάζα οροσειράς
6	Ηλεκτρονική ζυγαριά με ένδειξη σε μg		Μάζες συστατικών μιας συνταγής φαρμάκων
7	Τόνος		Μάζα αυτοκινήτων
8	Gtn (Γιγατόνος)		Μάζα εντόμων

## Μετρήσεις και Αβεβαιότητα

### Προτεινόμενες Δραστηριότητες: 4 – 5

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Συζητούν τους παράγοντες που συνεισφέρουν στην αβεβαιότητα μετρήσεων
- Συνδέουν την κλίμακα οργάνων μέτρησης με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων των τιμών που προκύπτουν από τα όργανα
- Μελετούν συνεισφορές στην αβεβαιότητα μετρήσεων από παράγοντες όπως το σφάλμα παράλλαξης, το συστηματικό σφάλμα και ο χρόνος αντίδρασης

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 1** του βιβλίου μαθητή:

- Αβεβαιότητα και Μετρήσεις (σελ. 21-23)

## **Προτεινόμενη Δραστηριότητα 4: Μετρήσεις και Αβεβαιότητα I: Πηγές Σφαλμάτων. Αντιστοιχία κλίμακας οργάνου και ακρίβειας μετρούμενων τιμών**

Σε αυτή τη δραστηριότητα θα μελετήσετε διάφορους παράγοντες που συνεισφέρουν στα σφάλματα μετρήσεων, και θα μάθετε πώς να χρησιμοποιείτε την κλίμακα του οργάνου μέτρησης για να αποδίδετε μετρούμενες τιμές με τη σωστή ακρίβεια.

**Χρόνος: 40 λεπτά**

## ΠΔ 4.1: Σφάλμα Παράλλαξης και Συστηματικό Σφάλμα

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

- Χάρακας βαθμονομημένος σε χιλιοστόμετρα
- Μολύβι

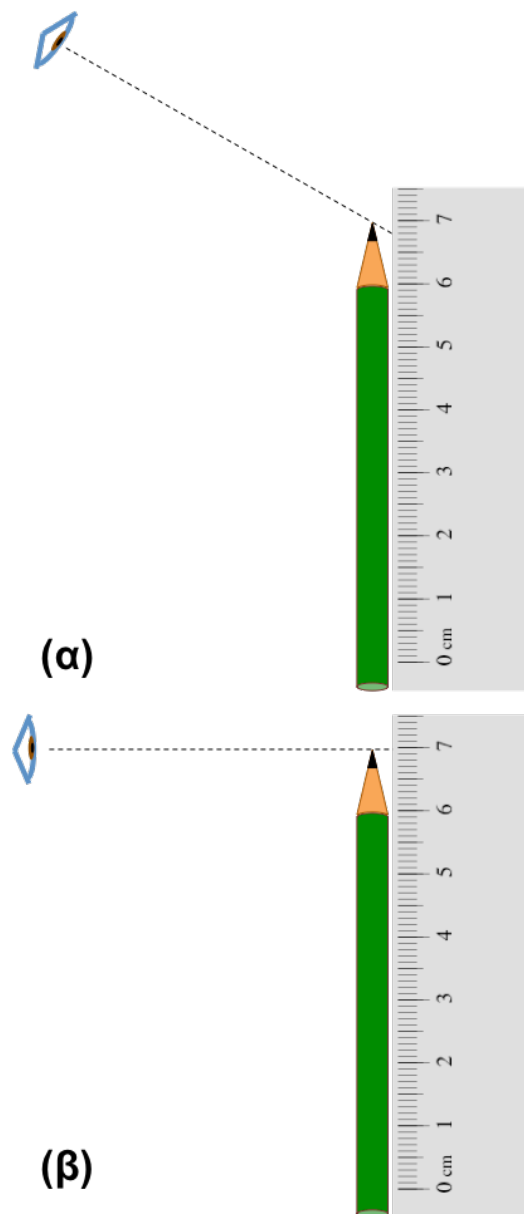
Η άσκηση να γίνει σε ομάδες των δύο μαθητών/ριών.

**Χρόνος: 20 λεπτά**

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 23

Σε αυτή την δραστηριότητα θα μελετήσετε το σφάλμα παράλλαξης και το συστηματικό σφάλμα κατά τη μέτρηση του μήκους ενός μολυβιού με χάρακα βαθμονομημένο σε χιλιοστόμετρα.

- Να ακουμπήσετε το μολύβι και το χάρακα στο θρανίο και σε κατακόρυφη διεύθυνση (Σχήμα α). Να τοποθετήσετε το μολύβι έτσι ώστε η πίσω άκρη του μολυβιού να είναι ευθυγραμμισμένη με την άκρη του χάρακα.
- Να παρατηρήσετε το χάρακα από ψηλά (Σχήμα α) και να εκτιμήσετε με ποια ένδειξη του χάρακα φαίνεται ευθυγραμμισμένη η μύτη του μολυβιού. Αυτή η εκτίμηση είναι η μέτρησή σας για το μήκος του μολυβιού. Η εκτίμησή σας πρέπει να περιλαμβάνει το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων. Σημειώνουμε ότι ο χάρακας είναι βαθμονομημένος σε χιλιοστόμετρα.
- Κρατώντας πάντοτε τον χάρακα και το μολύβι σε κατακόρυφη διεύθυνση και στην ίδια ευθυγράμμιση, να μετακινηθείτε έτσι ώστε η διεύθυνση παρατήρησής σας να έρθει στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με τη μύτη του μολυβιού (Σχήμα β). **Χρειάζεται αναθεώρηση η εκτίμησή σας για την ένδειξη της μύτης του μολυβιού;**
- Να μετακινήσετε τον χάρακα και το μολύβι έτσι ώστε η διεύθυνση παρατήρησής σας να είναι στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με την ένδειξη «0» του χάρακα. Να παρατηρήσετε κατά πόσο η πίσω άκρη του μολυβιού είναι σωστά ευθυγραμμισμένη με την ένδειξη «0».



Να συμπληρώσετε τις δύο μετρήσεις σας για το μήκος του μολυβιού, χρησιμοποιώντας το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων. Να συμπεριλάβετε τη μονάδα μέτρησης.

Μέτρηση 1: \_\_\_\_\_

Μέτρηση 2: \_\_\_\_\_

**Ερώτηση:** Ποια μέτρηση προσεγγίζει καλύτερα, κατά την γνώμη σας, το πραγματικό μήκος του μολυβιού (καλύτερη πιστότητα); Γιατί;

---

---

---

Όπως διαπιστώσατε, η πίσω άκρη του μολυβιού **δεν είναι ευθυγραμμισμένη με την ένδειξη «0»** επειδή αυτή η ένδειξη δεν συμπίπτει με την άκρη του χάρακα. Η λανθασμένη ευθυγράμμιση εισάγει ένα **συστηματικό σφάλμα** στη μέτρηση του μήκους του μολυβιού. Η ονομασία **«συστηματικό»** υποδηλώνει ότι αυτό το σφάλμα δεν εξαρτάται από τη γωνία παρατήρησης, αλλά επηρεάζει με τον ίδιο τρόπο και τις δύο μετρήσεις. Πώς μεταβάλλει το συστηματικό σφάλμα τις δύο εκτιμήσεις για το μήκος του μολυβιού;

---

---

---

**Ερώτηση:** Να συζητήσετε με την ομάδα σας μια μέθοδο μέτρησης, με την οποία μπορείτε να περιορίσετε το συστηματικό σφάλμα και το σφάλμα παράλλαξης τόσο στην ευθυγράμμιση με την ένδειξη «0», όσο και στην εκτίμηση της ένδειξης για τη μύτη του μολυβιού.

---

---

---

---


**Ερώτηση (για το σπίτι):** Να εξηγήσετε, χρησιμοποιώντας κατάλληλο σχήμα, το σφάλμα παράλλαξης. Μπορείτε να αναφέρετε άλλα παραδείγματα, στα οποία η ένδειξη του οργάνου εξαρτάται από η γωνία με την οποία παρατηρείτε το όργανο;


## ΠΔ 4.2: Σύνδεση της Κλίμακας Οργάνου με την Ακρίβεια της Μετρούμενης Τιμής. Εφαρμογή στη Μέτρηση του Μήκους Τετραδίου με Χάρακα Διαφορετικών Κλιμάκων

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

- Χάρακας με διαφορετική βαθμονόμηση σε κάθε πλευρά

### Χρόνος: 20 λεπτά

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 23

Σε αυτή τη δραστηριότητα θα μάθετε πώς να εκτιμάτε τη μετρούμενη τιμή ενός μήκους με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων, χρησιμοποιώντας χάρακα με διαφορετικές κλίμακες.

Να τοποθετήσετε την ένδειξη «0» του χάρακα έτσι ώστε να συμπίπτει με την μία άκρη του τετραδίου. Να εκτιμήσετε την ένδειξη για τη θέση της δεύτερης άκρης του τετραδίου, χρησιμοποιώντας και τις τέσσερις πλευρές του χάρακα.

Ερώτηση: Με ποιο τρόπο ελαχιστοποιήσατε το σφάλμα παράλλαξης και το συστηματικό σφάλμα;

Να καταγράψετε τις τέσσερις ενδείξεις στη δεύτερη στήλη (Α) του Πίνακα 1. Σε κάθε περίπτωση, η ένδειξη θα πρέπει να καταγραφεί με τέτοιο τρόπο ώστε το τελευταίο ψηφίο να εκφράζει την εκτίμησή σας (αβέβαιο ψηφίο) και το προτελευταίο (βέβαιο) ψηφίο να αντιστοιχεί στη μικρότερη υποδιαίρεση της κλίμακας που χρησιμοποιήσατε. Τα ψηφία που καταγράφεται για κάθε ένδειξη με τον τρόπο αυτό αποτελούν τα λεγόμενα σημαντικά ψηφία της ένδειξης.

**Πίνακας 1. Εκτίμηση του μήκους της πλευράς τετραδίου**

<b>Μικρότερη υποδιαίρεση χάρακα</b>	<b>Μήκος πλευράς τετραδίου (A)</b>	<b>Μήκος πλευράς τετραδίου (B)</b>
Μέτρα (m)	m	m
Δεκατόμετρα (dm)	dm	dm
Εκατοστόμετρα (cm)	cm	cm
Χιλιοστόμετρα (mm)	mm	mm

Να συμπληρώσετε τις εκτιμήσεις ενός συμμαθητή/ριάς σας στην τελευταία στήλη (B) του Πίνακα 1.

**Ερωτήσεις:**

- (1) Πώς διαφέρουν μεταξύ τους οι εκτιμήσεις των στηλών A και B των δύο μαθητών, καθώς αυξάνεται η ακρίβεια της κλίμακας (μικραίνουν οι υποδιαίρεσεις);
- (2) Πώς βοηθά η χρήση κλίμακας με μικρότερες υποδιαίρεσεις στην εκτίμηση του μήκους;

(1)

---

---

---

(2)

---

---

---



## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 5: Μετρήσεις και Αβεβαιότητα II. Σφάλμα Χρόνου Αντίδρασης

**Χρόνος: 30 λεπτά**

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 23

Σε αυτές τις δραστηριότητες θα μελετήσετε το χρόνο αντίδρασης του πειραματικού. Ο χρόνος αυτός συνεισφέρει στα σφάλματα μέτρησης χρονικών διαστημάτων.

Η μέτρηση ενός χρονικού διαστήματος επηρεάζεται από τον χρόνο αντίδρασης του πειραματικού. Ο χρόνος αντίδρασης του πειραματικού μπορεί να υπολογιστεί και να αφαιρεθεί από τις μετρήσεις χρονικών διαστημάτων. Ο χρόνος αντίδρασης διαφέρει από άτομο σε άτομο και εξαρτάται εν μέρει από την εκπαίδευση του πειραματικού.

## ΠΔ 5.1: Μελέτη Χρόνου Αντίδρασης

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

- Χρονόμετρο χειρός

### Χρόνος: 15 λεπτά

Σε αυτή τη δραστηριότητα θα μετρήσετε το μέσο χρόνο αντίδρασης των μελών της ομάδας σας.

Να εξακριβώσετε πρώτα ποια είναι η μικρότερη υποδιαίρεση του χρονομέτρου χειρός, και να αποφασίσετε με ποια ακρίβεια θα καταγράψετε τα χρονικά διαστήματα που θα μετρήσετε.

Να χωριστείτε σε ομάδες των 6 ατόμων, και τα μέλη κάθε ομάδας να σχηματίσουν κύκλο. Ένα μέλος να κρατά το χρονόμετρο, και τα υπόλοιπα πέντε μέλη να πιάνονται χέρι – χέρι. Το μέλος της ομάδας με το χρονόμετρο ξεκινά τη μέτρηση του χρόνου, και ταυτόχρονα χτυπά με το ελεύθερο χέρι του τον ώμο του γειτονικού του ατόμου. Το άτομο αυτό αντιδρά και σφίγγει το χέρι του επόμενου γειτονικού του ατόμου. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι και το πέμπτο άτομο της ομάδας, το οποίο χτυπά στον ώμο τον έκτο παίκτη (αυτόν με το χρονόμετρο) και τον ειδοποιεί να σταματήσει το χρονόμετρο.

Το χρονόμετρο μετρά το συνολικό χρόνο αντίδρασης των έξι παικτών. Με τον τρόπο αυτό μπορείτε να υπολογίσετε το μέσο χρόνο αντίδρασης των μελών της ομάδας σας.

Να καταγράψετε το συνολικό χρονικό διάστημα που μέτρησε το χρονόμετρο, με το σωστή μονάδα μέτρησης. Να υπολογίσετε τον μέσο χρόνο αντίδρασης των μελών της ομάδας σας, διαιρώντας το συνολικό χρονικό διάστημα με τον αριθμό των ατόμων της ομάδας. Να γράψετε την απάντησή σας με τη σωστή μονάδα μέτρησης.

**Συνολικός χρόνος που κατέγραψε το χρονόμετρο:**

**Μέσος χρόνος αντίδρασης ομάδας:**

Να επαναλάβετε την προηγούμενη διαδικασία, μόνο που αυτή την φορά όλα τα μέλη κάθε ομάδας θα κρατάτε τα μάτια σας κλειστά. Να καταγράψετε πάλι τον συνολικό χρόνο του χρονομέτρου, και να υπολογίσετε τον νέο μέσο χρόνο αντίδρασης των μελών της ομάδας.

**Συνολικός χρόνος που κατέγραψε το χρονόμετρο (κλειστά μάτια):**

**Μέσος χρόνος αντίδρασης ομάδας (κλειστά μάτια):**

**Ερώτηση:** Πιστεύετε ότι ένα χρονόμετρο χειρός είναι κατάλληλο για να μετρήσετε με καλή αξιοπιστία (πιστότητα) χρονικά διαστήματα μικρότερα από ένα δευτερόλεπτο;

---

---

---

---

---

---

---

---

## ΠΔ 5.2: Μέτρηση του Χρόνου Πτώσης μιας Μπάλας με Χρονόμετρο Χειρός

Σε αυτή τη δραστηριότητα θα μελετήσετε τη συνεισφορά του χρόνου αντίδρασης στο σφάλμα μέτρησης του χρόνου πτώσης μιας μπάλας.

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

- Ηλεκτρονικό χρονόμετρο
- Μικρή μπάλα
- Χάρακας ενός μέτρου ή μετροταινία

Προτείνεται η δραστηριότητα να γίνει σε ομάδες των τριών ατόμων

### Χρόνος: 15 λεπτά

Ένα μέλος της ομάδας κρατά την μπάλα σε ύψος περίπου 2 μέτρων, και το δεύτερο μέλος κρατά το ηλεκτρονικό χρονόμετρο. Να ξεκινήσετε το χρονόμετρο τη στιγμή που ο/η συμμαθητής/ρια σας αφήνει την μπάλα να πέσει, και να το σταματήσετε την στιγμή που η μπάλα χτυπά στο έδαφος. Να επαναλάβετε τις μετρήσεις σας 5 φορές, αφήνοντας την μπάλα πάντοτε από το ίδιο ύψος (2 μέτρα). Να καταγράψετε τα αποτελέσματά σας στον επόμενο Πίνακα, χρησιμοποιώντας το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων και τη σωστή μονάδα μέτρησης.

Μετρήσεις του χρόνου πτώσης μιας μπάλας

Δοκιμή	Χρόνος πτώσης (Μαθητής/ρια Α)	Χρόνος πτώσης (Μαθητής/ρια Β)
1		
2		
3		
4		
5		

**Ερωτήσεις:** Από τον Πίνακα μπορείτε να διαπιστώσετε ότι οι μετρήσεις διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους. Να συζητήσετε τους παράγοντες που συνεισφέρουν στις παρατηρούμενες διαφορές, λαμβάνοντας υπόψη σας τα εξής:

- Πώς συγκρίνεται ο χρόνος πτώσης της μπάλας με τον τυπικό χρόνο αντίδρασης των μελών της τάξης σας (προηγούμενη δραστηριότητα); Πόσες φορές συνεισφέρει

ο χρόνος αντίδρασης στη μέτρηση της χρονικής διάρκειας πτώσης της μπάλας;

- Η χρονική διάρκεια που μετράτε είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την πραγματική χρονική διάρκεια πτώσης της μπάλας;
- Να υποθέσετε ότι κρατάτε εσείς την μπάλα και το χρονόμετρο, και επαναλαμβάνετε τις παραπάνω μετρήσεις. Περιμένετε ότι οι χρόνοι πτώσης που θα μετρήσετε θα είναι μεγαλύτεροι ή μικρότεροι από αυτούς του Πίνακα 4; Να εξηγήσετε την απάντησή σας.

Να επαναλάβετε την διαδικασία, αναθέτοντας αυτή τη φορά στο τρίτο μέλος της ομάδας σας να χρησιμοποιεί το χρονόμετρο, και να συμπληρώσετε τη δεύτερη στήλη του Πίνακα 4. Τι παρατηρείτε σχετικά με τις μετρήσεις του συμμαθητή σας;

**Ερώτηση:** Ο χρόνος αντίδρασης είναι σταθερός για όλους τους πειραματικούς; Από τι πιστεύετε ότι εξαρτάται ο χρόνος αντίδρασης του πειραματικού, υποθέτοντας πάντοτε ότι είναι προσεκτικός στις μετρήσεις του; Τι ρόλο παίζει η εκπαίδευση/εξοικείωση με το πείραμα;

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΕΥΘΕΙΑ ΓΡΑΜΜΗ

## Θέση, Μετατόπιση, Διανυόμενη Απόσταση

Προτεινόμενες Δραστηριότητες: 6 - 8

Τόπος διεξαγωγής: Αίθουσα διαλέξεων ή Εργαστήριο

Χρόνος στην Τάξη: 40 λεπτά

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/τριες μαθαίνουν να:

- Προσδιορίζουμε τη θέση ενός σώματος σε ευθεία, επιλέγοντας σημείο αναφοράς και κατεύθυνση
- Υπολογίζουμε τη μετατόπιση σώματος σε ευθεία
- Υπολογίζουμε τη διανυόμενη απόσταση σε ευθεία
- Διακρίνουμε ανάμεσα σε μετατόπιση και διανυόμενη απόσταση

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 2** του βιβλίου:

- Θέση (σελ. 30-31)
- Μετατόπιση και διανυόμενη απόσταση (σελ. 32-35)
- Χρονική στιγμή και χρονικό διάστημα (σελ. 36)

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 6: Αναπαράσταση της Θέσης Σωμάτων σε Ευθεία Γραμμή

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

- Μετροταινία ή χάρακας, τετραγωνισμένο χαρτί
- Μολύβια, πέννες, ή άλλα αντικείμενα γραφείου

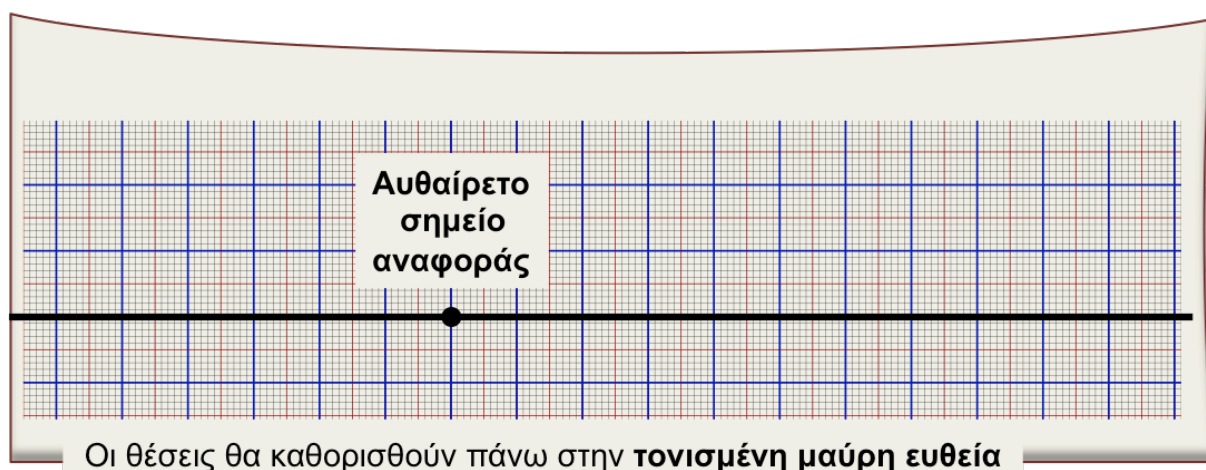
### Τόπος διεξαγωγής: Αίθουσα διαλέξεων ή εργαστήριο

**Χρόνος: 20 λεπτά**

### ΠΔ 6.1: Προσδιορισμός της Θέσης Σωμάτων σε μια Ευθεία

**A)** Η απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικές γραμμές του χιλιοστομετρικού χαρτιού ισούται με 1 mm. Δύο διαδοχικές χοντρές γραμμές απέχουν 1 cm. Να τονίσετε με το μολύβι σας μια χοντρή γραμμή (Εικόνα 1). Θα προσδιορίσουμε τη θέση διαφόρων αντικειμένων *επάνω σε αυτή τη γραμμή*.

Να επιλέξετε αυθαίρετα ένα σημείο της τονισμένης ευθείας, που να είναι σημείο τομής με μια άλλη κάθετη χοντρή ευθεία (όπως στην Εικόνα 1). Αυτό θα είναι το **σημείο αναφοράς**, ως προς το οποίο θα καθορίσετε τις θέσεις διαφόρων αντικειμένων.



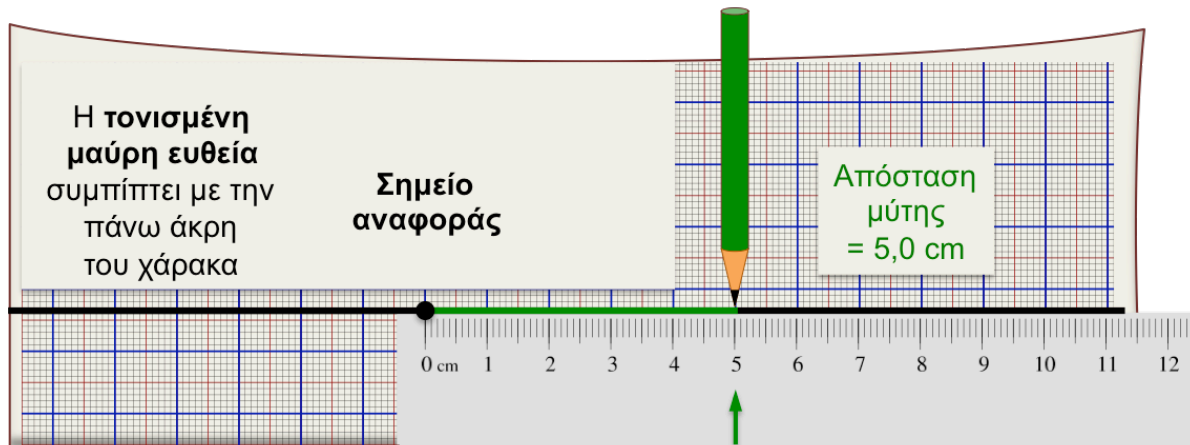
**Εικόνα 1.** Οι θέσεις θα καθορισθούν πάνω στην τονισμένη μαύρη ευθεία ως προς ένα αυθαίρετο σημείο αναφοράς (μαύρη κουκίδα).

**B)** Να τοποθετήσετε ένα μολύβι στο θρανίο σας, έτσι ώστε η μύτη του να αγγίζει την τονισμένη ευθεία.

Να τοποθετήσετε τον χάρακα έτσι ώστε η επάνω άκρη του να είναι ευθυγραμμισμένη με την τονισμένη ευθεία, και η ένδειξη «0» του χάρακα να συμπίπτει με το σημείο αναφοράς. Η ένδειξη στη θέση της μύτης του μολυβιού δείχνει **την απόσταση** της μύτης από το σημείο



αναφοράς. Στην Εικόνα 2, η απόσταση είναι 5,00 cm.

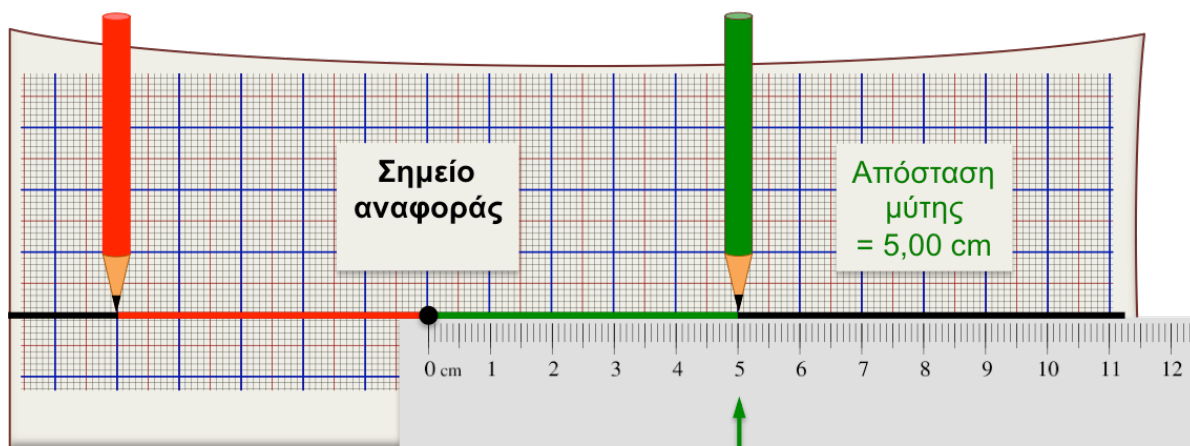


Εικόνα 2. Η απόσταση της μύτης από το σημείο αναφοράς είναι ίση με 5,00 cm.

Να μετρήσετε την απόσταση της μύτης του μολυβιού σας από το σημείο αναφοράς που επιλέξατε. Να γράψετε την μέτρησή σας σύμφωνα με την υποδιαίρεση του χάρακά σας. Μην ξεχάσετε να συμπεριλάβετε τη μονάδα μέτρησης και το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

Απόσταση =	
------------	--

Γ) Χρησιμοποιώντας τον χάρακα ή το χιλιοστομετρικό χαρτί, να τοποθετήσετε ένα δεύτερο μολύβι από την άλλη μεριά του σημείου αναφοράς, έτσι ώστε η μύτη του να αγγίζει την τονισμένη ευθεία και να βρίσκεται στην ίδια απόσταση που μετρήσατε για το πρώτο μολύβι (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Οι μύτες των δύο μολυβιών ισαπέχουν κατά 5,00 cm από το σημείο αναφοράς, αλλά βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία.

Στην Εικόνα 3, οι δύο μύτες ισαπέχουν από το σημείο αναφοράς, αλλά βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία της ευθείας.

**Συμπέρασμα:** Για να καθορίσουμε πλήρως τη θέση ενός σώματος σε μια ευθεία, χρειάζεται εκτός από \_\_\_\_\_ να καθορίσουμε και \_\_\_\_\_ σε σχέση με το σημείο αναφοράς.

Για να περιγράψουμε τον προσανατολισμό επάνω στην ευθεία θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε κάποια από τις ορολογίες «Αριστερά» / «Δεξιά», «Ανατολικά / Δυτικά», «Βόρεια / Νότια». Αναφέρετε **πιθανά προβλήματα** που θα μπορούσαν να προκύψουν από αυτές τις ορολογίες.

**Αριστερά/Δεξιά:**

---

---

**Βόρεια/Νότια, Ανατολικά/Δυτικά:**

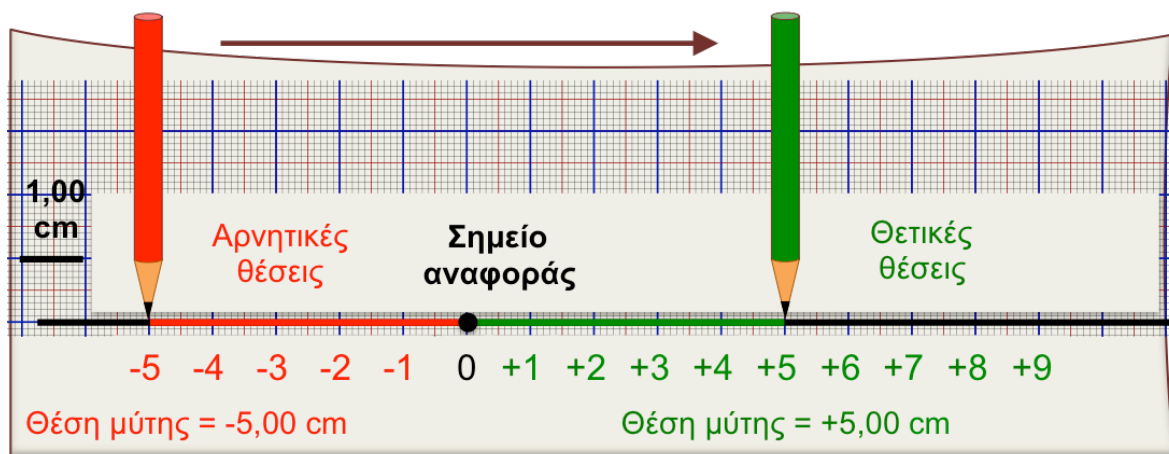
---

---

---

**Δ)** Μια εύχρηστη ορολογία διαχωρίζει τις τιμές των θέσεων σε «θετικές» και «αρνητικές». Το σημείο αναφοράς χωρίζει την ευθεία σε δύο ημιευθείες. Στο σημείο αναφοράς αντιστοιχεί η τιμή 0. Να επιλέξετε αυθαίρετα μία ημιευθεία σαν «**θετική**», και την άλλη σαν «**αρνητική**». Οι θέσεις της θετικής ημιευθείας έχουν θετικές τιμές, και αυτές της αρνητικής ημιευθείας έχουν αρνητικές τιμές. Στην Εικόνα 4 φαίνεται μία από τις δύο δυνατές επιλογές.

### Θετική κατεύθυνση (αύξηση τιμής θέσεων)



**Εικόνα 4.** Η επιλογή της θετικής και αρνητικής ημιευθείας σε σχέση με το σημείο αναφοράς καθορίζει και τη **θετική κατεύθυνση**, προς την οποία αυξάνονται οι τιμές των θέσεων.

Η **αλγεβρική τιμή** της θέσης της μύτης του πράσινου μολυβιού ισούται με +5,00 cm και αυτής του κόκκινου μολυβιού ισούται με -5,00 cm.

Η κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να μετακινηθούμε στην ευθεία για να **αυξηθούν οι τιμές των θέσεων** ορίζεται ως η **θετική κατεύθυνση** (Εικόνα 4).

Να κάνετε το σχεδιάγραμμα της ευθείας σας, στο οποίο να φαίνεται το **σημείο αναφοράς** και η **θετική κατεύθυνση** που επιλέξατε. Να σημειώσετε τις **αλγεβρικές τιμές** των θέσεων των δύο μολυβιών σας και να συμπληρώσετε στο σχεδιάγραμμα την κλίμακα που χρησιμοποίησατε.



Κλίμακα  $\longleftrightarrow$  = \_\_ cm

**Ερώτηση για το σπίτι:** Να σχολιάσετε αν η ορολογία «θετική/αρνητική» θέση είναι πιο εύχρηστη από τις άλλες ορολογίες που αναφέρθηκαν (δεξιά/αριστερά κλπ).

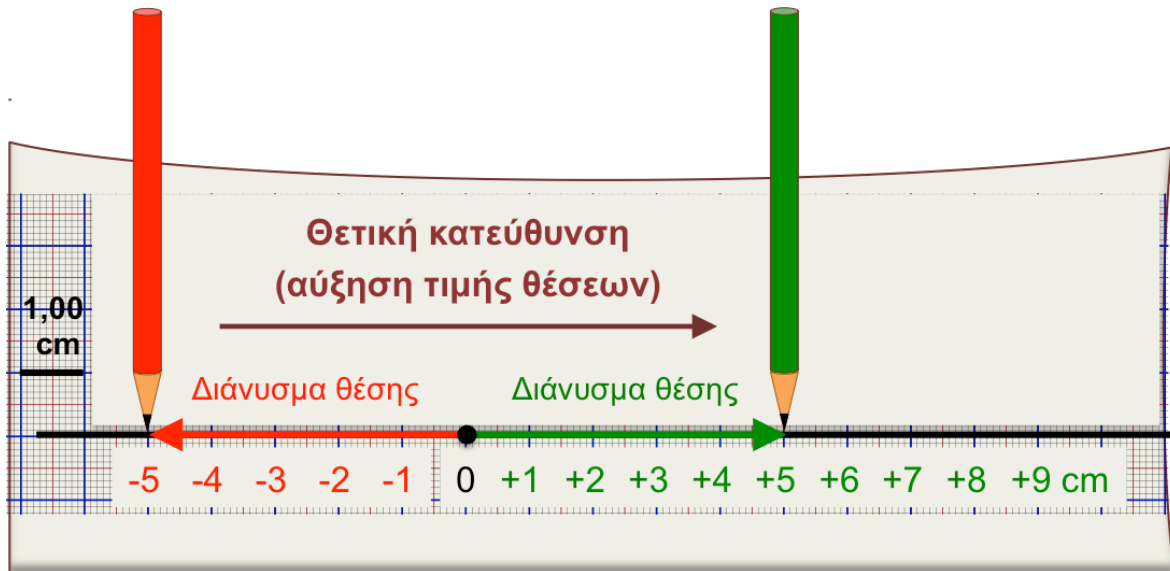
---

---

---

### Ε) Αναπαράσταση θέσεων με βέλη

Η θέση της μύτης κάθε μολυβιού σε μια ευθεία μπορεί να παρασταθεί με δύο ισοδύναμους τρόπους: (1) την αλγεβρική της τιμή, και (2) ένα βέλος με αρχή το σημείο αναφοράς και τέλος τη μύτη. Αυτό φαίνεται στην Εικόνα 5.

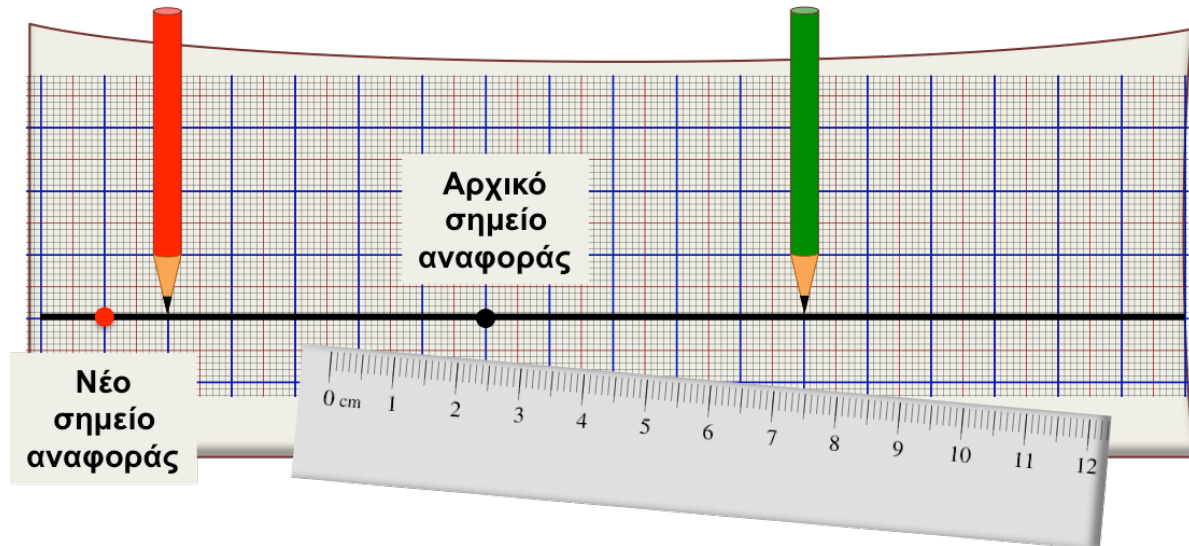


Εικόνα 5. Η θέση κάθε μύτης μπορεί να παρασταθεί από ένα βέλος που ξεκινά από το σημείο αναφοράς και καταλήγει στη μύτη.

Στο προηγούμενο σχεδιάγραμμα, που κάνατε στο μέρος Δ, να συμπληρώσετε τα βέλη των θέσεων των δύο μολυβιών

## ΠΔ 6.2: Η Αλγεβρική Τιμή της Θέσης Εξαρτάται από το Σημείο Αναφοράς

Να τοποθετήσετε τα μολύβια όπως στις δραστηριότητες 6.1Β – 6.1Γ, αλλά να σημειώσετε στην ευθεία σας ένα νέο σημείο αναφοράς. **Να τοποθετήσετε το χάρακα, έτσι ώστε η θέση «0 cm» να ευθυγραμμιστεί με το νέο σημείο αναφοράς** (παράδειγμα στην Εικόνα 6). Να επιλέξετε τη θετική κατεύθυνση και να υπολογίσετε τις θέσεις των μολυβιών σας ως προς το νέο σημείο αναφοράς.



**Εικόνα 6.** Τα μολύβια είναι στερεωμένα στις ίδιες θέσεις, αλλά επιλέγουμε ένα νέο σημείο αναφοράς στην ευθεία (παράδειγμα στην εικόνα), και τη θετική κατεύθυνση.

Να κάνετε σχεδιάγραμμα της ευθείας σας, στο οποίο να φαίνεται το **νέο σημείο αναφοράς**, η **θετική κατεύθυνση** και να σημειώνονται **οι αλγεβρικές τιμές και τα βέλη** των θέσεων των δύο μολυβιών σας. Να συμπληρώσετε στο σχεδιάγραμμα που ακολουθεί την κλίμακα που χρησιμοποιήσατε.



Κλίμακα  $\longleftrightarrow$  = \_\_ cm

Να εξηγήσετε γιατί η αλγεβρική τιμή και το βέλος της θέσης ενός σώματος εξαρτώνται από την επιλογή του σημείου αναφοράς και της θετικής κατεύθυνσης.

---

---

---

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 7: Υπολογισμός της Μετατόπισης ενός Σώματος σε Ευθεία Γραμμή

**Τόπος διεξαγωγής: Αίθουσα διαλέξεων**

**Χρόνος: 10 λεπτά**

Η μετατόπιση σε μια ευθεία υπολογίζεται από την διαφορά της αρχικής από την τελική θέση:

$$\Delta x = x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}}$$

Η αρχική και τελική θέση εισάγονται με την αλγεβρική τους τιμή.

**Το διάνυσμα της μετατόπισης** παριστάνεται γραφικά από ένα βέλος που ξεκινά από την αρχική θέση και καταλήγει στην τελική θέση.

Στο παρακάτω σχήμα, τα σημεία A και B υποδεικνύουν την αρχική και τελική θέση ενός σαλιγκαριού, που κινείται επάνω σε οριζόντιο δρόμο. Να υπολογίσετε την αλγεβρική τιμή της μετατόπισης και να ζωγραφίσετε το διάνυσμα της μετατόπισης. Δίνεται ένα παράδειγμα:

	$\Delta x = +5,0 \text{ m} - 0,0 \text{ m}$ $= +5,0 \text{ m}$

**Ερώτηση για το σπίτι:** Να συσχετίσετε τη φορά του βέλους της μετατόπισης με το πρόσημο της αλγεβρικής της τιμής. Τι παρατηρείτε;

---



---



---

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 8: Υπολογισμός Διανυόμενης Απόστασης και Μετατόπισης για Σύνθετες Διαδρομές

### ΠΔ 8.1: Η Διανυόμενη Απόσταση ισούται με το Μήκος της Διαδρομής

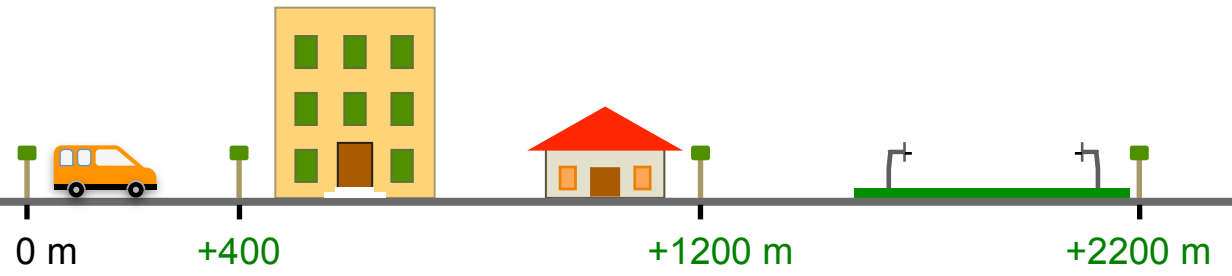
#### Τόπος διεξαγωγής: Αίθουσα διαλέξεων

#### Χρόνος: 5 λεπτά

Η **διανυόμενη απόσταση** είναι το μήκος της συνολικής διαδρομής που διαγράφει το σώμα κατά τη διάρκεια της μετατόπισής του. Επειδή ισούται με μήκος, είναι **μονόμετρο** μέγεθος.

Ένα λεωφορείο εκτελεί τη διαδρομή από την αφετηρία (0 m) μέχρι το γήπεδο και πίσω. Η θέση κάθε στάσης σε σχέση με την αφετηρία (σημείο αναφοράς) φαίνεται στο σχήμα. Πέντε επιβάτες έκαναν τα δρομολόγια που δίνονται στην αριστερή στήλη του πίνακα. Για κάθε δρομολόγιο να υπολογίσετε τη **συνολική διανυόμενη απόσταση** από το λεωφορείο.

Να υπολογίσετε τη διανυόμενη απόσταση που αντιστοιχεί σε κάθε δρομολόγιο.

	
Αφετηρία → Γήπεδο	
Γήπεδο → Πολυκατοικία	
Σπίτι → Γήπεδο	
Αφετηρία → Γήπεδο → Πολυκατοικία	
Σπίτι → Αφετηρία → Σπίτι	

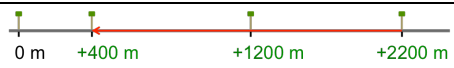
**ΠΔ 8.2: Η Μετατόπιση Εξαρτάται μόνο από την Αρχική και την Τελική θέση, και όχι από τη Διαδρομή**

**Τόπος διεξαγωγής: Αίθουσα διαλέξεων**

**Χρόνος: 5 λεπτά**

Όπως αναφέραμε στη θεωρία, για κίνηση σε ευθεία γραμμή, η μετατόπιση υπολογίζεται ως η διαφορά της αλγεβρικής τιμής της αρχικής θέσης από την αλγεβρική τιμή της τελικής θέσης

Να υπολογίσετε τη μετατόπιση του επιβάτη για τα δρομολόγια της δραστηριότητας **ΠΔ8.1** και να ζωγραφίσετε το αντίστοιχο διάγραμμα. Μία από τις στήλες έχει συμπληρωθεί, ως παράδειγμα.

Αφετηρία → Γήπεδο	
Γήπεδο → Πολυκατοικία	-1800 m, 
Σπίτι → Γήπεδο	
Αφετηρία → Γήπεδο → Πολυκατοικία	
Σπίτι → Αφετηρία → Σπίτι	

<b>Ερώτηση:</b> Είναι δυνατόν η διανυόμενη απόσταση να είναι αρνητική; Γιατί;
<b>Ερώτηση:</b> Είναι δυνατόν η μετατόπιση να είναι ίση με μηδέν και η διανυόμενη απόσταση να είναι διαφορετική του μηδενός; Να αναφέρετε ένα παράδειγμα.
<b>Ερώτηση:</b> Να αναφέρετε δύο παραδείγματα κίνησης σε ευθεία, για τα οποία η μετατόπιση



δεν συμπίπτει με τη διανυόμενη απόσταση:

(1)

---

---

---

(2)

---

---

## Μέση Διανυσματική Ταχύτητα, Στιγμιαία Ταχύτητα

Σημείωση: Οι έννοιες της μέσης αριθμητικής και της μέσης διανυσματικής ταχύτητας έχουν διδαχθεί με αντίστοιχα παραδείγματα (σελ. 39-41, 42-43 του βιβλίου). Στη μελέτη σας, να ανακαλέσετε αυτές τις έννοιες.

### Προτεινόμενη Δραστηριότητα 9

**Χρόνος: 40 λεπτά**

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/τριες μαθαίνουν να:

- Μελετούν κάποιο παράδειγμα κίνησης στο οποίο η ταχύτητα μεταβάλλεται με το χρόνο
- Καταλήγουν σε ένα λειτουργικό ορισμό/τρόπο μέτρησης της στιγμιαίας ταχύτητας
- Χρησιμοποιούν αυτό τον ορισμό για να υπολογίσουν τη στιγμιαία ταχύτητα σε διάφορα σημεία της κίνησης

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 2** του βιβλίου:

- Μέση αριθμητική ταχύτητα (σελ. 38-41)
- Μέση διανυσματική ταχύτητα (σελ. 41-43)
- Στιγμιαία ταχύτητα (σελ. 43-45)

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 9: Μέτρηση της Στιγμιαίας Ταχύτητας με Σύστημα Φωτοπυλών

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Αλουμινένιος διάδρομος, φωτοπύλες, διεπαφή (interface), υπολογιστής, αμαξάκι.

### Χρόνος: 40 λεπτά

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 46-47

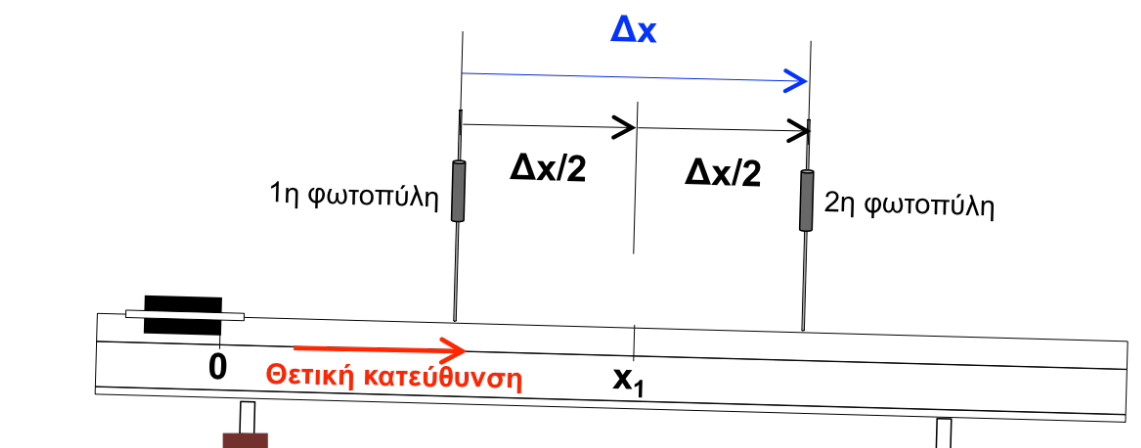
Στην προτεινόμενη δραστηριότητα θα μετρήσετε τη μέση διανυσματική ταχύτητα ενός αυτοκινήτου που κατεβαίνει σε κεκλιμένο διάδρομο. Θα μάθετε ότι στο όριο ενός μικρού χρονικού διαστήματος, η μέση ταχύτητα προσεγγίζει τη στιγμιαία ταχύτητα του αμαξιού.

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από ένα κεκλιμένο διάδρομο, φωτοπύλες, διεπαφή (interface), υπολογιστή, αμαξάκι και διάφορα διαφράγματα. Η μέση ταχύτητα του αμαξιού μπορεί να μετρηθεί με τους ακόλουθους τρόπους.

Στη **διάταξη 1** χρησιμοποιούμε δύο φωτοπύλες, που καταγράφουν το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που διακόπτεται η φωτεινή δέσμη της 1<sup>ης</sup> φωτοπύλης μέχρι τη στιγμή που διακόπτεται η δέσμη της 2<sup>ης</sup> φωτοπύλης.

Επιλέγουμε ένα σημείο αναφοράς κοντά στην επάνω άκρη του κεκλιμένου διαδρόμου (θέση 0). Ορίζουμε τη θετική κατεύθυνση κατά μήκος του διαδρόμου, από την επάνω προς την κάτω άκρη. Σημειώνουμε μια θέση  $x_1$ . Τοποθετούμε τις δύο φωτοπύλες έτσι ώστε να ισαπέχουν από τη θέση  $x_1$  και η μεταξύ τους απόσταση να είναι ίση με  $\Delta x$ . Εάν το χρονικό διάστημα που καταγράφεται από τις φωτοπύλες είναι ίσο με  $\Delta t$ , η μέση διανυσματική ταχύτητα του αμαξιού για την κίνησή του ανάμεσα στις φωτοπύλες υπολογίζεται ως  $v_{\mu\delta} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ .

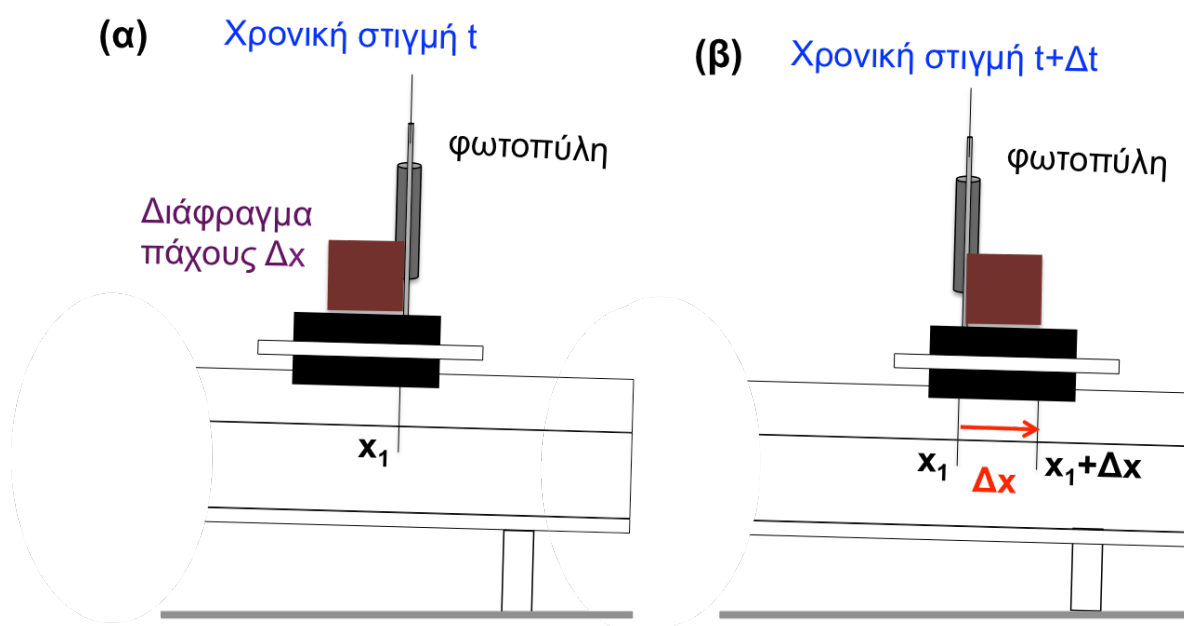
Όταν το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  είναι αρκετά μικρό, αυτή η τιμή προσεγγίζει τη στιγμιαία ταχύτητα του αμαξιού καθώς διέρχεται από τη θέση  $x_1$ .



**Διάταξη 1.** Το σύστημα των φωτοπυλών μετρά το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  από τη στιγμή που διακόπτεται η φωτεινή δέσμη της 1<sup>ης</sup> φωτοπύλης (το αμαξάκι φθάνει στην πρώτη φωτοπύλη) μέχρι τη στιγμή που διακόπτεται η δέσμη της 2<sup>ης</sup> φωτοπύλης (το αμαξάκι φθάνει στη δεύτερη φωτοπύλη). Στο διάστημα  $\Delta t$ , η μπροστινή πλευρά του αμαξιού μετατοπίζεται κατά  $\Delta x$ .

**Διάταξη 2:** Η στιγμιαία ταχύτητα του αυτοκινήτου μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας μόνο μία φωτοπύλη. Σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να επικολλησετε διαφράγματα διαφορετικού πάχους  $\Delta x$  στο αυτοκίνητο και να ανασηκώσετε τη φωτοπύλη, έτσι ώστε μόνο τα διαφράγματα να μπορούν να διακόπτουν τη φωτεινή δέσμη. Εάν θέσετε το διακόπτη της συσκευής στην κατάλληλη ενδειξη (GATE), η συσκευή μετρά το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στη διακοπή και επαναφορά της φωτεινής δέσμης, δηλαδή ανάμεσα στις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες αρχίζει και ολοκληρώνεται η διέλευση του διαφράγματος μπροστά από τη φωτοπύλη.

Αν το διάφραγμα έχει πάχος  $\Delta x$  και το αντίστοιχο χρονικό διάστημα είναι  $\Delta t$ , η εκτίμηση για τη στιγμιαία ταχύτητα του αυτοκινήτου, καθώς διέρχεται από τη φωτοπύλη, είναι  $v = \Delta x / \Delta t$ .



**Διάταξη 2.** Μία φωτοπύλη μετρά το χρονικό διάστημα από την στιγμή που διακόπτεται η φωτεινή δέσμη (το διάφραγμα πάχους  $\Delta x$  αρχίζει να διέρχεται από τη φωτοπύλη) μέχρις ότου αποκαθίσταται η δέσμη (το διάφραγμα ολοκληρώνει τη διέλευσή του από τη φωτοπύλη).

Στην διενέργεια των μετρήσεων είτε χρησιμοποιώντας τη διάταξη 1, είτε τη διάταξη 2, να σιγουρευθείτε ότι οι φωτοπύλες είναι κάθετα τοποθετημένες ως προς τον κεκλιμένο διάδρομο, έτσι ώστε να μετρούν χρονικά διαστήματα που αντιστοιχούν σε μετατοπίσεις κατά μήκος του διαδρόμου.

**Ερώτηση:** Να ανατρέξετε στη μελέτη που είχατε κάνει για το τυπικό σφάλμα χρόνου αντίδρασης των μελών της ομάδας σας, και να συγκρίνετε αυτό το σφάλμα με την αναμενόμενη διάρκεια της κίνησης του αμαξίου. Γιατί χρησιμοποιούμε φωτοπύλες αντί για χρονόμετρο χειρός στο συγκεκριμένο πείραμα;

### A) Μέτρηση μέσης διανυσματικής ταχύτητας

1. Θα χρησιμοποιήσετε τη **διάταξη 1** για να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα του αμαξιού σε διαφορετικές περιοχές του κεκλιμένου διαδρόμου.

Να τοποθετήσετε τις δύο φωτοπύλες έτσι ώστε να ισαπέχουν από τη θέση  $x_1$ , και η απόσταση μεταξύ των φωτοπυλών  $\Delta x$  να ισούται με 50 cm. Το μέγεθος  $\Delta x$  ισούται με τη μετατόπιση της μπροστινής πλευράς του αμαξιού από την πρώτη στη δεύτερη φωτοπύλη.

Να αφήσετε το αμαξάκι με μηδενική αρχική ταχύτητα από το σημείο εκκίνησης (θέση 0), και να καταγράψετε το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  στο οποίο η μπροστινή πλευρά του αμαξιού μετατοπίζεται από την πρώτη στη δεύτερη φωτοπύλη. Από το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  και την μετατόπιση  $\Delta x$  να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα του αμαξιού.

Μετατόπιση $\Delta x$ (m)	Χρονικό διάστημα $\Delta t$ (s)	Μέση διανυσματική ταχύτητα $v_{\mu\delta} = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

2. Να επιλέξετε ένα δεύτερο σημείο σε θέση  $x_2 > x_1$ . Να τοποθετήσετε τις δύο φωτοπύλες συμμετρικά ως προς το νέο σημείο, διατηρώντας την απόσταση μεταξύ τους ίση με 50 cm. Να αφήσετε το αμαξάκι να εκκινήσει με μηδενική αρχική ταχύτητα, και να υπολογίσετε τη νέα μέση διανυσματική ταχύτητα του αμαξιού.

Μετατόπιση $\Delta x$ (m)	Χρονικό διάστημα $\Delta t$ (s)	Μέση διανυσματική ταχύτητα $v_{\mu\delta} = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

3. Να συγκρίνετε τις δύο τιμές που βρήκατε για τη μέση ταχύτητα. Τι συμπεραίνετε;


## B) Μέτρηση της στιγμιαίας ταχύτητας – Χρήση της διάταξης 2

4. Να εκτελέσετε το πείραμα αφήνοντας το αμαξάκι να εκκινήσει από την ηρεμία, κρατώντας το σημείο εκκίνησης (θέση 0) αμετάβλητο. Σε κάθε πείραμα να τοποθετείτε ένα διάφραγμα διαφορετικού πάχους  $\Delta x$  στο αμαξάκι. Το πάχος του διαφράγματος ισούται με την τιμή της μετατόπισης της μπροστινής πλευράς του διαφράγματος, όταν ολόκληρο το διάφραγμα διέλθει μπροστά από τη φωτοπύλη.

Να σημειώσετε στον πιο κάτω πίνακα τη μετατόπιση της μπροστινής πλευράς του διαφράγματος ( $\Delta x$ ), και την αντίστοιχη χρονική διάρκεια  $\Delta t$  της κίνησης με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων. Στην τελευταία στήλη του πίνακα να συμπληρώσετε τη μέση ταχύτητα του αμαξιού.

Μετατόπιση $\Delta x$ (m)	Χρονικό διάστημα $\Delta t$ (s)	Μέση Ταχύτητα $v_{\mu\delta} = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

5. α) Πώς μεταβάλλεται η μέση ταχύτητα καθώς ελαττώνεται το πάχος  $\Delta x$  του διαφράγματος;


**β)** Στην τελευταία μέτρηση, το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  είναι πολύ μικρό. Φαντασθείτε ότι μπορούμε να συνεχίσουμε το πείραμα με τον ίδιο τρόπο, ελαττώνοντας ακόμη περισσότερο το πάχος του διαφράγματος  $\Delta x$  και το αντίστοιχο χρονικό διάστημα  $\Delta t$ . Τι εκφράζει η μέση ταχύτητα  $\Delta x / \Delta t$ , όταν το διάστημα  $\Delta t$  γίνει απειροελάχιστο;

6. Στη μέτρηση της μέσης ταχύτητας με τη **διάταξη 2**, δείξατε ότι αν το πάχος του διαφράγματος  $\Delta x$  γίνει πολύ μικρό (και συνεπώς αν το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  της κίνησης του αμαξιού ανάμεσα στις φωτοπύλες γίνει πολύ μικρό), ο λόγος  $\Delta x / \Delta t$  αποτελεί μια εκτίμηση για τη *στιγμιαία* ταχύτητα του αμαξιού σε μια χρονική στιγμή μέσα στο διάστημα  $\Delta t$ .

Στις επόμενες μετρήσεις θα εφαρμόσετε αυτή τη λειτουργική μέθοδο προσδιορισμού της στιγμιαίας ταχύτητας για να την υπολογίσετε σε διάφορες αποστάσεις από το σημείο εκκίνησης.

Να μεταβάλλετε τη θέση της φωτοπύλης έτσι ώστε να απέχει διαδοχικά κατά 50 cm, 100 cm, 150 cm από το σημείο εκκίνησης. Να χρησιμοποιείτε συνεχώς το ίδιο διάφραγμα με το ελάχιστο δυνατό πάχος  $\Delta x$ . Για κάθε περίπτωση να αφήνετε το αμαξάκι να κινηθεί από την ηρεμία.

**α)** Να σημειώσετε στον πιο κάτω πίνακα τη θέση της φωτοπύλης ( $x$ ), τη μετατόπιση  $\Delta x$  και τη χρονική διάρκεια ( $\Delta t$ ) της διέλευσης του διαφράγματος που καταγράφεται από τη φωτοπύλη. Στην τελευταία στήλη να συμπληρώσετε την εκτίμησή σας για την αντίστοιχη *στιγμιαία* ταχύτητα του αμαξιού.

Θέση φωτοπύλης $x$ (m)	Μετατόπιση μπροστινής πλευράς διαφράγματος $\Delta x$ (m)	Χρονικό διάστημα $\Delta t$ (s)	Στιγμιαία ταχύτητα $v = \Delta x / \Delta t$ (m/s)



## Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση

### Προτεινόμενη Δραστηριότητα 10

Χρόνος: 40 λεπτά

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/τριες μαθαίνουν να:

- Μελετούν την κίνηση ενός αυτοκινήτου που διατηρεί σταθερή ταχύτητα
- Διαπιστώνουν από τη γραφική παράσταση της θέσης – χρόνου του αυτοκινήτου ότι κινείται με σταθερή ταχύτητα
- Κατανοούν ότι η κλίση της ευθείας της γραφικής παράστασης θέσης – χρόνου ισούται με την ταχύτητα της κίνησης
- Συνδέουν το εμβαδόν της επιφάνειας ανάμεσα στην γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου και στον άξονα του χρόνου με τη μετατόπιση του σώματος

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 2** του βιβλίου:

- Η Έννοια της Ταχύτητας (σελ. 38)
- Μέση Αριθμητική Ταχύτητα (σελ. 38-41)
- Μέση Διανυσματική Ταχύτητα (σελ. 41-43)
- Στιγμιαία Ταχύτητα (σελ. 43-45)\*
- Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (σελ. 51-61)

\*Οι πρώτες 4 Ενότητες έχουν μελετηθεί με παραδείγματα από το βιβλίο

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 10: Εξαγωγή των Γραφικών Παραστάσεων Θέσης – Χρόνου και Ταχύτητας – Χρόνου στην Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Αυτοκίνητο με μπαταρία, αισθητήρας κίνησης, υπολογιστής, μοιρογνωμόνιο ή υπολογιστική.

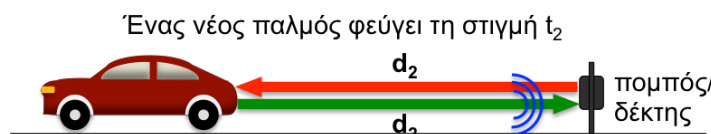
### Χρόνος: 40 λεπτά

Η πειραματική διάταξη του επόμενου σχήματος αποτελείται από ένα αυτοκίνητο με μπαταρία, έναν αισθητήρα κίνησης και έναν υπολογιστή. Ο αισθητήρας κίνησης παράγει συνεχώς ηχητικούς παλμούς. Όταν ο αισθητήρας είναι στραμμένος προς το αυτοκίνητο, οι παλμοί ανακλώνται στο αυτοκίνητο και επιστρέφουν σε έναν ηχητικό δέκτη. Από το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στην εκπομπή και την επιστροφή ενός παλμού και από την ταχύτητα του ήχου στον αέρα ( $v_{\eta\chi\omicron\upsilon} \sim 340 \text{ m/s}$ ), ο αισθητήρας υπολογίζει το μήκος της διαδρομής ( $2d$ ) του ηχητικού παλμού. Η απόσταση του αυτοκινήτου είναι το μισό αυτής της διαδρομής ( $d$ ).



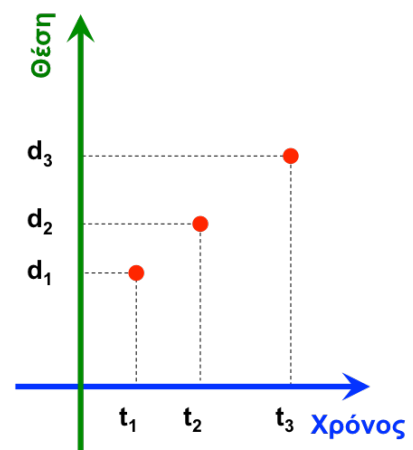
και επιστρέφει μετά από διάστημα  $\Delta t_1$

$$2d_1 = v_{\eta\chi\omicron\upsilon} \Delta t_1 \Rightarrow d_1 = \frac{v_{\eta\chi\omicron\upsilon} \Delta t_1}{2}$$



και επιστρέφει μετά από διάστημα  $\Delta t_2$

$$2d_2 = v_{\eta\chi\omicron\upsilon} \Delta t_2 \Rightarrow d_2 = \frac{v_{\eta\chi\omicron\upsilon} \Delta t_2}{2}$$



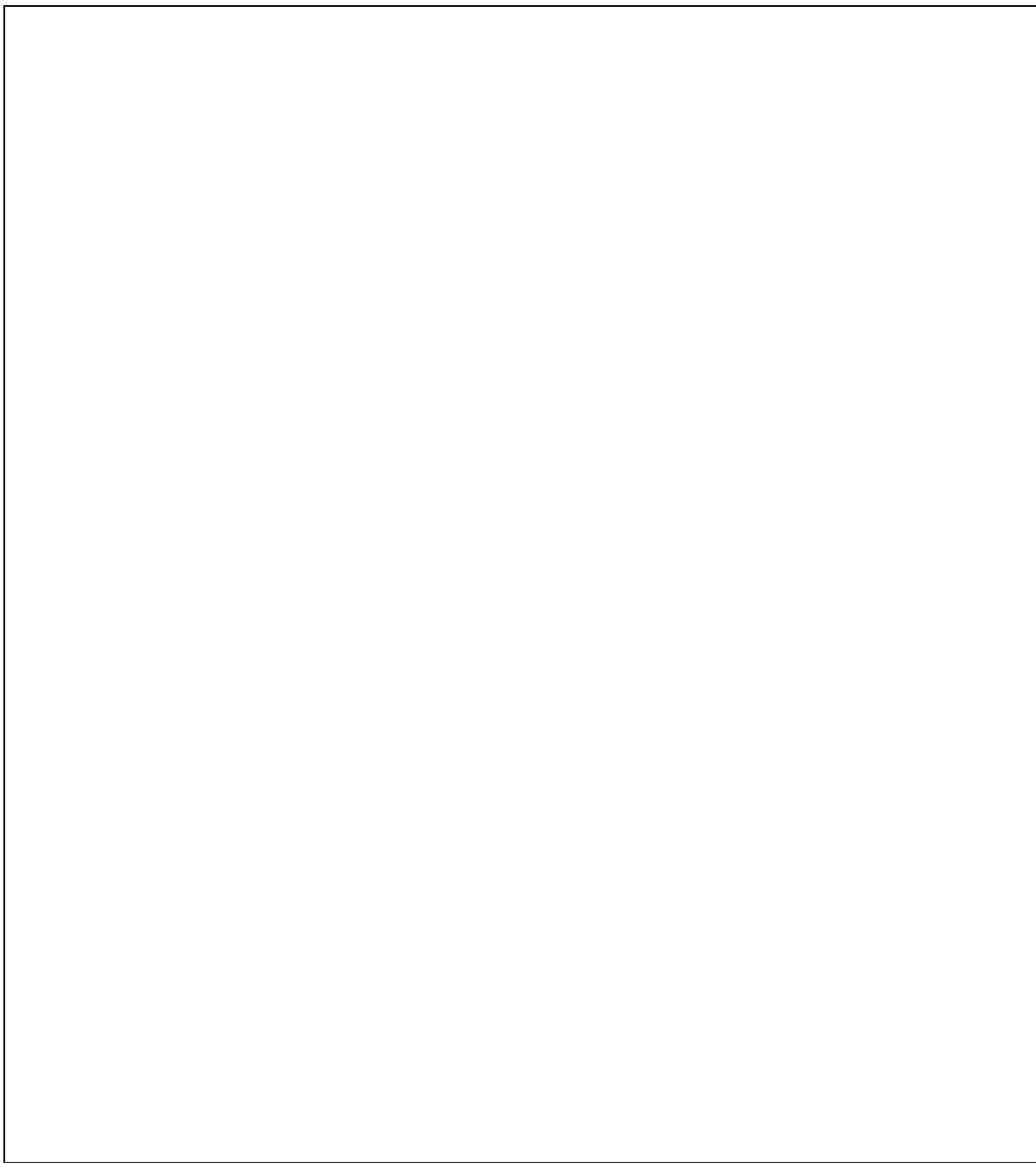
Πειραματική διάταξη για τον προσδιορισμό της γραφικής παράστασης θέσης-χρόνου του αυτοκινήτου. Το αυτοκίνητο απομακρύνεται από τον αισθητήρα.

Ο υπολογιστής καταγράφει την απόσταση του αυτοκινήτου σε διαφορετικές χρονικές στιγμές  $t_1, t_2, t_3, \dots$  και παράγει τη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου του αυτοκινήτου.

## ΠΔ 10.1: Μελέτη της Κίνησης με Σταθερή Θετική Ταχύτητα

### Α) Γραφική παράσταση θέσης-χρόνου

Το αυτοκινητάκι αφήνεται να κινηθεί έτσι ώστε **να απομακρύνεται** από τον αισθητήρα. Ο αισθητήρας είναι στραμμένος προς το αυτοκίνητο. Να επικολλήσετε στον παρακάτω χώρο τη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου που προκύπτει για το αυτοκίνητο.



Γραφική παράσταση θέσης – χρόνου όταν το αυτοκίνητο απομακρύνεται από τον αισθητήρα.

**Ερώτηση:** Ο αισθητήρας μετράει την απόσταση του αυτοκινήτου από τον ηχητικό πομπό/δέκτη. Να συζητήσετε στην τάξη τα εξής ερωτήματα, και να συμπληρώσετε τις απαντήσεις στο σπίτι.

(1) Ποια είναι η ευθεία κίνησης του αυτοκινήτου;

(2) Πώς πρέπει να επιλεγεί το σημείο αναφοράς και η θετική κατεύθυνση, έτσι ώστε η απόσταση πομπού - αυτοκινήτου να ταυτίζεται με την αλγεβρική τιμή της θέσης του αυτοκινήτου πάνω στην ευθεία;

1) Σημείο αναφοράς:

---

---

2) Θετική κατεύθυνση:

---

---

---

**Ερώτηση:** Στη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου του αυτοκινήτου, ποιο φυσικό μέγεθος εκφράζει η μεταβολή της θέσης του αυτοκινήτου ανάμεσα σε δύο χρονικές στιγμές  $t_1$  και  $t_2$ ;

---

---

---

Στη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου να επιλέξετε τρία χρονικά διαστήματα διάρκειας 1 s. Να προσδιορίσετε την αλλαγή της θέσης του αυτοκινήτου σε κάθε διάστημα και να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 1**

<b>Διάστημα</b>	$\Delta t$ (s)	$\Delta x$ (m)	$\Delta x / \Delta t$ (m/s)
$t_1 - t_2$ (s)			
(s) – (s)			
(s) – (s)			
(s) – (s)			

Πώς συγκρίνονται μεταξύ τους οι μέσες ταχύτητες που υπολογίσατε για τα χρονικά διαστήματα που επιλέξατε; Μπορείτε να εξαγάγετε κάποιο συμπέρασμα για την κίνηση;


Στη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου που προέκυψε από τον αισθητήρα, να επιλέξετε τρία χρονικά διαστήματα με αντίστοιχες διάρκειες 1 s, 2 s και 3 s. Να προσδιορίσετε τη μετατόπιση  $\Delta x$  του αυτοκινήτου σε κάθε διάστημα και να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα.

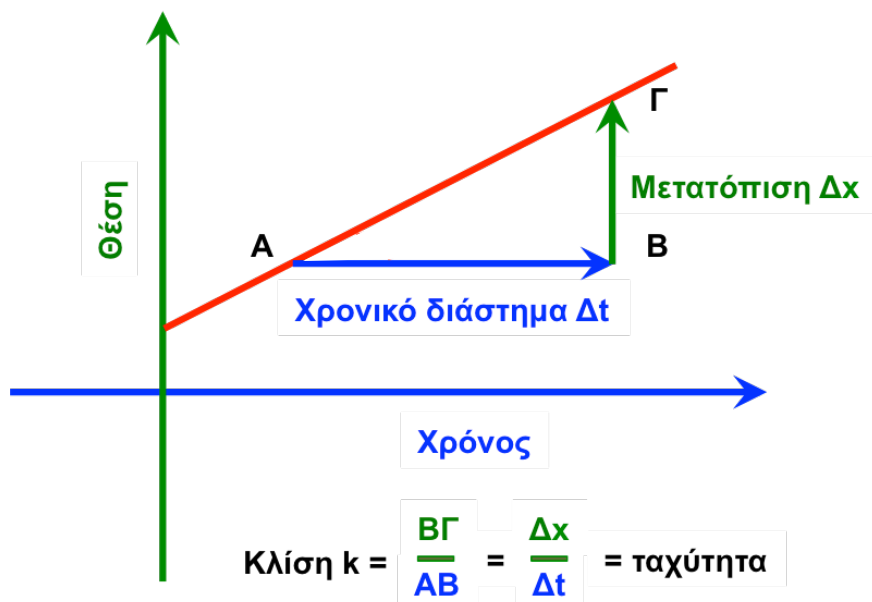
**Πίνακας 2**

<b>Διάστημα</b> $t_1 - t_2$ (s)	$\Delta t$ (s)	$\Delta x$ (m)	$\Delta x / \Delta t$ (m/s)
(s) – (s)			
(s) – (s)			
(s) – (s)			

Πώς μεταβάλλεται η μετατόπιση με το χρονικό διάστημα; Τι συμπεραίνετε για την ταχύτητα;


## Β) Η Έννοια της Κλίσης της Ευθείας Θέσης – Χρόνου

Η γραφική παράσταση θέσης – χρόνου που προέκυψε για το αυτοκίνητο είναι ευθεία γραμμή. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται μια τέτοια γραφική παράσταση.



Γραφική παράσταση θέσης – χρόνου για την κίνηση με σταθερή θετική ταχύτητα.

Στο ορθογώνιο τρίγωνο ΑΒΓ, η κάθετη πλευρά ΑΒ είναι ίση με κάποιο χρονικό διάστημα,  $\Delta t$ , και η δεύτερη κάθετη πλευρά ΒΓ είναι ίση με την αντίστοιχη μετατόπιση  $\Delta x$ . Το πηλίκο  $B\Gamma/A B = \Delta x / \Delta t$  είναι η **κλίση** της ευθείας θέσης – χρόνου.

Διατυπώστε ένα **συμπέρασμα** που να συνδέει την κλίση της ευθείας θέσης – χρόνου με την ταχύτητα της κίνησης.

Αν η κλίση της ευθείας είναι θετική, τότε η ταχύτητα είναι θετική. Αν η κλίση είναι αρνητική, τότε το γράφημα θέσης – χρόνου πηγαίνει προς τα κάτω και τότε η ταχύτητα είναι αρνητική ως προς κάποιο σημείο αναφοράς.

Εάν το αυτοκίνητο είναι ακίνητο, με τι θα ισούται η κλίση της ευθείας θέσης – χρόνου; Ποια γωνία περιμένετε να σχηματίζει με τον οριζόντιο άξονα του χρόνου η ευθεία θέσης – χρόνου σε αυτή την περίπτωση;

---

---

---

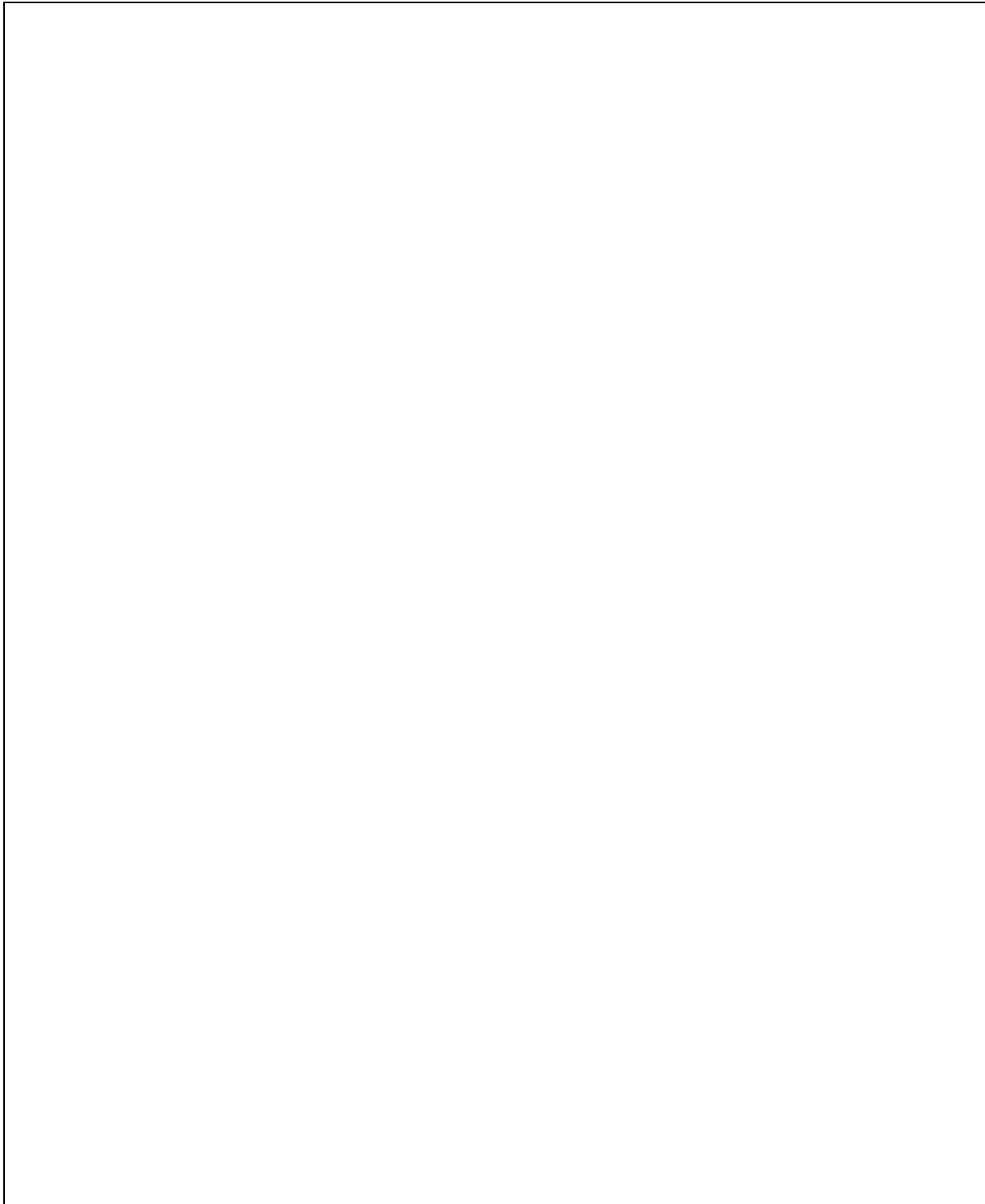
---

---

Σχεδιάστε την ευθεία θέσης – χρόνου για την περίπτωση μηδενικής ταχύτητας

### Γ) Γραφική Παράσταση Ταχύτητας – Χρόνου: Η Φυσική Σημασία του Εμβαδού

Στον πιο κάτω χώρο να επικολλήσετε τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου του αυτοκινήτου, που προκύπτει από τον αισθητήρα:

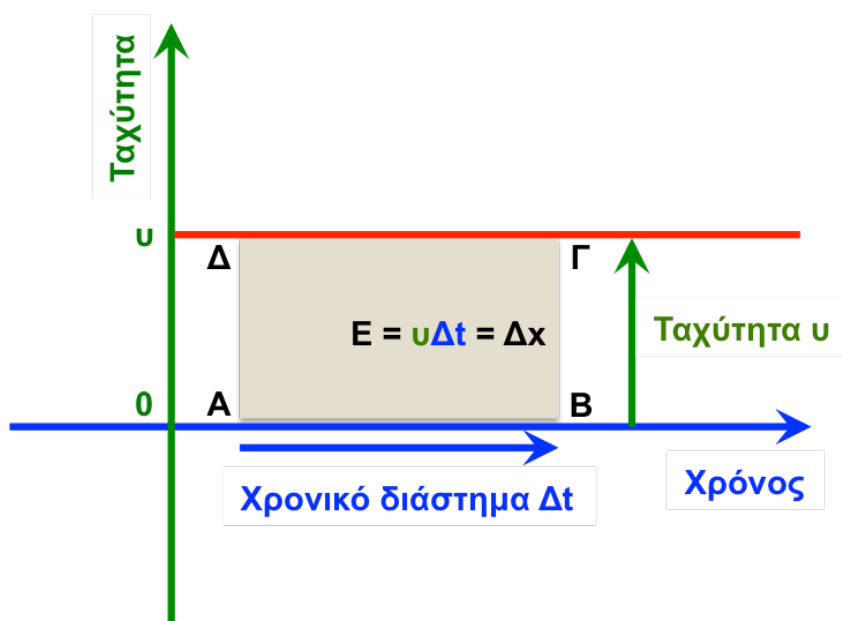


Γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου για την περίπτωση που το αυτοκίνητο απομακρύνεται από τον αισθητήρα.



Πώς συγκρίνεται η ταχύτητα της πιο πάνω γραφικής παράστασης με τις ταχύτητες που υπολογίσατε από τη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου;

Όταν η ταχύτητα είναι σταθερή και θετική, η γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου είναι οριζόντια ευθεία πάνω από τον χρονικό άξονα, όπως στο επόμενο σχήμα.



Γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου για αυτοκίνητο που κινείται με σταθερή θετική ταχύτητα  $u > 0$ .

Η επιφάνεια που περικλείεται από τη γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου και το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  αντιστοιχεί στο (χρωματισμένο) παραλληλόγραμμο ΑΒΓΔ, και έχει εμβαδό ίσο με  $E = u\Delta t = \Delta x$ .

Με βάση αυτό το αποτέλεσμα, να διατυπώσετε μια λειτουργική μέθοδο για τον υπολογισμό της μετατόπισης του αυτοκινήτου από τη γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου.


Για τα χρονικά διαστήματα του **Πίνακα 2**, να υπολογίσετε τις αντίστοιχες μετατοπίσεις του αυτοκινήτου από τη γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου και τον τύπο του εμβαδού. Να τις συγκρίνετε με τις μετατοπίσεις για τα ίδια διαστήματα, οι οποίες προκύπτουν από τη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου (περιέχονται στον Πίνακα 2).

**Πίνακας 3**

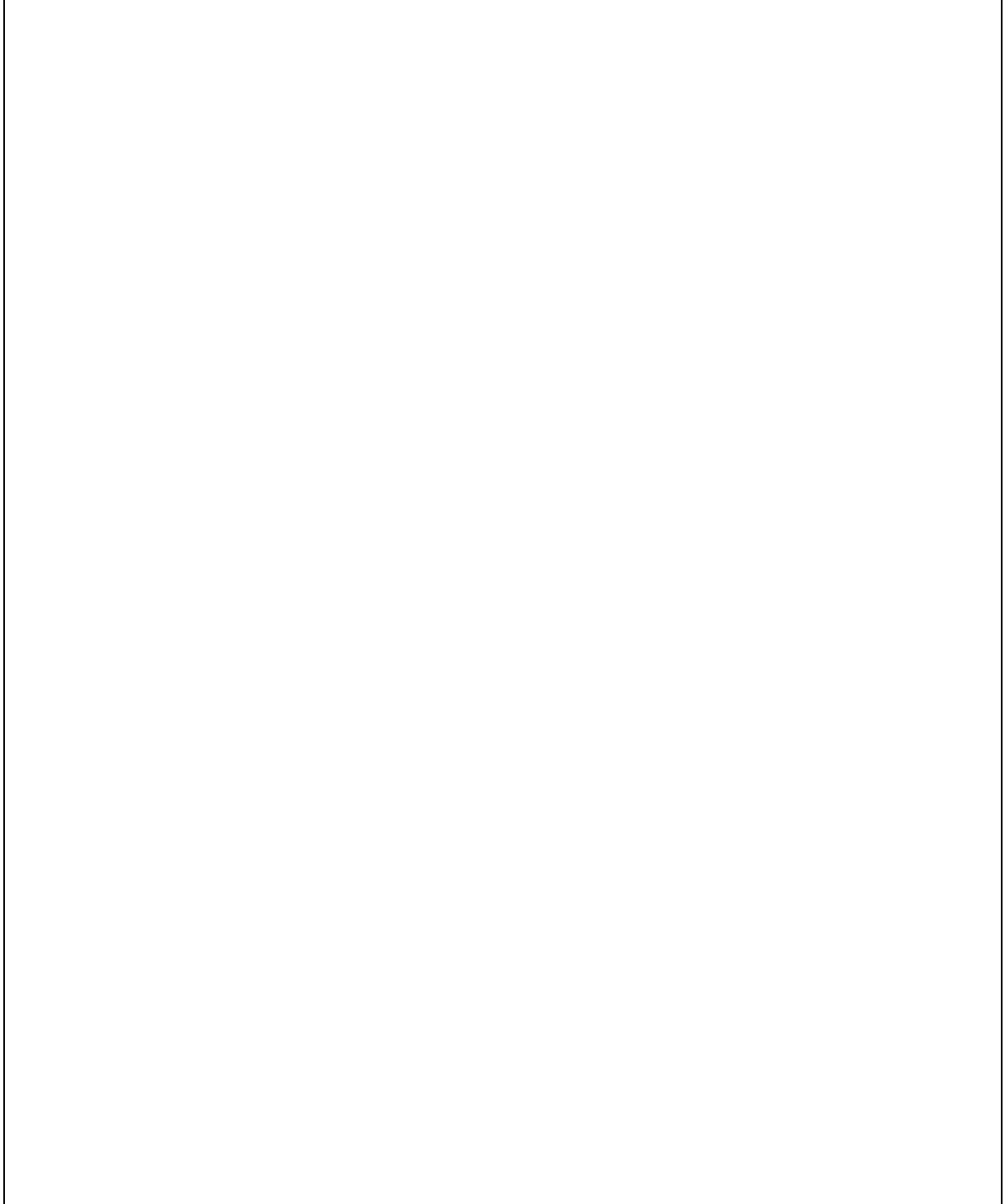
<b>Διάστημα</b> $t_1 - t_2$ (s) <b>(από Πίνακα 2)</b>	$\Delta t$ (s)	$\Delta x = v \Delta t$ (m) <b>Από Εμβαδό</b>	$\Delta x$ (m) <b>από Πίνακα 2</b>
(s) – (s)			
(s) – (s)			
(s) – (s)			

Συμπέρασμα:	

**Σημείωση:** Η μετατόπιση ενός σώματος ισούται με το εμβαδόν της επιφάνειας που περικλείεται ανάμεσα στη γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου και τον χρονικό άξονα. Όπως θα δούμε αργότερα, **αυτό το αποτέλεσμα ισχύει γενικά και όταν η ταχύτητα του σώματος μεταβάλλεται.**

## ΠΔ 10.2: Εξάρτηση της Κλίσης της Ευθείας Θέσης – Χρόνου από την Ταχύτητα

Χρησιμοποιώντας τον διακόπτη του αυτοκινήτου, να μεταβάλετε την ταχύτητα κίνησης του αυτοκινήτου. Να επαναλάβετε το πείραμα με τη νέα ταχύτητα και να επικολλήσετε στον πιο κάτω χώρο τη νέα γραφική παράσταση θέσης – χρόνου.



Γραφική παράσταση θέσης – χρόνου για το αυτοκίνητο, όταν απομακρύνεται από τον αισθητήρα.

Να προσδιορίσετε τη νέα ταχύτητα του αυτοκινήτου από την κλίση της ευθείας θέσης – χρόνου. Η ταχύτητα είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από προηγουμένως;

---

---

---

Να προσδιορίσετε τη γωνία  $\varphi$  που σχηματίζει η νέα ευθεία θέσης – χρόνου με τον οριζόντιο άξονα του χρόνου. Είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από τη γωνία  $\theta$ ;

---

---

---

---

Τι συμπέρασμα μπορείτε να διατυπώσετε για τη σχέση ανάμεσα στην κλίση της (γωνία) ευθείας θέσης – χρόνου και την ταχύτητα του αυτοκινήτου;

---

---

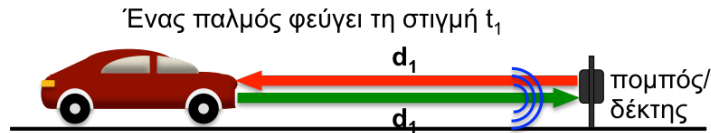
---

---

### ΠΔ 10.3: Μελέτη της Κίνησης με Σταθερή Αρνητική Ταχύτητα

#### Α) Γραφική παράσταση θέσης-χρόνου

Να επαναλάβετε το πείραμα, αλλά τώρα να στρέψετε το αυτοκίνητο έτσι ώστε να ξεκινά από κάποια μακρινή απόσταση και να κινείται προς τον αισθητήρα κίνησης (επόμενο σχήμα).



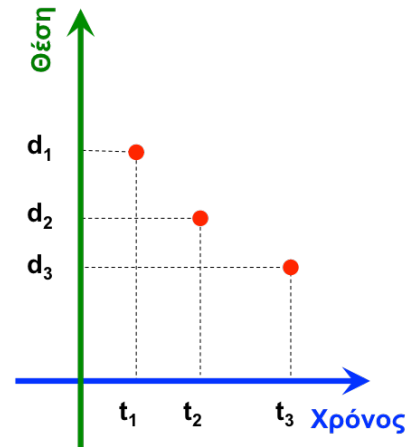
και επιστρέφει μετά από διάστημα  $\Delta t_1$

$$2d_1 = v_{\eta\chi\omicron\upsilon} \Delta t_1 \Rightarrow d_1 = \frac{v_{\eta\chi\omicron\upsilon} \Delta t_1}{2}$$



και επιστρέφει μετά από διάστημα  $\Delta t_2$

$$2d_2 = v_{\eta\chi\omicron\upsilon} \Delta t_2 \Rightarrow d_2 = \frac{v_{\eta\chi\omicron\upsilon} \Delta t_2}{2}$$



Πειραματική διάταξη για τον προσδιορισμό της γραφικής παράστασης θέσης-χρόνου του αυτοκινήτου. Το αυτοκίνητο πλησιάζει τον αισθητήρα.

Να επικολλήσετε τη νέα γραφική παράσταση θέσης – χρόνου στον πιο κάτω χώρο.



Γραφική παράσταση θέσης – χρόνου για το αυτοκίνητο, όταν πλησιάζει τον αισθητήρα.

**Ερώτηση:**

(1) Ποια είναι η ευθεία κίνησης του αυτοκινήτου;

(2) Πώς πρέπει να επιλεγεί το σημείο αναφοράς και η θετική κατεύθυνση, έτσι ώστε η απόσταση πομπού - αυτοκινήτου να ταυτίζεται με την αλγεβρική τιμή της θέσης του αυτοκινήτου πάνω στην ευθεία;

1) Σημείο αναφοράς:

---

---

2) Θετική κατεύθυνση:

---

---

---

Να επιλέξετε τρία χρονικά διαστήματα **αυθαίρετης διάρκειας** (δεν είναι ανάγκη να έχουν την ίδια διάρκεια). Για κάθε διάστημα, να προσδιορίσετε τη μετατόπιση και τη μέση ταχύτητα του αυτοκινήτου. Να συμπληρώσετε τον Πίνακα 4.

**Πίνακας 4**

<b>Διάστημα</b> $t_1 - t_2$ (s)	$\Delta t$ (s)	$\Delta x$ (m)	$\Delta x / \Delta t$ (m/s)
(s) – (s)			
(s) – (s)			
(s) – (s)			

Πώς συγκρίνονται μεταξύ τους οι μέσες ταχύτητες που υπολογίσατε;

---

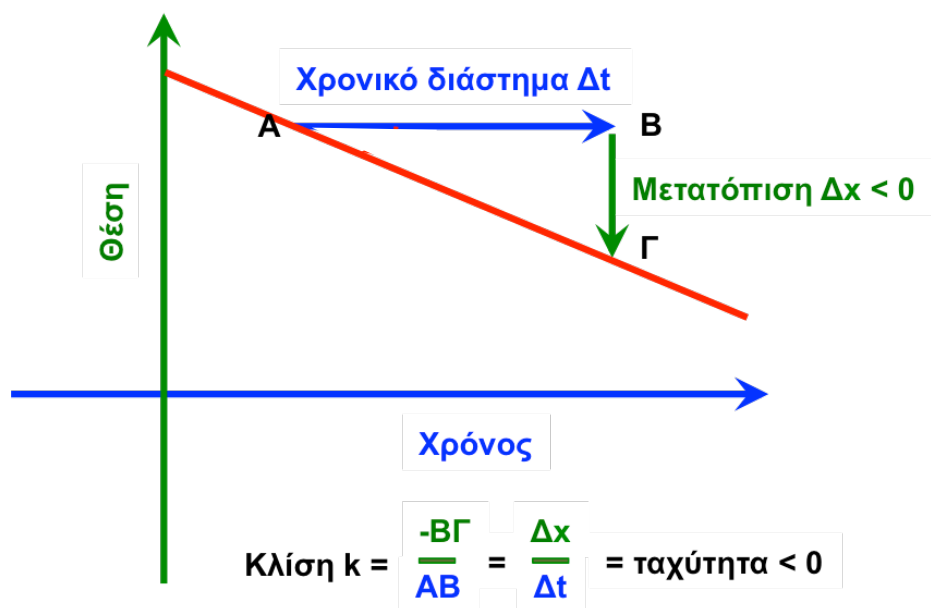
---

Λαμβάνοντας υπόψη τα προηγούμενά σας συμπεράσματα για τον ορισμό της θετικής κατεύθυνσης, να συζητήσετε στην τάξη το πρόσημο της ταχύτητας του αυτοκινήτου όταν

κινείται προς τον αισθητήρα. Να διατυπώσετε την εξήγηση στην οποία καταλήξατε.

### Β) Φυσική Σημασία της Κλίσης της Ευθείας Θέσης-Χρόνου

Όταν η ταχύτητα είναι αρνητική και σταθερή, η γραφική παράσταση θέσης – χρόνου του αυτοκινήτου είναι ευθεία γραμμή, όπως στο κάτω σχήμα. Στο χρονικό διάστημα  $\Delta t = AB$ , η αντίστοιχη μετατόπιση του αυτοκινήτου  $\Delta x$  έχει αρνητική αλγεβρική τιμή,  $\Delta x = -B\Gamma$ .



Γραφική παράσταση θέσης – χρόνου για κίνηση με σταθερή αρνητική ταχύτητα.

Τα ευθύγραμμα τμήματα AB και BΓ είναι οι κάθετες πλευρές του ορθογωνίου τριγώνου ABΓ. Το πηλίκο  $(-B\Gamma) / AB = \Delta x / \Delta t$  ισούται με την κλίση **k** της ευθείας θέσης – χρόνου.

Να προσδιορίσετε την κλίση της ευθείας θέσης-χρόνου στη γραφική παράσταση που εξάγατε όταν το αυτοκίνητο πλησιάζει τον αισθητήρα.

---

---

---

---

Να διατυπώσετε ένα συμπέρασμα για τη σχέση ανάμεσα στην κλίση της ευθείας θέσης - χρόνου και την ταχύτητα του αυτοκινήτου, όταν η ταχύτητα είναι αρνητική.

---

---

---



**Γ) Γραφική παράσταση Ταχύτητας – Χρόνου για Αρνητική Ταχύτητα: Η Φυσική Σημασία του Εμβαδού**

Στον παρακάτω χώρο να επικολλήσετε τη γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου που προκύπτει όταν το αυτοκίνητο πλησιάζει τον αισθητήρα:



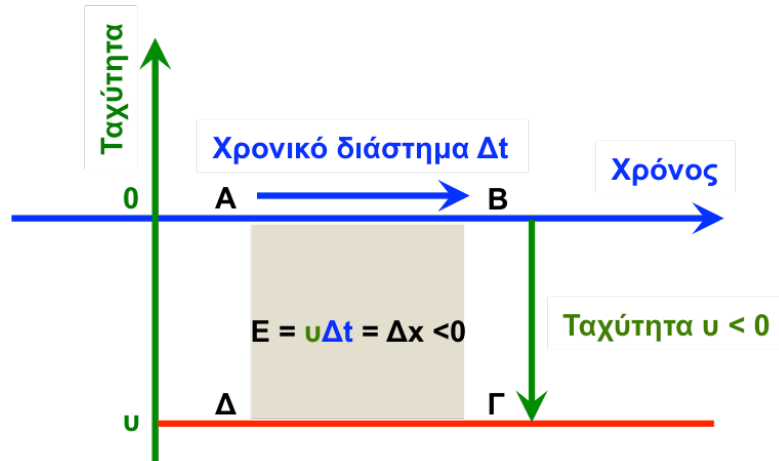
Γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου για την περίπτωση που το αυτοκίνητο πλησιάζει τον αισθητήρα.

Πώς συγκρίνεται η ταχύτητα της πιο πάνω γραφικής παράστασης με τις ταχύτητες που υπολογίσατε από την προηγούμενη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου (Πίνακας 4);

---

---

---



Γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου για σώμα που κινείται με σταθερή αρνητική ταχύτητα  $u < 0$ .

Για ένα χρονικό διάστημα κίνησης  $\Delta t$ , η επιφάνεια που περικλείεται από τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου και το χρονικό διάστημα αντιστοιχεί στο παραλληλόγραμμο ΑΒΓΔ. Θεωρώντας ότι το εμβαδό E του παραλληλογράμμου είναι αρνητικό, θα ισούται με τη μετατόπιση του αυτοκινήτου όπως και προηγουμένως:  $E = v \Delta t = \Delta x$ .

Με βάση αυτό το αποτέλεσμα, διατυπώστε μια λειτουργική μέθοδο για τον υπολογισμό της μετατόπισης του αυτοκινήτου από τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου όταν η ταχύτητα είναι αρνητική (η γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου είναι κάτω από τον οριζόντιο άξονα του χρόνου).


Για τα χρονικά διαστήματα του **Πίνακα 4** να υπολογίσετε τις αντίστοιχες μετατοπίσεις του αυτοκινήτου από τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου (δηλαδή από τα Εμβαδά των αντίστοιχων επιφανειών). Να συγκρίνετε με τις μετατοπίσεις για τα ίδια διαστήματα, που προκύπτουν από τη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου (περιέχονται στον Πίνακα 4). Να συμπληρώσετε τα αποτελέσματά σας στον Πίνακα 5.

**Πίνακας 5**

<b>Διάστημα</b> $t_1 - t_2$ (s) <b>(από Πίνακα 4)</b>	$\Delta t$ (s)	$\Delta x = v \Delta t$ (m) <b>Από Εμβαδό</b>	$\Delta x$ (m) <b>από Πίνακα 4</b>
(s) – (s)			
(s) – (s)			
(s) – (s)			

Συμπέρασμα:	

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 11: Η διάταξη του ηλεκτρικού χρονομετρητή (ticker-timer)

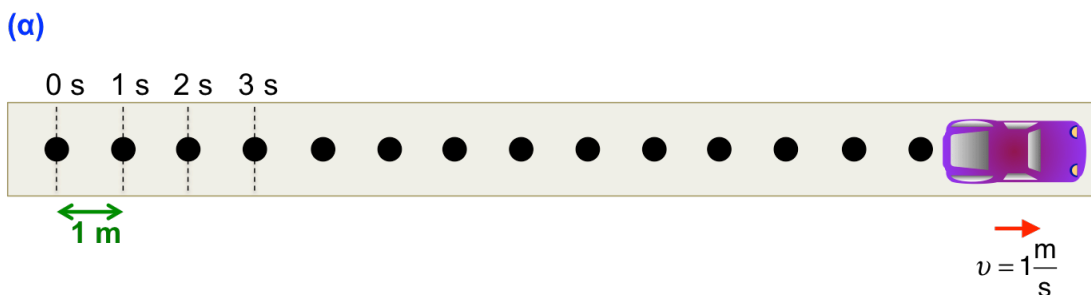
**Χρόνος: 40 λεπτά**

Η συσκευή του ηλεκτροκού χρονομετρητή (ticker timer) χρησιμοποιείται για τη μελέτη κινήσεων με σταθερή ή μεταβαλλόμενη ταχύτητα. Η λειτουργία της στηρίζεται στην δημιουργία κουκκίδων (τελειών) σε μια χάρτινη ταινία που σύρεται από το σώμα του οποίου την κίνηση θέλουμε να μελετήσουμε. Η ταινία επομένως κινείται με την ίδια ταχύτητα με αυτή του σώματος. Οι κουκκίδες αποτυπώνονται από ένα μεταλλικό έλασμα με κεφαλή εγγραφής. Το έλασμα αυτό πάλλεται με την βοήθεια ενός ηλεκτρομαγνήτη που τροφοδοτείται από εναλλασσόμενη τάση 12V και συχνότητας 50Hz. Σαν αποτέλεσμα, ο ηλεκτρομαγνήτης προκαλεί την δόνηση του ελάσματος κατά 50Hz (50 φορές το δευτερόλεπτο) και η κεφαλή ακουμπά στην κινούμενη ταινία δημιουργώντας ταινίες. Επομένως, πάνω στην ταινία δημιουργούνται 50 τελείες ανά δευτερόλεπτο. Η χρονική διάρκεια μεταξύ δύο διαδοχικών τελειών **ανεξάρτητα της μεταξύ τους απόστασης** αντιστοιχεί σε  $1/50 \text{ s} = 0.02 \text{ s}$ . Αν η ταινία δεν κινείται τότε όλες οι τελείες αποτυπώνονται στην ίδια περιοχή της ταινίας.

Μπορούμε να προσεγγίσουμε την λειτουργία της συσκευής ticker-timer με την βοήθεια του παραδείγματος ενός αυτοκινήτου που έχει διαρροή λαδιού.

Η Εικόνα 1(α) απεικονίζει ένα αυτοκίνητο που κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο. Η μηχανή του αυτοκινήτου αφήνει κάθε δευτερόλεπτο μια σταγόνα λαδιού να πέσει στο δρόμο. Μετρούμε ότι η απόσταση ανάμεσα σε οποιεσδήποτε δύο διαδοχικές σταγόνες λαδιού είναι 1 m. Η μετατόπιση επομένως του αυτοκινήτου σε διάστημα ενός δευτερολέπτου είναι  $\Delta x = 1 \text{ m}$ .

Συμπεραίνουμε ότι η ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .



Εικόνα 1(α). Από το αυτοκίνητο διαρρέει μια σταγόνα λαδιού κάθε 1 s. Επειδή διαδοχικές σταγόνες απέχουν κατά 1 m, συμπεραίνουμε ότι η ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι  $v = 1 \text{ m/s}$ .

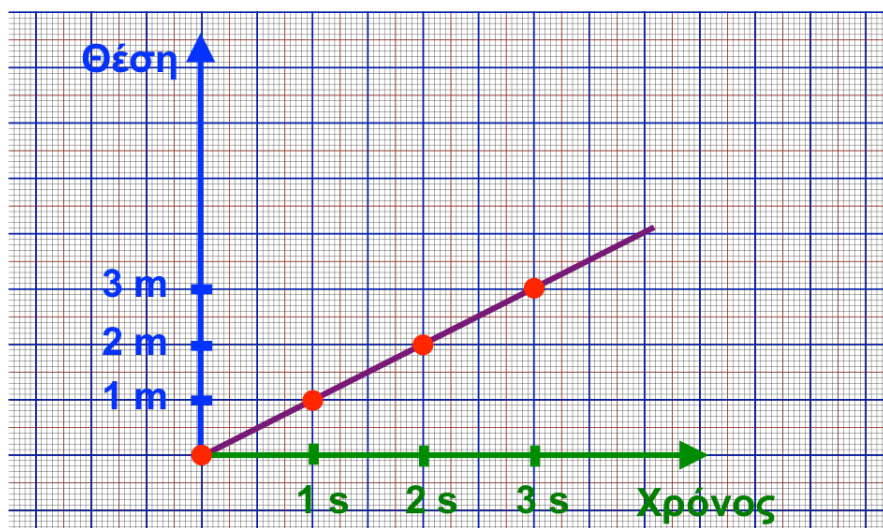
**Να παρατηρήσετε** ότι διαδοχικές τελείες απέχουν ίσα διαστήματα μεταξύ τους (το αυτοκίνητο διανύει επομένως την ίδια απόσταση σε χρονικά διαστήματα ενός δευτερολέπτου).

Όταν διαδοχικές τελείες ισαπέχουν, συμπεραίνουμε ότι το αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Από την Εικόνα 1(α) μπορούμε να υπολογίσουμε τη θέση του αυτοκινήτου για διάφορες χρονικές στιγμές, προσθέτοντας την απόσταση μεταξύ κουκκίδων. Ο παρακάτω πίνακας περιέχει τα αποτελέσματα.

Κουκκίδα	Χρονική στιγμή	Απόσταση από προηγούμενη κουκκίδα	Θέση
1	0 s	---	0 m
2	1 s	1 m	1 m
3	2 s	1 m	2 m
4	3 s	1 m	3 m
5	4 s	1 m	4 m

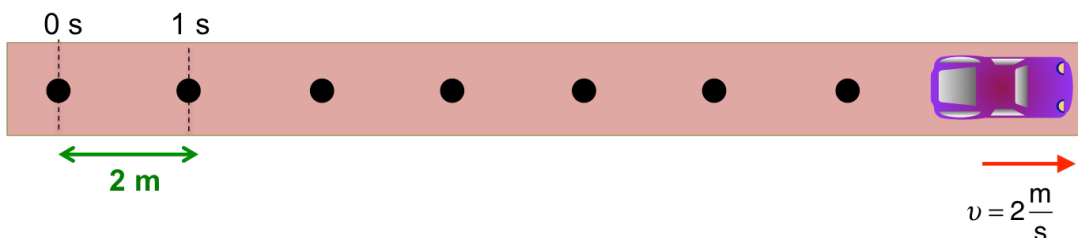
Χρησιμοποιώντας τις τιμές θέσης και χρόνου κατασκευάζουμε την πιο κάτω γραφική παράσταση θέσης-χρόνου.



Τί είδους κίνηση αντιστοιχεί στην πιο πάνω μορφή γραφικής παράστασης θέσης-χρόνου;

Στην Εικόνα 1(β), η μηχανή του αυτοκινήτου αφήνει κάθε δευτερόλεπτο μια σταγόνα λαδιού στο δρόμο, αλλά η απόσταση ανάμεσα σε διαδοχικές σταγόνες λαδιού είναι 2 m. Η ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι  $v = 2 \text{ m/s}$ .

(β)



Εικόνα 1(β). Από το αυτοκίνητο διαρρέει μια σταγόνα λαδιού κάθε 1 s. Επειδή διαδοχικές σταγόνες απέχουν κατά 2 m, συμπεραίνουμε ότι η ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι  $v = 2 \text{ m/s}$ .

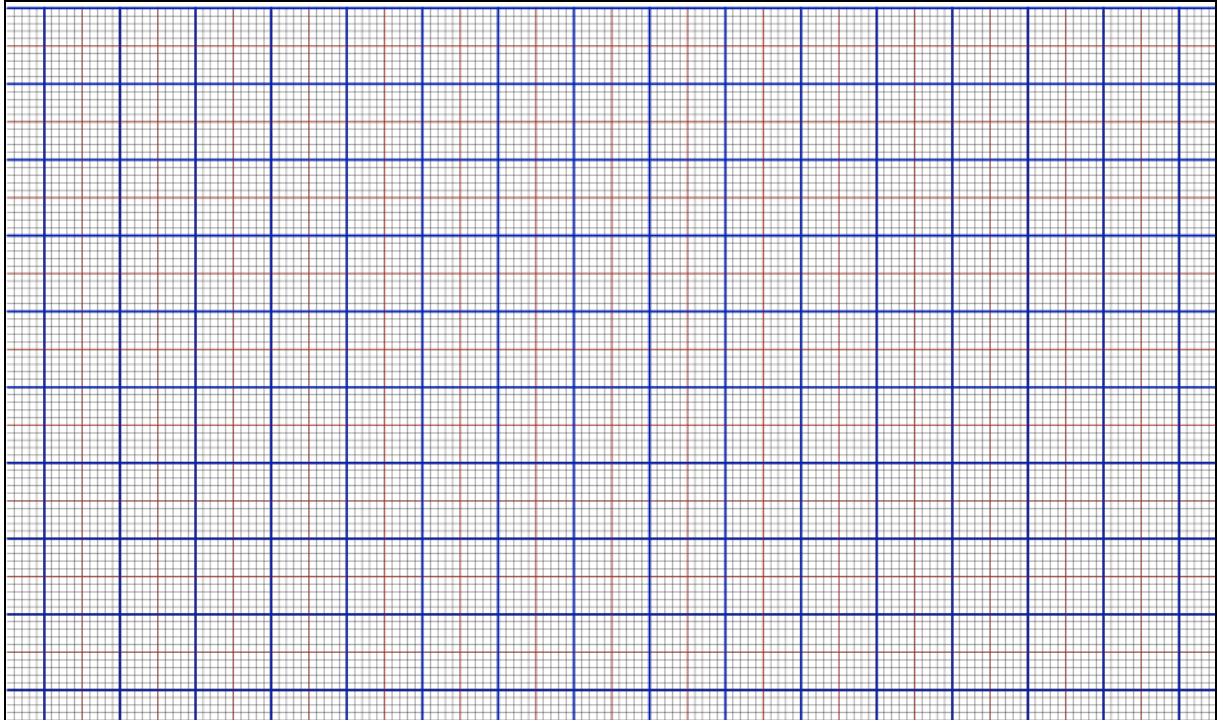
**Να παρατηρήσετε ότι** διαδοχικές σταγόνες απέχουν μεταξύ τους περισσότερο από ό,τι στην Εικόνα 1(α), δηλαδή το αυτοκίνητο διανύει μεγαλύτερη απόσταση στο ίδιο χρονικό διάστημα 1 s.

Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταξύ των κουκκίδων, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου.

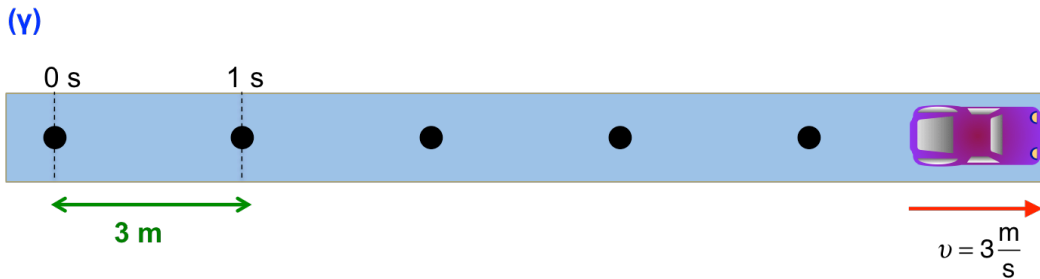
Εργαζόμενοι όπως στην Εικόνα 1(α), να συμπληρώσετε τον πιο κάτω πίνακα με τις τιμές θέσης-χρόνου του αυτοκινήτου της Εικόνας 1(β).

Κουκκίδα	Χρονική στιγμή	Απόσταση από προηγούμενη κουκκίδα	Θέση
1	0 s	---	0 m
2	1 s	2 m	2 m
3			
4			
5			

Στο πιο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί να χαράξετε άξονες χρόνου-θέσης και να κατασκευάσετε τη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου για το αυτοκίνητο της Εικόνας 1(β).

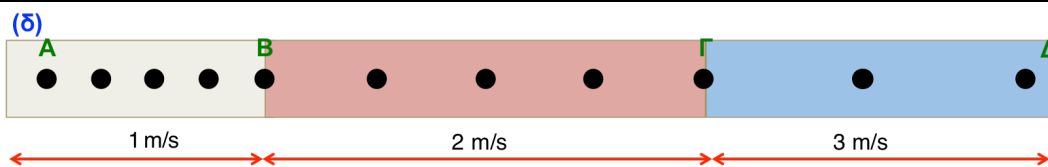


Στην Εικόνα 1(γ), η απόσταση ανάμεσα σε διαδοχικές σταγόνες λαδιού είναι 3 m. Η ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι  $v = 3 \text{ m/s}$ .



Εικόνα 1(γ). Από το αυτοκίνητο διαρρέει μια σταγόνα λαδιού κάθε 1 s. Επειδή διαδοχικές σταγόνες απέχουν κατά 3 m, συμπεραίνουμε ότι η ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι  $v = 3 \text{ m/s}$ .

Στην Εικόνα 1(δ) απεικονίζονται οι σταγόνες λαδιού ενός διαφορετικού αυτοκινήτου. Παρατηρώντας την Εικόνα 1(δ), τι συμπεραίνετε για την ταχύτητα του αυτοκινήτου;



Εικόνα 1(δ). Αποτύπωμα που προκλήθηκε από διαφορετικό είδος κίνησης του αυτοκινήτου

Χρησιμοποιώντας τα συμπεράσματα των προηγούμενων Εικόνων 1(α)-(γ), διαπιστώνουμε ότι μεταξύ των σημείων Α και Β η ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι **σταθερή** και ίση με 1 m/s, μεταξύ των σημείων Β και Γ είναι **σταθερή** και ίση με 2 m/s, και μεταξύ των σημείων Γ και Δ είναι **σταθερή** και ίση με 3 m/s.

Να συζητήσετε πώς θα υπολογίσετε τη μέση διανυσματική ταχύτητα του αυτοκινήτου για την κίνηση ανάμεσα στα σημεία Α και Δ και να την υπολογίσετε.

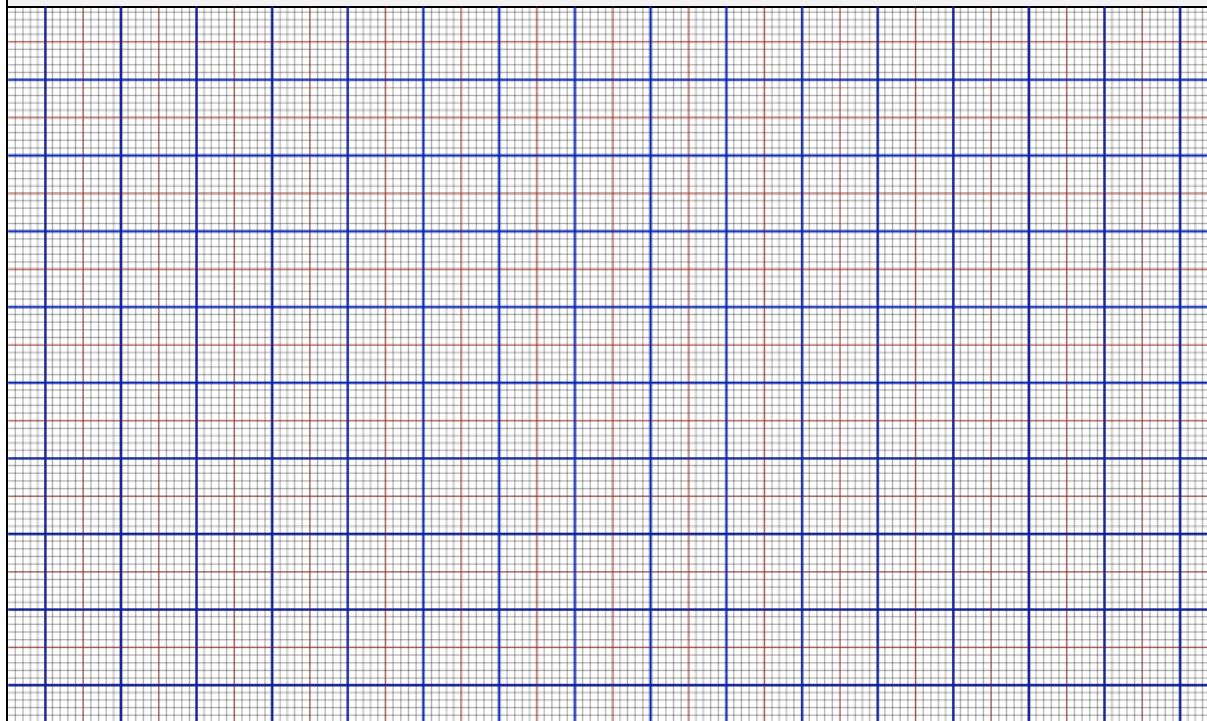
$v =$

Εργαζόμενοι όπως στις Εικόνες 1(α) και 1(β), να συμπληρώσετε τον πιο κάτω πίνακα με τις τιμές θέσης-χρόνου του αυτοκινήτου της Εικόνας 1(δ).

Κουκκίδα	Χρονική στιγμή	Απόσταση από προηγούμενη κουκκίδα	Θέση
1	0 s	---	0 m
2	1 s	1 m	1 m
3	2 s		
4			
5			
6		2 m	
7			
8			
9			
10		3 m	
11			
12			



Στο πιο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί να χαράξετε άξονες χρόνου-θέσης και να σημειώσετε τα σημεία χρόνου – θέσης για το αυτοκίνητο της Εικόνας 1(δ). Να ενώσετε με μια καμπύλη τα σημεία. Με αυτό τον τρόπο θα κατασκευάσετε μια προσεγγιστική γραφική παράσταση θέσης-χρόνου που περιγράφει την κίνηση του αυτοκινήτου της περίπτωσης της **Εικόνας 1(δ)**.



## Επιταχυνόμενη Κίνηση – Σύνδεση της Επιτάχυνσης με τη Μεταβολή στο Μέτρο/Αλγεβρική Τιμή της Ταχύτητας

### Προτεινόμενη Δραστηριότητα 12

Τόπος διεξαγωγής: Αίθουσα διαλέξεων

Χρόνος: 40 λεπτά

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/τριες μαθαίνουν να:

- Συνδέουν την επιτάχυνση με τη μεταβολή στο μέτρο και την αλγεβρική τιμή της ταχύτητας

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 2** του βιβλίου:

- Η έννοια της επιτάχυνσης (σελ. 66-67)
- Ορισμοί της Μέσης και Στιγμιαίας Επιτάχυνσης (σελ. 67-71)

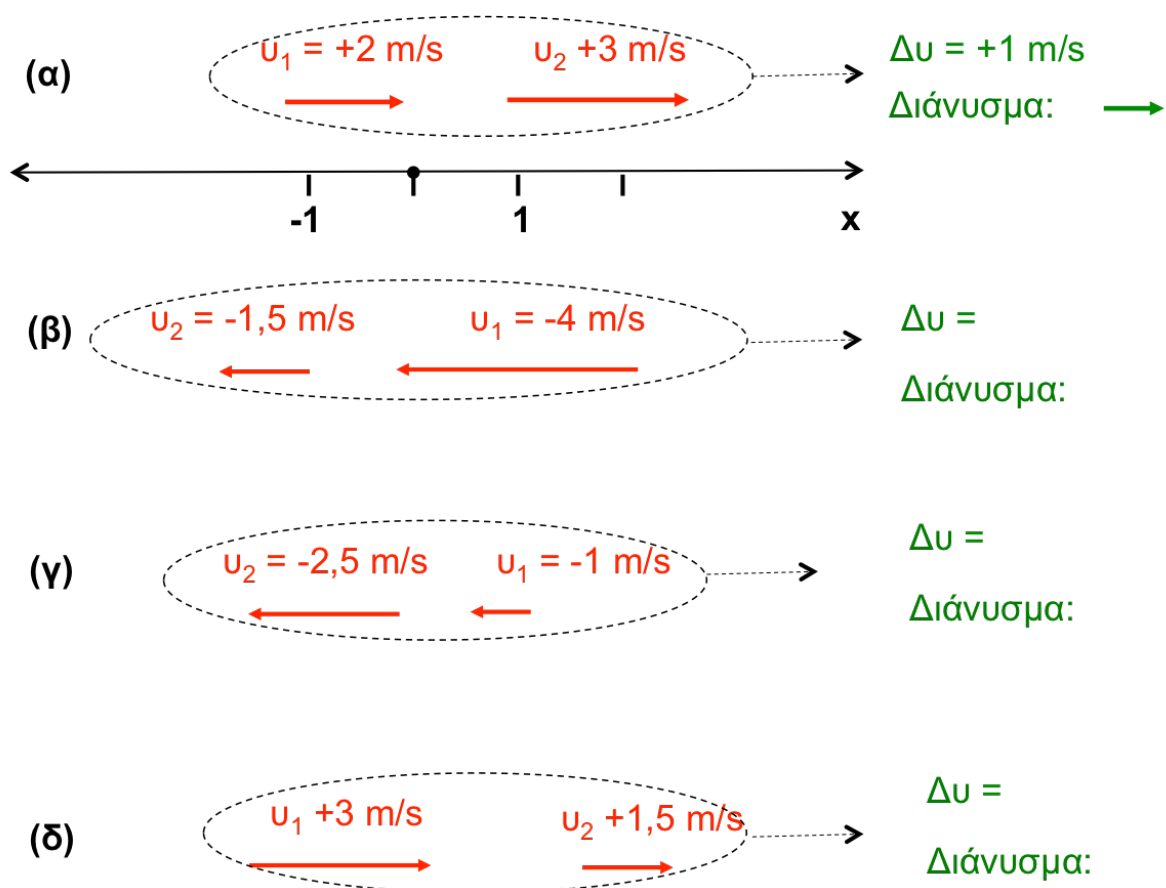
## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 12: Σύνδεση Μέσης Επιτάχυνσης με τη Μεταβολή στο Μέτρο και την Αλγεβρική Τιμή της Ταχύτητας

**Χρόνος: 10-15 λεπτά**

Έστω ότι ένα κινούμενο σώμα έχει ταχύτητες  $v_1$  και  $v_2$  σε δύο χρονικές στιγμές  $t_1$  και  $t_2$ . Ως **μέση επιτάχυνση**  $a_\mu$  ορίζεται ο λόγος της μεταβολής της ταχύτητας,  $\Delta v$ , προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα  $\Delta t$

$$a_\mu = \frac{\text{Μεταβολή ταχύτητας}}{\text{Χρονικό διάστημα}} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Η μέση επιτάχυνση είναι διανυσματικό μέγεθος και έχει την ίδια κατεύθυνση με τη μεταβολή της ταχύτητας  $\Delta v$ . Στην ευθύγραμμη κίνηση, η διεύθυνση της επιτάχυνσης συμπίπτει με τη διεύθυνση της ευθείας κίνησης και η φορά της δηλώνεται από το πρόσημο της μεταβολής της ταχύτητας  $\Delta v$ .



**Εικόνα 1.** Παραδείγματα μεταβολών ταχύτητας για ένα σώμα που κινείται σε ευθεία γραμμή.

Στην Εικόνα 1 απεικονίζονται οι ταχύτητες σε δύο χρονικές στιγμές  $t_1$  και  $t_2$  για σώμα που κινείται σε ευθεία γραμμή. Να συμπληρώσετε την αλγεβρική τιμή της μεταβολής της ταχύτητας  $\Delta u$ , και να απεικονίσετε με βέλος το αντίστοιχο διάνυσμα (σας δίνεται ένα παράδειγμα στην Εικόνα 1α). Να χρησιμοποιήσετε την ίδια κλίμακα για το βέλος του διανύσματος με αυτή που έχει χρησιμοποιηθεί στην Εικόνα 1 για τις ταχύτητες  $u_1, u_2$ .

Με βάση τα αποτελέσματα της Εικόνας 1, να διαγράψετε το λάθος στα επόμενα συμπεράσματα. Σας δίνεται ένα παράδειγμα.

Στην περίπτωση (α) η μεταβολή  $\Delta u$  είναι θετική / αρνητική. Η ταχύτητα είναι θετική/αρνητική και το μέτρο της ταχύτητας αυξάνεται / ελαττώνεται με το χρόνο.

Στην περίπτωση (β) η μεταβολή  $\Delta u$  είναι θετική / αρνητική. Η ταχύτητα είναι θετική/αρνητική και το μέτρο της ταχύτητας αυξάνεται / ελαττώνεται με το χρόνο.

Στην περίπτωση (γ) η μεταβολή  $\Delta u$  είναι θετική / αρνητική. Η ταχύτητα είναι θετική/αρνητική και το μέτρο της ταχύτητας αυξάνεται / ελαττώνεται με το χρόνο.

Στην περίπτωση (δ) η μεταβολή  $\Delta u$  είναι θετική / αρνητική. Η ταχύτητα είναι θετική/αρνητική και το μέτρο της ταχύτητας αυξάνεται / ελαττώνεται με το χρόνο.

**Συμπέρασμα:**

**Θετική επιτάχυνση** μπορεί να σημαίνει \_\_\_\_\_ του μέτρου της θετικής ταχύτητας ή \_\_\_\_\_ του μέτρου της αρνητικής ταχύτητας (περιπτώσεις α, β). **Αρνητική επιτάχυνση** μπορεί να σημαίνει \_\_\_\_\_ του μέτρου της αρνητικής ταχύτητας, ή \_\_\_\_\_ του μέτρου της θετικής ταχύτητας (περιπτώσεις γ, δ).

## Ομαλά Επιταχυνόμενη Κίνηση

### Προτεινόμενη Δραστηριότητα 13

Τόπος διεξαγωγής: Εργαστήριο

Χρόνος: 40 λεπτά

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Μελετούν την κίνηση ενός αυτοκινήτου σε κεκλιμένο διάδρομο
- Διαπιστώνουν από τη γραφική παράσταση της θέσης – χρόνου ότι το αυτοκίνητο κινείται με μεταβαλλόμενη ταχύτητα
- Διαπιστώνουν από τη γραφική παράσταση της ταχύτητας – χρόνου ότι η ταχύτητα του αυτοκινήτου μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό
- Κατανοούν ότι η κλίση της ευθείας της γραφικής παράστασης ταχύτητας – χρόνου ισούται με την επιτάχυνση της κίνησης
- Συνδέουν το εμβαδόν της επιφάνειας ανάμεσα στην γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου και στον άξονα του χρόνου με τη μετατόπιση του σώματος

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 2** του βιβλίου:

- Κίνηση με σταθερή επιτάχυνση (σελ. 72-78)

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 13: Εξαγωγή της Γραφικής Παράστασης Θέσης – Χρόνου και Ταχύτητας – Χρόνου στην Ομαλά Επιταχυνόμενη Κίνηση

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Αυτοκινητάκι, αισθητήρας κίνησης, κεκλιμένος διάδρομος, υπολογιστής.

### Χρόνος: 40 λεπτά

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από ένα αυτοκινητάκι, έναν κεκλιμένο διάδρομο, έναν αισθητήρα κίνησης και έναν υπολογιστή. Το αυτοκίνητο αφήνεται να κινηθεί στον κεκλιμένο διάδρομο. Ο αισθητήρας κίνησης καταγράφει τη θέση του αυτοκινήτου σαν συνάρτηση του χρόνου. Ο τρόπος λειτουργίας του αισθητήρα εξηγήθηκε στην [ΠΔ10](#).

### ΠΔ 13.1: Μελέτη της Κίνησης με Σταθερή Θετική Επιτάχυνση

#### Α) Γραφικές Παραστάσεις Θέσης-Χρόνου και Ταχύτητας-Χρόνου

Να συζητήσετε με την ομάδα σας και με τον/την εκπαιδευτικό τον σχεδιασμό ενός πειράματος, το οποίο να μελετά την κίνηση του αυτοκινήτου καθώς **κατεβαίνει** στον κεκλιμένο διάδρομο. Να καθορίσετε (1) τη θέση στην οποία θα τοποθετήσετε τον αισθητήρα, (2) το σημείο εκκίνησης του αυτοκινήτου, (3) τον τρόπο με τον οποίο θα αφήνετε το αυτοκίνητο να κινηθεί.

#### Διάγραμμα πειραματικής διάταξης:

Να επικολλήσετε στον παρακάτω χώρο τις γραφικές παραστάσεις θέσης – χρόνου και ταχύτητας – χρόνου που προκύπτουν για το αυτοκίνητο.



Γραφική παράσταση θέσης – χρόνου όταν το αυτοκίνητο κατεβαίνει στον κεκλιμένο διάδρομο.



Γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου όταν το αυτοκίνητο κατεβαίνει στον κεκλιμένο διάδρομο.

**Ερώτηση:** Ο αισθητήρας μετράει την απόσταση του αυτοκινήτου από τον ηχητικό πομπό/δέκτη. Να συζητήσετε τα εξής ερωτήματα, και να συμπληρώσετε τις απαντήσεις.

(1) Ποια είναι η ευθεία κίνησης του αυτοκινήτου;

(2) Πώς θα ορίσετε το σημείο αναφοράς και τη θετική κατεύθυνση, έτσι ώστε η απόσταση πομπού - αυτοκινήτου να ταυτίζεται με την αλγεβρική τιμή της θέσης του αυτοκινήτου πάνω στην ευθεία;

(3) Με βάση τον ορισμό που δώσατε για τη θετική κατεύθυνση, πότε θα είναι θετικές οι τιμές ταχύτητας του αυτοκινήτου;

1) Σημείο αναφοράς:

2) Θετική κατεύθυνση:

---

---

---

3) Η ταχύτητα έχει θετική τιμή όταν:

---

---

Στη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου που προέκυψε από τον αισθητήρα, να επιλέξετε τρία χρονικά διαστήματα **διάρκειας** 1 s. Να προσδιορίσετε τη μετατόπιση και τη μέση διανυσματική ταχύτητα του αυτοκινήτου σε κάθε διάστημα. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω Πίνακα.

**Πίνακας 1**

<b>Διάστημα</b> $t_1 - t_2$ (s)	$\Delta t$ (s)	$\Delta x$ (m)	$\Delta x / \Delta t$ (m/s)
(s) – (s)			
(s) – (s)			
(s) – (s)			

Πώς συγκρίνονται μεταξύ τους οι μέσες ταχύτητες που υπολογίσατε στα χρονικά διαστήματα που επιλέξατε; Ποιό συμπέρασμα εξάγετε για την κίνηση;

---

---

---

---

---

---

Στη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου που προέκυψε από τον αισθητήρα, να επιλέξετε τρία αυθαίρετα χρονικά διαστήματα (όχι αναγκαστικά της ίδιας διάρκειας). Να

προσδιορίσετε την αλλαγή της ταχύτητας του αυτοκινήτου σε κάθε διάστημα, και να συμπληρώσετε τον παρακάτω Πίνακα.

**Πίνακας 2**

<b>Διάστημα</b> $t_1 - t_2$ (s)	$\Delta t$ (s)	$v_1 = v(t_1)$ (m/s)	$v_2 = v(t_2)$ (m/s)	$\Delta v = v_2 - v_1$ (m/s)	$\Delta v / \Delta t$ (m/s <sup>2</sup> )
(s) – (s)					
(s) – (s)					
(s) – (s)					

Το μέγεθος  $\Delta v / \Delta t$  που υπολογίσατε στην τελευταία στήλη του πίνακα ονομάζεται **μέση επιτάχυνση**. Να συζητήσετε τα εξής ερωτήματα, και να τα απαντήσετε στο σπίτι:

- 1) Τι εκφράζει αυτό το μέγεθος;** (Υπόδειξη: Για να απαντήσετε, σκεφτείτε τι θα συμπεραίνατε αν το πηλίκο  $\Delta v / \Delta t$  ήταν ίσο με μηδέν, αν είχε μεγάλη θετική τιμή, ή αν είχε αρνητική τιμή με μεγάλο μέτρο.)
- 2) Κατά τη γνώμη σας είναι διανυσματικό ή μονόμετρο μέγεθος;**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Πώς μεταβάλλεται η μέση επιτάχυνση στα τρία διαστήματα που επιλέξατε;

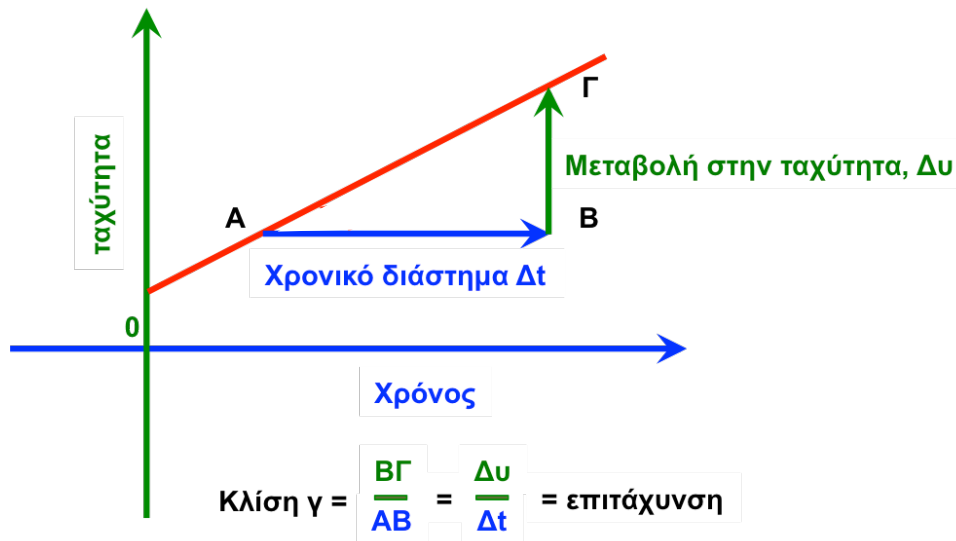
---

---

---

## Β) Φυσική Σημασία της Κλίσης της Ευθείας Ταχύτητας – Χρόνου

Η γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου που προέκυψε για το αυτοκίνητο που κατεβαίνει στον κεκλιμένο διάδρομο είναι ευθεία γραμμή. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται μια τέτοια γραφική παράσταση.



Γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου για αυτοκίνητο που κατεβαίνει σε κεκλιμένο διάδρομο με σταθερή θετική επιτάχυνση.

Στο ορθογώνιο τρίγωνο ABΓ, η κάθετη πλευρά AB είναι ίση με το χρονικό διάστημα  $\Delta t$ , και η δεύτερη κάθετη πλευρά BΓ είναι ίση με την αντίστοιχη μεταβολή της ταχύτητας  $\Delta u$ . Το πηλίκο  $B\Gamma/AB = \Delta u / \Delta t$  είναι η **κλίση  $\gamma$**  της ευθείας ταχύτητας – χρόνου, και ισούται με την επιτάχυνση της κίνησης.

Όταν η γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου είναι ευθεία, η κλίση της είναι σταθερή. Τι μπορείτε να συμπεράνετε για την επιτάχυνση της κίνησης του αυτοκινήτου;

Σε προηγούμενη ενότητα μελετήσαμε την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, στην οποία το αυτοκίνητο εκινείτο με σταθερή ταχύτητα. Ποιά ήταν η κλίση της ευθείας ταχύτητας – χρόνου, και τι γωνία σχημάτιζε με τον οριζόντιο άξονα του χρόνου;

---

---

---

---

---

---

Εάν ο κεκλιμένος διάδρομος γίνει πιο απότομος, το αυτοκίνητο θα κινηθεί με μεγαλύτερη, σταθερή θετική επιτάχυνση. Να συζητήσετε πώς θα περιμένατε να μεταβληθεί η γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου του αυτοκινήτου. Θα διατηρήσει τη μορφή της ευθείας γραμμής; Πώς θα μεταβληθεί η γωνία που σχηματίζει με τον οριζόντιο άξονα;

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

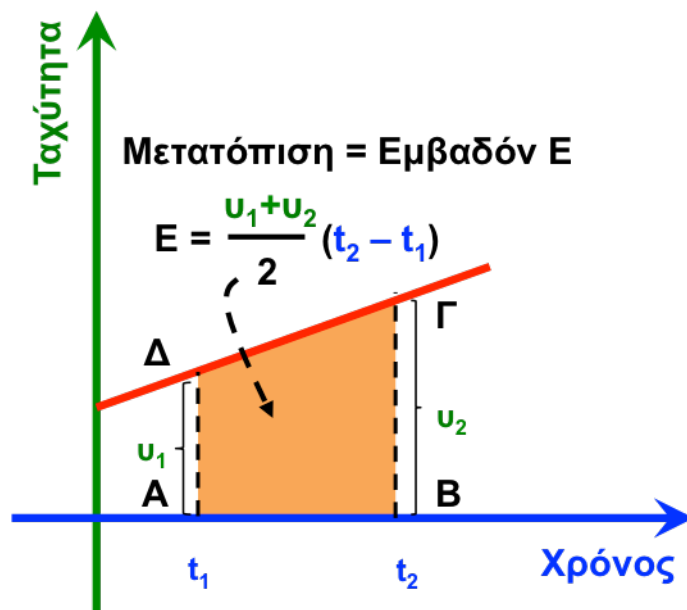
---

---

### Γ) Γραφική Παράσταση Ταχύτητας – Χρόνου: Η Φυσική Σημασία του Εμβαδού

Στη μελέτη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης διαπιστώσαμε ότι το εμβαδόν της επιφάνειας που περικλείεται ανάμεσα στη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου και το χρονικό άξονα ισούται με τη μετατόπιση. Αυτό το συμπέρασμα ισχύει και σε κινήσεις με μεταβαλλόμενη ταχύτητα.

Όταν η επιτάχυνση είναι σταθερή και θετική, η γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου είναι ευθεία με θετική κλίση, όπως στο επόμενο σχήμα.



Γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου για αυτοκίνητο που κινείται με σταθερή θετική επιτάχυνση.

Για ένα χρονικό διάστημα κίνησης  $\Delta t = t_2 - t_1$ , η επιφάνεια που περικλείεται από τη γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου και το χρονικό διάστημα αντιστοιχεί στο (χρωματισμένο) τραπέζιο ΑΒΓΔ και έχει εμβαδό ίσο με  $E = \frac{u_1 + u_2}{2} (t_2 - t_1)$ .

Για να διαπιστώσουμε τη φυσική σημασία του εμβαδού Ε θα χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα του **Πίνακα 2** και τη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου του αυτοκινήτου. Ο Πίνακας 2 περιέχει πληροφορίες για τις τιμές  $u_1$  και  $u_2$  (της ταχύτητας του αυτοκινήτου στην αρχή ( $t_1$ ) και στο τέλος ( $t_2$ ), αντίστοιχα), σε τρία χρονικά διαστήματα.

**Α)** Για κάθε χρονικό διάστημα να υπολογίσετε το εμβαδόν του αντίστοιχου τραπέζιου και να συμπληρώσετε τον παρακάτω **Πίνακα 3**.

**Β)** Για κάθε χρονικό διάστημα του προηγούμενου **Πίνακα 2**, να χρησιμοποιήσετε τη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου του αυτοκινήτου για να προσδιορίσετε την αρχική θέση  $x(t_1)$  και την τελική θέση  $x(t_2)$  του αυτοκινήτου, και την αντίστοιχη μετατόπιση  $\Delta x = x(t_2) - x(t_1)$ . Να συμπληρώσετε το αποτέλεσμα στην τελευταία στήλη του Πίνακα 3.

**Πίνακας 3**

Διάστημα $t_1 - t_2$ (s) (από Πίνακα 2)	$\Delta t$ (s)	$v_1 = v(t_1)$ (από Πίνακα 2)	$v_2 = v(t_2)$ (από Πίνακα 2)	$E = \frac{v_1 + v_2}{2}(t_2 - t_1)$ Εμβαδό	$\Delta x = x(t_2) - x(t_1)$ (m) από γραφική παράσταση θέσης - χρόνου
(s) – (s)					
(s) – (s)					
(s) – (s)					

Πώς συγκρίνονται το εμβαδόν E (στήλη 5) και η μετατόπιση (στήλη 6);	

<b>Συμπέρασμα:</b>	

### Δ) Μέση Ταχύτητα στην Ομαλά Επιταχυνόμενη Κίνηση

Από το προηγούμενο συμπέρασμα προκύπτει ότι το εμβαδόν  $E$  ισούται με τη μετατόπιση του αυτοκινήτου στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα:

$$E = x_2 - x_1 = \frac{v_1 + v_2}{2}(t_2 - t_1) \Rightarrow \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{v_1 + v_2}{2} = v_\mu$$

Τι εκφράζει το μέγεθος  $\frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$ ;

Να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα  $v_\mu = \frac{v_1 + v_2}{2}$  στα τρία χρονικά διαστήματα του Πίνακα 3.

**1° διάστημα:**

**2° διάστημα:**

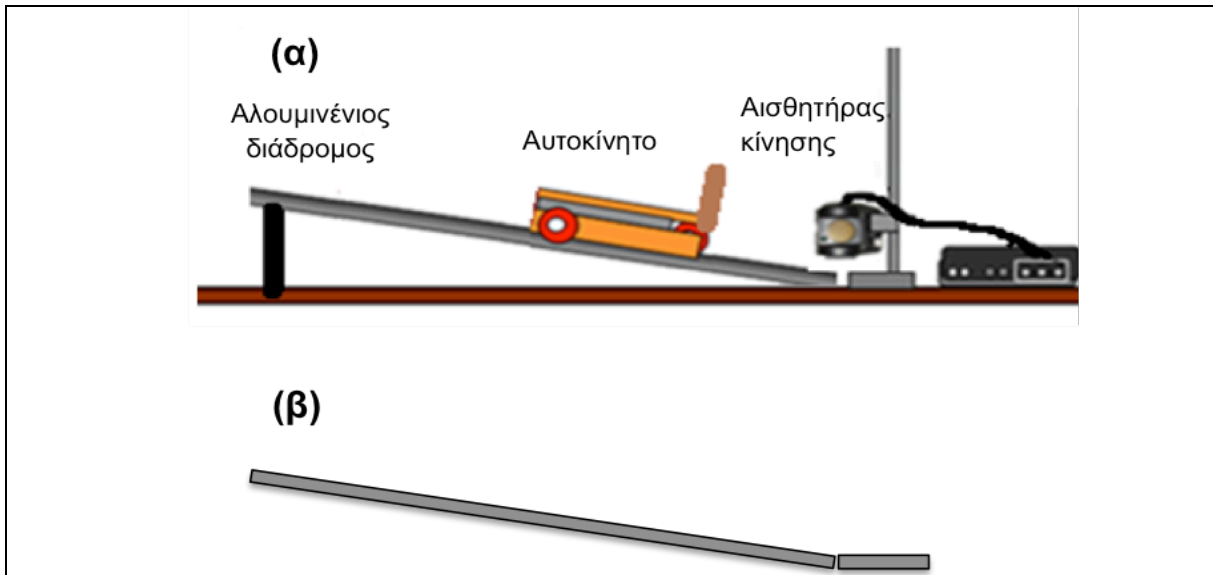
**3° διάστημα:**

**Σημείωση:** Αυτή η έκφραση για τη μέση ταχύτητα ισχύει μόνο στην ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.



### ΠΔ 13.2: Μελέτη της Κίνησης με Σταθερή Αρνητική Επιτάχυνση

Να επαναλάβετε το πείραμα, αλλά τώρα: (1) να τοποθετήσετε τον αισθητήρα κίνησης στη βάση (κάτω μέρος) του κεκλιμένου διαδρόμου, (2) να σημειώσετε κάποιο σημείο εκκίνησης στη βάση του κεκλιμένου διαδρόμου, και (3) **να σπρώξετε το αυτοκίνητο από το σημείο εκκίνησης με κάποια αρχική ταχύτητα με κατεύθυνση προς την κορυφή του διαδρόμου**. Η διάταξη φαίνεται στο επόμενο σχήμα:



Να σημειώσετε στο επάνω σχήμα (β) την ευθεία κίνησης του αυτοκινήτου, το σημείο αναφοράς και την επιλογή σας για τη θετική κατεύθυνση.

Με βάση αυτή την επιλογή, τότε είναι θετική η θέση, η μετατόπιση και η ταχύτητα του αυτοκινήτου;

**Θέση:**

---

---

**Μετατόπιση:**

---

---

---

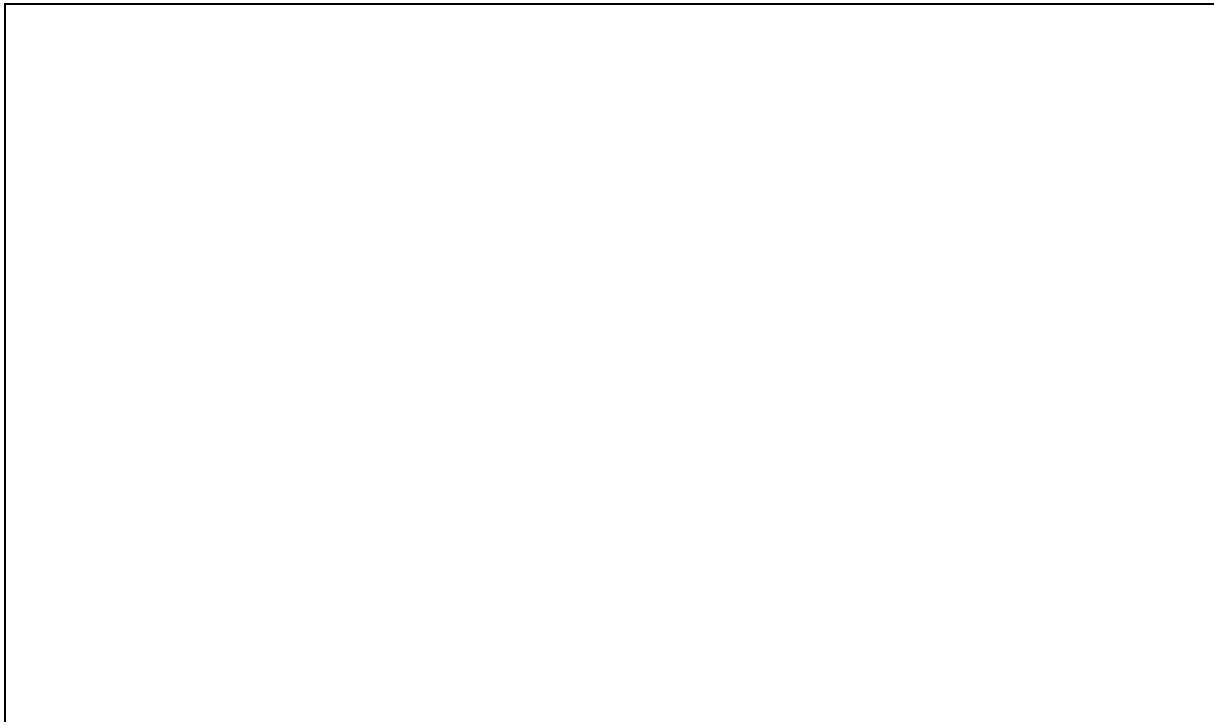
**Ταχύτητα:**

---

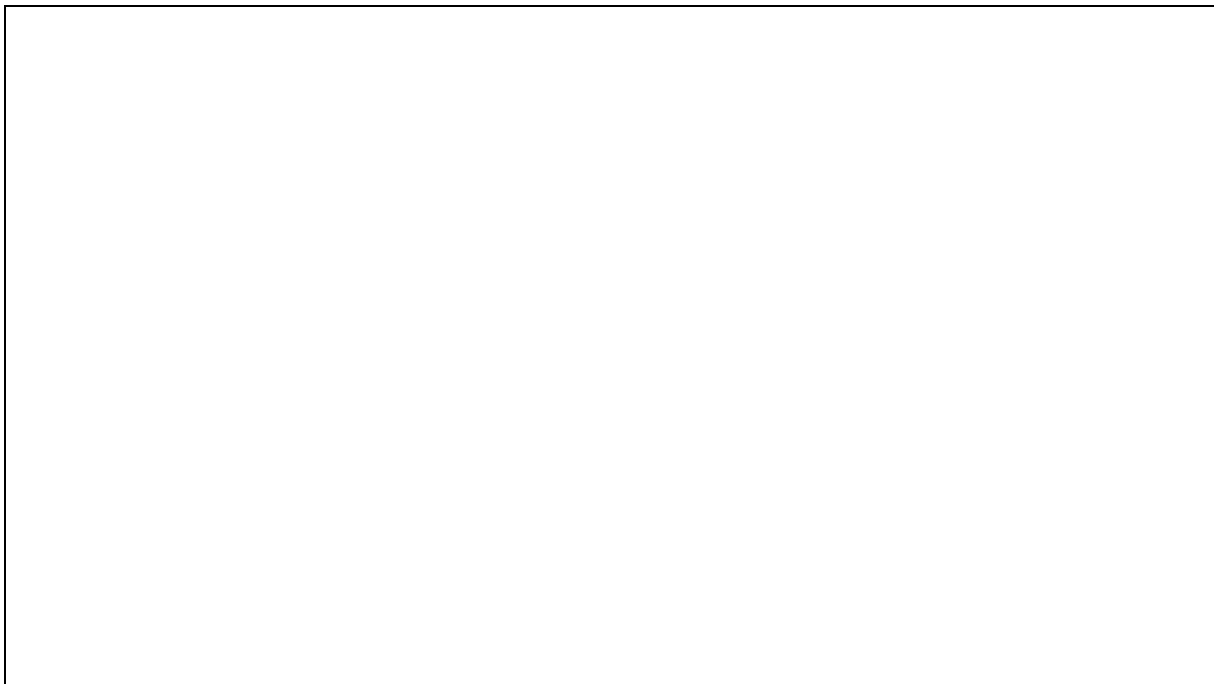
---

### Α) Γραφικές Παραστάσεις Θέσης - Χρόνου και Ταχύτητας - Χρόνου

Να επικολλήσετε τις νέες γραφικές παραστάσεις θέσης – χρόνου και ταχύτητας – χρόνου στον πιο κάτω χώρο.



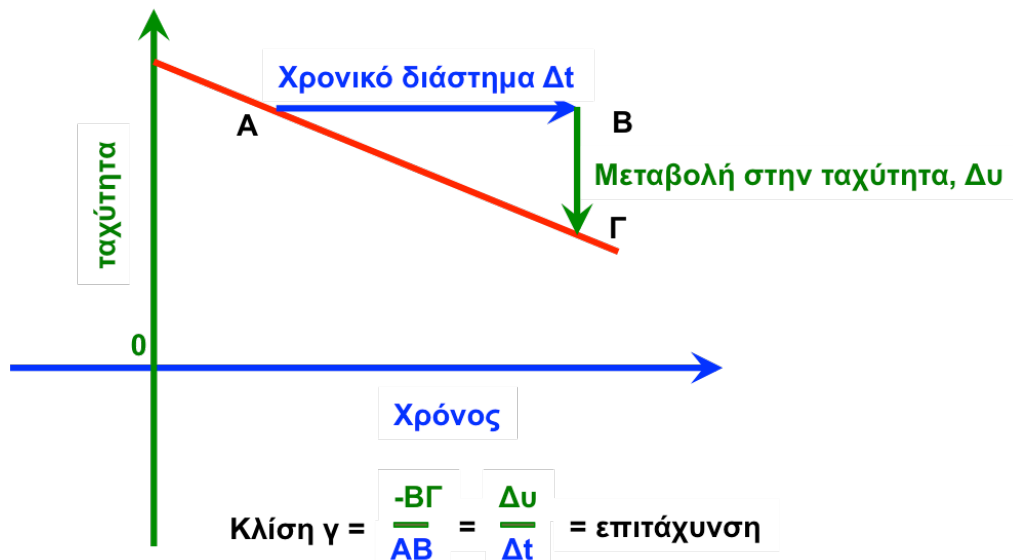
Γραφική παράσταση θέσης – χρόνου για το αυτοκίνητο, όταν ξεκινά με αρχική ταχύτητα προς την κορυφή του κεκλιμένου διαδρόμου.



Γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου για το αυτοκίνητο, όταν ξεκινά με αρχική ταχύτητα προς την κορυφή του κεκλιμένου διαδρόμου.

## Β) Φυσική Σημασία της Κλίσης της Γραφικής Παράστασης Ταχύτητας-Χρόνου

Η γραφική παράσταση θέσης – χρόνου του αυτοκινήτου είναι ευθεία γραμμή, όπως στο κάτω σχήμα. Στο χρονικό διάστημα  $\Delta t = AB$ , η αντίστοιχη μεταβολή της ταχύτητας του αυτοκινήτου  $\Delta v$  έχει αρνητική αλγεβρική τιμή,  $\Delta v = -B\Gamma$ .



Γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου για αυτοκίνητο που ανεβαίνει σε κεκλιμένο διάδρομο με σταθερή αρνητική επιτάχυνση.

Τα ευθύγραμμα τμήματα AB και BΓ είναι κάθετες πλευρές του ορθογωνίου τριγώνου ABΓ. Το πηλίκο  $(-B\Gamma) / AB = \Delta v / \Delta t$  είναι η **κλίση  $\gamma$**  της ευθείας ταχύτητας – χρόνου και ισούται με την αλγεβρική τιμή της σταθερής επιτάχυνσης.

Να εξετάσετε τη μορφή της γραφικής παράστασης ταχύτητας – χρόνου που παράγαγε ο αισθητήρας. Τι συμπεραίνετε για την επιτάχυνση του αυτοκινήτου;


Από την κλίση της ευθείας ταχύτητας – χρόνου να υπολογίσετε την αλγεβρική τιμή της επιτάχυνσης του αυτοκινήτου.

---

---

---

Χρησιμοποιώντας τη γραφική παράσταση ευθείας – χρόνου, να περιγράψετε την κίνηση του αυτοκινήτου. Συγκεκριμένα:

- (1) Να σχολιάσετε το πρόσημο της ταχύτητας του αυτοκινήτου κατά τη διάρκεια της κίνησής του.
- (2) Σε ποιά χρονική στιγμή μηδενίζεται η ταχύτητα;
- (3) Από τη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου, να προσδιορίσετε τη θέση του αυτοκινήτου τη χρονική στιγμή που μηδενίζεται η ταχύτητά του.

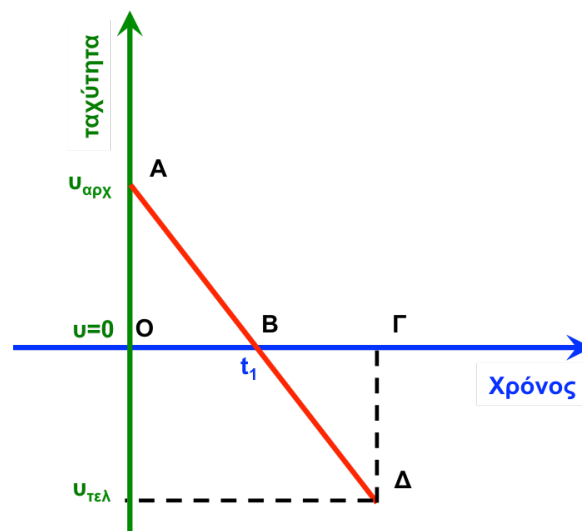
---

---

---

### Γ) Η Φυσική Σημασία του Εμβαδού της Γραφικής Παράστασης Ταχύτητας-Χρόνου

Η γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου που προσδιόρισε ο αισθητήρας έχει την πιο κάτω μορφή.



Χρησιμοποιώντας τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου που παρήγαγε ο αισθητήρας, να συμπληρώσετε τις τιμές  $u_{\text{αρχ}}$ ,  $u_{\text{τελ}}$  και τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία μηδενίζεται η ταχύτητα.

$u_{\text{αρχ}} =$

$u_{\text{τελ}} =$

$t_1 =$

Χρησιμοποιώντας τις τιμές  $u_{\text{αρχ}}$ ,  $u_{\text{τελ}}$  και  $t_1$  που προσδιορίσατε στο προηγούμενο ερώτημα, να υπολογίσετε το εμβαδόν του τριγώνου AOB,  $E_{\text{AOB}}$ . Τι εκφράζει αυτό το εμβαδόν;

---

---

---

---

Να υπολογίσετε το εμβαδόν του τριγώνου ΒΓΔ,  $E_{\text{ΒΓΔ}}$ . Ακολουθώντας την ίδια σύμβαση με την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, θεωρούμε ότι το εμβαδόν  $E_{\text{ΒΓΔ}}$  είναι αρνητικό επειδή η γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου είναι κάτω από τον άξονα των χρόνων. Τι εκφράζει το εμβαδόν  $E_{\text{ΒΓΔ}}$  με αυτή τη σύμβαση;

---

---

---

---

Με τι ισούται το άθροισμα των δύο εμβαδών,  $E_{\text{AOB}} + E_{\text{ΒΓΔ}}$ ; Εξηγήστε αυτό το αποτέλεσμα.

---

---

---

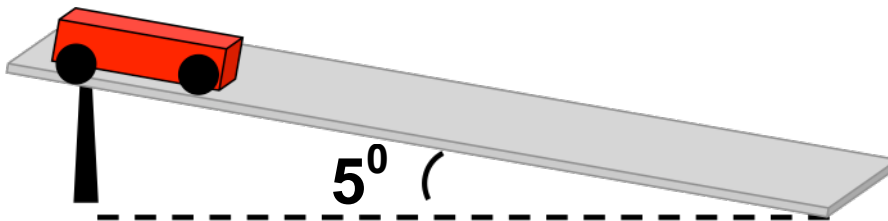
---

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 14: Κίνηση σε κεκλιμένο διάδρομο – Μελέτη με διάταξη ticker-timer

**Χρόνος: 40 λεπτά**

Στην **ΠΑ 11** για τη μελέτη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης περιγράφηκε η λειτουργία και χρήση του ηλεκτρικού χρονομετρητή (ticker-timer). Είχαμε δει ότι η συσκευή δημιουργεί τελείες πάνω σε μια χάρτινη ταινία ανά 0.02 s. Όταν η ταινία είναι στερεωμένη σε σώμα (αυτοκινητάκι) που κινείται με σταθερή ταχύτητα τότε οι τελείες που αποτυπώνονται πάνω στην ταινία ισαπέχουν μεταξύ τους. Όσο γρηγορότερα κινείται το αυτοκινητάκι (και η ταινία), τόσο περισσότερο θα απέχουν μεταξύ τους οι τελείες, όπως φαίνεται στις Εικόνες 1(β)-(γ) και της **ΠΑ 11**. Εάν η ταχύτητα του αυτοκινήτου δεν είναι σταθερή, αλλάζει τότε συνεχώς και η απόσταση μεταξύ των κουκκίδων (μεγαλώνει όταν αυξάνεται η ταχύτητα και μικραίνει όταν ελαττώνεται η ταχύτητα). Μπορείτε να εξετάσετε την περίπτωση που παρουσιάζεται στην Εικόνα 1(δ) της **ΠΑ 11**.

**A.** Να τοποθετήσετε τον διάδρομο υπό γωνία (π.χ  $\sim 5^\circ$ ). Εάν ο διάδρομος έχει μήκος 2 m, θα πρέπει να ανασηκώσετε την μία άκρη του κατά  $\sim 15$  cm για να δημιουργήσετε αυτή τη γωνία.



**B.** Να περάσετε την ταινία μέσα από τη συσκευή και να την προσαρμόσετε στο αυτοκινητάκι.

**Γ.** Αφού ενεργοποιήσετε τη συσκευή, να αφήσετε το αυτοκινητάκι ελεύθερο να κατέβει στον διάδρομο.

**Δ.** Να συλλέξετε την χαρτοταινία και να παρατηρήσετε τις αποστάσεις μεταξύ των κουκκίδων. Τι ισχύει από τα ακολουθα;

(α) Οι κουκκίδες ισαπέχουν μεταξύ τους.

(β) Οι αποστάσεις μεταξύ των κουκκίδων μεγαλώνουν συνεχώς με το χρόνο.

(γ) Οι αποστάσεις μεταξύ των κουκκίδων μικραίνουν συνεχώς με το χρόνο.

Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε για την ταχύτητα του αυτοκινήτου;

Να συγκρίνετε τη μορφή των κουκκίδων της ταινίας για το αυτοκινητάκι που κατεβαίνει, με την Εικόνα 1(δ) της **ΠΑΔ 11**. Σε τι διαφέρουν οι δύο Εικόνες;

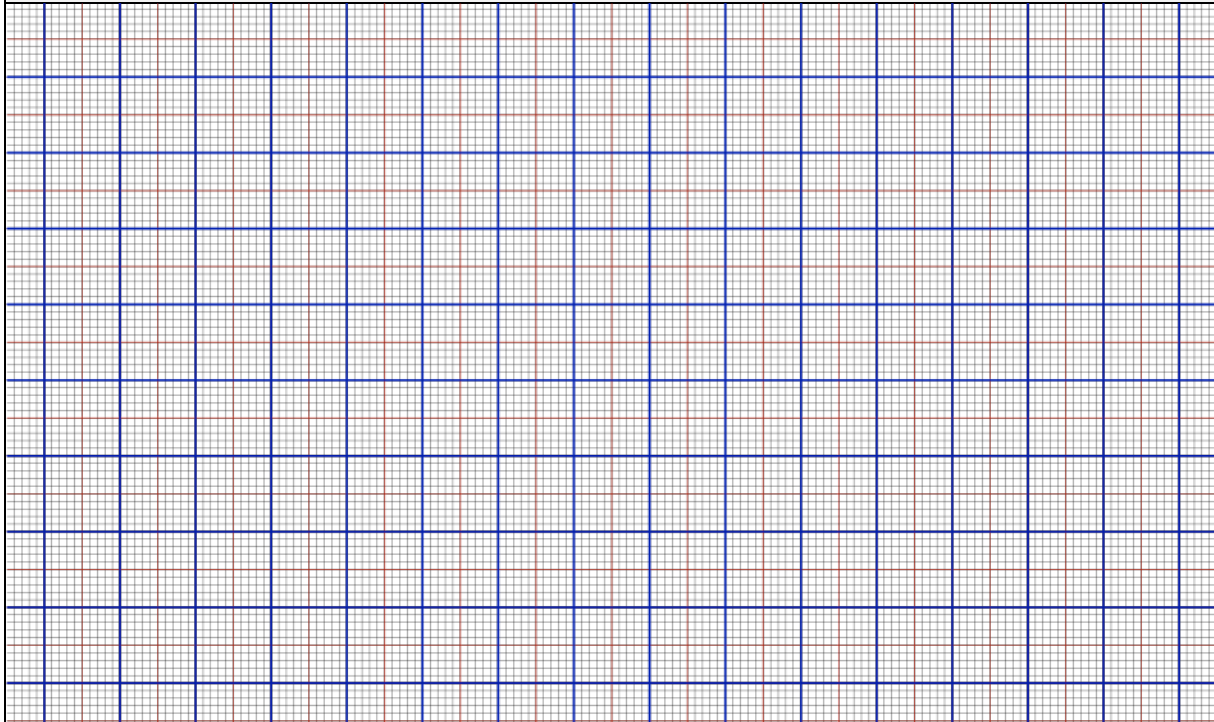
**Ε.** Να μετρήσετε την απόσταση μεταξύ κουκκίδων και να συμπληρώσετε τις τιμές χρόνου και θέσης του αυτοκινήτου. Στον Πίνακα 1, η χρονική στιγμή 0 s αντιστοιχεί στην στιγμή που το αυτοκινητάκι αρχίζει να κινείται. Η κουκκίδα «1» είναι η κουκκίδα που αποτυπώνεται στην ταινία τη στιγμή 0 s.

**Πίνακας 1**

Κουκκίδα	Χρονική στιγμή $t$ (s)	Απόσταση από προηγούμενη κουκκίδα	Θέση $x$ (m)
1	0	---	0
11			
21			
31			
41			
51			
61			

Στο πιο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί να χαράξετε άξονες θέσης-χρόνου και να σημειώσετε τα σημεία θέσης-χρόνου για το αυτοκίνητο. Ο  $x$ -άξονας θα περιέχει τιμές του χρόνου και ο  $y$ -άξονας θα περιέχει τιμές της θέσης όπως δίνονται από τις αντίστοιχες στήλες του Πίνακα 1.

Να ενώσετε με μια καμπύλη τα σημεία. Με αυτό τον τρόπο θα κατασκευάσετε μια προσεγγιστική γραφική παράσταση θέσης-χρόνου για το αυτοκίνητο.



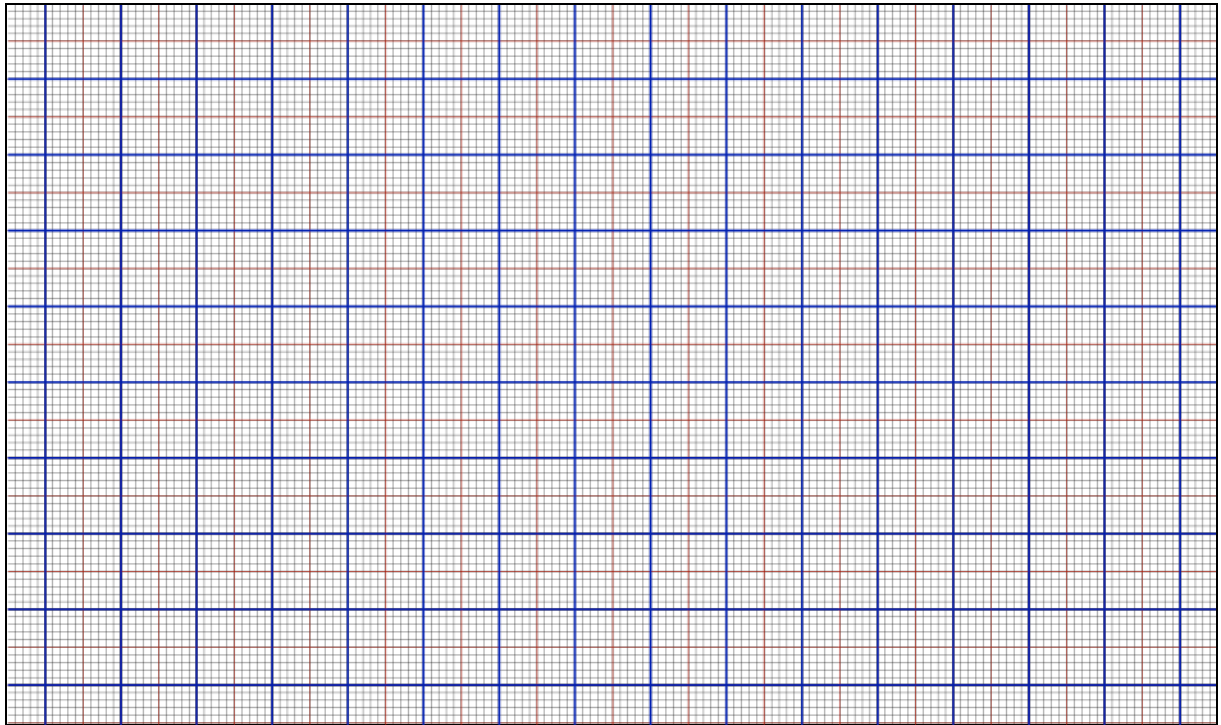
**Z.** Να προσθέσετε στον Πίνακα 1 ακόμα μία στήλη στην οποία να συμπληρώσετε τον υπολογισμό του τετραγώνου της αντίστοιχης χρονικής στιγμής από την στήλη 2 του πίνακα. Να ονομάσετε την στήλη αυτή « $t^2$ » ή τετράγωνο του χρόνου.

Στο πιο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί να χαράξετε άξονες θέσης - «χρόνου στο τετράγωνο» ( $x-t^2$ ) και να σημειώσετε τα σημεία θέσης -  $t^2$  για το αυτοκινητάκι.

Ο  $x$ -άξονας θα πρέπει να περιέχει τιμές του χρόνου στο τετράγωνο από την στήλη του Πίνακα 1 που προσθέσατε στο βήμα **Z**. Ο  $y$ -άξονας θα περιέχει τιμές της θέσης του αυτοκινήτου από την αντίστοιχη στήλη του πίνακα πολλαπλασιασμένες επί 2. Δηλαδή, οι τιμές που θα βάλετε στον  $y$ -άξονα θα είναι  $2 \times x$ , όπου  $x$  οι τιμές της δεύτερης στήλης του Πίνακα 1.

Να χαράξετε την ευθεία που περνά από τα σημεία της γραφικής παράστασης θμε μια καμπύλη τα σημεία. Με αυτό τον τρόπο θα κατασκευάσετε μια προσεγγιστική γραφική παράσταση θέσης-χρόνου για το αυτοκίνητο.





**H.** Να υπολογίσετε την κλίση της ευθείας του προηγούμενου γραφήματος και να συμπληρώσετε την τιμή που υπολογίσατε.

Κλίση ευθείας: ...

**Θ.** Να δώσετε την φυσική ερμηνεία της κλίσης της ευθείας. Ποια σχέση συνδέει τα δύο μεγέθη που αναπαράστώνται στους δύο άξονες της γραφικής;

---

---

**I.** Η κλίση της ευθείας αποτελεί την επιτάχυνση με την οποία κινείται το αυτοκινητάκι. Η επιτάχυνση αυτή ισούται με  $g \sin \theta$  όπου  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας και  $\theta$  η γωνία του κεκλιμένου επιπέδου πάνω στο οποίο κινείται το αμαξάκι.

Να υπολογίσετε την ακριβή τιμή του ημιτόνου της γωνίας του κεκλιμένου επιπέδου στο πείραμά σας και να χρησιμοποιήσετε την τιμή της κλίσης για να υπολογίσετε την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας  $g$ .

Υπάρχει διαφορά της τιμής του  $g$  που υπολογίζεται από την θεωρητικά αναμενόμενη τιμή; Να περιγράψετε τις πιθανές αιτίες της απόκλισης που παρατηρείτε.


# Ελεύθερη Πτώση

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 15

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Αναγνωρίζουν ότι η ελεύθερη πτώση είναι η κίνηση ενός σώματος υπό την επίδραση αποκλειστικά της βαρυτικής έλξης της γης
- Αναδεικνύουν πειραματικά ότι όλα τα σώματα κατά την ελεύθερη πτώση από μικρό ύψος κινούνται με την ίδια σταθερή επιτάχυνση  $g$  ανεξάρτητα της μάζας τους
- Προσδιορίζουν πειραματικά την επιτάχυνση της βαρύτητας  $g$

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 2** του Βιβλίου Μαθητή:

- Ελεύθερη πτώση (σελ. 84-88)

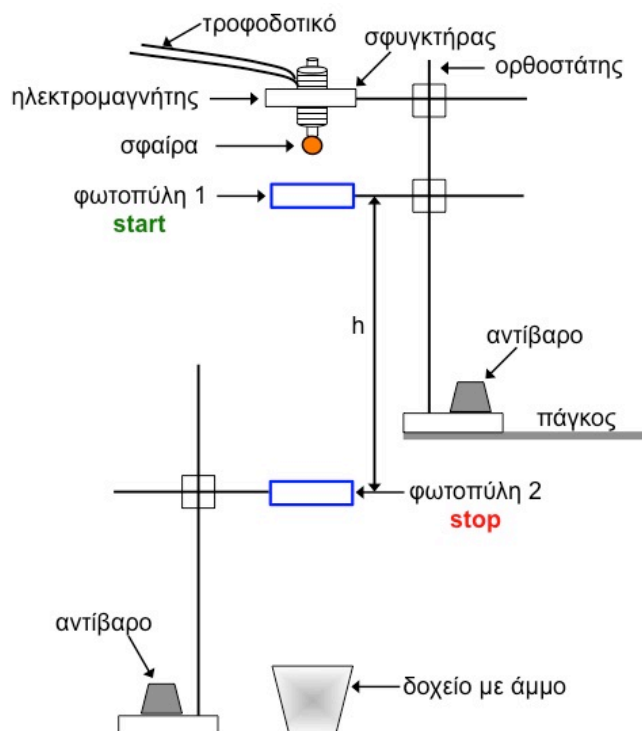
## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 15: Μελέτη της Ελεύθερης Πτώσης Σωμάτων και μέτρηση της επιτάχυνσης λόγω της βαρυτικής έλξης της Γης

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Δύο μεταλλικές σφαίρες διαφορετικών διαμέτρων (π.χ. 13mm και 25mm), 1 σφαίρα διάστασης ίδιας με μια από τις άλλες δύο αλλά διαφορετικού υλικού και αρκετά διαφορετικής μάζας, δύο φωτοπύλες, δύο ορθοστάτες μήκους 1m, ηλεκτρομαγνήτης, διαστημόμετρο με κλίμακα Βερνιέρου ή μικρόμετρο, μετροταινία, ζυγαριά, σύνδεσμοι για την στήριξη φωτοπυλών και ηλεκτρομαγνήτη, κουτί με άμμο.

### Χρόνος: 40 λεπτά

Να κατασκευάσετε την διάταξη του παρακάτω σχήματος. Να τοποθετήσετε τον ένα ορθοστάτη στον πάγκο και να στερεώσετε την βάση του. Ο άλλος ορθοστάτης να τοποθετηθεί στο έδαφος. Στο υψηλότερο τμήμα του ορθοστάτη που βρίσκεται πάνω στον πάγκο να στερεώσετε τον ηλεκτρομαγνήτη. Η μία φωτοπύλη να τοποθετηθεί σε απόσταση 20cm από την ηλεκτρομαγνήτη. Η δεύτερη φωτοπύλη μπορεί να στερεωθεί σε διάφορες αποστάσεις από την πρώτη φωτοπύλη ανάλογα με τις οδηγίες της δραστηριότητας αλλά η μικρότερη απόσταση να είναι τουλάχιστον 40cm από την πρώτη φωτοπύλη.



Να ρυθμίσετε τη συνδεσμολογία των φωτοπυλών με το χρονόμετρο έτσι ώστε το χρονόμετρο να ξεκινά όταν η σφαίρα περνά από την πρώτη φωτοπύλη, και να σταματά όταν η σφαίρα περνά από την δεύτερη φωτοπύλη.

Βεβαιωθείτε ότι η σφαίρα περνά μέσα από τις φωτοπύλες και διακόπτει την δέσμη του φωτός. Είναι σημαντικό να τοποθετήσετε τις φωτοπύλες παράλληλα μεταξύ τους και με

τέτοιο τρόπο ώστε η σφαίρα καθώς περνά μέσα από την φωτοπύλη να διακόπτει την δέσμη του φωτός κατά μήκος όλης της διαμέτρου της.

Να ζυγίσετε όλες τις σφαίρες και να μετρήσετε τις διαμέτρους τους με το διαστημόμετρο ή το μικρόμετρο. Να καταγράψετε τα αποτελέσματα των μετρήσεων στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1**

	Μάζα, m(g)	Διάμετρος, d(mm)
Σφαίρα 1		
Σφαίρα 2		
Σφαίρα 3		

**A.** Να τοποθετήσετε την δεύτερη φωτοπύλη σε απόσταση 40cm από την πρώτη φωτοπύλη. Να τοποθετήσετε την μεταλλική σφαίρα της μεγαλύτερης διαμέτρου (σφαίρα 1) στην άκρη του ηλεκτρομαγνήτη και διακόψτε το κύκλωμα ώστε να πέσει η σφαίρα. Να καταγράψετε στον Πίνακα 2 την απόσταση των δύο φωτοπυλών και το χρόνο που χρειάστηκε η σφαίρα να καλύψει την απόσταση αυτή. Να επαναλάβετε τη διαδικασία 3 φορές.

Να αλλάξετε την σφαίρα και να χρησιμοποιήσετε τις άλλες δύο σφαίρες που έχετε στην διάθεσή σας και να επαναλάβετε τις μετρήσεις όπως και στο προηγούμενο βήμα.

Αυξάνοντας την απόσταση των δύο φωτοπυλών κατά 20cm, να επαναλάβετε τις προηγούμενες μετρήσεις (3 μετρήσεις χρόνου για κάθε σφαίρα). Να πάρετε μετρήσεις για 5 διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ των φωτοπυλών.

**Πίνακας 2 – Σφαίρα 1**

	h = 40cm	h = 60cm	h = 80cm	h = 100cm	h = 120cm
t <sub>1</sub> (s)					
t <sub>2</sub> (s)					
t <sub>3</sub> (s)					

**Πίνακας 2 – Σφαίρα 2**

	h = 40cm	h = 60cm	h = 80cm	h = 100cm	h = 120cm
t <sub>1</sub> (s)					
t <sub>2</sub> (s)					
t <sub>3</sub> (s)					

**Πίνακας 2 – Σφαίρα 3**

	h = 40cm	h = 60cm	h = 80cm	h = 100cm	h = 120cm
t <sub>1</sub> (s)					
t <sub>2</sub> (s)					
t <sub>3</sub> (s)					

**Β.** Ποιος κατά την γνώμη σας είναι ο λόγος χρήσης του ηλεκτρομαγνήτη για την απελευθέρωση της σφαίρας;

**Γ.** Γιατί σε όλες τις μετρήσεις που πήρατε η θέση της φωτοπύλης 1 ήταν σταθερή; Πως θα επηρέαζε τις μετρήσεις σας και τα συμπεράσματά σας η αλλαγή της θέσης αυτής;

---



---



---



---



---

**Δ.** Να υπολογίσετε τον μέσο όρο των τριών μετρήσεων χρόνου που πήρατε για κάθε απόσταση και για κάθε σφαίρα και να συμπληρώσετε τις κατάλληλες τιμές στον Πίνακα 3.

Να αντιγράψετε τις μετρήσεις των αποστάσεων του Πίνακα 2 στον Πίνακα 3 και να υπολογίσετε για κάθε περίπτωση την ποσότητα  $(2 \times h)/t$  όπου  $t = t_{\text{μέσο}}$  και να συμπληρώσετε τις αντίστοιχες στήλες.

Ποια η φυσική σημασία της ποσότητας  $(2 \times h)/t$ ;

---



---

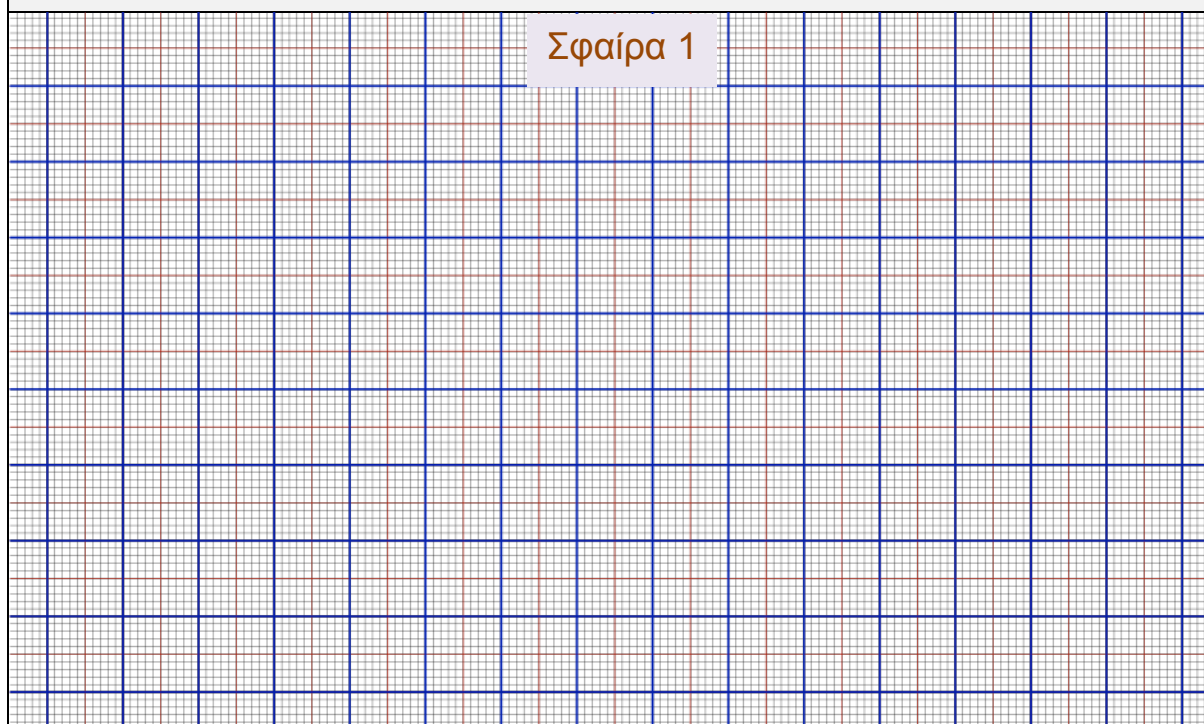


---

Πίνακας 3

h(cm)	Σφαίρα 1		Σφαίρα 2		Σφαίρα 3	
	$t_{\text{μέσο}}$ (s)	$(2 \times h)/t$	$t_{\text{μέσο}}$ (s)	$(2 \times h)/t$	$t_{\text{μέσο}}$ (s)	$(2 \times h)/t$
40						
60						
80						
100						
120						

**Ε.** Να κάνετε την γραφική παράσταση της ποσότητας  $(2 \times h)/t$  συναρτήσει του χρόνου  $t_{\text{μέσο}}$  στο χιλιοστομετρικό χαρτί που ακολουθεί. Ο x-άξονας περιέχει τιμές του χρόνου, ενώ ο y-άξονας περιέχει τιμές της ποσότητας  $(2 \times h)/t$ . Αφού προσδιορίσετε τα σημεία, να χαράξετε την καμπύλη που περνά από τα σημεία αυτά.



**Ζ.** Βλέποντας την γραφική παράσταση που κατασκευάσατε, τί είδους κίνηση εκτελεί η σφαίρα;

Να υπολογίσετε την κλίση της ευθείας που περνά από τα σημεία της γραφικής

παράστασης.

Ποια η φυσική σημασία της κλίσης αυτής; Συνάδει η τιμή που βρήκατε με την θεωρητικά αναμενόμενη τιμή της;

Να προεκτείνετε την ευθεία που χαράξατε ώστε να τέμνει τον  $y$ -άξονα (τεταγμένη). Ποια η φυσική σημασία της τεταγμένης; Μπορείτε να επαληθεύσετε την τιμή της θεωρητικά;

---

---

---

---

---

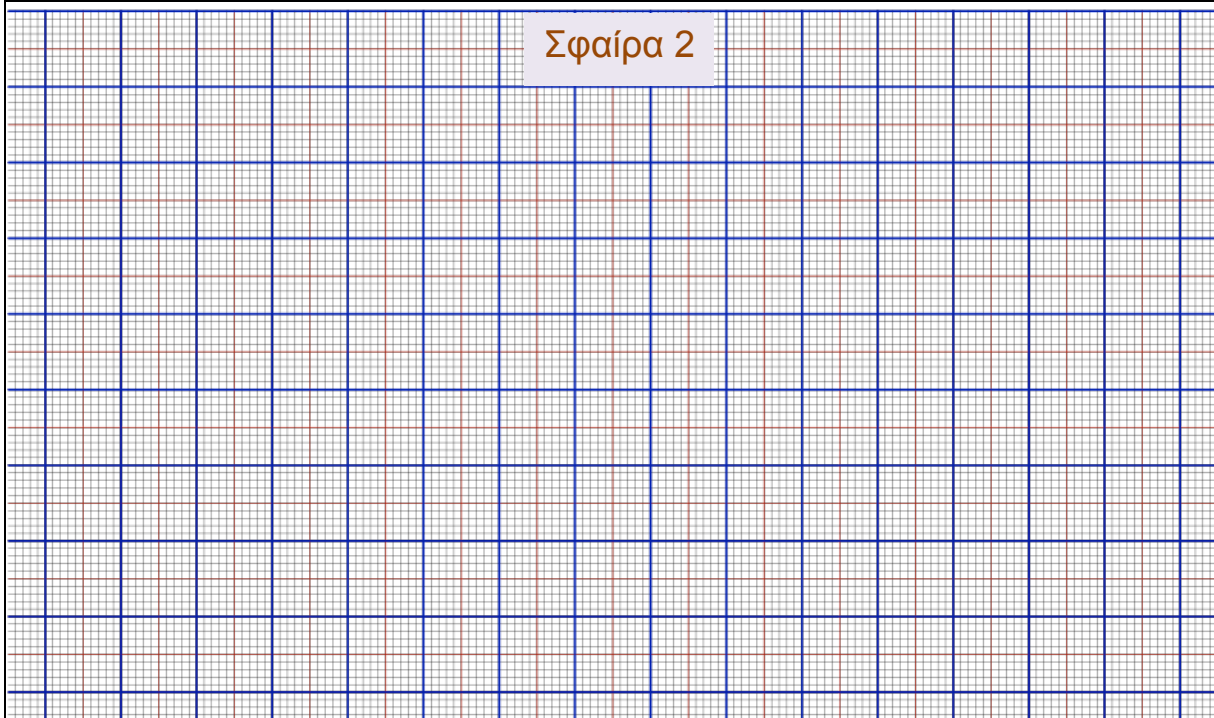
---

---

---

**H.** Να κατασκευάσετε τις γραφικές παραστάσεις της ποσότητας  $(2 \times h)/t$  ως προς τον χρόνο  $t$ , και για τις άλλες δύο σφαίρες. Να χαράξετε την καμπύλη που περνά από τα σημεία που σχεδιάσατε.

Να υπολογίσετε την κλίση της ευθείας και την τεταγμένη και για τις δύο περιπτώσεις.





Σφαίρα 3

Σφαίρα 2: κλίση ευθείας =

τεταγμένη =

Σφαίρα 3: κλίση ευθείας =

τεταγμένη =

Θ. Να συγκρίνετε τα αποτελέσματά σας για την σφαίρα 1 στο βήμα Z με αυτά που πήρατε προηγουμένως για τις σφαίρες 2 και 3.

Παρατηρείτε διαφορές μεταξύ των τριων τιμών των κλίσεων; Εξηγήστε τυχόν διαφορές ή συμφωνία μεταξύ των τιμών αυτών.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**I.** Με βάση τα αποτελέσματά σας, ποιο είναι το συμπέρασμά σας για την κίνηση σωμάτων εξαιτίας της βαρυτικής έλξης της Γής;

---

---

---

**K.** Να συζητήσετε στην τάξη και να προτείνετε μια διαφορετική μέθοδο, ώστε χρησιμοποιώντας ακριβώς την ίδια διάταξη αλλά μετρώντας διαφορετικά μεγέθη, να καταλήξετε και πάλι στον υπολογισμό της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

---

---

---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

## Σύνθεση Δυνάμεων

### Προτεινόμενη Δραστηριότητα 16

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Διαπιστώνουν την Αρχή της Επαλληλίας δυνάμεων
- Υπολογίζουν τη συνισταμένη δυνάμεων σε τυχαίες διευθύνσεις με τον κανόνα του παραλληλογράμμου και τον κανόνα του πολυγώνου
- Υπολογίζουν τη συνισταμένη συγγραμμικών δυνάμεων με τον κανόνα του πολυγώνου

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 3** του Βιβλίου Μαθητή:

- Διανυσματική φύση των δυνάμεων (σελ. 102-103)
- Δύναμη ελατηρίου (σελ. 104-105)
- Ένθετο Διανυσμάτων: Ορισμός ομόροπων και αντίροπων διανυσμάτων, πρόσθεση διανυσμάτων με τον κανόνα του πολυγώνου και τον κανόνα του παραλληλογράμμου (σελ. 110-116)
- Αρχή της Επαλληλίας και Σύνθεση Δυνάμεων (σελ. 123-128)

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 16: Σύνθεση Δυνάμεων

**Χρόνος: 80 λεπτά**

Σχετική θεωρία από βιβλίο μαθητή: σελ. 102, 104-105, 110-116, 123-128.

Σε αυτή τη δραστηριότητα θα μελετήσετε τη **σύνθεση δυνάμεων**, οι διευθύνσεις των οποίων σχηματίζουν τυχαία γωνία. Θα χρησιμοποιήσετε δυναμόμετρα, η λειτουργία των οποίων στηρίζεται σε ελατήρια.

**Λίγα προκαταρκτικά λόγια για τη δύναμη ελατηρίου (σελ. 104-105, βιβλίο μαθητή)**

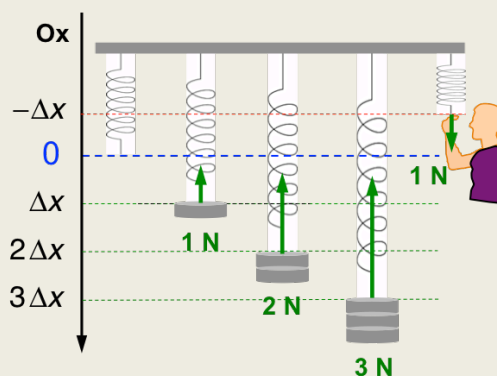
Όταν ένα σώμα μεταβάλλει το μήκος του ελατηρίου, το ελατήριο ασκεί στο σώμα μια δύναμη με διεύθυνση κατά μήκος του ελατηρίου και φορά από το σώμα προς το ελατήριο (εάν επιμηκύνεται) ή αντίθετα (εάν συσπειρώνεται).

Προκύπτει πειραματικά ότι *η δύναμη που ασκεί το ελατήριο είναι ανάλογη με τη μεταβολή του μήκους του*, εάν η παραμόρφωση του ελατηρίου δεν υπερβεί κάποιο όριο που εξαρτάται από το ελατήριο.

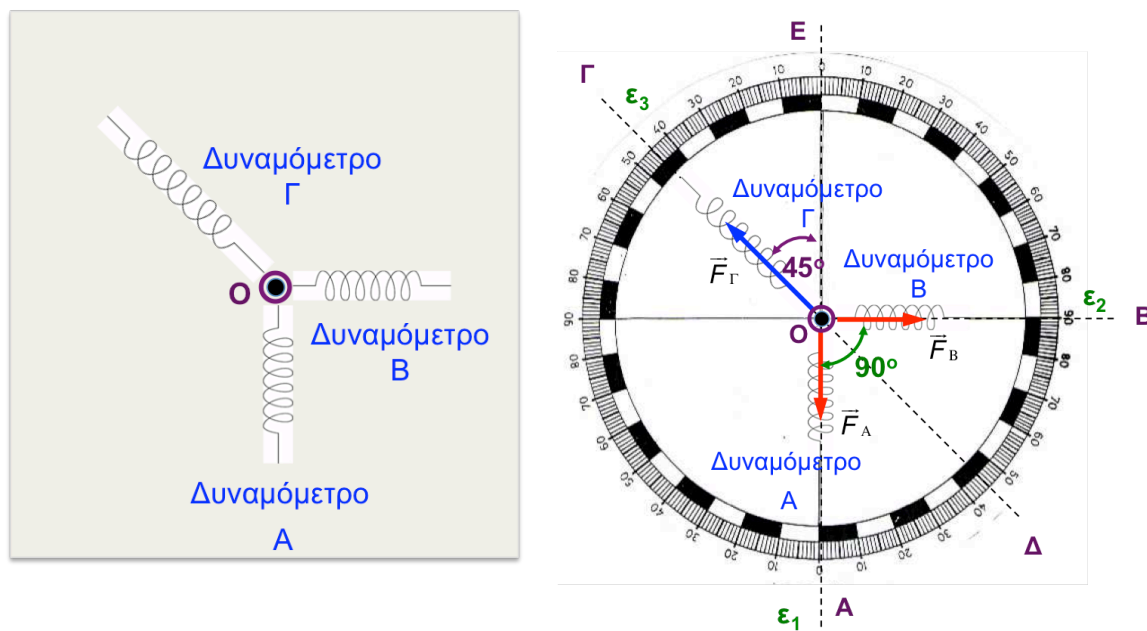
Τα δυναμόμετρα βαθμονομούνται αντιστοιχώντας μια συγκεκριμένη επιμήκυνση ή συσπίεση του ελατηρίου τους σε μια συγκεκριμένη μονάδα δύναμης. Η αναλογία εκφράζεται από τη σχέση

$$\vec{F}_{ελ} = -k\Delta\vec{x}$$

όπου το  $\Delta\vec{x}$  αντιστοιχεί στη μετατόπιση της ελεύθερης άκρης του ελατηρίου. Η σταθερά  $k$  ονομάζεται «σταθερά ελατηρίου». Το πρόσημο «-» στην πιο πάνω σχέση δηλώνει ότι η δύναμη που ασκεί το ελατήριο έχει αντίθετη κατεύθυνση από τη μετατόπιση της άκρης του ελατηρίου. Στο πιο πάνω σχήμα, η αλγεβρική τιμή της μετατόπισης της άκρης είναι θετική όταν το ελατήριο είναι επιμηκυνμένο και αρνητική όταν είναι συσπειρωμένο. Το μέτρο της μετατόπισης ισούται με τη μεταβολή στο μήκος του ελατηρίου.



Θα χρησιμοποιήσετε την διάταξη της Εικόνας 1, η οποία περιέχει μια τράπεζα δυνάμεων, τρία δυναμόμετρα και έναν κρίκο.



Εικόνα 1. **Αριστερά:** Κάτοψη τράπεζας δυνάμεων με κρίκο (δαχτυλίδι) και δυναμόμετρα (ελατήρια). **Δεξιά:** Διάταξη των δυναμομέτρων A, B και Γ για τα βήματα I – III. Τα A και B ασκούν κάθετες μεταξύ τους δυνάμεις με μέτρα  $|\vec{F}_A| = |\vec{F}_B| = 2 \text{ N}$ .

Να τοποθετήσετε τον γωνιομετρικό κύκλο στο μέσο του τραπέζιου και να στερεώσετε ένα καρφί στο κέντρο του κύκλου (μαύρη κουκκίδα στο σημείο O). Να τοποθετήσετε τον κρίκο, έτσι ώστε το καρφί να είναι στο εσωτερικό του κρίκου (δαχτυλίδι γύρω από το O). Να συνδέσετε τα τρία δυναμόμετρα A, B και Γ με τον κρίκο.

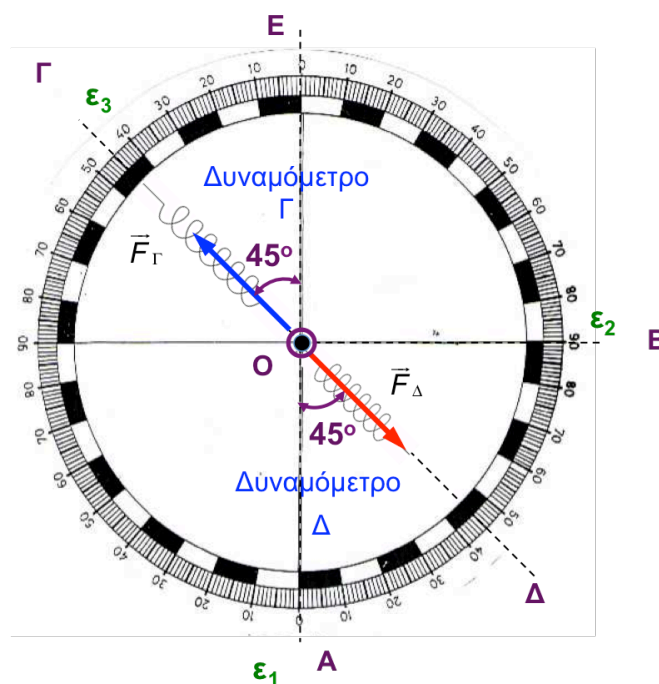
## A. Μη συγγραμμικές δυνάμεις

- I. Να προσανατολίσετε τα δυναμόμετρα A και B έτσι ώστε να σχηματίζουν την ορθή γωνία  $\hat{A}\hat{O}\hat{B} = 90^\circ$ , με κορυφή το O και πλευρές τις ευθείες  $\epsilon_1$  και  $\epsilon_2$ . Να επιμηκύνετε αργά και προσεκτικά τα δυναμόμετρα A και B κατά μήκος των  $\epsilon_1$  και  $\epsilon_2$  μέχρι να αποκτήσουν την ένδειξη 2 N. Ο κρίκος θα παραμένει στην περιοχή κοντά στο κέντρο του γωνιομετρικού κύκλου και θα εφάπτεται με το καρφί.
- II. Να προσανατολίσετε το δυναμόμετρο Γ κατά μήκος της ευθείας  $\epsilon_3$ , η οποία σχηματίζει γωνία  $\hat{\Gamma}\hat{O}\hat{E} = 45^\circ$  με την  $\epsilon_1$ , όπως φαίνεται στο δεξιό σχήμα της Εικόνας 1. Να έλξετε αργά και προσεκτικά το δυναμόμετρο Γ κατά μήκος της  $\epsilon_3$ , προσέχοντας ώστε τα A και B να διατηρούν τις κατευθύνσεις και τις ενδείξεις τους. Όταν ο κρίκος χάσει επαφή με το καρφί, παύει να ασκείται σε αυτόν κάποια δύναμη από το καρφί. Οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτόν είναι οι  $\vec{F}_A$ ,  $\vec{F}_B$  και  $\vec{F}_\Gamma$  από τα τρία δυναμόμετρα.

Επειδή ο κρίκος εφάπτεται με τα δυναμόμετρα, θεωρούμε ότι αποτελεί προέκταση του δυναμόμετρου Γ. Μπορούμε τότε να θεωρήσουμε ότι οι δυνάμεις  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  από τα Α και Β ασκούνται στο δυναμόμετρο Γ. Οι δυνάμεις  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  είναι το «αίτιο», και η επιμήκυνση του ελατηρίου του Γ κατά μήκος της  $\epsilon_3$  είναι το «αποτέλεσμα» αυτού του αιτίου.

Να καταγράψετε τις ενδείξεις των Α, Β και Γ στον Πίνακα 1.

- III. Να αντικαταστήσετε τα δυναμόμετρα Α και Β από ένα δυναμόμετρο που θα ονομάσουμε «δυναμόμετρο Δ». (Στην πράξη, μπορείτε να αφήσετε ελεύθερο το δυναμόμετρο Β, έτσι ώστε να μην ασκεί δύναμη στον κρίκο, και να χρησιμοποιήσετε απλώς το δυναμόμετρο Α). Να προσανατολίσετε το «δυναμόμετρο Δ» κατά μήκος της  $\epsilon_3$  και σε αντίθετη κατεύθυνση από το Γ (Εικόνα 2). Κατόπιν, να έλξετε το δυναμόμετρο Γ κατά μήκος της  $\epsilon_3$ , μέχρι να καταγράψει την ίδια ένδειξη με προηγουμένως. Κρατώντας ακίνητο το Γ, να έλξετε το δυναμόμετρο Δ προσεκτικά κατά μήκος της  $\epsilon_3$ , μέχρι ο κρίκος να χάσει επαφή με το καρφί. Σε αυτή την περίπτωση, το δυναμόμετρο Δ προκαλεί ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα με τη συνδυασμένη δράση των δυνάμεων  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  των βημάτων I και II. Να καταγράψετε την ένδειξη του Δ στην τελευταία στήλη του Πίνακα 1.



Εικόνα 2. Η δύναμη  $\vec{F}_\Delta$  από το δυναμόμετρο Δ προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα στο δυναμόμετρο Α, όπως η συνδυασμένη δράση των δυνάμεων  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  της Εικόνας 1.

Πίνακας 1

Αίτιο: Δυνάμεις από τα Α και Β			Αποτέλεσμα: Επιμήκυνση του Γ		Ισοδύναμο Αίτιο με τις δυνάμεις από τα Α και Β: Δύναμη από το Δ	
Γωνία ΑÔΒ	Ένδειξη Α (N)	Ένδειξη Β (N)	Γωνία ΓÔΕ	Ένδειξη Γ (N)	Γωνία ΑÔΔ	Ένδειξη Δ (N)
90°	2	2	45°		45°	
90°	4	3				
120°						

Να διατυπώσετε την **αρχή της επαλληλίας δυνάμεων** (σελ. 123, βιβλίο μαθητή).

Να εξετάσετε εάν ισχύει η **αρχή της επαλληλίας** για τις δυνάμεις  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ . Να λάβετε υπ' όψη σας τα εξής: (i) Υπάρχει κάποια δύναμη που να προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τη συνδυασμένη δράση των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ ; (ii) Με ποιο κριτήριο αποφασίζουμε ότι αυτή η δύναμη «προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα»; Η δύναμη αυτή θα είναι η **συνισταμένη** των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ .



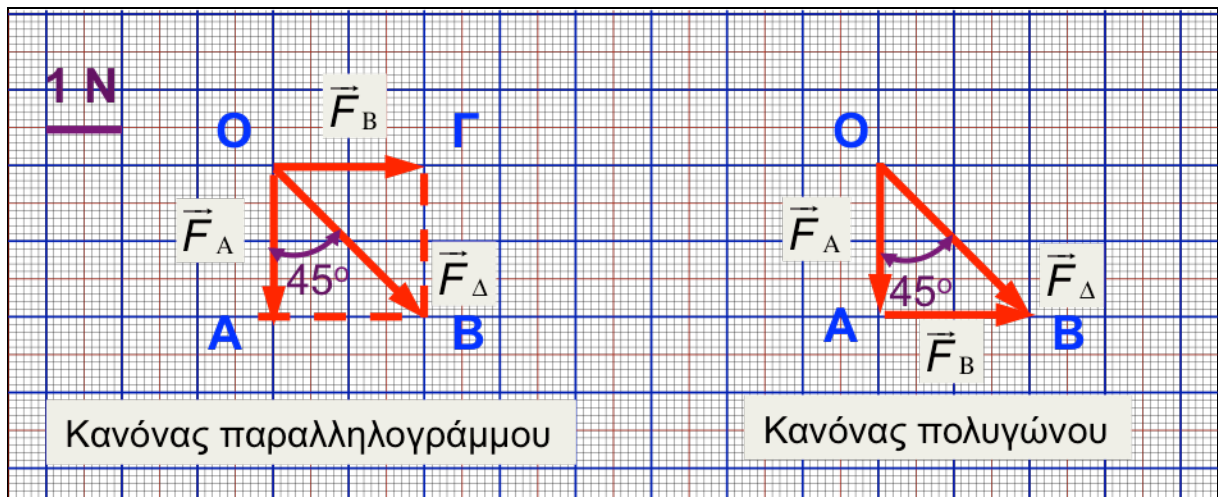
Να συγκρίνετε την κατεύθυνση της δύναμης  $\vec{F}_\Delta$  με την κατεύθυνση των δυνάμεων  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ .

Να συγκρίνετε το μέτρο της δύναμης  $\vec{F}_\Delta$  με το άθροισμα των μέτρων των δυνάμεων  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ . Τι παρατηρείτε;

**(Σελ. 112-116, βιβλίο μαθητή).** Η Εικόνα 3 απεικονίζει ένα χιλιοστομετρικό χαρτί, στο οποίο υπολογίζουμε τη συνισταμένη  $\vec{F}_\Delta$  των δυνάμεων  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  με δύο τρόπους:

**α)** το αριστερό σχήμα παρουσιάζει τον **κανόνα του παραλληλογράμμου**: Σχεδιάζουμε τα διανύσματα των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  με κοινή αρχή στο σημείο O, και συμπληρώνουμε το παραλληλόγραμμο OABΓ με πλευρές παράλληλες προς τα βέλη των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ . Το βέλος κατά μήκος της διαγωνίου που ξεκινά από την κοινή αρχή O, αναπαριστά τη **συνισταμένη δύναμη**  $\vec{F}_\Delta$ .

**β)** το δεξί σχήμα παρουσιάζει τον **κανόνα του πολυγώνου**: Σχεδιάζουμε τα διανύσματα των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  έτσι ώστε να είναι διαδοχικά (το τέλος του  $\vec{F}_A$  να συμπίπτει με την αρχή του  $\vec{F}_B$ ). Η συνισταμένη  $\vec{F}_\Delta$  αναπαρίσταται από βέλος που ξεκινά από την αρχή του πρώτου (σημείο O) και καταλήγει στην αιχμή του δεύτερου βέλους (σημείο B).



Εικόνα 3. **Αριστερά:** Υπολογισμός της συνισταμένης  $\vec{F}_\Delta$  των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  με τον κανόνα του παραλληλογράμμου. **Δεξιά:** Ο ίδιος υπολογισμός με τον κανόνα του πολυγώνου.

Οι δυνάμεις  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  έχουν σχεδιασθεί υπό κλίμακα. Από το ορθογώνιο τρίγωνο OAB να επιβεβαιώσετε ότι (i) η γωνία  $\widehat{AOB} = 45^\circ$  και (ii) το μήκος της διαγωνίου OB ταυτίζεται με την ένδειξη του δυναμομέτρου  $\Delta$ .

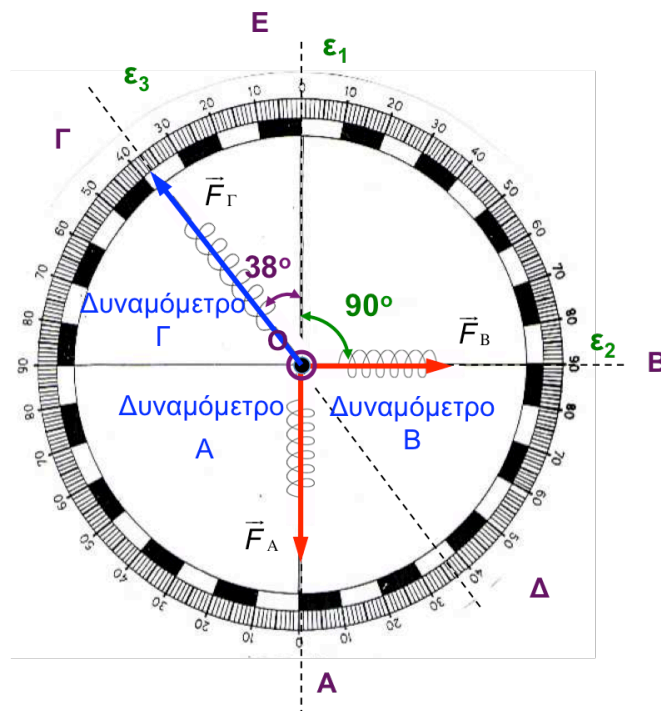
$$\varepsilon\varphi(\widehat{AOB}) =$$

$$|\vec{F}_\Delta| = OB = \sqrt{(OA)^2 + (AB)^2} =$$

Να παρατηρήσετε ότι οι δύο κανόνες δίνουν το ίδιο αποτέλεσμα. Όπως εξηγείται στο βιβλίο, **ο κανόνας του παραλληλογράμμου προκύπτει από τον κανόνα του πολυγώνου.**

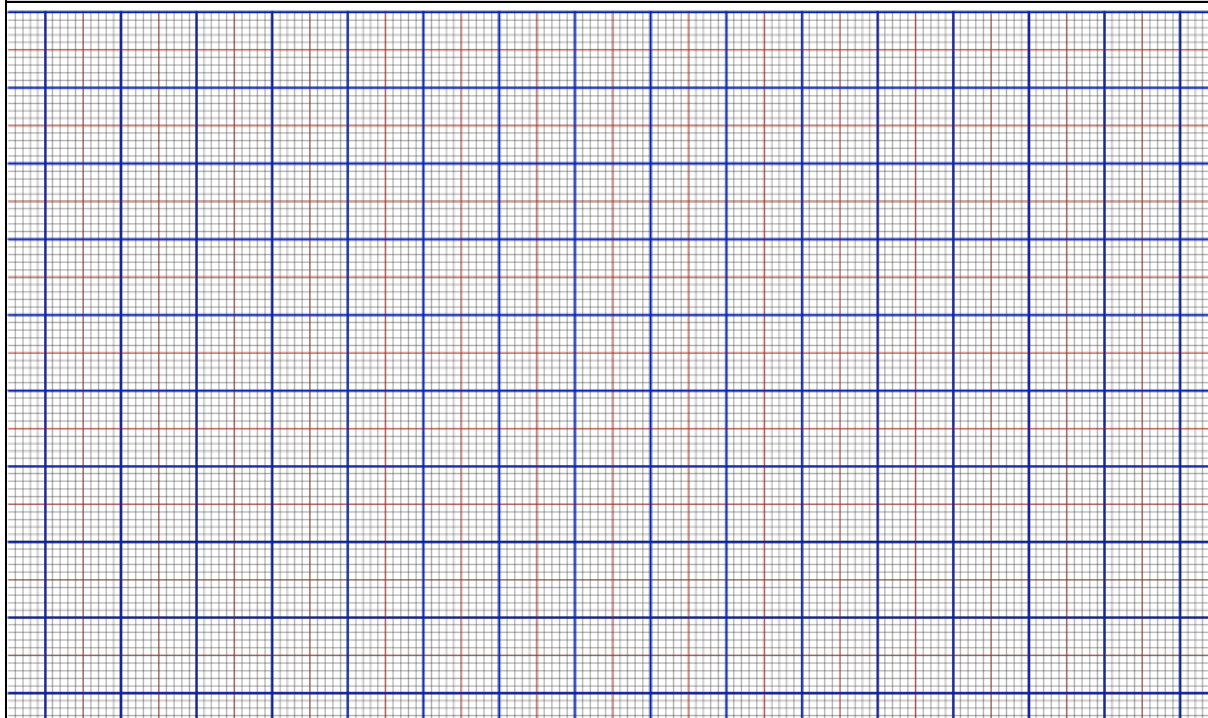
- Ο κανόνας του πολυγώνου είναι πιο γενικός, γιατί εφαρμόζεται και σε συγγραμμικές δυνάμεις, ενώ ο κανόνας του παραλληλογράμμου εφαρμόζεται μόνο σε μη συγγραμμικές δυνάμεις.
- Ο κανόνας του πολυγώνου είναι πιο εύχρηστος για τον υπολογισμό της συνισταμένης περισσότερων από δύο δυνάμεων.
- Ο κανόνας του παραλληλογράμμου είναι πιο εύχρηστος στην πρόσθεση δύο διανυσμάτων με κοινή αρχή (π.χ. στην ανάλυση δυνάμεων).

IV. Να επαναλάβετε τα βήματα I – II τοποθετώντας πάλι τα δυναμόμετρα A και B σε ορθή γωνία (Εικόνα 4). Σε αυτή την περίπτωση, να επιμηκύνετε το A μέχρι να αποκτήσει ένδειξη 4 N, και το B μέχρι να αποκτήσει ένδειξη 3 N. Να προσανατολίσετε το δυναμόμετρο Γ έτσι ώστε η γωνία  $\widehat{G\Delta}$  να είναι ίση με  $38^\circ$ , όπως φαίνεται στην Εικόνα 4. Να επαναλάβετε το βήμα III και να συμπληρώσετε τον Πίνακα 1.

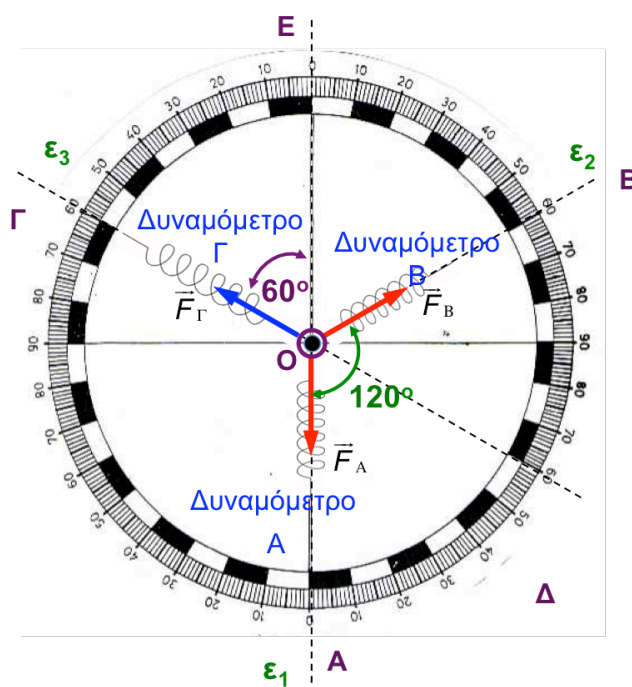


Εικόνα 4. Τα δυναμόμετρα A και B ασκούν κάθετες μεταξύ τους δυνάμεις  $|\vec{F}_A| = 4 \text{ N}$  και  $|\vec{F}_B| = 3 \text{ N}$ .

Να σχεδιάσετε στο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί τις δυνάμεις  $\vec{F}_A$ ,  $\vec{F}_B$ , και να υπολογίσετε τη **συνισταμένη** δύναμη  $\vec{F}_\Delta$  με τους κανόνες του παραλληλογράμμου και του πολυγώνου. Να σημειώσετε την κλίμακα που χρησιμοποίησατε (αντιστοιχία μήκους σε cm – δύναμης σε N), για να απεικονίσετε το μέτρο των δυνάμεων.



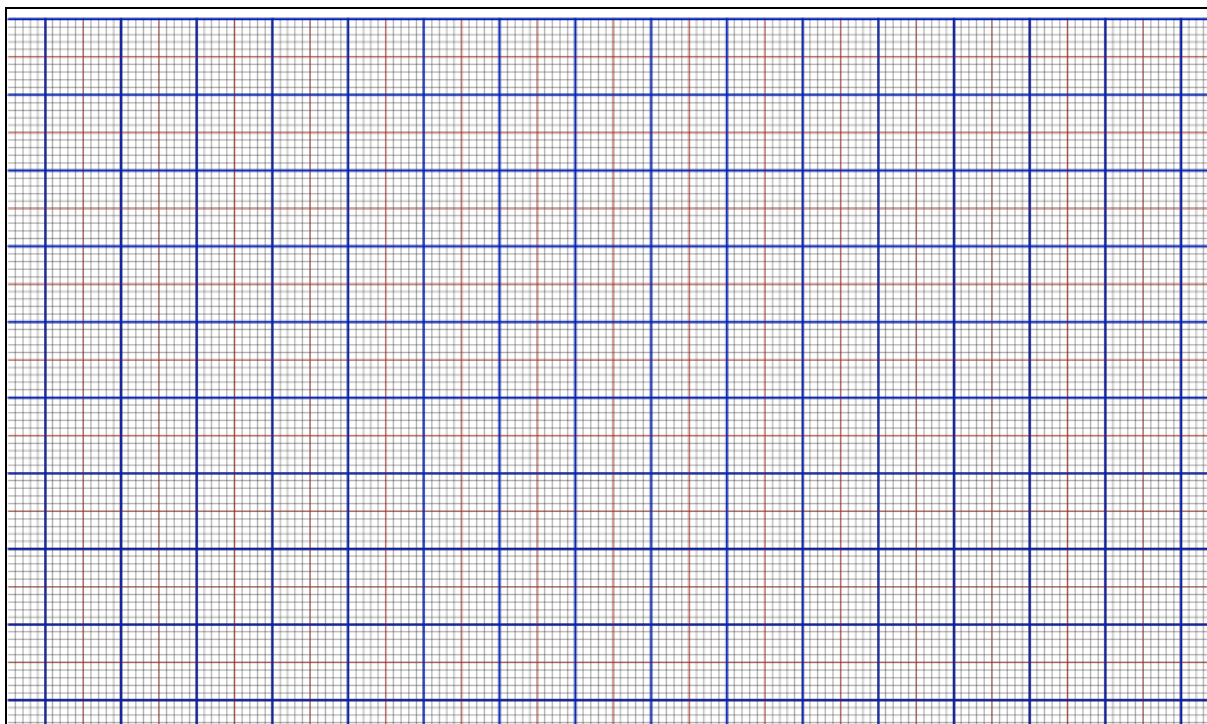
- V. Να τοποθετήσετε τα δυναμόμετρα A και B έτσι ώστε να σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία  $\omega = 120^\circ$ , όπως φαίνεται στην Εικόνα 5. Να επιμηκύνετε τα δυναμόμετρα διατηρώντας τη μεταξύ τους γωνία  $120^\circ$ , μέχρι να αποκτήσουν την ένδειξη 2 N. Να προσανατολίσετε το δυναμόμετρο Γ κατά μήκος της ευθείας  $\varepsilon_3$ , η οποία σχηματίζει γωνία  $60^\circ$  με την  $\varepsilon_1$  όπως στην Εικόνα 5. Να έλξετε το δυναμόμετρο Γ κατά μήκος της  $\varepsilon_3$ , προσέχοντας ώστε τα A και B να διατηρούν τις κατευθύνσεις και τις ενδείξεις τους. Όταν ο κρίκος χάσει επαφή με το καρφί, να καταγράψετε τις ενδείξεις των τριών δυναμομέτρων στον Πίνακα 1.



Εικόνα 5. Τα δυναμόμετρα A και B ασκούν δυνάμεις που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία  $120^\circ$  και έχουν μέτρα  $|\vec{F}_A| = 2 \text{ N}$  και  $|\vec{F}_B| = 2 \text{ N}$ .

- VI. Να αντικαταστήσετε τα δυναμόμετρα A και B με ένα δυναμόμετρο Δ τοποθετημένο κατά μήκος της  $\varepsilon_3$  και σε αντίθετη κατεύθυνση από το Γ, και να επαναλάβετε το βήμα III. Να υπολογίσετε τη δύναμη  $\vec{F}_\Delta$  και να συμπληρώσετε τον Πίνακα 1.

Να σχεδιάσετε στο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί τις δυνάμεις  $\vec{F}_A$ ,  $\vec{F}_B$ , και να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη  $\vec{F}_\Delta$  με τους κανόνες του παραλληλογράμμου και του πολυγώνου.



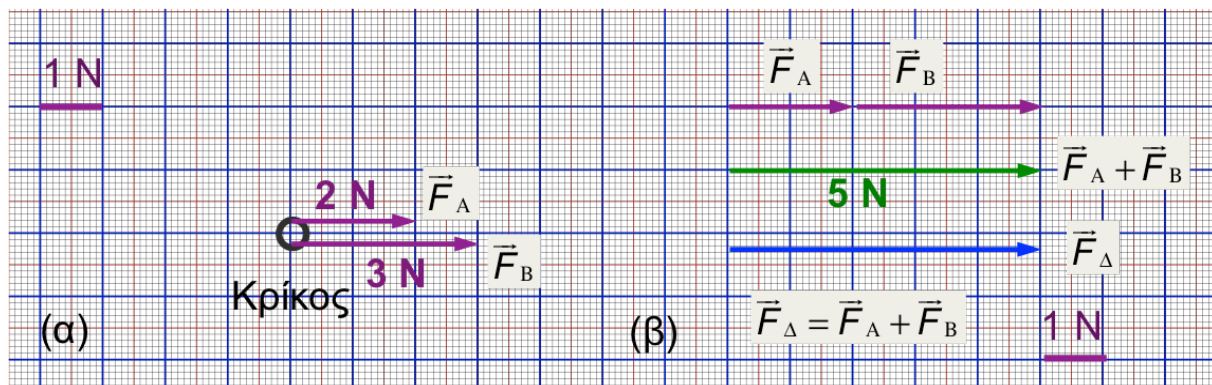
## B. Συγγραμμικές δυνάμεις

Ο κανόνας του παραλληλογράμμου **δεν εφαρμόζεται** όταν οι δυνάμεις είναι συγγραμμικές (έχουν την ίδια διεύθυνση). Για να υπολογίσουμε το άθροισμα συγγραμμικών δυνάμεων εφαρμόζουμε τον κανόνα του πολυγώνου.

### Ομόρροπες Δυνάμεις

Στην **Εικόνα 6(α)** απεικονίζεται ένα παράδειγμα **ομόρροπων** δυνάμεων από τα δυναμόμετρα A και B. Οι δυνάμεις έχουν αναπαρασταθεί με κλίμακα  $1 \text{ cm} = 1 \text{ N}$ .

Για να υπολογίσουμε το άθροισμα των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ , εφαρμόζουμε τον **κανόνα του πολυγώνου** όπως φαίνεται στο άνω σχήμα της **Εικόνας 6(β)**: Μεταφέρουμε παράλληλα τα βέλη των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ , έτσι ώστε να γίνουν διαδοχικά (το τέλος του  $\vec{F}_A$  να συμπίπτει με την αρχή του  $\vec{F}_B$ ). Το άθροισμα  $\vec{F}_A + \vec{F}_B$  αντιστοιχεί σε βέλος που ξεκινά από την αρχή του πρώτου ( $\vec{F}_A$ ) και καταλήγει στην αιχμή του δευτέρου βέλους ( $\vec{F}_B$ ).



Εικόνα 6. (α) Ο κρίκος στην προσέγγιση υλικού σημείου. Συμπεριλαμβάνεται ένα παράδειγμα δυνάμεων από τα δυναμόμετρα Β και Γ, όταν ο κρίκος ισορροπεί.

(β) Πάνω: Πρόσθεση των **ομόρροπων** συγγραμμικών δυνάμεων  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  με τον κανόνα του πολυγώνου. Κάτω: Το άθροισμα  $\vec{F}_A + \vec{F}_B$  είναι ίσο με τη δύναμη  $\vec{F}_\Delta$ , δηλαδή η συνδυασμένη δράση των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με την  $\vec{F}_\Delta$ .

Χρησιμοποιώντας την κλίμακα της Εικόνας 6, να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης  $\vec{F}_A + \vec{F}_B$ . Να συγκρίνετε ως προς το μέτρο και την κατεύθυνση τη δύναμη  $\vec{F}_A + \vec{F}_B$  με τις δυνάμεις  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ .

---



---



---



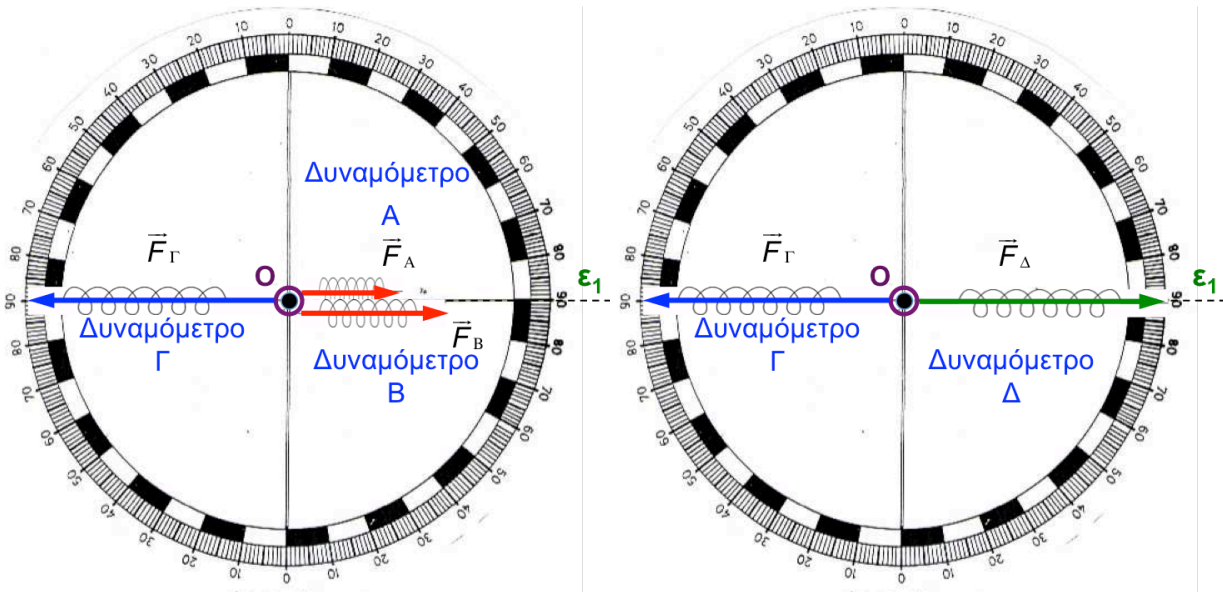
---



---

Για να επαληθεύσετε ότι ο κανόνας του πολυγώνου εφαρμόζεται σε ομόρροπες δυνάμεις, να εργασθείτε ως ακολούθως.

Να στερεώσετε στον κρίκο τα δυναμόμετρα Α και Β της τράπεζας δυνάμεων, και να τα προσανατολίσετε έτσι ώστε να είναι παράλληλα μεταξύ τους, και με κατεύθυνση προς την ίδια μεριά του κρίκου (Εικόνα 7). Να προσανατολίσετε το τρίτο δυναμόμετρο Γ κατά μήκος της ίδιας διεύθυνσης αλλά από την αντίθετη μεριά του κρίκου. Διατηρώντας τη διεύθυνσή τους, να επιμηκύνετε τα Α και Β μέχρι να αποκτήσουν ενδείξεις 2 N και 3 N. Να τραβήξετε το δυναμόμετρο Γ κατά μήκος αυτής της διεύθυνσης, προσέχοντας ώστε τα Α και Β να διατηρούν τις κατευθύνσεις και τις ενδείξεις τους. Όταν ο κρίκος χάσει επαφή με το καρφί, να καταγράψετε τις ενδείξεις των Α, Β και Γ.



Εικόνα 7. Σύνθεση των **ομόρροπων** δυνάμεων  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ . **Αριστερά:** Η συνδυασμένη δράση των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  προκαλεί επιμήκυνση του Γ. **Δεξιά:** Η δύναμη  $\vec{F}_\Delta$  προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τη συνδυασμένη δράση των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ .

Να αντικαταστήσετε τα Α και Β από ένα «δυναμόμετρο Δ». Να επιμηκύνετε αργά και προσεκτικά το Δ, μέχρι η ένδειξη που θα δείξει το Γ να ταυτίζεται με αυτή που έδειξε προηγουμένως. Το δυναμόμετρο Δ είναι το αίτιο της επιμήκυνσης του Γ. Να διαβάσετε τη ένδειξη του Δ.

Να συγκρίνετε την ένδειξη του Δ με την πρόβλεψη που κάνατε στην Εικόνα 6(β) για το άθροισμα  $\vec{F}_A + \vec{F}_B$ . Ισχύει ο κανόνας του πολυγώνου για ομόρροπες δυνάμεις;

---



---



---

Τι συμπέρασμα εξαγάγετε για τη **συνισταμένη ομόρροπων δυνάμεων**;

---



---



---

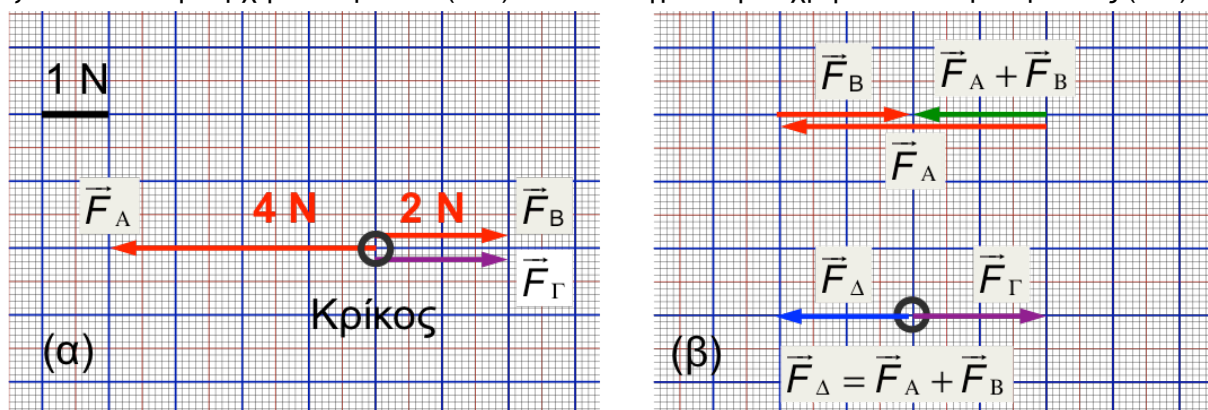


---

## Αντίρροπες δυνάμεις

Στην **Εικόνα 8(α)** απεικονίζεται ένα παράδειγμα **αντίρροπων** δυνάμεων που ασκούνται από τα δυναμόμετρα A και B. Οι δυνάμεις έχουν αναπαρασταθεί με κλίμακα  $1 \text{ cm} = 1 \text{ N}$ .

Για να υπολογίσουμε το άθροισμα των **αντίρροπων δυνάμεων**  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ , εφαρμόζουμε τον **κανόνα του πολυγώνου** όπως φαίνεται στο άνω σχήμα της **Εικόνας 8(β)**: Μεταφέρουμε παράλληλα τα βέλη των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ , έτσι ώστε να γίνουν διαδοχικά (το τέλος του  $\vec{F}_A$  να συμπίπτει με την αρχή του  $\vec{F}_B$ ). Το άθροισμα  $\vec{F}_A + \vec{F}_B$  αντιστοιχεί σε βέλος που ξεκινά από την αρχή του πρώτου ( $\vec{F}_A$ ) και καταλήγει στην αιχμή του δευτέρου βέλους ( $\vec{F}_B$ ).



Εικόνα 8. (α) Ο κρίκος στην προσέγγιση υλικού σημείου. Συμπεριλαμβάνεται ένα παράδειγμα δυνάμεων από τα δυναμόμετρα Β και Γ, όταν ο κρίκος ισορροπεί.

(β) Πάνω: Πρόσθεση των **αντίρροπων** δυνάμεων  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  με τον κανόνα του πολυγώνου.

Κάτω: Το άθροισμα  $\vec{F}_A + \vec{F}_B$  είναι ίσο με τη δύναμη  $\vec{F}_\Delta$ , δηλαδή η συνδυασμένη δράση των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με την  $\vec{F}_\Delta$ .

Χρησιμοποιώντας την κλίμακα της Εικόνας 8, να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης  $\vec{F}_A + \vec{F}_B$ . Να συγκρίνετε ως προς το μέτρο και την κατεύθυνση τη δύναμη  $\vec{F}_A + \vec{F}_B$  με τις δυνάμεις  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ .

---



---



---

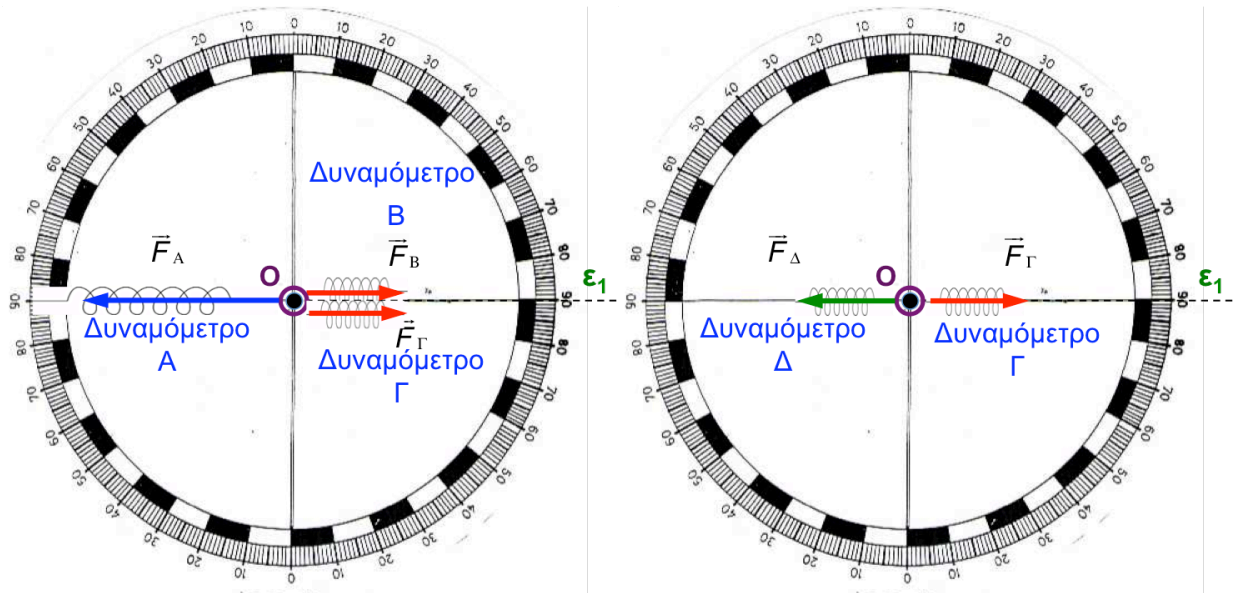


---

Για να επαληθεύσουμε τον κανόνα του πολυγώνου στην περίπτωση των αντίρροπων δυνάμεων, εργαζόμαστε όπως πριν: Συνδέουμε τον κρίκο με δυναμόμετρα A, B και Γ με



διατάξεις όπως στην Εικόνα 9. Έλκουμε τα δυναμόμετρα Α, Β και Γ μέχρι να αποκτήσουν τις ενδείξεις της Εικόνας 8 (αντίστοιχα, 4 Ν, 2 Ν και 2 Ν.) Ο κρίκος πρέπει να μην εφάπτεται στο καρφί. Κατόπιν, αντικαθιστούμε τα Α και Β από ένα δυναμόμετρο Δ το οποίο έχει την ίδια κατεύθυνση με το Α. Έλκουμε το δυναμόμετρο Γ μέχρι να αποκτήσει ένδειξη 2 Ν. Διαπιστώνουμε ότι το Δ αποκτά επίσης ένδειξη 2 Ν, όταν ο κρίκος χάσει επαφή με το καρφί.



Εικόνα 9. Σύθεση των **αντίροπων** δυνάμεων  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ . **Αριστερά:** Η συνδυασμένη δράση των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$  προκαλεί επιμήκυνση του Γ. **Δεξιά:** Η δύναμη  $\vec{F}_\Delta$  προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τη συνδυασμένη δράση των  $\vec{F}_A$  και  $\vec{F}_B$ .

Τι συμπέρασμα εξάγετε για τη **συνισταμένη αντίροπων δυνάμεων**;

---



---



---



---



---

## Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Διαπιστώνουν ότι αν σε ένα σώμα ασκείται μηδενική δύναμη ή μηδενική συνισταμένη δύναμη, το σώμα ηρεμεί ή κινείται με σταθερή διανυσματική ταχύτητα.
- Προσεγγίζουν μέσω παραδειγμάτων την έννοια της αδράνειας και συσχετίζουν την αδράνεια ενός σώματος με τη μάζα του.

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 3** του Βιβλίου Μαθητή:

- Ο Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα (σελ. 149-151)
- Εφαρμογές του Πρώτου Νόμου του Νεύτωνα (σελ. 152-154)

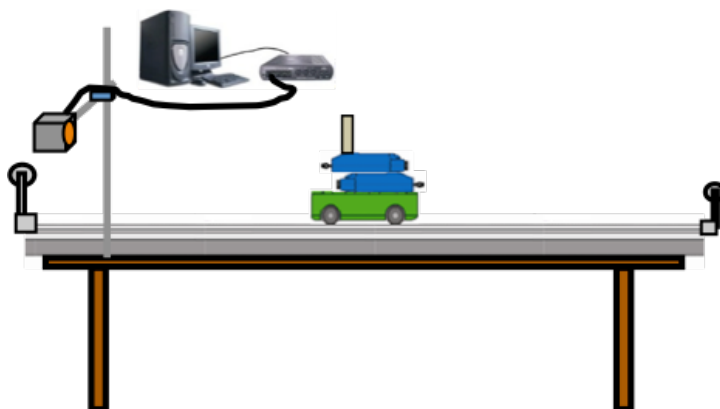
## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 17: Μελέτη της κίνησης ενός σώματος στο οποίο ασκείται μηδενική συνισταμένη δύναμη

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Τα όργανα που χρειάζονται είναι: αμαξάκι της Pasco, ορθοστάτες, αλουμινένιος διάδρομος, αισθητήρας κίνησης, χαρτονάκι, δύο αισθητήρες δύναμης ή δύο δυναμόμετρα, δύο μικρές τροχαλίες και βάρακια.

### Χρόνος: 20 λεπτά

**A.** Να κατασκευάσετε τη διάταξη του παρακάτω σχήματος. Οι δύο αισθητήρες δύναμης ή τα δυναμόμετρα θα πρέπει να στερεωθούν στο αμαξάκι και να τοποθετηθούν αντίθετα μεταξύ τους. Ο αισθητήρας κίνησης θα πρέπει να στερεωθεί στον ορθοστάτη προς το ένα άκρο του διαδρόμου. Να προσέξετε ώστε ο τόσο ο αισθητήρας κίνησης όσο και οι αισθητήρες δύναμης ή τα δυναμόμετρα είναι πάντοτε παράλληλα προς τον αλουμινένιο διάδρομο. Επιπλέον να προσέξετε ώστε ο αισθητήρας κίνησης να βρίσκεται πάντοτε σε απόσταση τουλάχιστον 50cm από το αμαξάκι.



**B.** Να σχεδιάσετε στον παρακάτω χώρο τις δυνάμεις που ασκούνται στο αμαξάκι όταν αυτό ισοροπεί.

**Γ.** Να δώσετε μια σύντομη οριζόντια ώθηση στο αμαξάκι. Αφού δώσετε την ώθηση, χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα κίνησης να πάρετε την γραφική παράσταση θέσης - χρόνου και να την επικολλήσετε στον παρακάτω χώρο.

**Δ.** Να καθορίσετε το είδος της κίνησης που εκτελεί το αμαξάκι από την μορφή της γραφικής παράστασης.

---

---

---

---

**Ε.** Εξαιτίας της ώθησης που δώσατε, το αμαξάκι κινείται στην οριζόντια διεύθυνση. Στην ίδια διεύθυνση, ποιες δυνάμεις επαφής νομίζετε ότι ασκούνται στο αμαξάκι, μετά από τη στιγμή που αρχίζει να κινείται;

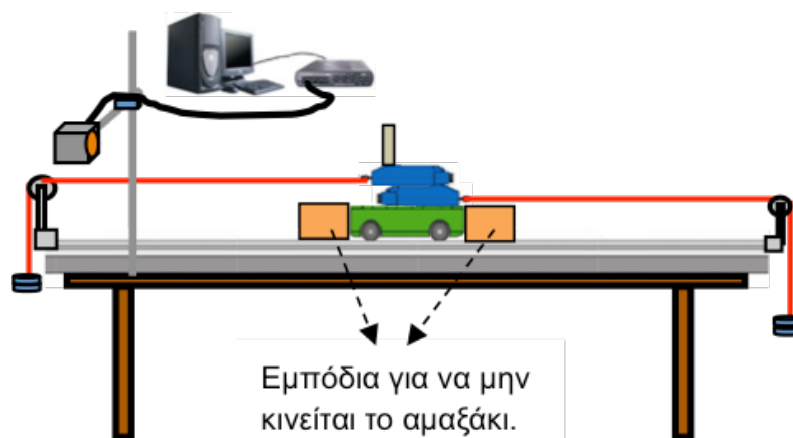
Z. Σε τι συμπέρασμα καταλήγετε για το είδος της κίνησης του αμαξιού, σε σχέση με την οριζόντια δύναμη επαφής που ασκείται σε αυτό; Ποια η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο αμαξάκι;

H. Να επανατοποθετήσετε το αμαξάκι στη μέση του διαδρόμου και να τοποθετήσετε εμπόδια εκατέρωθεν των δύο πλευρών του, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Να τοποθετήσετε βάρακια με την ίδια συνολική μάζα στα υποζύγια που κρέμονται από τα νήματα στη δεξιά και αριστερή πλευρά της διάταξης.

Να διαβάσετε τις τιμές των δυνάμεων που καταγράφουν οι δύο αισθητήρες δύναμης ή τα δυναμόμετρα. Σε περίπτωση που οι ενδείξεις των αισθητήρων διαφέρουν μεταξύ τους, να προσθέσετε σώματα μικρής μάζας (π.χ. συνδετήρες) έτσι ώστε να εξισωθούν οι δύο μάζες.

Να ρυθμίσετε τα ύψη των δύο τροχαλιών ώστε τα νήματα που συνδέονται στους αισθητήρες να παραμένουν οριζόντια και παράλληλα προς τον διάδρομο.



**Θ.** Θα κινηθεί το αμαξάκι αν απομακρύνετε τα εμπόδια που είναι τοποθετημένα εκατέρωθεν των δύο πλευρών του; Αν ναι, μπορείτε να προβλέψετε το είδος της κίνησης;

---

---

---

**Ι.** Να απομακρύνετε τα εμπόδια. Τι παρατηρείτε σχετικά με την κίνηση του αμαξιού;

---

---

---

**Κ.** Να δώσετε μια σύντομη οριζόντια ώθηση στο αμαξάκι. Από τη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου που προκύπτει, να καθορίσετε το είδος της κίνησης του αμαξιού.

---

---

---

**Λ.** Ποιες οριζόντιες δυνάμεις επαφής ασκούνται στο αμαξάκι στην περίπτωση αυτή; Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη;

---

---

---

**Μ.** Διαφέρει το είδος της κίνησης του αμαξιού στα ερωτήματα Κ και Γ;

---

---

---

**Συμπέρασμα:** Ένα σώμα, στο οποίο ασκείται \_\_\_\_\_ συνισταμένη δύναμη, \_\_\_\_\_ ή κινείται με \_\_\_\_\_ διανυσματική ταχύτητα.

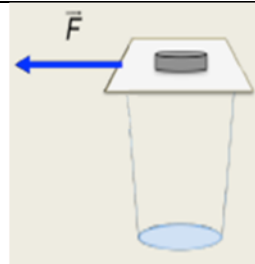
## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 18: Η Έννοια της Αδράνειας

### ΠΔ 18.1: Η Έννοια της Αδράνειας Υλικού Σώματος

**Χρόνος: 5 λεπτά**

Αν η ταχύτητα ενός σώματος παραμένει σταθερή, η επιτάχυνση του σώματος θα είναι μηδενική και στο σώμα δρα μηδενική συνισταμένη δύναμη. Η τάση των σωμάτων να διατηρούν αμετάβλητη την κινητική τους κατάσταση ονομάζεται **αδράνεια**.

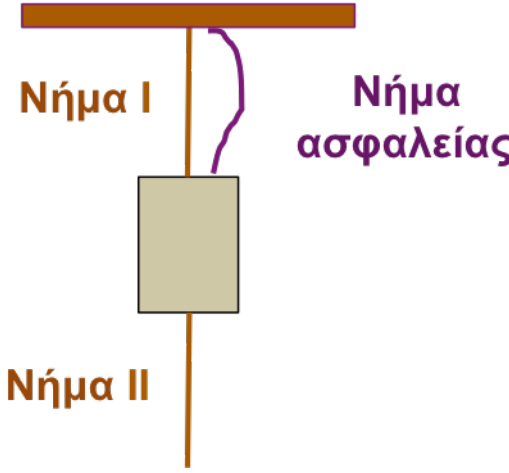
Να τοποθετήσετε ένα κέρμα σε ένα οριζόντιο χαρτονάκι. Να τοποθετήσετε το χαρτονάκι με το κέρμα πάνω από το ανοικτό στόμιο του ποτηριού και ακολούθως, να μετακινήσετε απότομα το χαρτονάκι κατά την οριζόντια διεύθυνση. Τι παρατηρείτε;



**Συμπέρασμα:** Εάν το χαρτονάκι μετακινηθεί απότομα κατά την οριζόντια διεύθυνση, το κέρμα τείνει να διατηρήσει την κινητική του κατάσταση στην οριζόντια διεύθυνση (δηλαδή να παραμείνει ακίνητο). Όταν το κέρμα χάσει επαφή με το χαρτονάκι, κινείται κατακόρυφα υπό την επίδραση του βάρους του και πέφτει στο ποτήρι.

## ΠΔ 18.2: Αδράνεια Υλικού Σώματος

Χρόνος: 10 λεπτά

<p>Η διπλανή διάταξη περιέχει ένα σώμα το οποίο κρέμεται από το νήμα I. Στο κάτω μέρος του σώματος κρέμεται το νήμα II, ίσης διαμέτρου με το νήμα I. Το σώμα είναι επίσης συνδεδεμένο με ένα τρίτο νήμα ασφαλείας, το οποίο συγκρατεί το σώμα και εμποδίζει την πτώση του στο έδαφος εάν προκληθεί θραύση του νήματος I.</p>	 <p>The diagram shows a horizontal brown bar at the top. A vertical brown thread, labeled 'Νήμα I', hangs from the bar. A grey rectangular block is suspended from the end of Thread I. A purple wavy line, labeled 'Νήμα ασφαλείας', connects the top of the block to the bar. Another vertical brown thread, labeled 'Νήμα II', hangs from the bottom of the block.</p>
--	---

Το νήμα I είναι τεταμένο επειδή δέχεται κάποια δύναμη από το σώμα. (Παρομοίως νιώθετε κάποια δύναμη από μια σακούλα με ψώνια, που την κρατάτε με το χέρι σας).

**A.** Αφού συζητήσετε στην τάξη την περίπτωση που σας παρουσιάζεται να προβλέψετε τι θα συμβεί, κατά τη γνώμη σας, εάν τραβήξετε **απότομα** το νήμα II προς τα κάτω. Ποιο νήμα νομίζετε ότι θα κοπεί πρώτο, το I ή το II;

---

---

---

---

**B.** Να τραβήξετε **απότομα** το νήμα II προς τα κάτω. Ποιο νήμα κόβεται πρώτο, το I ή το II;

---

---

---

---

**Γ.** Να αποκαταστήσετε την αρχική διάταξη, αντικαθιστώντας το νήμα που κόπηκε. Αφού συζητήσετε την περίπτωση στην τάξη να προβλέψετε τι θα συμβεί εάν τραβήξετε **αργά** το νήμα II προς τα κάτω. Ποιο νήμα θα κοπεί πρώτο, το I ή το II;




**Δ.** Να τραβήξετε **αργά** το νήμα **II** προς τα κάτω. Ποιο νήμα θα κοπεί πρώτο, το **I** ή το **II**;


Για να κατανοήσετε τους λόγους που προκαλούν τη διαφορά ανάμεσα στα αποτελέσματα **B** και **Δ**, να σκεφθείτε πρώτα πότε σπάει ένα νήμα, όταν τεντώνεται από τα δύο άκρα του: Το νήμα συμπεριφέρεται σαν ένα ελαστικό σώμα, που επιμηκώνεται ελαφρά καθώς τείνεται. Όσο μεγαλώνει η δύναμη που εφαρμόζεται στο νήμα, τόσο μεγαλώνει και η επιμήκυνσή του. Εάν η επιμήκυνση του νήματος γίνει μεγαλύτερη από κάποια χαρακτηριστική τιμή (που εξαρτάται από το υλικό και τη διάμετρο του νήματος), το νήμα σπάει.

**Ε.** Λαμβάνοντας υπ' όψη την πιο πάνω παρατήρηση, να συζητήσετε στην τάξη τις δυνάμεις που δέχονται τα δύο νήματα και το μέγεθος της επιμήκυνσής τους, όταν τεντώνεται το νήμα **II** προς τα κάτω. Πώς νομίζετε ότι διαφέρουν μεταξύ τους οι επιμηκύνσεις των **I** και **II**, όταν το νήμα **II** τεντώνεται απότομα ή αργά; Ποιος είναι ο ρόλος της αδράνειας του σώματος;


## Εναλλακτική ΠΔ 18.2: Αδράνεια Υλικού Σώματος

**Χρόνος: 10 λεπτά**

Η δραστηριότητα αυτή μπορεί να γίνει σε συνδυασμό της προηγούμενης ή να συζητηθεί στην τάξη σαν εφαρμογή της προηγούμενης ή να ανατεθεί για το σπίτι και να συζητηθούν τα αποτελέσματά της στην τάξη.

Η διπλανή διάταξη αποτελείται από ένα σώμα αρκετά μεγάλης μάζας, στο οποίο έχουμε προσδέσει λεπτό νήμα. Το νήμα είναι τεταμένο επειδή δέχεται κάποια δύναμη από το σώμα. (Παρομοίως νιώθετε κάποια δύναμη από μια σακούλα με ψώνια, που την κρατάτε με το χέρι σας).



**A.** Μέσω της συζήτησης στην τάξη να καταλήξετε σε μια πρόβλεψη για το τι θα συμβεί, κατά τη γνώμη σας, εάν τραβήξετε **απότομα** το νήμα προς τα επάνω.

---

---

---

**B.** Να εκτελέσετε το πείραμα τραβώντας **απότομα** το νήμα προς τα επάνω. Τι συμβαίνει;

---

---

---

**Γ.** Να αποκαταστήσετε την αρχική διάταξη. Μέσω της συζήτησής σας στην τάξη να καταλήξετε σε μια πρόβλεψη για το τι θα συμβεί εάν τραβήξετε **αργά** το νήμα προς τα επάνω.

---

---

---

---

**Δ.** Να εκτελέσετε το πείραμα τραβώντας **αργά** το νήμα προς τα επάνω. Τι συμβαίνει;

---

---

---

---

Για να ερμηνεύσετε τα αποτελέσματά σας, θα πρέπει να σκεφθείτε πότε σπάει ένα νήμα, όταν τεντώνεται από τα δύο άκρα του: Το νήμα συμπεριφέρεται σαν ένα ελαστικό σώμα, που επιμηκύνεται ελαφρά καθώς τεντώνεται. Εάν η επιμήκυνση του νήματος γίνει μεγαλύτερη από κάποια χαρακτηριστική τιμή (που εξαρτάται από το υλικό και τη διάμετρο του νήματος), το νήμα σπάει.

**Ε.** Λαμβάνοντας υπ' όψη την πιο πάνω παρατήρηση, να συζητήσετε στην τάξη το μέγεθος της επιμήκυνσης του νήματος, όταν τεντώνεται γρήγορα ή αργά. Ποιος είναι ο ρόλος της αδράνειας του σώματος;

---

---

---

---

---

---

---

---

---

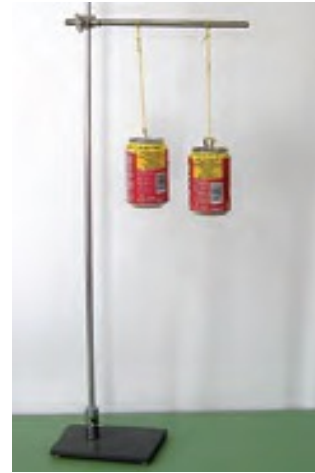
---

## ΠΔ 18.3: Σχέση Αδράνειας και Μάζας Υλικού Σώματος

**Χρόνος: 5 λεπτά**

**A.** Στη διπλανή εικόνα απεικονίζονται ένα γεμάτο και ένα άδειο κουτάκι αναψυκτικών, τα οποία κρέμονται από δύο λεπτά νήματα.

Να γράψετε τρόπους με τους οποίους μπορείτε να διακρίνετε το άδειο από το γεμάτο κουτί, χωρίς να τα ακουμπήσετε.



**B.** Αφού συζητήσετε στην τάξη τους τρόπους που καταγράψατε στο ερώτημα A, να τους εφαρμόσετε και να γράψετε τις παρατηρήσεις σας.

**Συμπέρασμα:** Η αδράνεια των υλικών σωμάτων εξαρτάται από τη μάζα τους. Σώματα μεγαλύτερης μάζας εμφανίζουν μεγαλύτερη αδράνεια.

## Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα (Θεμελιώδης Νόμος της Δυναμικής)

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Προσδιορίζουν τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα και βρίσκουν τη συνισταμένη δύναμη
- Διερευνούν από ποιους παράγοντες εξαρτάται η επιτάχυνση με την οποία κινείται ένα αντικείμενο, όταν πάνω του ασκείται μη μηδενική συνισταμένη δύναμη
- Αναγνωρίζουν το ρόλο της μάζας ως παραμέτρου που προσδιορίζει την επιτάχυνση ενός σώματος
- Διαπιστώνουν ότι αν σε ένα σώμα ασκούνται δυνάμεις και η συνισταμένη δύναμη είναι μη μηδενική σε κάποια διεύθυνση, το σώμα αποκτά επιτάχυνση κατά την ίδια διεύθυνση
- Διατυπώσουν τον Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα
- Ορίζουν την μονάδα μέτρησης της Δύναμης
- Διαπιστώνουν ότι αν σε ένα σώμα ασκείται μηδενική δύναμη ή μηδενική συνισταμένη δύναμη, το σώμα ηρεμεί ή κινείται με σταθερή διανυσματική ταχύτητα

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 3** του Βιβλίου Μαθητή:

- Εξάρτηση της επιτάχυνσης ενός σώματος από την μάζα του και την συνισταμένη δύναμη που δρα πάνω του (σελ. 159-160)
- Διατύπωση του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα (σελ. 160-161)
- Μονάδες μέτρησης της Δύναμης (σελ. 162)
- Εφαρμογές του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα (σελ. 165-168)

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 19: Μελέτη της κίνησης ενός σώματος στο οποίο ασκείται μη μηδενική συνισταμένη δύναμη

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Αμαξάκι της Pasco, ορθοστάτες, αλουμινένιος διάδρομος, αισθητήρας κίνησης, χαρτόνι, αισθητήρας δύναμης ή δυναμόμετρο, ανυψωτήρας, βαράκια.

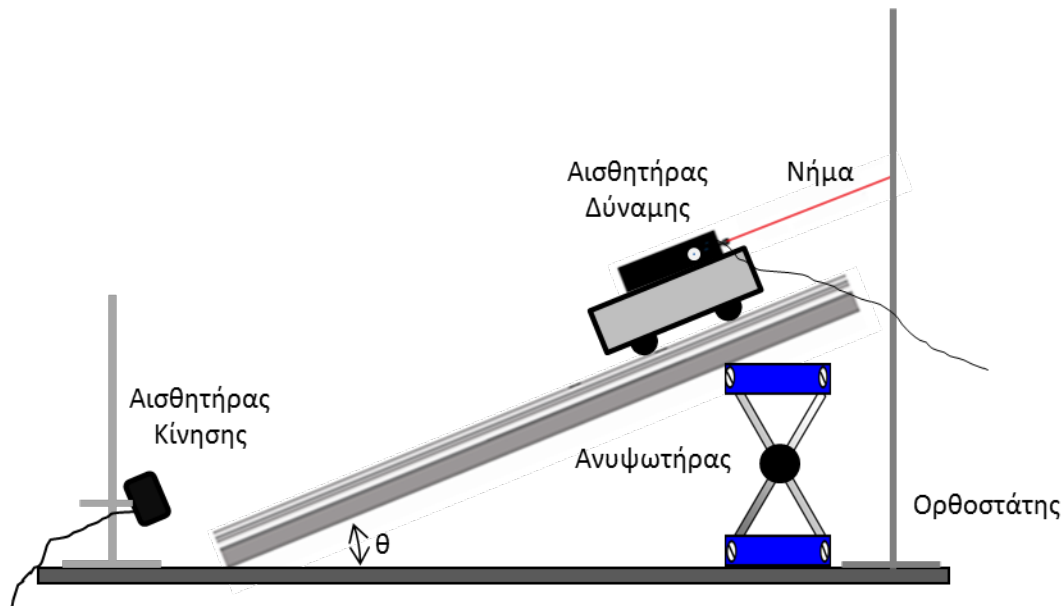
**Χρόνος: 40 λεπτά**

Όπως έχουμε μάθει στα προηγούμενα μαθήματα, η κλίση της ευθείας της γραφικής παράστασης ταχύτητας – χρόνου για ένα σώμα που εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση με σταθερή επιτάχυνση ισούται με την επιτάχυνση του σώματος.

Η κίνηση του αμαξιού πάνω στον αλουμινένιο διάδρομο γίνεται με αμελητέα τριβή.

**A.** Να δέσετε τη μια άκρη του νήματος στον αισθητήρα δύναμης, ο οποίος είναι προσαρμοσμένος στο αμαξάκι, και την άλλη του άκρη στον ορθοστάτη, όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.

Να φροντίσετε ώστε το νήμα να είναι παράλληλο με τον διάδρομο και ο αισθητήρας κίνησης παράλληλος με τον διάδρομο.



**B.** Στην πιο κάτω εικόνα αναπαριστούμε το αμαξάκι στην προσέγγιση υλικού σημείου.

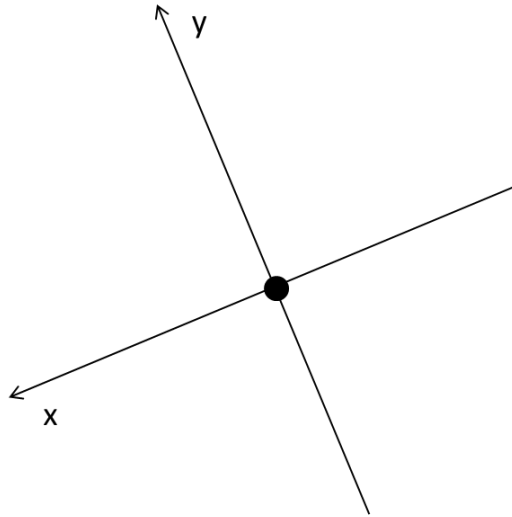
Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στο αμαξάκι, όταν αυτό ισορροπεί.

Να αναλύσετε τις δυνάμεις σε δύο κάθετους άξονες. Ο άξονας  $Ox$  να είναι παράλληλος με

τον διάδρομο και ο Ογ κάθετος στον διάδρομο.

Να εξηγήσετε γιατί πρέπει να είμαστε προσεκτικοί στην διάταξη που κατασκευάσαμε, ώστε το νήμα να είναι παράλληλο προς τον κεκλιμένο διάδρομο.

Να γράψετε με τι ισούται το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που ασκείται στο αμαξάκι. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



Γ. Με τον αισθητήρα δύναμης, να μετρήσετε τη δύναμη που ασκείται στο αμαξάκι από το νήμα, στην περίπτωση που αυτό ισορροπεί.

Με βάση το προηγούμενο ερώτημα, ποιά δύναμη μετρά ο αισθητήρας και ποιο είναι το μέτρο της δύναμης αυτής; Ποια είναι η ένδειξη που σας δίνει ο αισθητήρας;

$$F = \dots \dots$$

Δ. Πώς θα μπορούσατε να εξακριβώσετε ότι ο αισθητήρας δύναμης λειτουργεί κανονικά και μετρά σωστά τη δύναμη που ασκείται στο αμαξάκι; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

**Ε.** Να αφήσετε το αμαξάκι ελεύθερο να κινηθεί και με τον αισθητήρα κίνησης να πάρετε τη γραφική παράσταση ταχύτητας - χρόνου.

Τι κίνηση εκτελεί το αμαξάκι; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

---

---

---

**Ζ.** Στην διάταξη που κατασκευάσατε παραπάνω, ποιοι παράγοντες νομίζετε ότι επηρεάζουν την ορθότητα των μετρήσεών σας; Να γράψετε όσους μπορείτε να σκεφθείτε και να εξηγήσετε τον τρόπο που μπορεί να επηρεάσουν τις μετρήσεις σας.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Εξάρτηση επιτάχυνσης από τη Συνισταμένη δύναμη, όταν η μάζα του σώματος παραμένει σταθερή.**

**Η.** Θέλουμε να εξετάσουμε την σχέση που συνδέει τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα και την επιτάχυνση που προκαλεί αυτή στο σώμα. Για να το κάνουμε αυτό θα πρέπει να κρατήσουμε σταθερή την μάζα του αμαξιού και να μεταβάλλουμε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται πάνω του κατά την διεύθυνση του κεκλιμένου επιπέδου.

Να περιγράψετε τον τρόπο που μπορείτε να το πετύχετε.

---

---

---

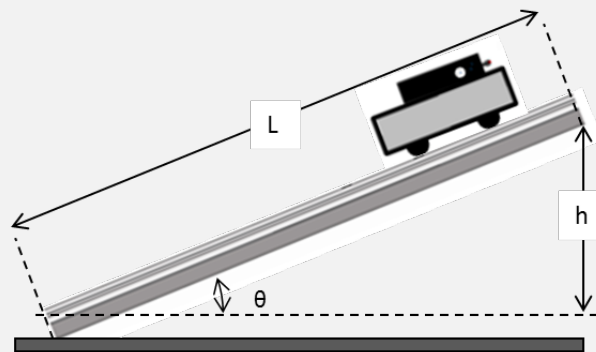
---

---



Θ. Να περιστρέψετε τον κοχλία του ανυψωτήρα ώστε ο ανυψωτήρας να έχει ύψος περίπου 10 cm. Να καταγράψετε την ένδειξη του αισθητήρα δύναμης στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1). Μετά να αφήσετε ελεύθερο το αυτοκίνητο να κινηθεί και να πάρετε τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου με τη βοήθεια του αισθητήρα κίνησης. Από την κλίση της γραφικής παράστασης να υπολογίσετε την επιτάχυνση που αποκτά το αμαξάκι κατά την κίνησή του και να την καταγράψετε στον Πίνακα 1.

Να επαναλάβετε την ίδια διαδικασία 5 φορές, μεταβάλλοντας κάθε φορά το ύψος του ανυψωτήρα. Κάθε φορά να μετράτε το ύψος,  $h$ , του υψηλότερου άκρου του διαδρόμου από το κατώτατο σημείο του διαδρόμου στο οποίο φτάνει το αυτοκίνητο. Να υπολογίσετε και να καταγράψετε στον Πίνακα 1 το ημίτονο της γωνίας που σχηματίζει ο διάδρομος με την επιφάνεια του τραπέζιου:  $\eta\mu\theta = h/L$ .



Σημειώστε την ολική μάζα αμαξιού – αισθητήρα:  $m_{ολική} = \dots \dots \dots kg$

Σημειώστε το μήκος του διαδρόμου:  $L_{διαδρόμου} = \dots \dots \dots m$

Πίνακας 1

Επιτάχυνση ( $m/s^2$ )	Ένδειξη αισθητήρα δύναμης (N)	$\eta\mu(\theta) = h/L$

Η. Να περιγράψετε πώς μεταβάλλεται η επιτάχυνση, με την οποία κινείται το αμαξάκι, σε σχέση με τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε αυτό.

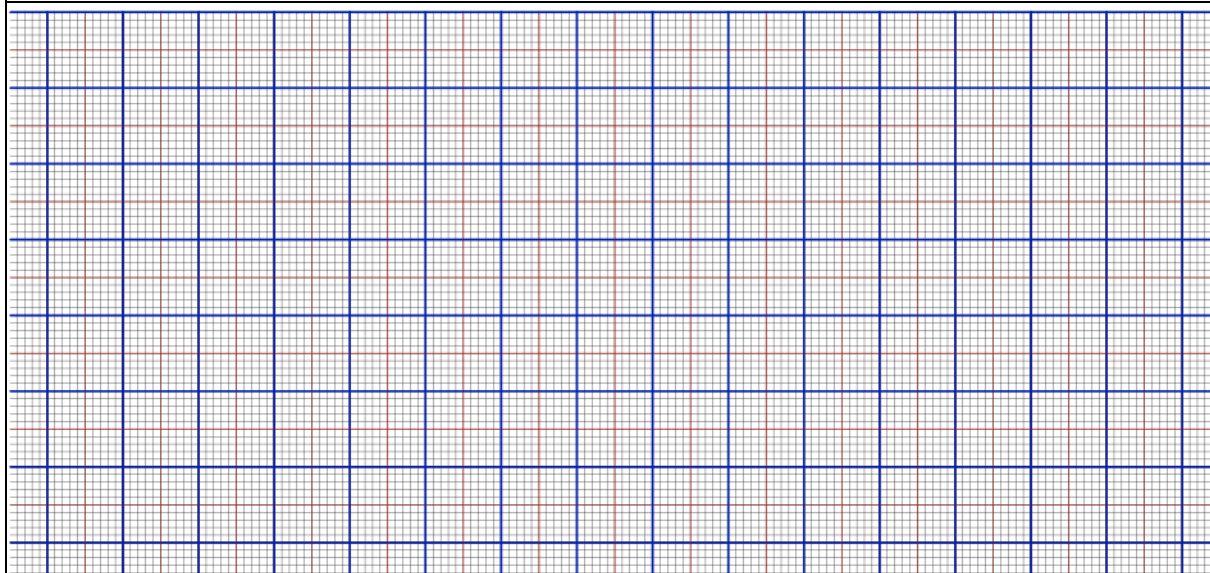
---



---

**I.** Στο πιο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί να σχεδιάσετε ένα σύστημα αξόνων  $Ox$  και  $Oy$ . Ο άξονας  $Ox$  θα μετρά την συνισταμένη δύναμη  $\sum F$ , που ασκείται στο αμαξάκι (στον άξονα  $x$ ) και ο άξονας  $Oy$  την αντίστοιχη επιτάχυνση  $\alpha$ .

Να χαράξετε την καμπύλη της επιτάχυνσης  $\alpha$  ως προς τη συνισταμένη δύναμη  $\sum F$ .



**K.** Ποιο συμπέρασμα μπορείτε να εξαγάγετε, από την καμπύλη, για τη σχέση ανάμεσα στην επιτάχυνση  $\alpha$  και τη συνισταμένη δύναμη  $\sum F$  που ασκείται στο αμαξάκι;

---

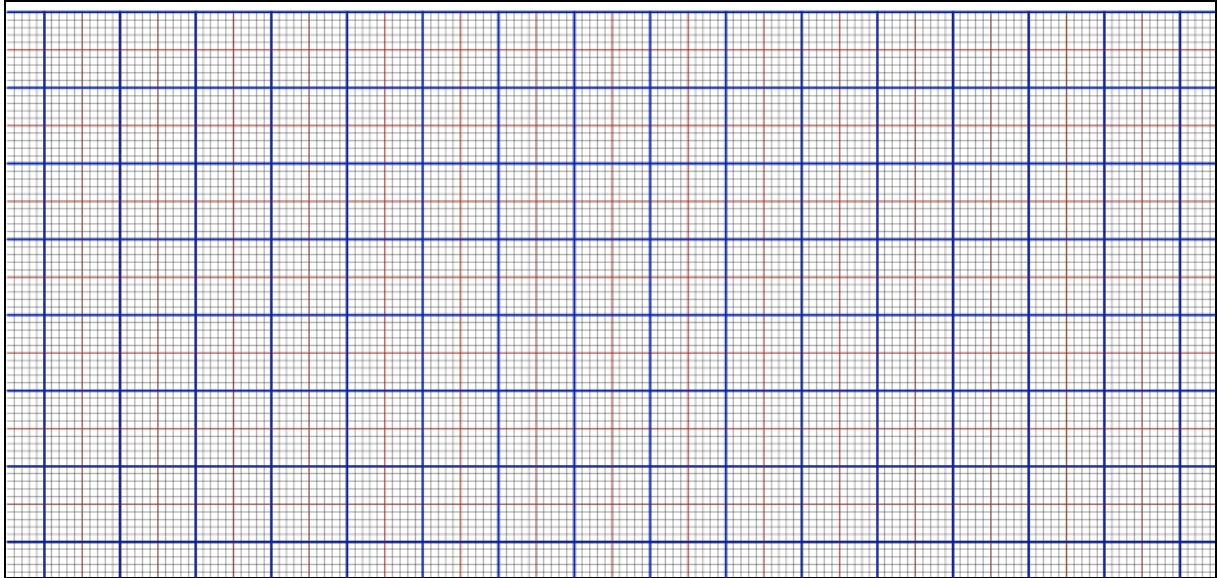
---

---

---

**Λ.** Να σχεδιάσετε ένα σύστημα αξόνων  $Ox$  και  $Oy$ , στο χιλιοστομετρικό χαρτί που δίνεται παρακάτω. Ο άξονας  $Ox$  μετρά το ημίτονο της γωνίας  $\theta$  (κλίση) του διαδρόμου, όπως το υπολογίσατε στο βήμα Β, και ο άξονας  $Oy$  την αντίστοιχη επιτάχυνση  $\alpha$ .

Να σημειώσετε στο χαρτί τα σημεία που αντιστοιχούν στις τιμές  $\alpha$  και  $\eta\mu(\theta)$  του προηγούμενου πίνακα, και να σχεδιάσετε την καμπύλη της επιτάχυνσης  $\alpha$  ως προς την κλίση,  $\eta\mu(\theta)$ , του διαδρόμου.



Η πιο πάνω καμπύλη είναι ευθεία και δείχνει ότι το μέτρο της επιτάχυνσης που αποκτά το αμαξάκι όταν κινείται πάνω στον κεκλιμένο διάδρομο είναι ανάλογο της κλίσης του διαδρόμου όταν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο αμαξάκι κατά μήκος της κεκλιμένης επιφάνειας είναι η συνιστώσα του βάρους του. Από την κλίση της ευθείας αυτής μπορούμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση της βαρύτητας  $g$ .

Η ευθεία που βρήκαμε πρέπει να περνά από το σημείο τομής των αξόνων  $O_x$  και  $O_y$ , γιατί όταν το  $\eta\mu(\theta) = 0$ , η γωνία  $\theta = 0^\circ$  και ο διάδρομος είναι οριζόντιος. Τότε δεν ασκείται καμία δύναμη στην διεύθυνση παράλληλη προς τον διάδρομο και επομένως η συνισταμένη δύναμη στη διεύθυνση αυτή είναι μηδενική,  $\sum F = 0$ .

**M.** Να υπολογίσετε την κλίση της ευθείας της γραφικής παράστασης και να καταγράψετε την τιμή που βρήκατε και τις αντίστοιχες μονάδες μέτρησης. Πως συγκρίνεται η τιμή αυτή με την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας  $g$ ;

Κλίση ευθείας: .....


## Στατική και Κινητική Τριβή

### Προτεινόμενη Δραστηριότητα 20

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Διερευνούν τη στατική και κινητική τριβή και την εξάρτησή τους από το είδος των επαφανειών σε επαφή και από την κάθετη δύναμη που ασκείται στο σώμα

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 3** του Βιβλίου Μαθητή:

- Στατική και Κινητική Τριβή (σελ. 163-166, 168-169)

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 20: Μελέτη της δύναμης της τριβής

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Ξύλινα σώματα, δυναμόμετρα, αισθητήρας δύναμης, βάρακια (100g) βάρακια (10g), φύλλα χαρτιού, τροχαλίες, νήμα, ζυγαριά.

**Χρόνος: 40 λεπτά**

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 163 - 166

### ΠΔ 20.1: Μελέτη τριβής και είδη τριβής

**Χρόνος: 25 λεπτά**

**A.** Να τοποθετήσετε το σώμα Σ σε ένα οριζόντιο τραπέζι.

Να ασκήσετε δύναμη στο σώμα μέσω ενός οριζόντιου δυναμόμετρου. Να αρχίσετε από την τιμή 0 N και να αυξάνετε σιγά σιγά τη δύναμη που θα ασκείτε.

Να σημειώσετε την ένδειξη του δυναμόμετρου  $F_{δυν}$  στο πιο κάτω πίνακα και να γράφετε την αντίστοιχη κατάσταση κίνησης του σώματος.



Πίνακας 1

Δύναμη (N)	Κατάσταση κίνησης του σώματος

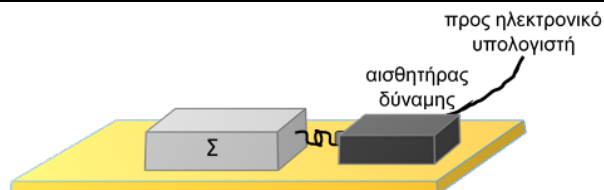
**B.** Να σχολιάσετε τα αποτελέσματα του πειράματος λαμβάνοντας υπόψη τις μετρήσεις του Πίνακα 1.

---

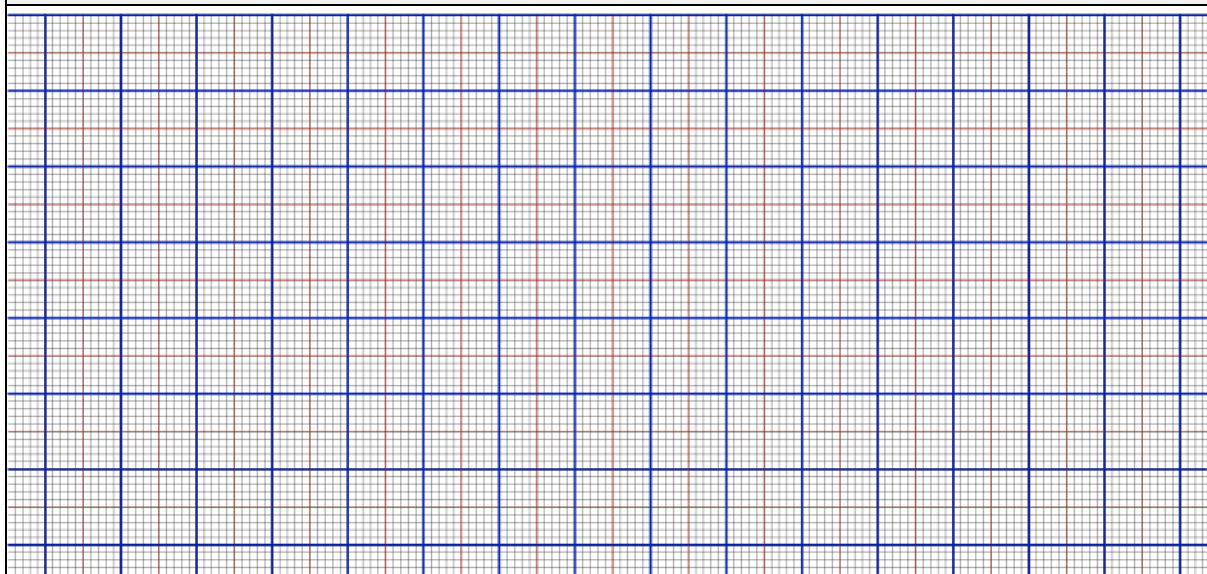
---

---

**Γ.** Να επαναλάβετε την πιο πάνω διαδικασία χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα της δύναμης και τη διασύνδεση.



**Δ.** Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση που φαίνεται στην οθόνη του ΗΥ.



**Ε.** Να εξηγήσετε πώς μεταβάλλεται η δύναμη της τριβής με τον χρόνο σύμφωνα με την πιο πάνω γραφική παράσταση.

---

---

---

**ΣΤ.** Από τις πιο πάνω δραστηριότητες εμφανίζονται δύο είδη δύναμης τριβής: η στατική και η κινητική τριβή. Να γράψετε δύο διαφορές μεταξύ τους.

---

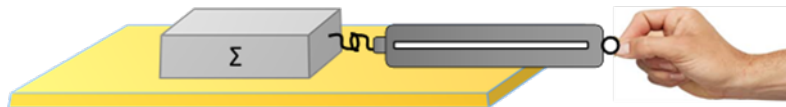
---

---

## ΠΑ 20.2: Εξάρτηση της τριβής από το είδος των τριβομένων επιφανειών

**Χρόνος: 15 λεπτά**

**A.** Να τοποθετήσετε το σώμα Σ σε μια οριζόντια επιφάνεια (π.χ. πάγκος) με την πλευρά με το μεγαλύτερο εμβαδό να στηρίζεται στην επιφάνεια.



**B.** Να ασκήσετε στο σώμα μια οριζόντια δύναμη μέσω του δυναμόμετρου ώστε το σώμα να αρχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Να καταγράψετε την ένδειξη του δυναμόμετρου.

Να επαναλάβετε την πιο πάνω διαδικασία τραβώντας το σώμα σε διαφορετικές επιφάνειες και να καταγράψετε τις τιμές στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 2**

Τριβομένες Επιφάνειες	Ένδειξη δυναμόμετρου (N)
Ξύλο - Πάγκος	
Γυαλόχαρτο - Πάγκος	
Ξύλο - πάτωμα	
Κόλλα χαρτιού	

**Γ.** Να γράψετε τις παρατηρήσεις σας.

---

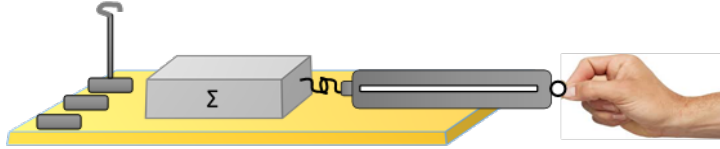
---

---

### ΠΔ 20.3: Σχέση κινητικής τριβής και κάθετης δύναμης

**Χρόνος: 40 λεπτά**

**A.** Το σώμα  $\Sigma$  τοποθετείται σε μια οριζόντια επιφάνεια (π.χ. πάγκος) έτσι ώστε να στηρίζεται στην έδρα με το μεγαλύτερο εμβαδόν.



**B.** Με τη βοήθεια του δυναμόμετρου να ασκήσετε στο σώμα οριζόντια δύναμη μέχρι το σώμα να αρχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα. Να καταγράψετε την ένδειξη του δυναμόμετρου που δίνει τη κινητική τριβή.

Να υπολογίσετε την κάθετη δύναμη.

Να επαναλάβετε την πιο πάνω διαδικασία προσθέτοντας βαράκια πάνω στο σώμα. Σε κάθε περίπτωση να καταγράψετε τις τιμές στον παρακάτω Πίνακα 1.

**Πίνακας 1**

Συνολική μάζα σώματος, $m$ ( kg)	Κάθετη δύναμη (N)	Ένδειξη δυναμόμετρου (N)
$m =$		
$m+0,1 =$		
$m+0,2 =$		
$m+0,3 =$		
$m+0,4 =$		
$m+0,5 =$		

**Γ.** Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.

Να εξηγήσετε γιατί η οριζόντια δύναμη που ασκήσατε είναι ίση με την κινητική τριβή;

---

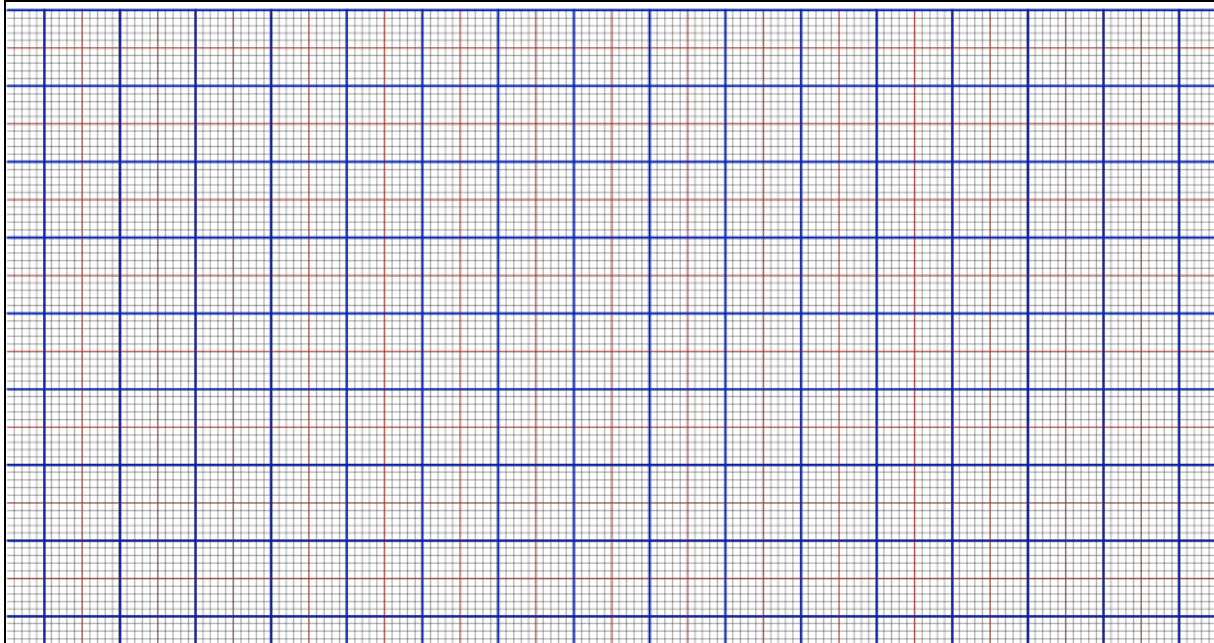
---

---



**Δ.** Στο πιο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί να σχεδιάσετε ένα σύστημα αξόνων  $Ox$  και  $Oy$ . Ο άξονας  $Ox$  θα μετρά την κάθετη δύναμη  $N$  (στον άξονα  $x$ ) και ο άξονας  $Oy$  την κινητική τριβή.

Να σημειώσετε στο χαρτί τα σημεία που αντιστοιχούν στις τιμές  $N$  και  $f_k$  του Πίνακα 1, και να σχεδιάσετε την καμπύλη της κινητικής τριβής  $f_k$  ως προς την κάθετη δύναμη  $N$ .



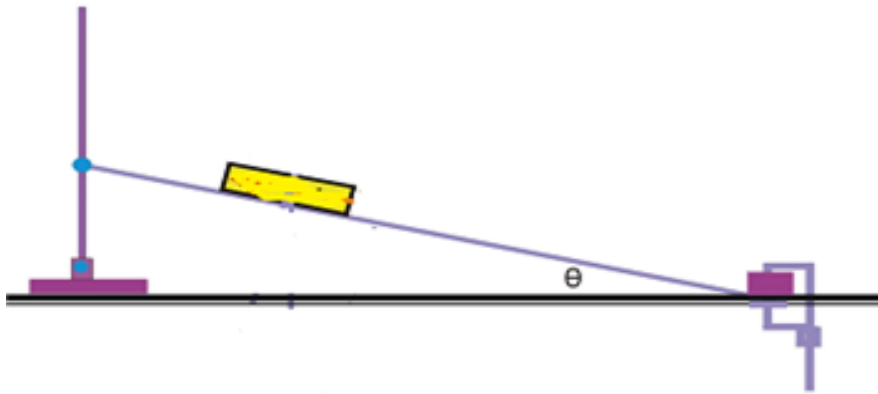
**Ε.** Με βάση την μορφή της καμπύλης να γράψετε τα συμπεράσματά σας ως προς τη σχέση ανάμεσα στην κινητική τριβή,  $f_k$ , που αναπτύσσεται σε δύο επιφάνειες σε σχετική κίνηση και την κάθετη δύναμη,  $N$ , από την μία επιφάνεια στην άλλη.

---

---

## Εφαρμογή

**A.** Να τοποθετήσετε την επιφάνεια με το μεγαλύτερο εμβαδό ενός σώματος,  $\Sigma$ , πάνω σε οριζόντια επιφάνεια. Να ανυψώσετε την επιφάνεια ώστε να σχηματίζει κεκλιμένο επίπεδο μέχρις ότου το σώμα αρχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα.



**B.** Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.

Να γράψετε τις εξισώσεις εφαρμογής του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα στο σώμα.

Χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες εξισώσεις να βρείτε τη σχέση που δίνει τον συντελεστή κινητική τριβής με σε σχέση με την γωνία  $\theta$  του κεκλιμένου.

**Γ.** Με βάση την πιο πάνω σχέση να προτείνετε μια μέθοδο η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετρηθεί ο συντελεστής κινητικής τριβής μεταξύ διάφορων σωμάτων και της πιο πάνω κεκλιμένης επιφάνειας.

Να εφαρμόσετε τη μέθοδο αυτή για να υπολογίσετε τον συντελεστή κινητικής τριβής μεταξύ διάφορων σωμάτων με την πιο πάνω κεκλιμένη επιφάνεια.


## Ο Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα

**Μαθησιακοί στόχοι:** Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Αναγνωρίζουν ότι οι δυνάμεις στην φύση εμφανίζονται πάντα κατά ζεύγη και διαπιστώνουν πειραματικά ότι οι δυνάμεις αυτές είναι αντίθετες μεταξύ τους.
- Διατυπώνουν τον Τρίτο Νόμο του Νεύτωνα.
- Χρησιμοποιούν το διάγραμμα ελεύθερου σώματος για να σχεδιάσουν όλες τις δυνάμεις που ασκούνται στο υπό μελέτη σώμα.
- Εφαρμόζουν τον Τρίτο νόμο του Νεύτωνα σε περιπτώσεις σχοινιών και τροχαλιών.

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 3** του Βιβλίου Μαθητή:

- Ο Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα (σελ. 172)
- Παραδείγματα δράσης - αντίδρασης (σελ. 172-173)
- Διάγραμμα ελεύθερου σώματος (σελ. 173-174)
- Αποτελέσματα χρήση σχοινιών αμελητέας μάζας σε συστήματα σωμάτων σε ισορροπία και κίνηση (σελ. 175-179)
- Χρήση τροχαλιών σε προβλήματα ισορροπίας και κίνησης (σελ. 182-184)

## Προτεινόμενη Δραστηριότητα 21: Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα

### Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

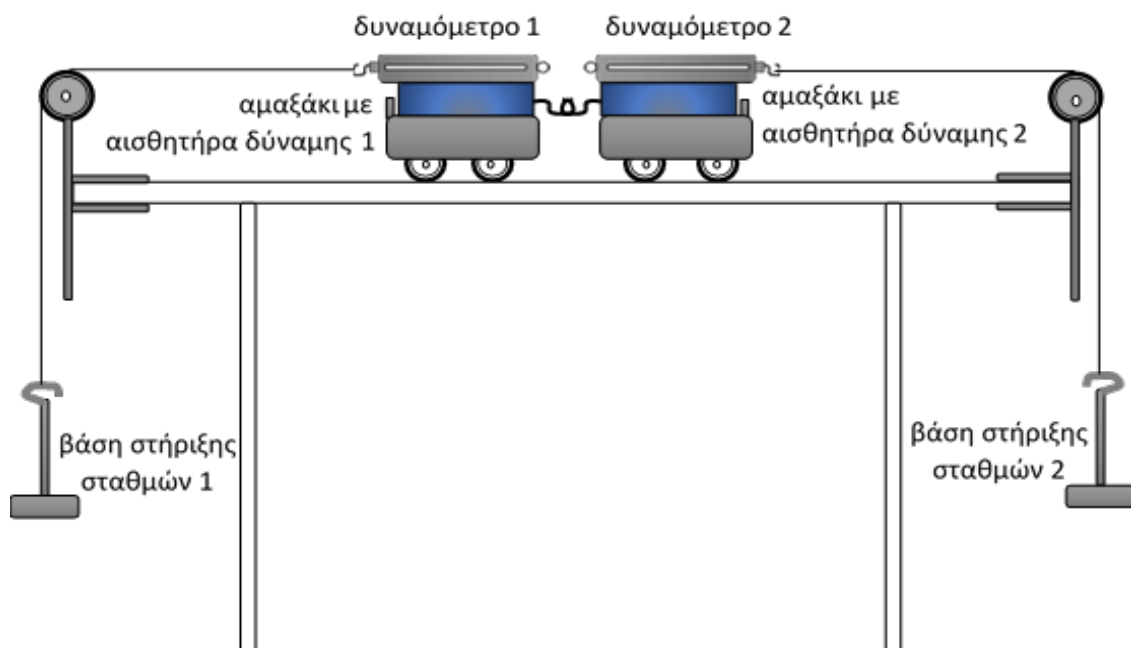
2 αμαξάκια της Pasco, αλουμινένιος διάδρομος, 2 αισθητήρες δύναμης, υπολογιστής, 2 τροχαλίες, 2 δυναμόμετρα, 2 βάσεις στήριξης σταθμών, σταθμά (100g).

**Χρόνος: 40 λεπτά**

**A.** Τα δύο αμαξάκια με τους αισθητήρες δυνάμεις συνδέονται μεταξύ τους ώστε τα ένα να έλκει το άλλο. Σε κάθε αμαξάκι στερεώνουμε επίσης ένα δυναμόμετρο το οποίο συνδέεται με νήμα μέσω τροχαλίας με μία βάση στήριξης σταθμών, όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.

Τα νήματα μεταξύ των δυο τροχαλιών και των δυναμόμετρων πρέπει να είναι οριζόντια.

Το κάθε αμαξάκι μαζί με τον αισθητήρα δύναμης και το δυναμόμετρο το θεωρούμε ένα σώμα.



**Β.** Να τοποθετήσετε στην κάθε βάση στήριξης ένα βαράκι μάζας 100g.  
Να παρατηρήσετε και να γράψετε τις ενδείξεις των αισθητήρων δύναμης.

Ένδειξη αισθητήρα δύναμης 1: ..... Ένδειξη αισθητήρα δύναμης 2: .....

**Γ.** Να σχεδιάσετε τα δύο αμαξάκια με προσέγγιση υλικού σημείου και να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω τους. Για κάθε δύναμη που ασκείται στο κάθε αμαξάκι να γράψετε πιο σώμα την ασκεί.

---

---

---

---

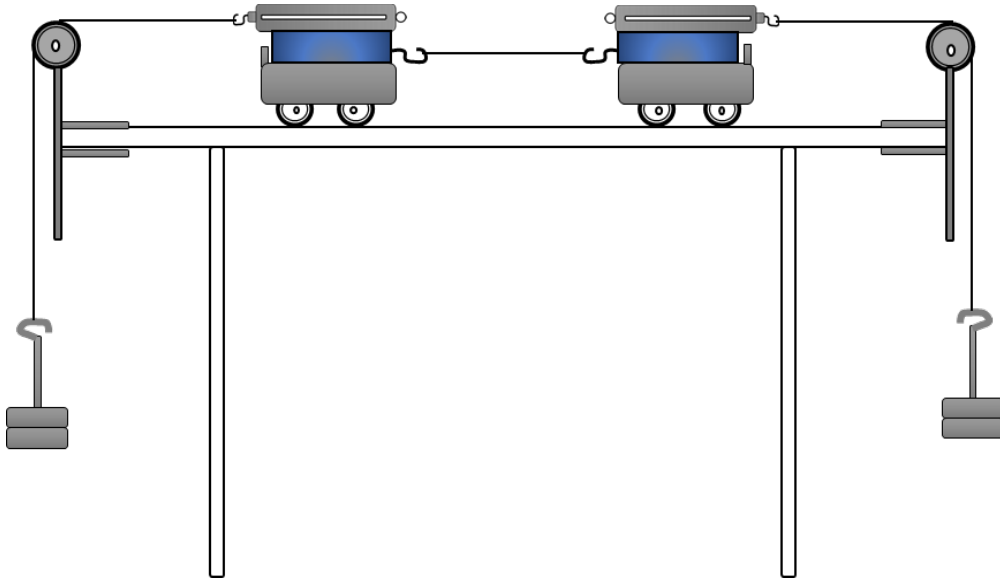
---

**Δ.** Ποιες από τις δυνάμεις που σχεδιάσετε πιο πάνω είναι δράσης – αντίδρασης. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

---

---

**Ε.** Αποσυνδέουμε τα δύο αμαξάκια και συνδέουμε τους δύο αισθητήρες με νήμα όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



**Ζ.** Να παρατηρήσετε και να γράψετε τις ενδείξεις των αισθητήρων δύναμης και των δυναμόμετρων.

Με ένα άλλο δυναμόμετρο να μετρήσετε το βάρος των βάσεων στήριξης με τα σταθμά και να καταγράψετε τις μετρήσεις.

Να σχολιάσετε τις μετρήσεις αυτές.

Ένδειξη αισθητήρα δύναμης 1: .....

Ένδειξη αισθητήρα δύναμης 2: .....

Ένδειξη δυναμόμετρου 1: .....

Ένδειξη δυναμόμετρου 2: .....

Βάρος 1: .....

Βάρος 2:.....

---

---

---

---

**Η.** Να σχεδιάσετε τα δύο αμαξάκια και το μεταξύ τους νήμα με προσέγγιση υλικού σημείου και να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω τους.

Οι δυνάμεις στην άκρη του νήματος είναι ζεύγος δράσης – αντίδρασης;

Να εφαρμόσετε τους νόμους του Νεύτωνα για το κάθε ένα σώμα και να αποδείξετε γιατί οι δύο αυτές δυνάμεις έχουν ίσο μέτρο.