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:

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 ζωή 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

Διεθυντής 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 βασίσθηκαν 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 αστέρων 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 ακτινοβόληση 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

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. 16-17)
- Μετατροπές μονάδων (σελ. 19-21)
- Μονόμετρα και διανυσματικά μεγέθη (σελ. 22)
- Αβεβαιότητα και Μετρήσεις (σύνδεση κλίμακας οργάνου με ακρίβεια, σελ. 23-25)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 1: Ταξινόμηση Μεγεθών σε Μονόμετρα και Διανυσματικά

Χρόνος: 10 λεπτά

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 16-17, 22

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	**Μ**
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. 19-21

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 $(100\ \mathrm{km/h})$. Ο νεαρός επιμένει ότι ήταν εντός του ορίου, διότι οδηγούσε μόνο με $30\ \mathrm{m/s}$. Ποιος έχει δίκιο;

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

$$\upsilon = 30\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 30\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\underbrace{\frac{3600}{1}\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{h}}}_{=1}\underbrace{\frac{1}{1000}\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{m}}}_{=1} = \frac{30\times 3600}{1000}\frac{\cancel{\mathrm{m}}}{\cancel{\mathrm{s}}}\frac{\cancel{\mathrm{s}}}{\mathrm{h}}\frac{\mathrm{km}}{\cancel{\mathrm{m}}} = 108\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

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 $\rho = 1100\frac{\mathrm{tn}}{\mathrm{nanolitre}}$ $(1\ \mathrm{tn} = 1000\ \mathrm{Kg},\ 1\ \mathrm{lt} = 10^9\ \mathrm{nanolitre})$. Να εκφράσετε την πυκνότητα ενός αστέρα νετρονίων σε $\mathrm{Kg/cm^3}$ συμπληρώνοντας με κατάλληλο τρόπο την παρακάτω σχέση.

Ο λόγος μέσα σε κάθε αγκύλη $[\cdots]$ πρέπει να ισούται με 1.
$$\rho = 1100\frac{\text{tn}}{\text{nanolitre}}\left[\frac{\quad}{1}\,\frac{\text{nanolitre}}{\text{lt}}\right]\left[\frac{1}{\quad}\,\frac{\text{lt}}{\text{cm}^3}\right]\left[\frac{\quad}{1}\,\frac{\text{Kg}}{\text{tn}}\right] = \qquad \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

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

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

Δεδομένου ότι η καρδία πάλλεται με ρυθμό περίπου 1 φορά ανά s, μόλις υπολογίσατε 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 έστελναν δεδομένα για την απαιτούμενη προωθητική δύναμη στη μονάδα δύναμης pound, 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 pound 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 pound βάρους είναι το βάρος B ενός σώματος με μάζα $m = 453{,}6$ γραμμάρια (1 pound μάζας).

Με βάση τα παραπάνω:

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

5. **Α.** 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).
Β. Χρησιμοποιώντας τον Πίνακα 1-2 του βιβλίου, να υπολογίσετε την πυκνότητα της Γης. Να την συγκρίνετε με την πυκνότητα του νερού $(1\,\text{g}/\text{cm}^3)$.

Πρώτα θα υπολογίσετε την πυκνότητα της Γης (χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του βιβλίου, η απάντηση θα προκύψει σε 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 (g/cm^3):

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

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

Χρόνος στην Τάξη: 15 λεπτά

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 23-25

Α. 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

Α/Α	Όργανο/Μονάδα Μέτρησης	Α/Α	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 μm		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.

Πίνακας 2. Αντιστοιχία οργάνων / μονάδων μέτρησης χρόνου και μεγεθών με διάφορες χρονικές διάρκειες

Α/Α	**Όργανο/Μονάδα Μέτρησης**	**Α/Α**	**Μέγεθος**
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			
Α/Α	**Όργανο/Μονάδα Μέτρησης**	**Α/Α**	**Μέγεθος**
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 – 6

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
- Διαχωρίζουν τα βέβαια ψηφία και το αβέβαιο ψηφίο σε τιμές από μετρήσεις
- Εκτελούν μετρήσεις και εκτιμούν τις τιμές των μετρούμενων μεγεθών με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων
- Εκτελούν πράξεις με τιμές μετρήσεων και αποδίδουν το αποτέλεσμα με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων
- Μελετούν συνεισφορές στην αβεβαιότητα μετρήσεων από παράγοντες όπως το σφάλμα παράλλαξης, το συστηματικό σφάλμα και ο χρόνος αντίδρασης
- Μαθαίνουν ότι η μέση τιμή πολλών μετρήσεων του ίδιου μεγέθους αποτελεί καλύτερη προσέγγιση για την πραγματική τιμή του μεγέθους

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

- Αβεβαιότητα και Μετρήσεις (σελ. 23-25)
- Σημαντικά Ψηφία (σελ. 25-28)
- Προσδιορισμός Σημαντικών Ψηφίων Τιμών που προκύπτουν από Μετρήσεις (σελ. 28-30)
- Σημαντικά Ψηφία του Αποτελέσματος που προκύπτει από Πράξεις μεταξύ Τιμών (σελ. 30-32)
- Στρογγυλοποίηση Τιμών / Παραδείγματα (σελ. 32-33)
- Διάκριση Πιστότητας/Ακρίβειας (σελ. 34-35)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 4: Μετρήσεις και Αβεβαιότητα Ι: 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

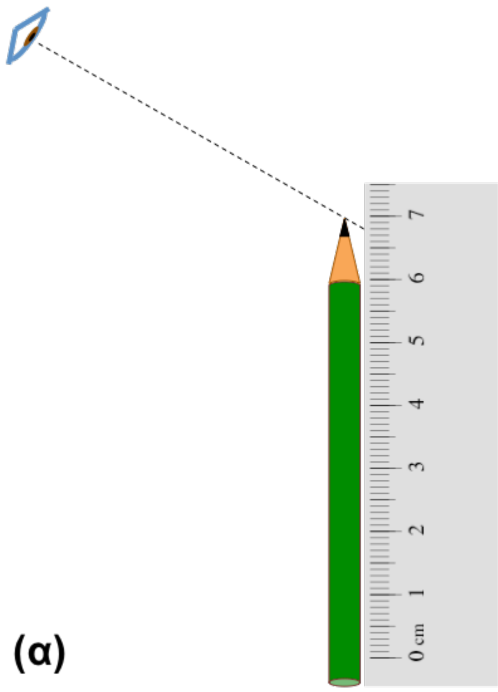
Η άσκηση να γίνει σε ομάδες των δύο μαθητών/ριών.

Χρόνος: 20 λεπτά

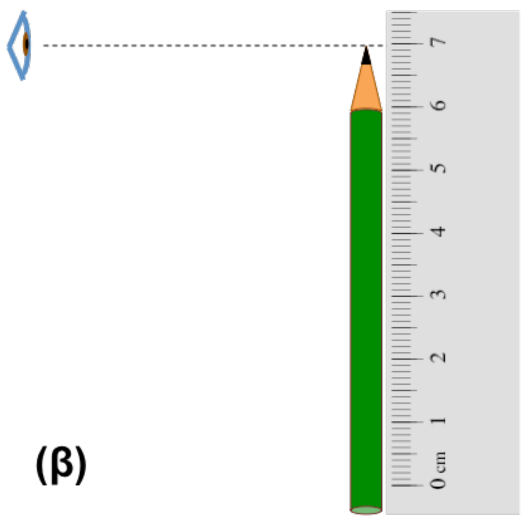
Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 25-30

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».



(α)



(β)

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. 25-30

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 τέσσερεις πλευρές του χάρακα.

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

Να καταγράψετε τις τέσσερεις ενδείξεις στη δεύτερη στήλη (Α) του Πίνακα 1. Κάθε ένδειξη πρέπει να καταγραφεί με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων: Το τελευταίο (αβέβαιο) ψηφίο είναι η εκτίμησή σας, και το προτελευταίο (βέβαιο) ψηφίο αντιστοιχεί στη μικρότερη υποδιαίρεση της κλίμακας που χρησιμοποιήσατε.

Πίνακας 1. Εκτίμηση του μήκους της πλευράς τετραδίου

Μικρότερη υποδιαίρεση χάρακα	**Μήκος πλευράς τετραδίου (A)**	**Μήκος πλευράς τετραδίου (B)**
Μέτρα (m)	m	m
Δεκατόμετρα (dm)	dm	dm
Εκατοστόμετρα (cm)	cm	cm
Χιλιοστόμετρα (mm)	mm	mm

Να συμπληρώστε τις εκτιμήσεις ενός συμμαθητή/ριας σας στην τελευταία στήλη (Β) του Πίνακα 1 με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

Ερωτήσεις:

(1) Πώς διαφέρουν μεταξύ τους οι εκτιμήσεις των στηλών Α και Β των δύο μαθητών, καθώς αυξάνεται η ακρίβεια της κλίμακας (μικραίνουν οι υποδιαιρέσεις);

(2) Πώς βοηθά η χρήση κλίμακας με μικρότερες υποδιαιρέσεις στην εκτίμηση του μήκους;

(1)

____

____

____

(2)

____

____

____

ΠΔ 4.3: Εκτίμηση του Εμβαδού Τριγώνου

(Να ανατεθεί για το σπίτι, και να συζητηθεί στην τάξη στην αρχή της επόμενης περιόδου)

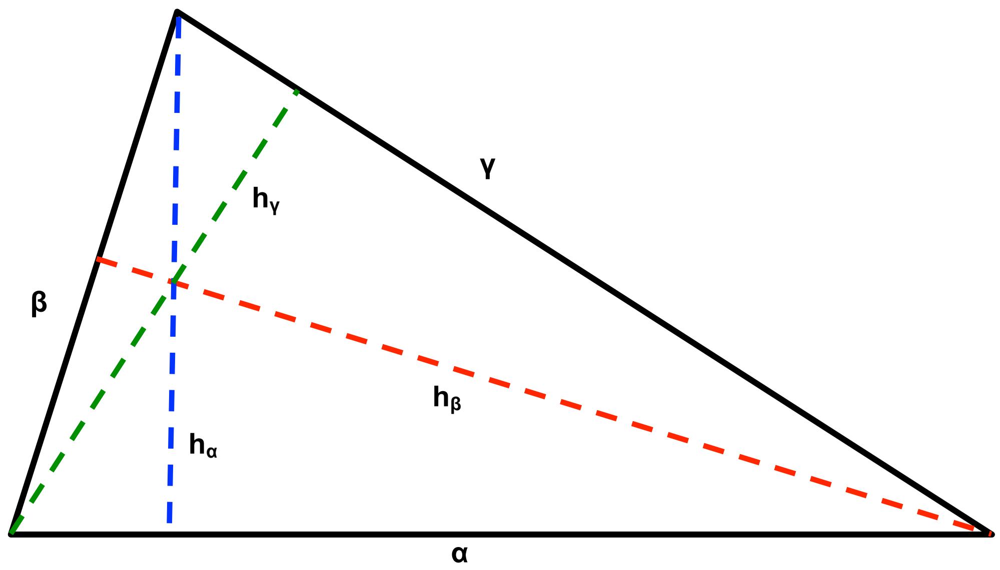
Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

- Χάρακας με κλίμακα χιλιοστομέτρων

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 30-33

Με βάση αυτά που έχετε μάθει, να εκτελέσετε την επόμενη δραστηριότητα στο σπίτι. Θα συζητήσετε τα αποτελέσματά σας στην επόμενη διδακτική περίοδο.

Να μετρήσετε με τη βοήθεια χάρακα κλίμακας χιλιοστομέτρων το μήκος των πλευρών α, β, και γ του τριγώνου της Εικόνας 1, και των αντιστοίχων υψών $h_α$, $h_β$ και $h_γ$. Να καταγράψετε στον Πίνακα 1 τα αποτελέσματα των μετρήσεών σας, χρησιμοποιώντας το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων. Να συμπεριλάβετε τη μονάδα μέτρησης για κάθε μέγεθος.



Εικόνα 1. Τρίγωνο του οποίου θα μετρήσετε τις πλευρές α, β, γ και τα αντίστοιχα ύψη $h_α$, $h_β$ και $h_γ$.

Πίνακας 1. Μετρήσεις πλευρών τριγώνου και εκτίμηση εμβαδού

Πλευρά	Ύψος	Εμβαδόν
α:________________	h_α:________________	E_1:________________
β:________________	h_β:________________	E_2:________________
γ:________________	h_γ:________________	E_3:________________

Το εμβαδόν ενός τριγώνου με πλευρά α και αντίστοιχο ύψος h_α υπολογίζεται από τη σχέση $E = \frac{1}{2}\alpha \times h_\alpha$.

(α) Ποια από τα μεγέθη, που υπεισέρχονται στην έκφραση για το εμβαδόν, καθορίζουν τον αριθμό σημαντικών ψηφίων της τιμής του εμβαδού;

____

____

____

____

____

(β) Ποιον από τους κανόνες, που εφαρμόζονται στις πράξεις μεταξύ τιμών, θα χρησιμοποιήσετε για τον υπολογισμό των σημαντικών ψηφίων του εμβαδού;

____

____

Για κάθε ένα από τα τρία ζεύγη τιμών α – h_α, β – h_β, γ – h_γ, να υπολογίσετε το αντίστοιχο εμβαδόν του τριγώνου <u>με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων</u>, και να το καταγράψετε στον Πίνακα 1.

Να σχολιάσετε τα αποτελέσματα του Πίνακα 1. Είναι δυνατόν να υπάρχουν τρεις διαφορετικές εκτιμήσεις για το εμβαδόν του ίδιου τριγώνου; Πού οφείλεται η αβεβαιότητα στην μέτρηση των πλευρών και στην εκτίμηση του εμβαδού;
______________________________ ______________________________ ______________________________ ______________________________ ______________________________ ______________________________ ______________________________ ______________________________
Καλύτερη εκτίμηση για το εμβαδόν του τριγώνου αποτελεί η μέση τιμή των τριών εκτιμήσεών σας. Να υπολογίσετε τη μέση τιμή του εμβαδού <u>με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων</u> και να την καταγράψετε πιο κάτω. Ποιον από τους κανόνες, που εφαρμόζονται στις πράξεις τιμών, θα χρησιμοποιήσετε για τον υπολογισμό των σημαντικών ψηφίων της μέσης τιμής;
Μέση τιμή: $E = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} =$ Στον υπολογισμό του αριθμού σημαντικών ψηφίων της μέσης τιμής εφάρμοσα τον κανόνα ______________________
Κάθε μαθητής/ρια έχει καταλήξει σε κάποια εκτίμηση για το εμβαδόν του τριγώνου. Με βάση την μέχρι τώρα δραστηριότητα, με ποιον τρόπο θα συνδυάζατε **όλες αυτές τις εκτιμήσεις** για να καταλήξετε σε μια ακόμα καλύτερη εκτίμηση; Να περιγράψετε μια μέθοδο με την οποία μπορείτε να συνδυάσετε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις του ίδιου μεγέθους, για να καταλήξετε σε καλύτερη εκτίμηση του μεγέθους.
______________________________ ______________________________ ______________________________

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 5: Μετρήσεις και Αβεβαιότητα ΙΙ. Σφάλμα Χρόνου Αντίδρασης

Χρόνος: 30 λεπτά (+10 λεπτά συζήτηση της ΠΔ4.3 – Εμβαδόν τριγώνου)

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 25-30

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.

Προκαταρκτική συζήτηση: Εκτίμηση του Εμβαδού Τριγώνου (ΠΔ4.3)

Χρόνος: 10 λεπτά

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, <u>με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων και τη μονάδα μέτρησης</u>. 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 απάντηση με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων και τη 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, <u>χρησιμοποιώντας το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων</u> και τη 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 υπ΄όψη 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;

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 6: Μετρήσεις και Αβεβαιότητα III: Πράξεις μεταξύ μετρούμενων τιμών

Στις δραστηριότητες 6.1 και 6.2 θα εκτελέσετε πράξεις με τιμές που προέρχονται από μετρήσεις, και θα μάθετε πώς αποδίδονται σωστά τα αποτελέσματα αυτών των πράξεων.

Χρόνος: 40 λεπτά

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 22-25

ΠΔ 6.1: Μέτρηση του Μήκους Θρανίου 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. 22-25

Να τοποθετήσετε την ένδειξη «0» του χάρακα έτσι ώστε να συμπίπτει με την άκρη του θρανίου σας. Να σημειώσετε το τέλος της κλίμακας του χάρακα και να μετατοπίσετε τον χάρακα παράλληλα με τον εαυτό του, έτσι ώστε η ένδειξη «0» να συμπέσει με το σημείο που καταγράψατε. Να επαναλάβετε τη διαδικασία μέχρι να φθάσετε στο άλλο άκρο του θρανίου. Στο τελευταίο στάδιο, να εκτιμήσετε την ένδειξη X για τη θέση της άκρης του θρανίου, χρησιμοποιώντας και τις τέσσερεις πλευρές του χάρακα. Να καταγράψετε αυτή την ένδειξη στη 2^{η} στήλη του Πίνακα 1, χρησιμοποιώντας το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

Το συνολικό μήκος του θρανίου δίνεται από τη σχέση

$$\text{Συνολικό Μήκος Θρανίου } = \underbrace{L + L + \cdots L}_{k} + X = k \times L + X$$

όπου k είναι οι φορές που τοποθετήσατε <u>ολόκληρο</u> το χάρακα, L είναι η μέγιστη ένδειξη της κλίμακας του χάρακα (το «μήκος» του χάρακα), και X είναι η ένδειξη που βρήκατε στην τελευταία τοποθέτηση του χάρακα για τη δεύτερη άκρη του θρανίου.

Πίνακας 1. Εκτίμηση του μήκους του θρανίου

Μικρότερη υποδιαίρεση κλίμακας χάρακα	**Ένδειξη άκρης θρανίου** X	**Αριθμός τοποθετήσεων ολόκληρου του μήκους χάρακα** k	**Μήκος χάρακα** L	**Εκτίμηση για το μήκος θρανίου (A)**	**Εκτίμηση για το μήκος θρανίου (B)**
Μέτρα (m)					
Δεκατόμετρα (dm)					
Εκατοστόμετρα (cm)					
Χιλιοστόμετρα (mm)					

Ο αριθμός σημαντικών ψηφίων με τον οποίο θα εκφράσετε την ένδειξη X <u>καθορίζεται από την κλίμακα του χάρακα με την οποία μετρήσατε την ένδειξη</u>. Η **ακρίβεια** της ένδειξης X

είναι η τάξη μεγέθους του τελευταίου σημαντικού ψηφίου. Ένα παράδειγμα σάς δίνεται παρακάτω:

Κλίμακα χάρακα	**Ένδειξη άκρης θρανίου** X	**Αριθμός τοποθετήσεων ολόκληρου του μήκους χάρακα** k	**Μήκος χάρακα** L	**Εκτίμηση για το μήκος θρανίου**
Μικρότερη υποδιαίρεση κλίμακας χάρακα: cm	12,3 cm	3	50,0 cm	162,3 cm

Επειδή έχει χρησιμοποιηθεί η κλίμακα με μικρότερη υποδιαίρεση cm, το αβέβαιο ψηφίο (3) της ένδειξης X αντιστοιχεί σε ακρίβεια 0,1 cm (= 1 mm). Το μήκος του χάρακα L (50 cm στο παράδειγμα) πρέπει να εκφρασθεί με την ίδια ακρίβεια (mm). Ο αριθμός τοποθετήσεων k θεωρείται σαν αριθμητική σταθερά (δεν επηρεάζει τα σημαντικά ψηφία του αποτελέσματος), γιατί είναι συντομογραφία της πρόσθεσης k μηκών L του χάρακα. Η εκτίμηση για το μήκος του θρανίου υπολογίζεται με την ίδια ακρίβεια (mm) των μεγεθών X και L.

Ερώτηση: Ποιον από τους κανόνες που εφαρμόζονται στις πράξεις μεταξύ τιμών πρέπει να ακολουθήσετε, για να αποδώσετε την εκτίμησή σας για το μήκος του θρανίου με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων;

- Εργαζόμενοι όπως στο παραπάνω παράδειγμα, να συμπληρώσετε τις επόμενες 4 στήλες του Πίνακα 1.
- Να συγκρίνετε τις εκτιμήσεις σας με τις αντίστοιχες εκτιμήσεις κάποιου συμμαθητή/ριας σας. Να συμπληρώσετε τις εκτιμήσεις του συμμαθητή/ριας σας στην τελευταία στήλη (Β) του Πίνακα 1.

Να συζητήσετε στην τάξη τις επόμενες ερωτήσεις, και **να συμπληρώσετε τις απαντήσεις στο σπίτι:**

(3) Πώς διαφέρουν μεταξύ τους οι εκτιμήσεις των στηλών Α και Β, για κάθε κλίμακα;
(4) Πως βοηθά η χρήση κλίμακας με μικρότερες υποδιαιρέσεις στην εκτίμηση του μήκους του θρανίου;

(1)

(2)

Να συζητήσετε στην τάξη ενδεχόμενα λάθη που επηρέασαν τις μετρήσεις σας, και τρόπους με τους οποίους μπορείτε να βελτιώσετε τη μέτρηση του μήκους του θρανίου.

Υποδείξεις:

- Λαμβάνοντας υπ΄ όψη το σχήμα των πλευρών του θρανίου, είχατε κάποια δυσκολία στο να ορίσετε σωστά τις άκρες του;
- Πιστεύετε ότι σημειώσατε σωστά τα σημεία επανατοποθέτησης του χάρακα;
- Πιστεύετε ότι ευθυγραμμίσατε σωστά την ένδειξη «0» του χάρακα με την πρώτη άκρη του θρανίου και με τα σημεία επανατοποθέτησης;
- Πιστεύετε ότι εκτιμήσατε σωστά την ένδειξη X για τη θέση της δεύτερης άκρης του θρανίου; Υπάρχει λάθος παράλλαξης στην εκτίμηση της ένδειξης;

Παρατήρηση: Η αβεβαιότητα στη τιμή ενός μεγέθους που προκύπτει από τις υποδιαιρέσεις της κλίμακας ενός οργάνου, δεν αποτελεί λάθος στη μέτρηση του μεγέθους. Λάθη μετρήσεων προέρχονται συνήθως από απροσεξίες του παρατηρητή, εσφαλμένη μεθοδολογία ή λάθη σε πράξεις. Η μεθοδολογία της μέτρησης θα πρέπει να σχεδιάζεται ώστε να ελαχιστοποιούνται τυχόν λάθη.

Επιπρόσθετες ερωτήσεις για το σπίτι:

(1) Οι τελικές εκτιμήσεις που κάνατε εσείς και το άλλο μέλος της ομάδας σας πιθανόν να διαφέρουν μεταξύ τους. Ωστόσο θα μπορούσατε σαν ομάδα να δώσετε μια εκτίμηση για το μήκος του θρανίου σας, υπολογίζοντας τη μέση τιμή των δυο μετρήσεων. Να υπολογίσετε την μέση τιμή των αποτελεσμάτων του Πίνακα 1 και να την αναγράψετε στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Εκτίμηση του μήκους του θρανίου

Μικρότερη υποδιαίρεση κλίμακας χάρακα	**Εκτίμηση για το μήκος θρανίου (A)**	**Εκτίμηση για το μήκος θρανίου (B)**	**Μέση τιμή** $\frac{A+B}{2}$
Μέτρα (m)			
Δεκατόμετρα (dm)			
Εκατοστόμετρα (cm)			
Χιλιοστόμετρα (mm)			

(2) Ποιος από τους κανόνες που εφαρμόζονται στις πράξεις τιμών καθορίζει την ακρίβεια με την οποία αποδώσατε το μέσο μήκος;

(3) Γιατί δεν μπορούμε να γράψουμε αριθμούς με όσα σημαντικά ψηφία θέλουμε; Αν μετρήσουμε το μήκος της σελίδας του βιβλίου με έναν κανονικό χάρακα, γιατί είναι λάθος να αναφέρουμε ότι η μέτρησή μας έδωσε 22,345329 εκατοστά;

(4) Έστω ότι έχετε στη διάθεσή σας έναν συνηθισμένο χάρακα βαθμονομημένο σε mm. Περιγράψτε έναν τρόπο με τον οποίο θα μετρήσετε το πάχος της σελίδας του βιβλίου σας χρησιμοποιώντας τον χάρακα αυτό. Γράψτε το αποτέλεσμα της μέτρησής σας με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

ΠΔ 6.2: Χρήση Μηχανικής και Ηλεκτρονικής Ζυγαριάς για τη Μέτρηση της Μάζας Σωμάτων

Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

- Μηχανική ζυγαριά
- Ηλεκτρονική ζυγαριά
- Βιβλίο
- Μολύβι
- Τετράδιο

Χρόνος: 20 λεπτά

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 22-25

Να εξετάσετε τις δύο ζυγαριές. Ποια είναι η μικρότερη υποδιαίρεση κάθε ζυγαριάς;

Να τοποθετήσετε το βιβλίο στη μηχανική ζυγαριά. Από τη θέση του δείκτη της ζυγαριάς, να εκτιμήσετε τη μάζα του βιβλίου με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Να καταγράψετε την εκτίμησή σας με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων, συμπεριλαμβάνοντας τη μονάδα μέτρησης.

Να τοποθετήσετε το μολύβι στην ηλεκτρονική ζυγαριά και να καταγράψετε την ένδειξη της ηλεκτρονικής ζυγαριάς, συμπεριλαμβάνοντας τη μονάδα μέτρησης.

(1) Μάζα βιβλίου (μηχανική ζυγαριά): __________________

(2) Μάζα μολυβιού (ηλεκτρονική ζυγαριά): __________________

Ερωτήσεις: Η εκτίμησή σας από τη μέτρηση με τη μηχανική ζυγαριά έχει <u>μεγαλύτερη ακρίβεια από τη μικρότερη υποδιαίρεση</u> της ζυγαριάς, κατά ένα ψηφίο. Όταν χρησιμοποιείτε την ηλεκτρονική ζυγαριά, έχει νόημα να αυξήσετε την ένδειξη που διαβάζετε κατά ένα ψηφίο; Κάντε σχετική συζήτηση και γράψτε τα συμπεράσματά σας.
Στην εκτίμηση της μάζας του βιβλίου με τη μηχανική ζυγαριά, φροντίσατε να ελαχιστοποιήσετε το σφάλμα παράλλαξης;

Ερώτηση: Να μετατρέψετε τις εκτιμήσεις σας για τις δύο μάζες στην ίδια μονάδα μέτρησης (αυτή που χρησιμοποιήσατε για τη μάζα του βιβλίου). Να προσθέσετε τις δύο τιμές χωρίς στρογγυλοποίηση. Αυτό είναι το **αριθμητικό άθροισμα** των δύο μαζών βιβλίου και μολυβιού. Να καταγράψετε το αριθμητικό άθροισμα μαζί με τη μονάδα μέτρησης.
Ποια είναι η ακρίβεια του αριθμητικού σας αποτελέσματος (δηλ. η τάξη μεγέθους του τελευταίου ψηφίου); Να την αναφέρετε, συμπεριλαμβάνοντας τη μονάδα μέτρησης.

Το αριθμητικό αποτέλεσμα αποτελεί **πρόβλεψη** για τη συνολική μάζα του συστήματος βιβλίο – μολύβι. Να μετρήσετε τη μάζα αυτού του συστήματος με τη μηχανική ζυγαριά και να καταγράψετε την ένδειξη με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων. Να συμπεριλάβετε και τη μονάδα μέτρησης.

(3) Μάζα βιβλίου+μολυβιού (μηχανική ζυγαριά): ___________________

Ερωτήσεις: (1) Συμφωνεί η εκτίμησή σας με το αριθμητικό αποτέλεσμα που προσδιορίσατε προηγουμένως; (2) Συμφωνεί η εκτίμησή σας με τον κανόνα πρόσθεσης τιμών με διαφορετική ακρίβεια;
(1)
(2)
Η μάζα του μολυβιού είχε προσδιορισθεί με κάποια ακρίβεια με τη χρήση της ψηφιακής ζυγαριάς. Υποβαθμίστηκε αυτή η ακρίβεια στον υπολογισμό της συνολικής μάζας μολυβιού-βιβλίου με την ψηφιακή ζυγαριά;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΕΥΘΕΙΑ ΓΡΑΜΜΗ

Θέση, Μετατόπιση, Διανυόμενη Απόσταση

Προτεινόμενες Δραστηριότητες: 7 - 11

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
- Γενικεύουμε τις έννοιες της μετατόπισης και διανυόμενης απόστασης σε περισσότερες διαστάσεις

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

- Θέση (σελ. 46-47)
- Μετατόπιση και διανυόμενη απόσταση (σελ. 48-51)
- Μετατόπιση και διανυόμενη απόσταση σε καμπυλόγραμμη κίνηση (σελ. 51)
- Χρονική στιγμή και χρονικό διάστημα (σελ. 52)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 7: 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 7.1: Προσδιορισμός της Θέσης Σωμάτων σε μια Ευθεία

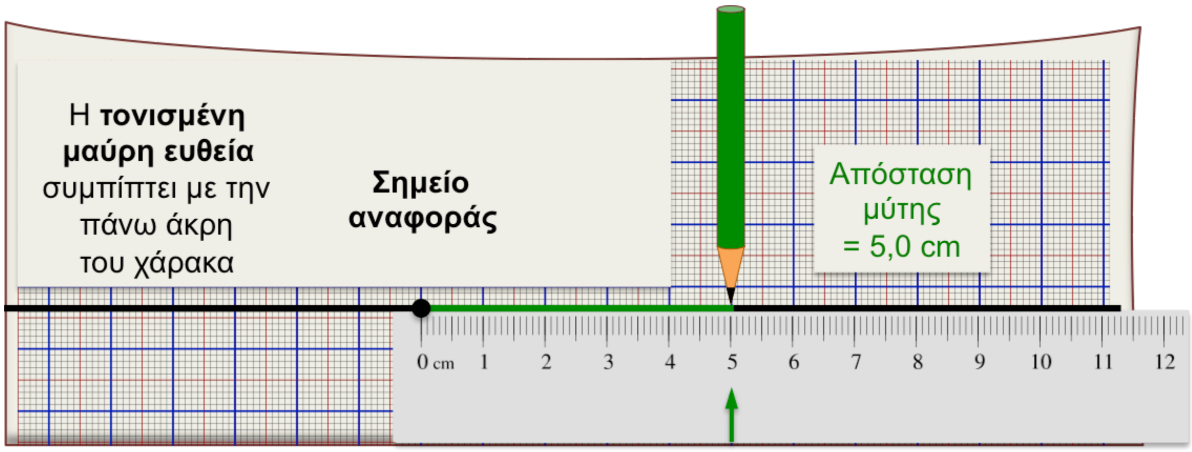
Α) Η απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικές γραμμές του χιλιοστομετρικού χαρτιού ισούται με 1 mm. Δύο διαδοχικές χοντρές γραμμές απέχουν 1 cm. Να τονίσετε με το μολύβι σας μια χοντρή γραμμή (Εικόνα 1). Θα προσδιορίσουμε τη θέση διαφόρων αντικειμένων *επάνω σε αυτή τη γραμμή*.

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).

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

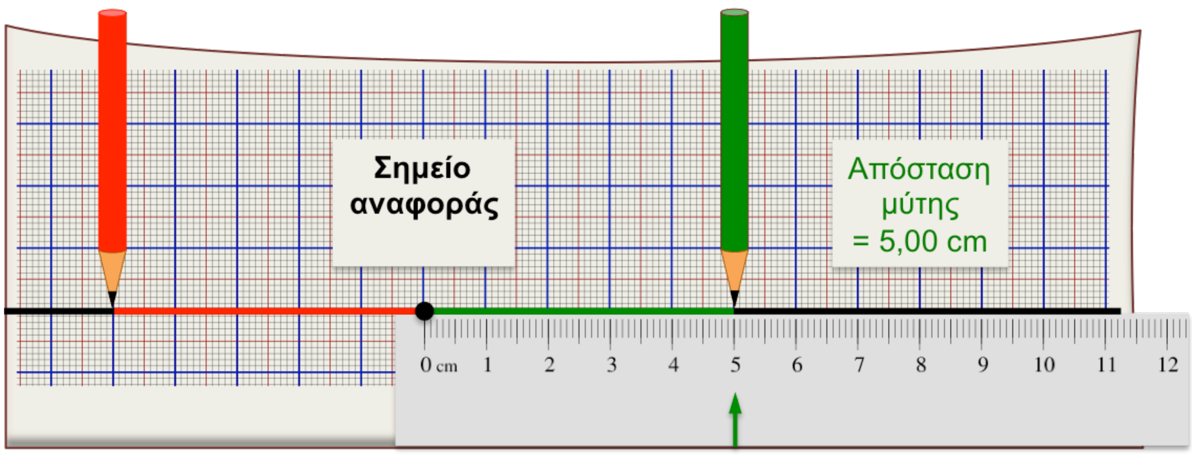
Να τοποθετήσετε τον χάρακα έτσι ώστε η επάνω άκρη του να είναι ευθυγραμμισμένη με την τονισμένη ευθεία, και η ένδειξη «0» του χάρακα να συμπίπτει με το σημείο αναφοράς. Η ένδειξη στη θέση της μύτης του μολυβιού δείχνει **την απόσταση** της μύτης από το σημείο αναφοράς. Στην Εικόνα 2, η απόσταση είναι 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 κρατήσετε τον κατάλληλο αριθμό σημαντικών ψηφίων, ανάλογα με την υποδιαίρεση του χάρακά σας. Μην ξεχάσετε να συμπεριλάβετε τη μονάδα μέτρησης.	
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).



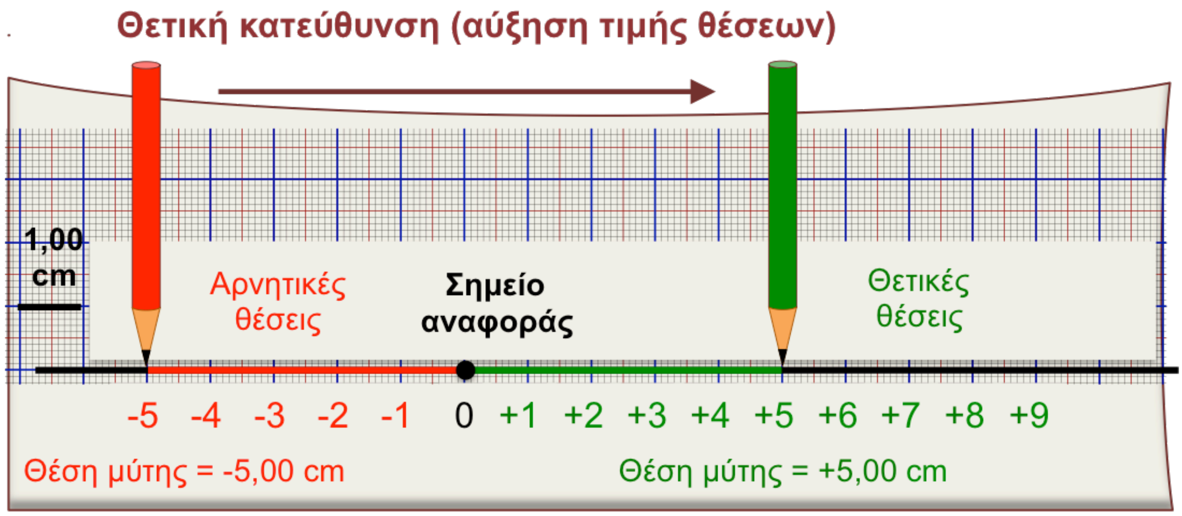
Εικόνα 3. Οι μύτες των δύο μολυβιών ισαπέχουν κατά 5,00 cm από το σημείο αναφοράς, αλλά βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία.

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.

Ερώτηση για το σπίτι: 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.



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.

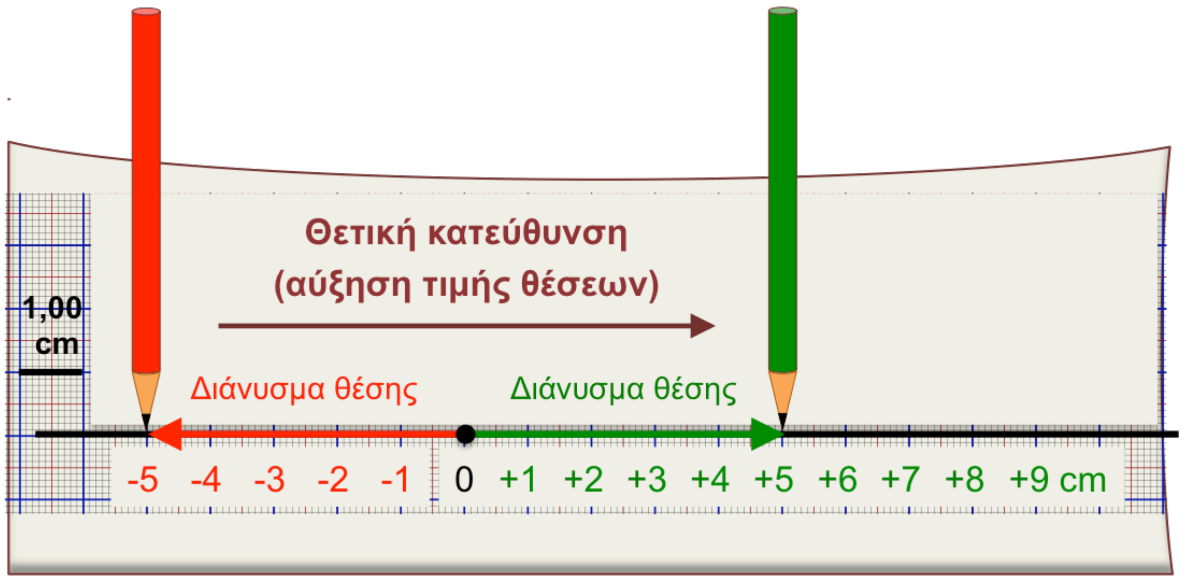
Η κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να μετακινηθούμε στην ευθεία *για να αυξηθούν οι τιμές των θέσεων* ορίζεται ως η **θετική κατεύθυνση** (Εικόνα 4).

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 χρησιμοποιήσατε.
Κλίμακα ⟷ **= __ 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.

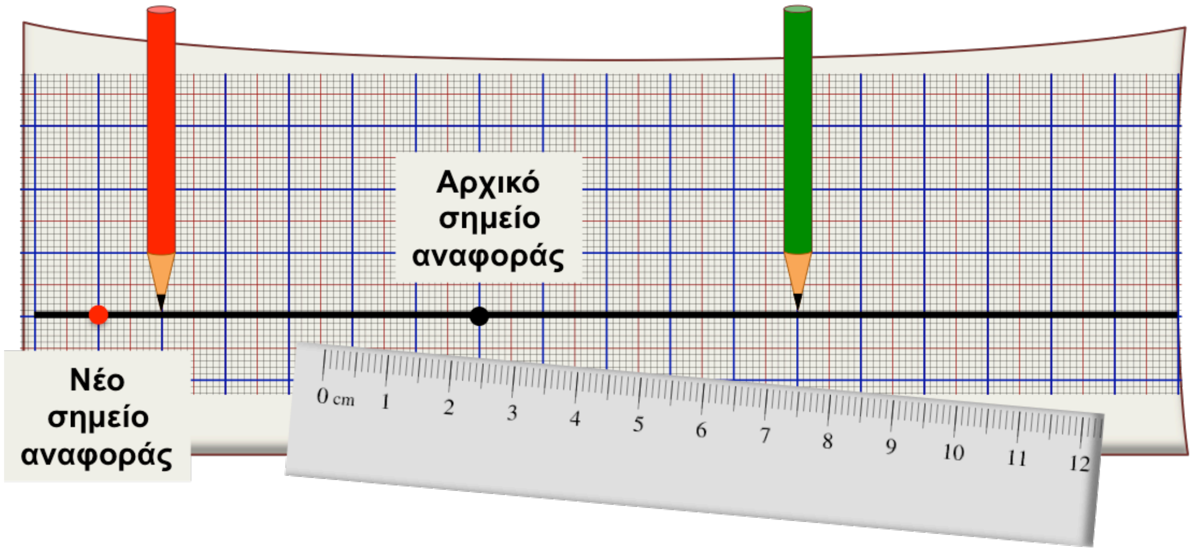


Εικόνα 5. Η θέση κάθε μύτης μπορεί να παρασταθεί από ένα βέλος που **ξεκινά από το σημείο αναφοράς και καταλήγει στη μύτη**.

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

ΠΔ 7.2: (Για το σπίτι.) Η Αλγεβρική Τιμή της Θέσης Εξαρτάται από το Σημείο Αναφοράς

Να τοποθετήσετε τα μολύβια όπως στις δραστηριότητες 7.1Β – 7.1Γ, 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 ⟷ = __ cm

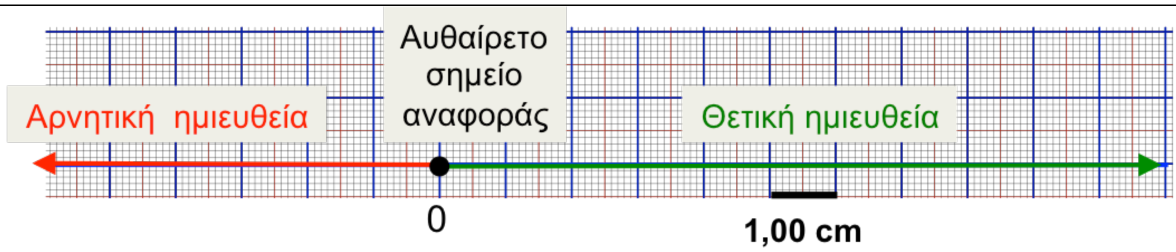
Να εξηγήσετε γιατί η αλγεβρική τιμή και το βέλος της θέσης ενός σώματος εξαρτώνται από την επιλογή του σημείου αναφοράς και της θετικής κατεύθυνσης.

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 8: (Για το σπίτι.) Κατασκευή χάρακα από χιλιοστομετρικό χαρτί

Α) Να κόψετε μια λωρίδα χαρτιού με μικρό πλάτος και αρκετά μεγάλο μήκος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.

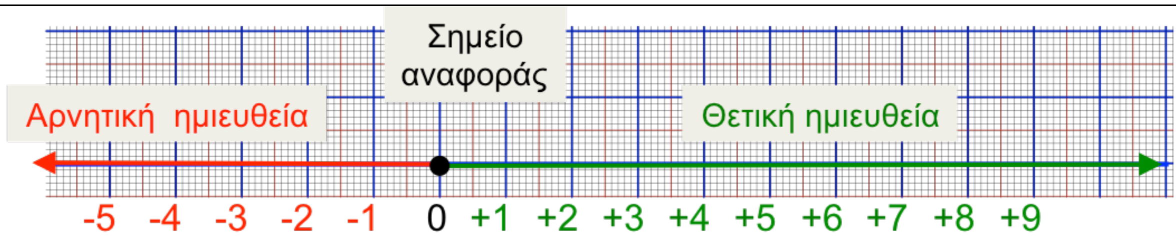
Β) Να τονίσετε με το μολύβι σας μια από τις χοντρές ευθείες. Κατόπιν, να επιλέξετε αυθαίρετα κάποιο σημείο τομής με μια δεύτερη χοντρή ευθεία και να το σημειώσετε με μια έντονη βούλα (Εικόνα 7α). Αυτό θα είναι το **σημείο αναφοράς.**

Γ) Το σημείο αναφοράς χωρίζει την ευθεία σε δύο ημιευθείες. Να επιλέξετε τη θετική και αρνητική ημιευθεία και να τις σημειώσετε πάνω στο χαρτί.



Εικόνα 7 (α). Επιλογή σημείου αναφοράς και θετικής κατεύθυνσης

Δ) Να αντιστοιχίσετε στο σημείο αναφοράς την τιμή 0 cm. Να σημειώσετε τις αλγεβρικές τιμές των θέσεων πάνω στην ευθεία ανά 1 cm (Εικόνα 7β).



Εικόνα 7 (β). Βαθμονόμηση χιλιοστομετρικού χαρτιού.

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 9: Υπολογισμός της Μετατόπισης ενός Σώματος σε Ευθεία Γραμμή

Τόπος διεξαγωγής: Αίθουσα διαλέξεων

Χρόνος: 10 λεπτά

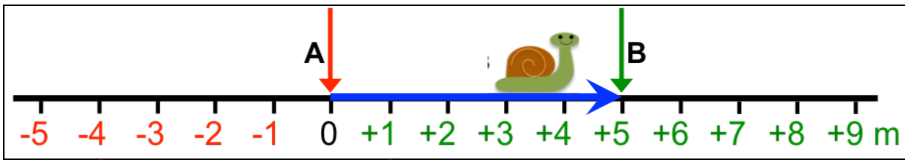
Η μετατόπιση σε μια ευθεία υπολογίζεται από την διαφορά της αρχικής από την τελική θέση:

$$\Delta x = x_{\tau\varepsilon\lambda} - x_{\alpha\rho\chi}$$

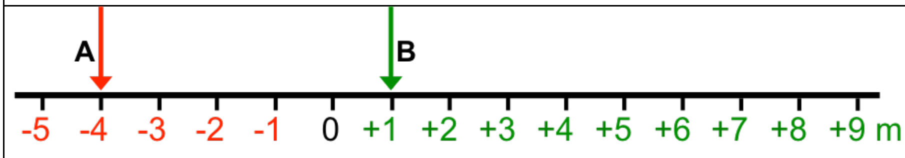
Η αρχική και τελική θέση εισάγονται με την αλγεβρική τους τιμή.

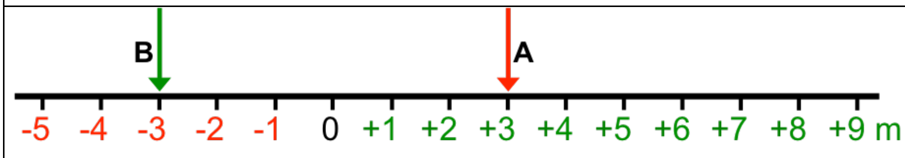
Το διάνυσμα της μετατόπισης παριστάνεται γραφικά από ένα βέλος που ξεκινά από την αρχική θέση και καταλήγει στην τελική θέση.

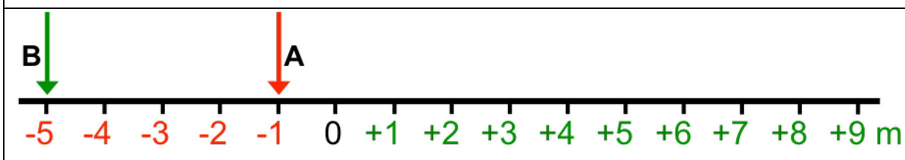
Στο παρακάτω σχήμα, τα σημεία Α και Β υποδεικνύουν την αρχική και τελική θέση ενός σαλιγκαριού, που κινείται επάνω σε οριζόντιο δρόμο. Να υπολογίσετε την αλγεβρική τιμή της μετατόπισης και να ζωγραφίσετε το διάνυσμα της μετατόπισης. Δίνεται ένα παράδειγμα:



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







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

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 10: Υπολογισμός Διανυόμενης Απόστασης και Μετατόπισης για Σύνθετες Διαδρομές

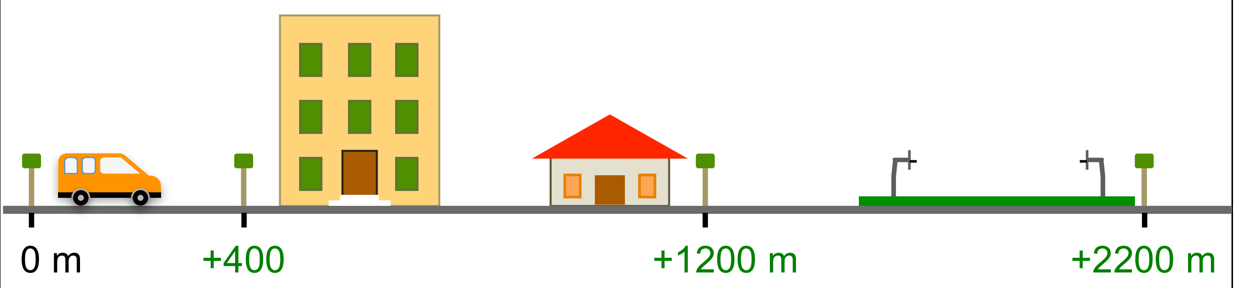
ΠΔ 10.1: Η Διανυόμενη Απόσταση ισούται με το Μήκος της Διαδρομής

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	

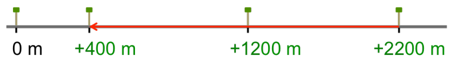
ΠΔ 10.2: Η Μετατόπιση Εξαρτάται μόνο από την Αρχική και την Τελική θέση, και όχι από τη Διαδρομή

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 **ΠΔ10.1** και να ζωγραφίσετε το αντίστοιχο διάνυσμα. Μία από τις στήλες έχει συμπληρωθεί, ως παράδειγμα.

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

Οι επόμενες ερωτήσεις να συζητηθούν στην τάξη, αλλά **να απαντηθούν στο σπίτι**.

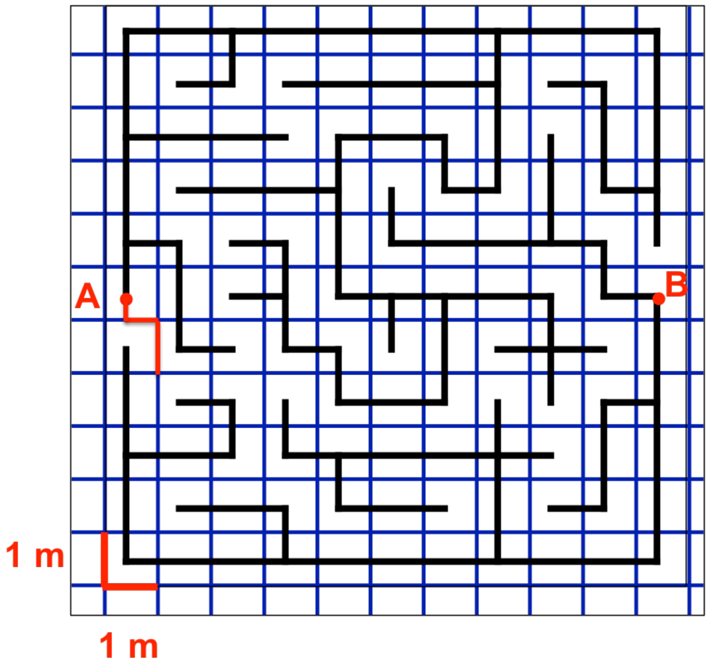
Ερώτηση: Είναι δυνατόν η διανυόμενη απόσταση να είναι αρνητική; Γιατί;
Ερώτηση: Είναι δυνατόν η μετατόπιση να είναι ίση με μηδέν και η διανυόμενη απόσταση να είναι διαφορετική του μηδενός; Να αναφέρετε ένα παράδειγμα.

Ερώτηση: Να αναφέρετε δύο παραδείγματα κίνησης σε ευθεία, για τα οποία η μετατόπιση δεν συμπίπτει με τη διανυόμενη απόσταση:
(1)
(2)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 11: (Προαιρετική, για το σπίτι.) Διανυόμενη Απόσταση σε δύο Διαστάσεις

Ο μικρός εξερευνητής Θησέας, με τις οδηγίες της φίλης του Αριάδνης, κατόρθωσε να ανακαλύψει τη μικρότερη διαδρομή που χρειάζεται για να διασχίσει το λαβύρινθο από την είσοδο Α στην έξοδο Β. Κατά τη διάρκεια της διαδρομής του περπατούσε επάνω στις γραμμές του τετραγωνικού πλέγματος, για να μην τον αντιληφθεί ο Μινώταυρος. Τα πρώτα βήματα της διαδρομής του φαίνονται στο σχήμα.

1) Να υπολογίσετε το μήκος της διαδρομής του Θησέα από το Α στο Β. Κάθε τετράγωνο του πλέγματος έχει πλευρά 1 m.



2) Να υπολογίσετε την οριζόντια μετατόπιση του Θησέα αν μετακινηθεί από το Α στο Β.

Χρήσιμες ιστοσελίδες

Διάφοροι τύποι χιλιοστομετρικού χαρτιού:
http://incompetech.com/graphpaper/plain/
http://incompetech.com/graphpaper/multicolor/

Δημιουργός Λαβυρίνθων:
http://www.mazegenerator.net

Μέση Διανυσματική Ταχύτητα, Στιγμιαία Ταχύτητα

Σημείωση: Οι έννοιες της μέσης αριθμητικής και της μέσης διανυσματικής ταχύτητας έχουν διδαχθεί με αντίστοιχα παραδείγματα (σελ. 54-56, 57-59 του βιβλίου). Στη μελέτη σας, να ανακαλέσετε αυτές τις έννοιες.

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 12

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. 54-57)
- Μέση διανυσματική ταχύτητα (σελ. 57-59)
- Στιγμιαία ταχύτητα (σελ. 59-61)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 12: Μέτρηση της Στιγμιαίας Ταχύτητας με Σύστημα Φωτοπυλών

Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

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

Χρόνος: 40 λεπτά

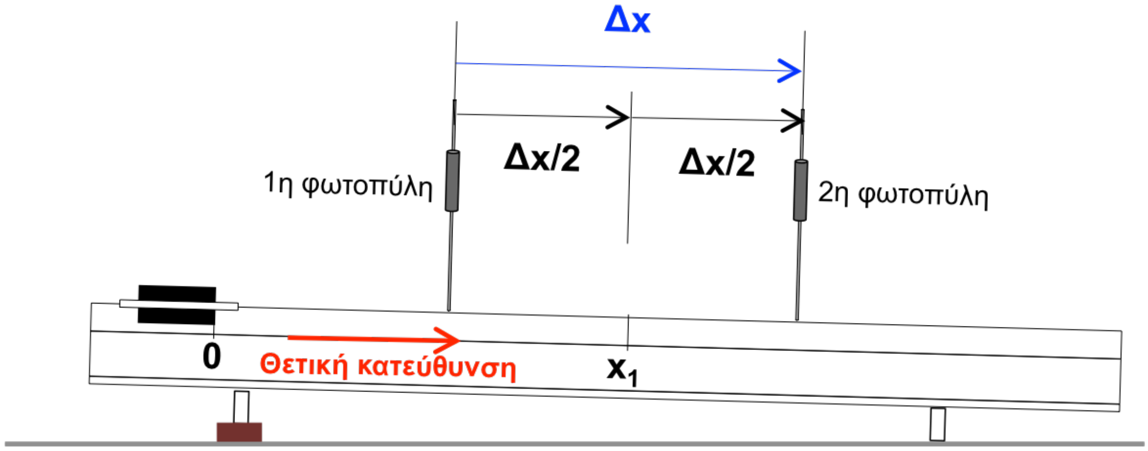
Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 62-63

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 $1^{ης}$ φωτοπύλης μέχρι τη στιγμή που διακόπτεται η δέσμη της $2^{ης}$ φωτοπύλης.

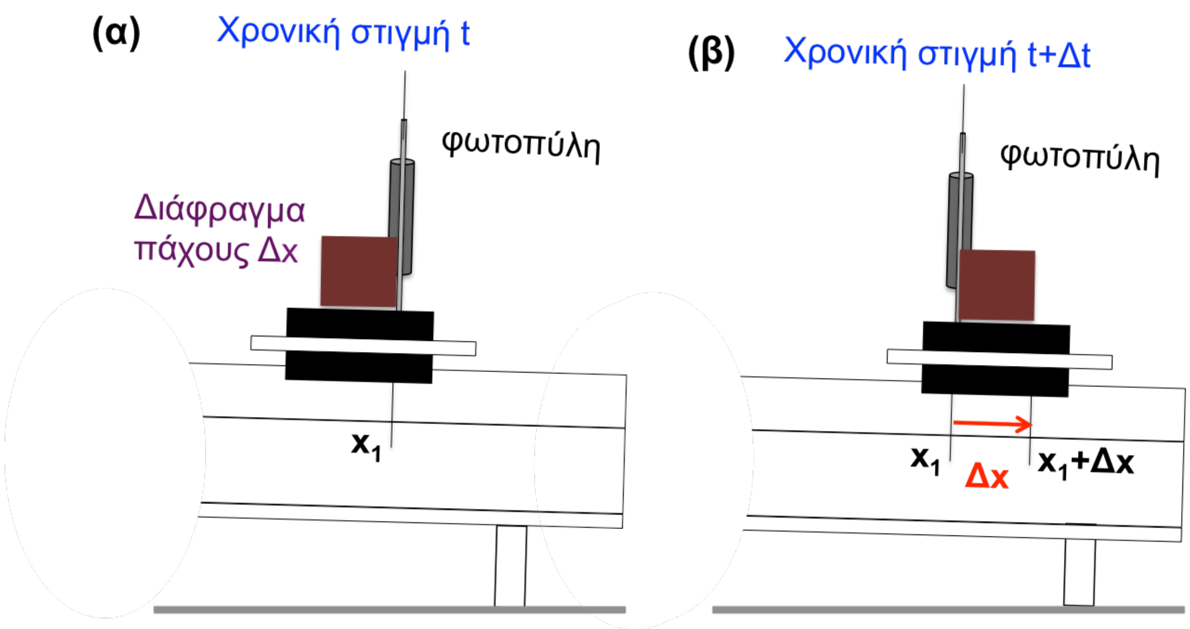
Επιλέγουμε ένα σημείο αναφοράς κοντά στην επάνω άκρη του κεκλιμένου διαδρόμου (θέση 0). Ορίζουμε τη θετική κατεύθυνση κατά μήκος του διαδρόμου, από την επάνω προς την κάτω άκρη. Σημειώνουμε μια θέση x_1. Τοποθετούμε τις δύο φωτοπύλες έτσι ώστε να ισαπέχουν από τη θέση x_1 και η μεταξύ τους απόσταση να είναι ίση με Δx. Εάν το χρονικό διάστημα που καταγράφεται από τις φωτοπύλες είναι ίσο με Δt, η μέση διανυσματική ταχύτητα του αμαξιού για την κίνησή του ανάμεσα σις φωτοπύλες υπολογίζεται ως $\upsilon_{\mu\delta} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$. Όταν το χρονικό διάστημα Δt 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 Δt από τη στιγμή που διακόπτεται η φωτεινή δέσμη της $1^{ης}$ φωτοπύλης (το αμαξάκι φθάνει στην πρώτη φωτοπύλη) μέχρι τη στιγμή που διακόπτεται η δέσμη της $2^{ης}$ φωτοπύλης (το αμαξάκι φθάνει στη δεύτερη φωτοπύλη). Στο διάστημα Δt, η μπροστινή πλευρά του αμαξιού μετατοπίζεται κατά Δx.

Διάταξη 2: Η στιγμιαία ταχύτητα του αυτοκινήτου μπορεί να μετρηθεί **χρησιμοποιώντας μόνο μία φωτοπύλη**. Σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να επικολλήσετε διαφράγματα διαφορετικού πάχους Δx 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 Δx και το αντίστοιχο χρονικό διάστημα είναι Δt, η εκτίμηση για τη στιγμιαία ταχύτητα του αυτοκινήτου, καθώς διέρχεται από τη φωτοπύλη, είναι $\upsilon = \Delta x / \Delta t$.



Διάταξη 2. Μία φωτοπύλη μετρά το χρονικό διάστημα από την στιγμή που διακόπτεται η φωτεινή δέσμη (το διάφραγμα πάχους Δx 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 σιγουρεθείτε 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 αμαξιού. Γιατί χρησιμοποιούμε φωτοπύλες αντί για χρονόμετρο χειρός στο συγκεκριμένο πείραμα;

Α) 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 Δx να ισούται με 50 cm. Το μέγεθος Δx 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 Δt στο οποίο η μπροστινή πλευρά του αμαξιού μετατοπίζεται από την πρώτη στη δεύτερη φωτοπύλη. Από το χρονικό διάστημα Δt και την μετατόπιση Δx να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα του αμαξιού.

Σημείωση:

- <u>Ο αριθμός σημαντικών ψηφίων της μετατόπισης</u> Δx θα καθορισθεί από την κλίμακα του οργάνου με το οποίο θα μετρήσετε την απόσταση μεταξύ φωτοπυλών.
- <u>Η τιμή του χρονικού διαστήματος</u> Δt <u>ταυτίζεται με την ψηφιακή ένδειξη των φωτοπυλών, δηλαδή δεν προσθέτουμε έξτρα ψηφίο.</u>
- <u>Στην τελική έκφραση για τη μέση ταχύτητα να εφαρμόσετε τον κανόνα διαίρεσης μετρούμενων τιμών.</u>

Μετατόπιση Δx (m)	**Χρονικό διάστημα** Δt (s)	**Μέση διανυσματική ταχύτητα** $\upsilon_{\mu\delta} = \Delta x / \Delta t$ (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, <u>διατηρώντας την απόσταση</u> 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 Δx (m)	**Χρονικό διάστημα** Δt (s)	**Μέση διανυσματική ταχύτητα** $\upsilon_{\mu\delta} = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

3. (Για το σπίτι.) Να συγκρίνετε τις δύο τιμές που βρήκατε για τη μέση ταχύτητα. Τι συμπεραίνετε;

___

___

___

___

Β) Μέτρηση της στιγμιαίας ταχύτητας

Οι επόμενες ερωτήσεις 4 - 7 μπορούν να μελετηθούν με την πειραματική διάταξη 1 ή με την πειραματική διάταξη 2. Προσαρμόζουμε τις διατυπώσεις των ερωτήσεων και στις δύο διατάξεις. Προτείνεται να χρησιμοποιήσετε τη μία από τις δύο διατάξεις για τη μελέτη των ερωτήσεων 4 - 7.

Επιλογή της Διάταξης 1

4. Να επαναλάβετε το πείραμα αφήνοντας το αμαξάκι να εκκινήσει από την ηρεμία κρατώντας το σημείο εκκίνησης αμετάβλητο. Να μετακινείτε τις δύο φωτοπύλες έτσι ώστε να είναι συμμετρικά τοποθετημένες εκατέρωθεν της θέσης x_2, αλλά η απόσταση μεταξύ των φωτοπυλών να μειώνετα ανά 10 cm (ξεκινώντας από 50 cm), κάθε φορά που επαναλαμβάνετε το πείραμα. Στην τελευταία σας μέτρηση να τοποθετήσετε τις φωτοπύλες έτσι ώστε η απόσταση μεταξύ τους να είναι η ελάχιστη δυνατή.

Οι φωτοπύλες καταγράφουν το χρονικό διάστημα Δt , στο οποίο η μπροστινή πλευρά του αμαξιού μετατοπίζεται από την πρώτη στην δεύτερη φωτοπύλη. Η τιμή της μετατόπισης Δx ισούται με την απόσταση μεταξύ των φωτοπυλών.

Να σημειώσετε στον πιο κάτω πίνακα τις τιμές της μετατόπισης Δx και του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος Δt. Στην τελευταία στήλη του πίνακα να συμπληρώσετε τη μέση διανυσματική ταχύτητα του αμαξιού. Να χρησιμοποιήσετε το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

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

5. α) (Για το σπίτι.) Πώς μεταβάλλεται η μέση ταχύτητα καθώς ελαττώνεται το χρονικό διάστημα Δt της κίνησης ανάμεσα στις φωτοπύλες;

____

____

____

____

____

____

β) (Για το σπίτι.) Στην τελευταία μέτρηση, το χρονικό διάστημα Δt είναι πολύ μικρό. Φανταστείτε ότι μπορούμε να συνεχίσουμε το πείραμα με τον ίδιο τρόπο, ελαττώνοντας ακόμη περισσότερο την απόσταση Δx και το αντίστοιχο χρονικό διάστημα Δt. Τι εκφράζει η μέση ταχύτητα $\Delta x / \Delta t$, όταν το διάστημα Δt γίνει απειροελάχιστο;

____

____

γ) (Για το σπίτι.) Στην τελευταία μέτρηση που κάνατε, το χρονικό διάστημα Δt είναι πολύ μικρό αλλά όχι απειροελάχιστο. Με βάση το πείραμα που εκτελέσατε, θεωρείτε ότι η στιγμιαία ταχύτητα που υπολογίσατε αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή που το αμαξάκι διέρχεται μπροστά από (1) την πρώτη φωτοπύλη, (2) τη δεύτερη φωτοπύλη, ή (3) σε κάποια ενδιάμεση χρονική στιγμή; Να αιτιολογήσετε την άποψή σας.

6. Στο προηγούμενο πείραμα δείξατε ότι αν η απόσταση Δx μεταξύ των φωτοπυλών γίνει πολύ μικρή (και συνεπώς αν το χρονικό διάστημα Δt 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 θέση ανάμεσα στις φωτοπύλες.

Στο επόμενο πείραμα θα εφαρμόσετε αυτή τη λειτουργική μέθοδο προσδιορισμού της στιγμιαίας ταχύτητας για να την υπολογίσετε σε διάφορες αποστάσεις από το σημείο εκκίνησης.

Κρατώντας τις φωτοπύλες στην ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση, να τις μετακινήσετε σε τρεις διαφορετικές θέσεις από το σημείο εκκίνησης με τέτοιο τρόπο ώστε το σημείο x, στη μέση μεταξύ των φωτοπυλών, να απέχει κατά 50 cm, 100 cm, 150 cm αντίστοιχα. Για κάθε περίπτωση να αφήνετε το αμαξάκι να κινηθεί από την ηρεμία.

α) Να σημειώσετε στον πιο κάτω πίνακα τη θέση του μέσου μεταξύ των φωτοπυλών από το σημείο εκκίνησης (x), τη μετατόπιση της μπροστινής πλευράς του αμαξιού κατά την κίνηση μεταξύ των φωτοπυλών (Δx), και τη χρονική διάρκεια (Δt) της κίνησης του αμαξιού μεταξύ των δύο φωτοπυλών. Στην τελευταία στήλη να συμπληρώσετε την εκτίμησή σας για την αντίστοιχη *στιγμιαία* ταχύτητα του αμαξιού.

Θέση του μέσου μεταξύ φωτοπυλών x (m)	**Μετατόπιση** Δx (m)	**Χρονικό διάστημα** Δt (s)	**Στιγμιαία ταχύτητα** $\upsilon = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

7. (Για το σπίτι.) Να γράψετε κάποιες παρατηρήσεις για το πώς μεταβάλλεται η στιγμιαία ταχύτητα του αμαξιού με τη θέση του μέσου των φωτοπυλών (απόσταση από το σημείο εκκίνησης).

Οι επόμενες ερωτήσεις 4 - 7 έχουν το ίδιο περιεχόμενο με τις προηγούμενες, αλλά είναι προσαρμοσμένες στην **πειραματική διάταξη 2**. (Προτείνεται να χρησιμοποιηθεί η μία από τις δύο διατάξεις για την εκτέλεση των ερωτήσεων 4 - 7).

Επιλογή 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 Δx 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 (Δx), και την αντίστοιχη χρονική διάρκεια Δt της κίνησης με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων. Στην τελευταία στήλη του πίνακα να συμπληρώσετε τη μέση ταχύτητα του αμαξιού.

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

5. α) (Για το σπίτι.) Πώς μεταβάλλεται η μέση ταχύτητα καθώς ελαττώνεται το πάχος Δx του διαφράγματος;

____

____

____

____

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

γ) (Για το σπίτι.) Στην τελευταία μέτρηση που κάνατε, το χρονικό διάστημα Δt είναι πολύ μικρό αλλά όχι απειροελάχιστο. Με βάση το πείραμα που εκτελέσατε, θεωρείτε ότι η στιγμιαία ταχύτητα που υπολογίσατε αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή που διέρχεται μπροστά από τη φωτοπύλη (1) το μπροστινό άκρο του διαφράγματος, (2) το πίσω άκρο του διαφράγματος, ή (3) κάποια ενδιάμεση χρονική στιγμή; Να αιτιολογήσετε την άποψή σας.

6. Στη μέτρηση της μέσης ταχύτητας με τη διάταξη 2, δείξατε ότι αν το πάχος του διαφράγματος Δx γίνει πολύ μικρό (και συνεπώς αν το χρονικό διάστημα Δt 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 Δt .

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 Δx. 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 Δx και τη χρονική διάρκεια (Δt) 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** Δx (m)	**Χρονικό διάστημα** Δt (s)	**Στιγμιαία ταχύτητα** $\upsilon = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

7. (Για το σπίτι.) Να γράψετε κάποιες παρατηρήσεις για το πώς μεταβάλλεται η στιγμιαία ταχύτητα του αμαξιού με τη θέση της φωτοπύλης (απόσταση από το σημείο εκκίνησης).

Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 13

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. 54)
- Μέση Αριθμητική Ταχύτητα (σελ. 54-57)
- Μέση Διανυσματική Ταχύτητα (σελ. 57-59)
- Στιγμιαία Ταχύτητα (σελ. 59-62)*
- Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (σελ. 67-77)

*Οι πρώτες 4 Ενότητες έχουν μελετηθεί με παραδειγματα από το βιβλίο

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 13: Εξαγωγή των Γραφικών Παραστάσεων Θέσης – Χρόνου και Ταχύτητας – Χρόνου στην Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση

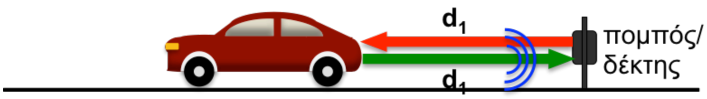
Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Αυτοκινητάκι 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 ($υ_{ήχου}$ ~ 340 m/s), ο αισθητήρας υπολογίζει το μήκος της διαδρομής (2d) του ηχητικού παλμού. Η απόσταση του αυτοκινήτου είναι το μισό αυτής της διαδρομής (d).

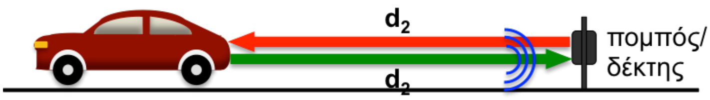
Ο παλμός φεύγει τη στιγμή t_1



και επιστρέφει μετά από διάστημα Δt_1

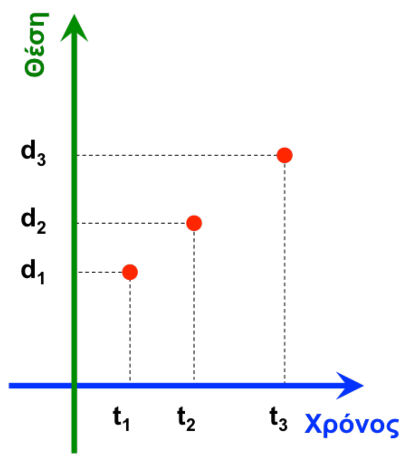
$$2d_1 = \upsilon_{\eta\chi o \upsilon}\,\Delta t_1 \Rightarrow d_1 = \frac{\upsilon_{\eta\chi o \upsilon}\,\Delta t_1}{2}$$

Ένας νέος παλμός φεύγει τη στιγμή t_2



και επιστρέφει μετά από διάστημα Δt_2

$$2d_2 = \upsilon_{\eta\chi o \upsilon}\,\Delta t_2 \Rightarrow d_2 = \frac{\upsilon_{\eta\chi o \upsilon}\,\Delta t_2}{2}$$



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 $t_1, t_2, t_3, \ldots$ και παράγει τη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου του αυτοκινήτου.

ΠΔ 13.1: 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, ποιό 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

Διάστημα $t_1 - t_2$ (s)	Δt (s)	Δx (m)	$\Delta x / \Delta t$ (m/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 Δx του αυτοκινήτου σε κάθε διάστημα και να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα.

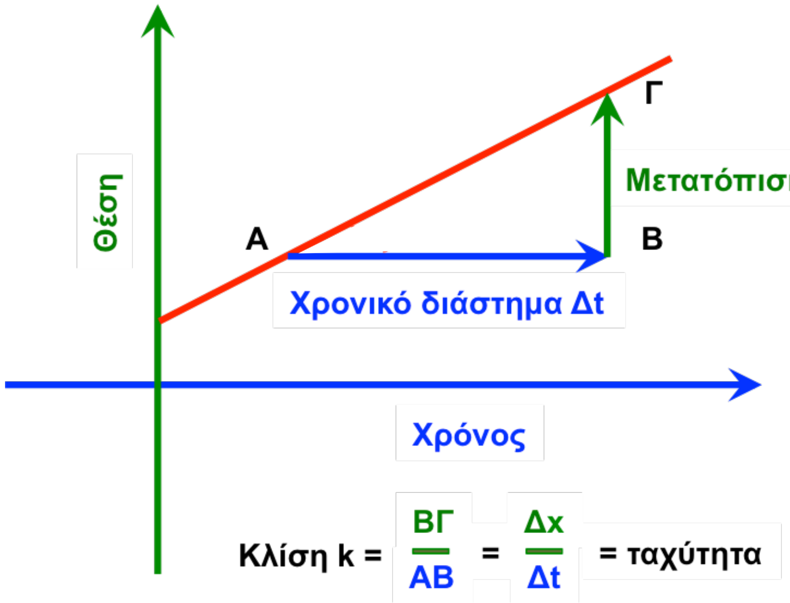
Πίνακας 2

Διάστημα $t_1 - t_2$ (s)	Δt (s)	Δx (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, Δt, και η δεύτερη κάθετη πλευρά ΒΓ είναι ίση με την αντίστοιχη μετατόπιση Δx. Το πηλίκο $\mathrm{B\Gamma/AB} = \Delta x / \Delta t$ 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.

Από το ορθογώνιο τρίγωνο ΑΒΓ προκύπτει ότι **η κλίση της ευθείας θέσης – χρόνου** είναι ίση με την εφαπτομένη της γωνίας θ που σχηματίζει η ευθεία θέσης – χρόνου με τον οριζόντιο άξονα του χρόνου. Επειδή η εφαπτομένη της γωνίας θ είναι **καθαρός αριθμός** και για να αντιστοιχηθεί στην ταχύτητα της κίνησης, θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί με τον λόγο των κλιμάκων θέσης – χρόνου.

$$\text{κλίση} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\left(\Delta x/\Delta x_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}\right)\times \Delta x_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}}{\left(\Delta t/\Delta t_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}\right)\times \Delta t_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}} = \underbrace{\frac{\Delta x/\Delta x_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}}{\Delta t/\Delta t_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}}}_{=\varepsilon\varphi\theta}\times\frac{\Delta x_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}}{\Delta t_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}} = \varepsilon\varphi\theta\times\frac{\Delta x_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}}{\Delta t_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}}$$

Στην πιο πάνω σχέση, $\Delta x_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}$, είναι το πραγματικό μήκος που χρησιμοποιείται για να απεικονισθεί η μονάδα μήκους. Ομοίως, $\Delta t_{\pi\rho o\tau\upsilon\pi o}$, είναι το πραγματικό μήκος που χρησιμοποιείται για να απεικονισθεί η μονάδα χρόνου.

Με την αντίστροφη διαδικασία μπορεί να υπολογισθεί η εφαπτομένη της γωνίας θ.

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

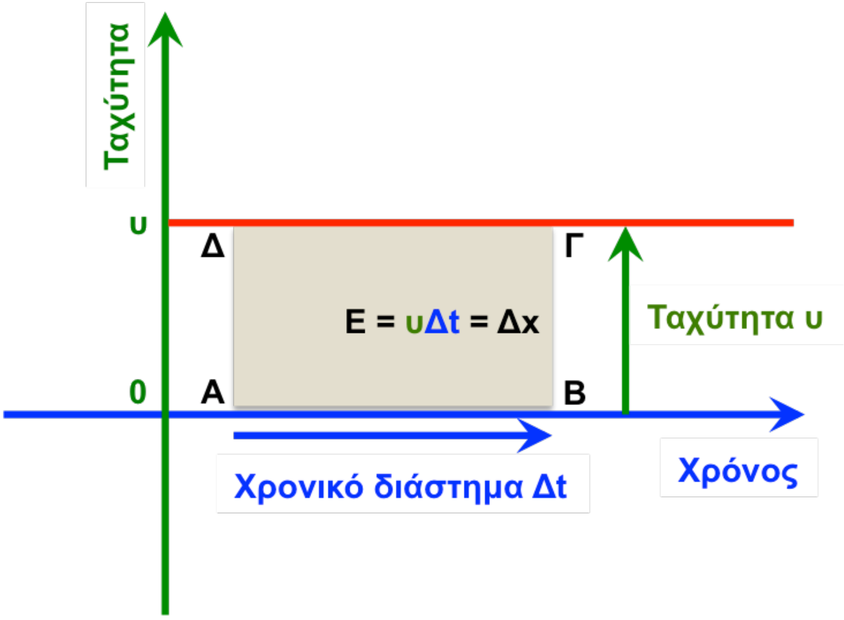
Γ) Γραφική Παράσταση Ταχύτητας – Χρόνου: Η Φυσική Σημασία του Εμβαδού

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 υ > 0.

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

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

Διάστημα $t_1 - t_2$ (s) **(από Πίνακα 2)**	Δt (s)	$\Delta x = \upsilon \Delta t$ (m) **Από Εμβαδό**	Δx (m) **από Πίνακα 2**
(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 13.2: 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.

Για το σπίτι: Να προσδιορίσετε τη νέα ταχύτητα του αυτοκινήτου από την κλίση της ευθείας θέσης – χρόνου. Η ταχύτητα είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από προηγουμένως;
____ ____
Για το σπίτι: Να προσδιορίσετε τη γωνία φ που σχηματίζει η νέα ευθεία θέσης – χρόνου με τον οριζόντιο άξονα του χρόνου. Είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από τη γωνία θ;
____ ____ ____
Για το σπίτι: Τι συμπέρασμα μπορείτε να διατυπώσετε για τη σχέση ανάμεσα στην κλίση της (γωνία) ευθείας θέσης – χρόνου και την ταχύτητα του αυτοκινήτου;
____ ____ ____

ΠΔ 13.3: Μελέτη της Κίνησης με Σταθερή Αρνητική Ταχύτητα

Α) Γραφική παράσταση θέσης-χρόνου

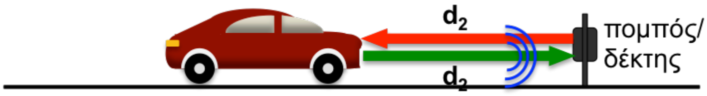
Να επαναλάβετε το πείραμα, αλλά τώρα **να στρέψετε το αυτοκίνητο έτσι ώστε να ξεκινά από κάποια μακρινή απόσταση και να κινείται προς τον αισθητηρα κίνησης (επόμενο σχήμα)**.

Ένας παλμός φεύγει τη στιγμή t_1

και επιστρέφει μετά από διάστημα Δt_1

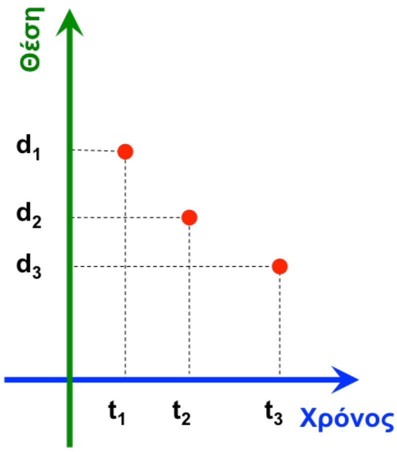
$$2d_1 = \upsilon_{\eta\chi o \upsilon}\,\Delta t_1 \Rightarrow d_1 = \frac{\upsilon_{\eta\chi o \upsilon}\,\Delta t_1}{2}$$

Ο παλμός φεύγει τη στιγμή t_2



και επιστρέφει μετά από διάστημα Δt_2

$$2d_2 = \upsilon_{\eta\chi o \upsilon}\,\Delta t_2 \Rightarrow d_2 = \frac{\upsilon_{\eta\chi o \upsilon}\,\Delta t_2}{2}$$



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

Διάστημα $t_1 - t_2$ (s)	Δt (s)	Δx (m)	$\Delta x / \Delta t$ (m/s)
(s) – (s)			
(s) – (s)			
(s) – (s)			

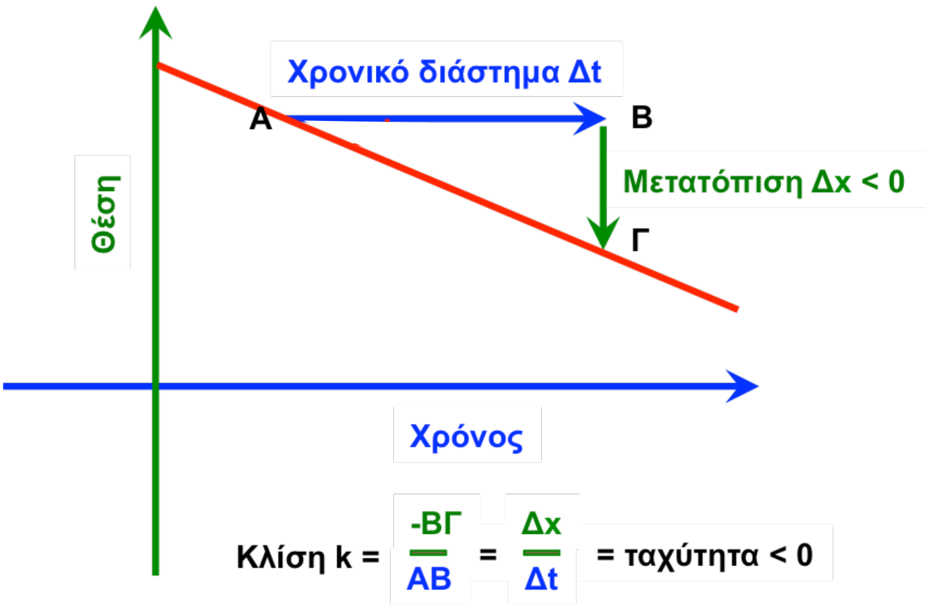
Πώς συγκρίνονται μεταξύ τους οι μέσες ταχύτητες που υπολογίσατε;

Λαμβάνοντας υπ΄όψη 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. (**Για το σπίτι.)** 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 $\Delta t = \mathrm{AB}$, η αντίστοιχη μετατόπιση του αυτοκινήτου Δx έχει *αρνητική* αλγεβρική τιμή, $\Delta x = -\mathrm{B\Gamma}$.



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

Τα ευθύγραμμα τμήματα ΑΒ και ΒΓ είναι οι κάθετες πλευρές του ορθογωνίου τριγώνου ΑΒΓ. Το πηλίκο $(-\mathrm{B\Gamma})/\mathrm{AB} = \Delta x/\Delta t$ 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.

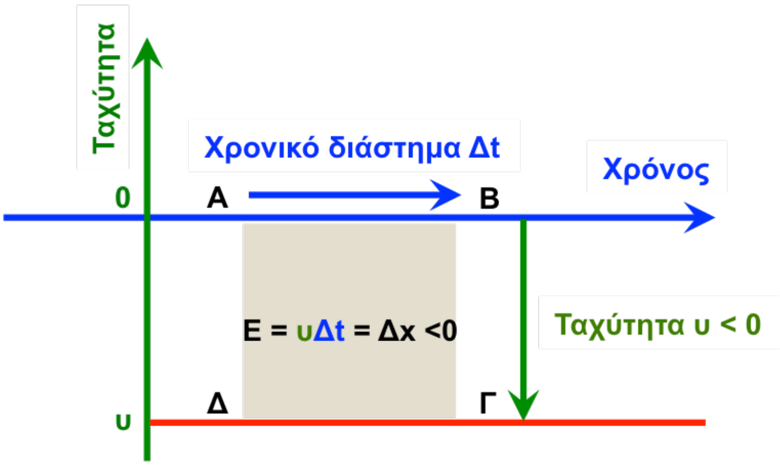
Για το σπίτι: Να διατυπώσετε ένα συμπέρασμα για τη σχέση ανάμεσα στην κλίση της ευθείας θέσης - χρόνου και την ταχύτητα του αυτοκινήτου, όταν η ταχύτητα είναι αρνητική.

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 <u>σταθερή αρνητική ταχύτητα</u> υ < 0.

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

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

Διάστημα $t_1 - t_2$ (s) **(από Πίνακα 4)**	Δt (s)	$\Delta x = \upsilon \Delta t$ (m) **Από Εμβαδό**	Δx (m) **από Πίνακα 4**
(s) – (s)			
(s) – (s)			
(s) – (s)			

Συμπέρασμα:	____________________ ____________________ ____________________

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 14: Η διάταξη του ηλεκτρικού χρονομετρητή (ticker-timer)

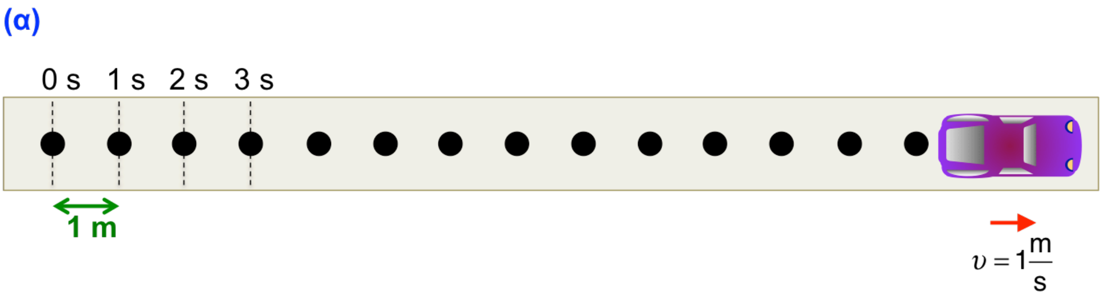
Χρόνος: 40 λεπτά

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 $\upsilon = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = 1\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$.



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 $\upsilon = 1$ m/s.

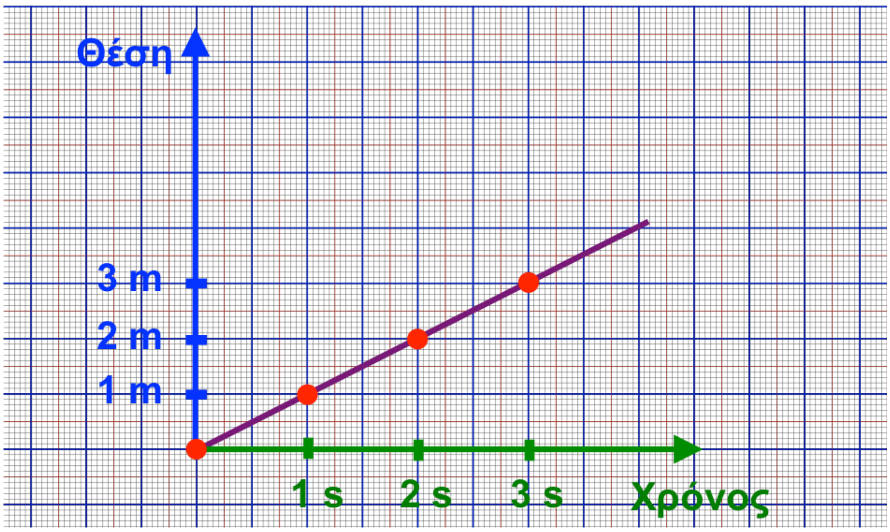
Να παρατηρήσετε ότι διαδοχικές τελείες απέχουν ίσα διαστήματα μεταξύ τους (το αυτοκίνητο διανύει επομένως την ίδια απόσταση σε χρονικά διαστήματα ενός δευτερολέπτου).

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.

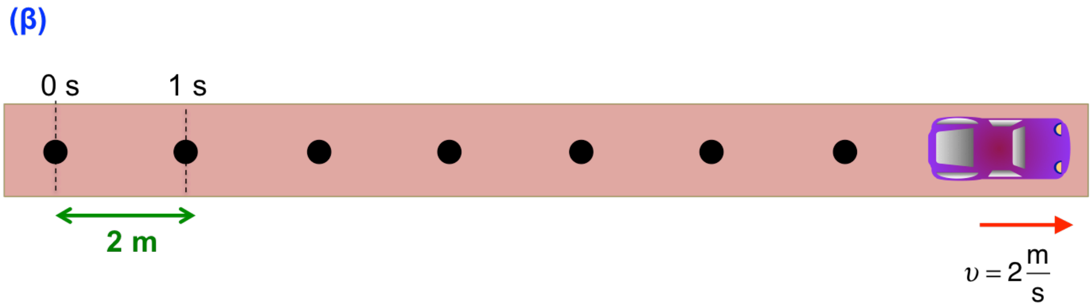
Κουκκίδα	**Χρονική στιγμή**	**Απόσταση από προηγούμενη κουκκίδα**	**Θέση**
1	0 s	---	0 m
2	1 s	1 m	1 m
3	2 s	1 m	2 m
4	3 s	1 m	3 m
5	4 s	1 m	4 m

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 $\upsilon = 2$ m/s.



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 $\upsilon = 2$ 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.

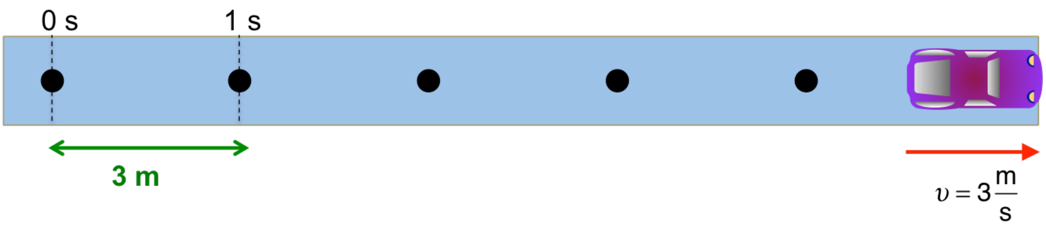
Εργαζόμενοι όπως στην Εικόνα 1(α), να συμπληρώσετε τον πιο κάτω πίνακα με τις τιμές θέσης-χρόνου του αυτοκινήτου της Εικόνας 1(β).

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 $\upsilon = 3$ m/s.

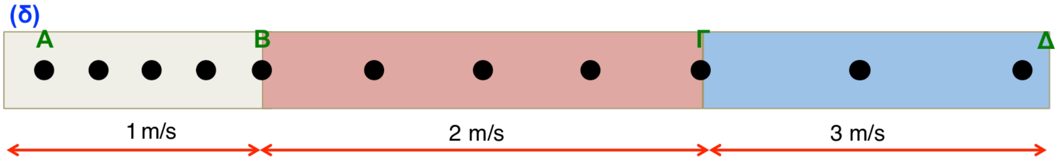
(γ)



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 $\upsilon = 3$ 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;

(δ)



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.

$\upsilon =$

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 <u>προσεγγιστική</u> γραφική παράσταση θέσης-χρόνου που περιγράφει την κίνηση του αυτοκινήτου της περίπτωσης της Εικόνας 1(δ).

Επιταχυνόμενη Κίνηση – Μελέτη της Γραφικής Παράστασης Θέσης – Χρόνου για Κίνηση με Μεταβαλλόμενη Ταχύτητα

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 15

Τόπος διεξαγωγής: Αίθουσα διαλέξεων

Χρόνος: 40 λεπτά

Μαθησιακοί στόχοι: Οι μαθητές/τριες μαθαίνουν να:

- Διαπιστώνουν ότι όταν η γραφική παράσταση της θέσης – χρόνου δεν έχει μορφή ευθείας, το σώμα κινείται με μεταβαλλόμενη ταχύτητα
- Μαθαίνουν πώς να υπολογίζουν τη **μέση διανυσματική** ταχύτητα σε ένα χρονικό διάστημα από τη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου στη γενική περίπτωση κίνησης με μεταβαλλόμενη ταχύτητα
- Μαθαίνουν πώς να υπολογίζουν τη **στιγμιαία** ταχύτητα από τη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου στη γενική περίπτωση κίνησης με μεταβαλλόμενη ταχύτητα

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

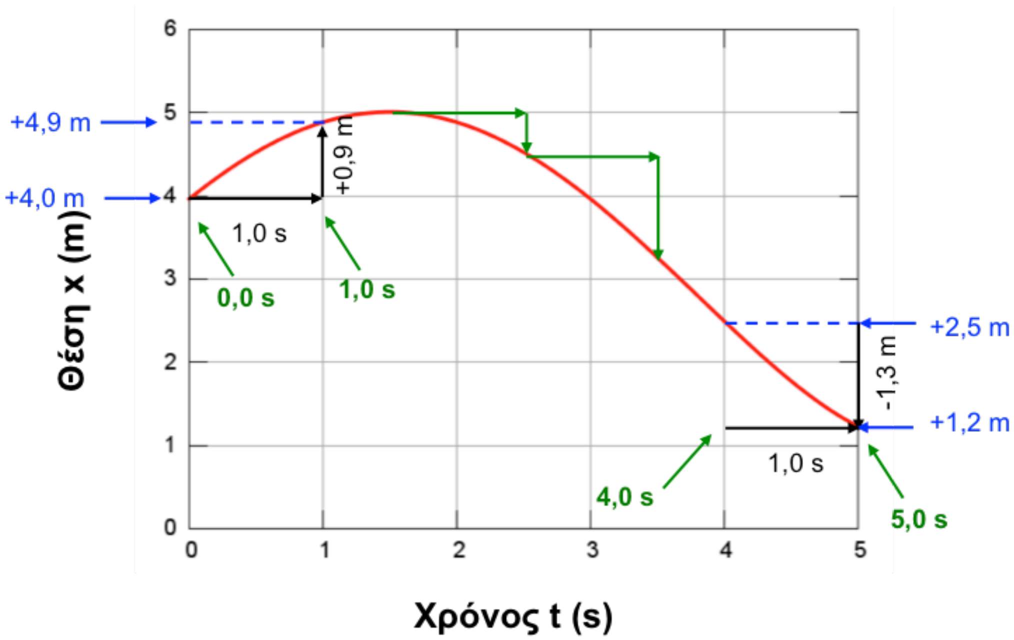
- Γραφικές Παραστάσεις Θέσης – Χρόνου και Ταχύτητας – Χρόνου για Κίνηση με Μεταβαλλόμενη Ταχύτητα (σελ. 82-83)
- Εκτίμηση της Μέσης Διανυσματικής Ταχύτητας από τη Γραφική Παράσταση Θέσης – Χρόνου (σελ. 83-84)
- Εκτίμηση της Στιγμιαίας Ταχύτητας από τη Γραφική Παράσταση Θέσης – Χρόνου (σελ. 84-85)
- Η έννοια της επιτάχυνσης (σελ. 86)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 15: Υπολογισμός της Μέσης Διανυσματικής Ταχύτητας και της Στιγμιαίας Ταχύτητας από τη Γραφική Παράσταση Θέσης – Χρόνου

Χρόνος: 40 λεπτά

Α) Συμπεράσματα για την Ταχύτητα από τη Μορφή της Γραφικής Παράστασης Θέσης –Χρόνου

Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται η γραφική παράσταση θέσης – χρόνου ενός σώματος.



Εικόνα 1. Γραφική παράσταση θέσης – χρόνου για σώμα που κινείται με μεταβαλλόμενη ταχύτητα.

Πώς μπορείτε, **παρατηρώντας τη μορφή** της γραφικής παράσταση θέσης – χρόνου, να συμπεράνετε ότι η κίνηση δεν είναι ευθύγραμμη ομαλή; Θυμηθείτε ποιό είναι το βασικό χαρακτηριστικό της γραφικής παράστασης της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης.

Σε αυτή τη γραφική παράσταση είναι σημειωμένα δύο χρονικά διαστήματα μήκους 1,0 s, και οι αντίστοιχες μετατοπίσεις, όπως φαίνεται στον πιο κάτω Πίνακα 1:

Πίνακας 1: Χρονικά διαστήματα και αντίστοιχες μετατοπίσεις ενός σώματος που περιγράφεται από τη γραφική παράσταση θέσης- χρόνου της Εικόνας 1.

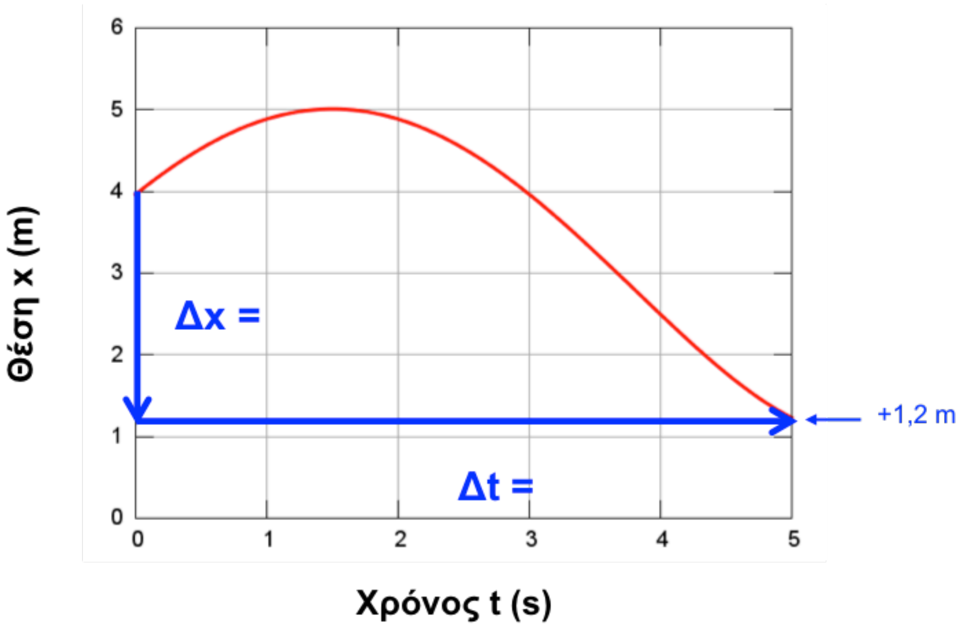
Χρονικό Διάστημα	Δt (s)	Δx (m)	$\Delta x / \Delta t$ (m/s)
0,0 s – 1,0 s	1,0	0,9	0,9
4,0 s – 5,0 s	1,0	-1,3	-1,3
1,5 s – 2,5 s			
2,5 s – 3,5 s			

Από τη γραφική παράσταση της Εικόνας 1 να εκτιμήσετε τις μετατοπίσεις του σώματος με ακρίβεια 0,1 m για τα χρονικά διαστήματα 1,5 s – 2,5 s και 2,5 s – 3,5 s και να συμπληρώσετε τον Πίνακα 1. Τι παρατηρείτε για την μέση διανυσματική ταχύτητα, $\Delta x / \Delta t$, στα τέσσερα χρονικά διαστήματα ίσης διάρκειας του Πίνακα 1, και τι συμπεραίνετε, γενικότερα, για την ταχύτητα του σώματος;

Σημείωση: Σε αυτό το σημείο, είναι χρήσιμο να ανακαλέσετε τις γνώσεις σας σχετικά με τα σημαντικά ψηφία. Γιατί από την Εικόνα 1 μπορούν να εκτιμηθούν οι θέσεις/μετατοπίσεις με ακρίβεια 0,1 m και οι χρονικές στιγμές/ χρονικά διαστήματα με ακρίβεια 0,1 s;

Β) Εκτίμηση της Μέσης Διανυσματικής Ταχύτητας από τη Γραφική Παράσταση Θέσης – Χρόνου

Η τελευταία στήλη του Πίνακα 1 περιέχει τις τιμές της μέσης διανυσματικής ταχύτητας στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα. Χρησιμοποιώντας την Εικόνα 2, να κάνετε τον ίδιο υπολογισμό για την συνολική κίνηση 0,0 s – 5,0 s.



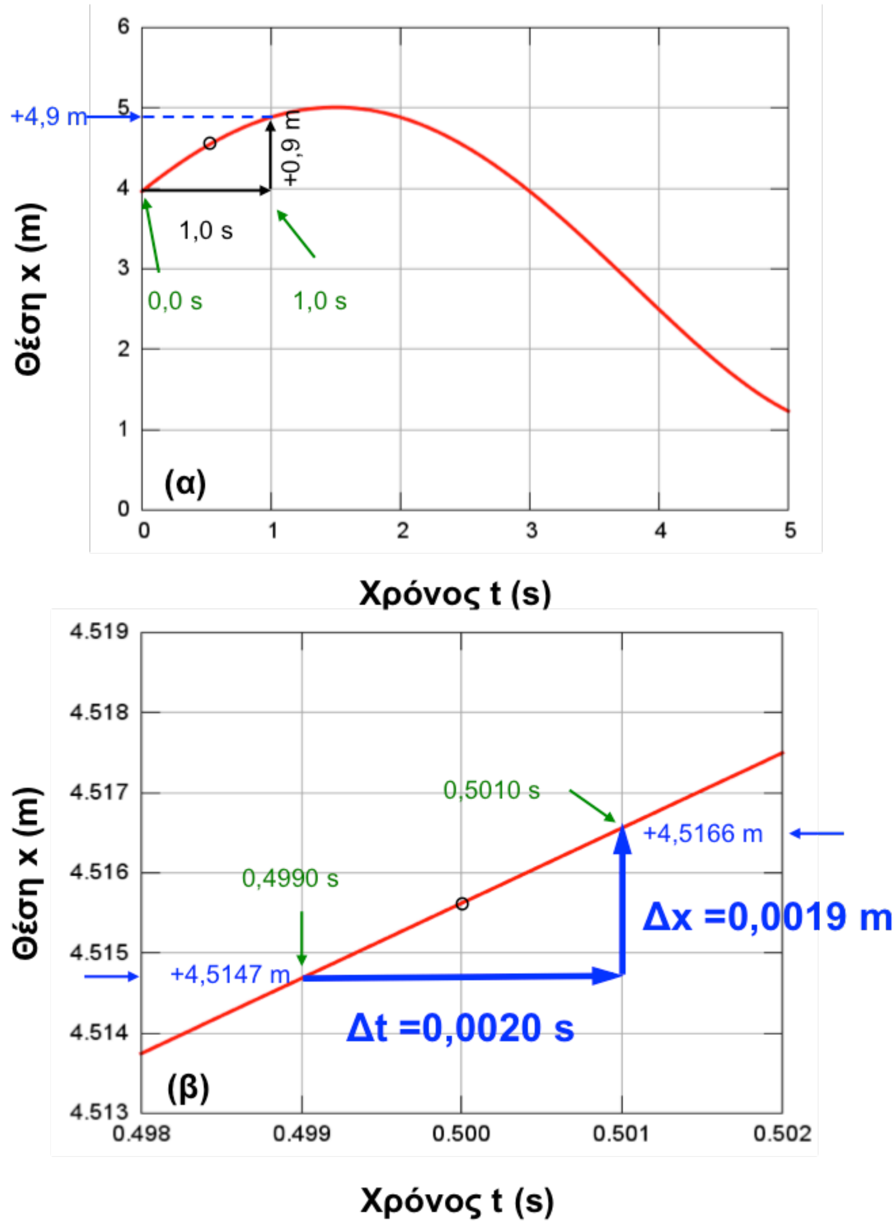
Εικόνα 2: Υπολογισμός της μέσης διανυσματικής ταχύτητας από τη γραφική παράσταση θέσης χρόνου.

Να συμπληρώσετε τις τιμές για το χρονικό διάστημα Δt (με ακρίβεια 0,1 s) και την αντίστοιχη μετατόπιση Δx (με ακρίβεια 0,1 m). Να υπολογίσετε τη μέση διανυσματική ταχύτητα.
$\Delta t =$ $\Delta x =$ $\upsilon_{\mu\delta} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} =$
Να συσχετίσετε το αποτέλεσμα που βρήκατε με την κλίση του διακεκομμένου ευθύγραμμου τμήματος, που έχει άκρα την αρχή και το τέλος της γραφικής παράστασης.
______________________________ ______________________________ ______________________________ ______________________________

Να διατυπώσετε μια λειτουργική μέθοδο για τον υπολογισμό της μέσης διανυσματικής ταχύτητας σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα από t_1 εως t_2, χρησιμοποιώντας τη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου:
Για να προσδιορίσουμε τη μέση διανυσματική ταχύτητα μεταξύ δύο στιγμών t_1, t_2 χαράσσουμε το ___________ _________ με άκρα τα __________________________________. Η μέση διανυσματική ταχύτητα ισούται με _____________________ του ___________ ___________.

Γ) Εκτίμηση της Στιγμιαίας Ταχύτητας από τη Γραφική Παράσταση Θέσης – Χρόνου

Από τη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου μπορούμε επίσης να εκτιμήσουμε τη **στιγμιαία ταχύτητα** σε κάποια χρονική στιγμή t.



Εικόνα 3: Προσδιορισμός της στιγμιαίας ταχύτητας τη χρονική στιγμή t = 0,5 s από δύο χρονικά διαστήματα: (α) Δt = 0,0 s – 1,0 s. (β) Ένα μικρότερο χρονικό διάστημα Δt = 0,4990 s – 0,5010 s.

Έστω ότι θέλουμε να προσδιορίσουμε τη στιγμιαία ταχύτητα τη χρονική στιγμή t = 0,5 s. Για το σκοπό αυτό, προσδιορίζουμε τη μετατόπιση του σώματος *για ένα μικρό χρονικό διάστημα γύρω από αυτή τη στιγμή*.

Στην Εικόνα 3α θεωρούμε το συμμετρικό διάστημα $0{,}0\ \text{s} - 1{,}0\ \text{s}$, <u>με διάρκεια 1,0 s και μέσο τη χρονική στιγμή</u> t = 0,5 s (σημειωμένη με τον μικρό κύκλο). Όπως συμπληρώσαμε στον Πίνακα 1, η αντίστοιχη μετατόπιση είναι ίση με $+0{,}9\ \text{m}$. Ποιά είναι η εκτίμηση για τη στιγμιαία ταχύτητα;
Στην Εικόνα 3β θεωρούμε το πολύ μικρότερο συμμετρικό διάστημα διάρκειας 0,0020 s, με αρχή t_1 = 0,4990 s και τέλος t_2 = 0,5010 s και <u>μέσο την ίδια χρονική στιγμή</u>. (Στην πραγματικότητα, έχουμε κάνει μεγέθυνση της γραφικής παράστασης θέσης – χρόνου 2-14(α) γύρω από τη χρονική στιγμή $0{,}5000\ \text{s}$). Ποια είναι η εκτίμηση για τη στιγμιαία ταχύτητα;

Η Εικόνα 1 δείχνει ότι η γραφική παράσταση θέσης – χρόνου για ένα αρκετά μεγάλο διάστημα, π.χ. $\Delta t = 1{,}0\ \text{s}$, γύρω από τη χρονική στιγμή $t = 0{,}5\ \text{s}$ **ΔΕΝ** είναι ευθεία. Η Εικόνα 3β δείχνει μεγέθυνση της Εικόνας 3α <u>για ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα γύρω από την ίδια χρονική στιγμή</u>. Τι παρατηρείτε σχετικά με τη μορφή που παίρνει η γραφική παράσταση, όταν το χρονικό διάστημα γύρω από τη στιγμή $t = 0{,}5000\ \text{s}$ γίνει πολύ μικρό;
______________________________ ______________________________
Από την Εικόνα 3β φαίνεται ότι όταν το χρονικό διάστημα γίνει πολύ μικρό, η γραφική παράσταση προσεγγίζει ένα ευθύγραμμο τμήμα (όπως στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση). (1) Τι συμπέρασμα μπορείτε να εξαγάγετε για την ταχύτητα του σώματος σε όλο το πολύ μικρό χρονικό διάστημα; (2) Μπορείτε να συσχετίσετε την κλίση του ευθύγραμμου τμήματος με τη στιγμιαία ταχύτητα;
(1) ______________________________ ______________________________

(2)

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

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 16

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. 86)
- Ορισμοί της Μέσης και Στιγμιαίας Επιτάχυνσης (σελ. 86-89)

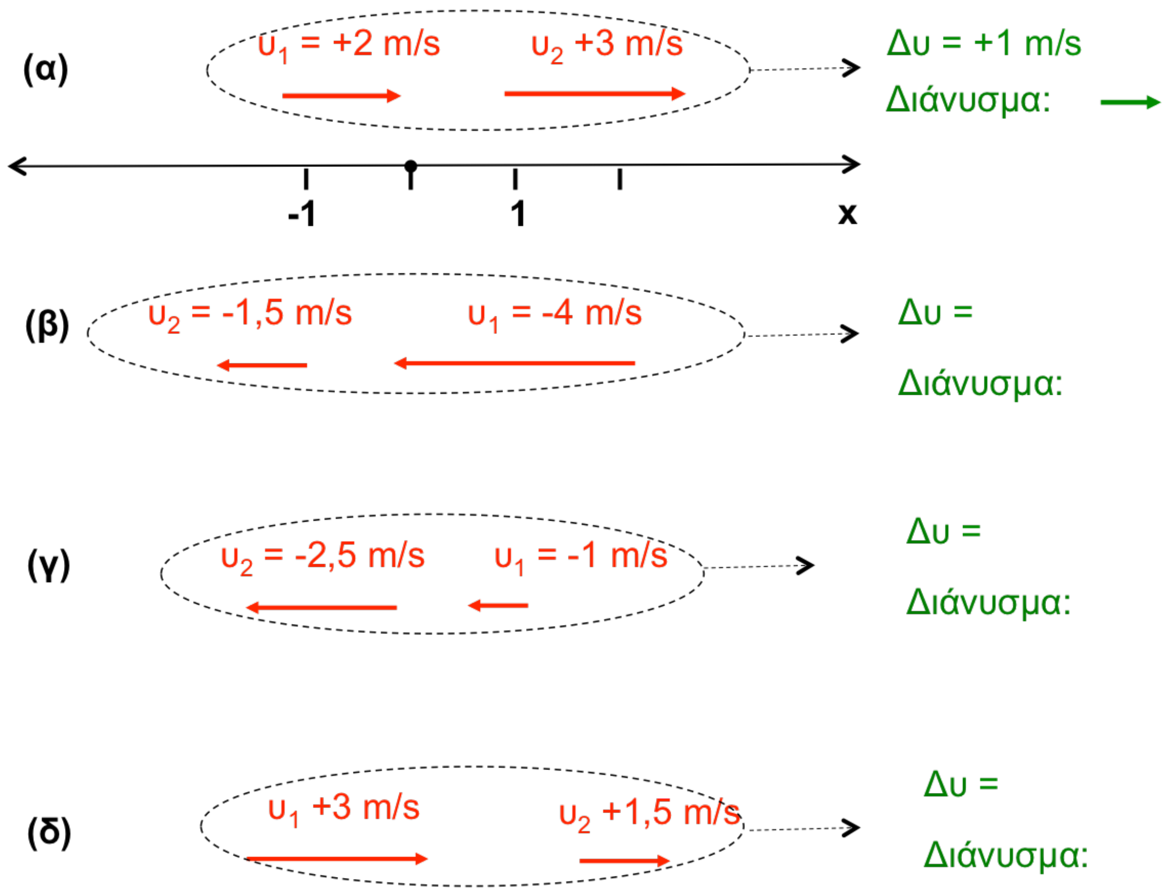
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 16: Σύνδεση Μέσης Επιτάχυνσης με τη Μεταβολή στο Μέτρο και την Αλγεβρική Τιμή της Ταχύτητας

Χρόνος: 10-15 λεπτά

Έστω ότι ένα κινούμενο σώμα έχει ταχύτητες υ_1 και υ_2 σε δύο χρονικές στιγμές t_1 και t_2. Ως **μέση επιτάχυνση** α_μ ορίζεται *ο λόγος της μεταβολής της ταχύτητας,* $\Delta\upsilon$, *προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα* Δt

$$\alpha_\mu = \frac{\textit{Μεταβολή ταχύτητας}}{\textit{Χρονικό διάστημα}} = \frac{\upsilon_2 - \upsilon_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$$

Η μέση επιτάχυνση είναι διανυσματικό μέγεθος και έχει την ίδια κατεύθυνση με τη μεταβολή της ταχύτητας $\Delta\upsilon$. *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* $\Delta\upsilon$.



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 Δυ, 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 $υ_1$, $υ_2$.

Με βάση τα αποτελέσματα της Εικόνας 1, να διαγράψετε το λάθος στα επόμενα συμπεράσματα. Σας δίνεται ένα παράδειγμα.
Στην περίπτωση (**α**) η μεταβολή Δυ είναι θετική / ~~αρνητική~~. Η ταχύτητα είναι θετική/~~αρνητική~~ και το μέτρο της ταχύτητας αυξάνεται / ~~ελαττώνεται~~ με το χρόνο.
Στην περίπτωση (**β**) η μεταβολή Δυ είναι θετική / αρνητική. Η ταχύτητα είναι θετική/αρνητική και το μέτρο της ταχύτητας αυξάνεται / ελαττώνεται με το χρόνο.
Στην περίπτωση (**γ**) η μεταβολή Δυ είναι θετική / αρνητική. Η ταχύτητα είναι θετική/αρνητική και το μέτρο της ταχύτητας αυξάνεται / ελαττώνεται με το χρόνο.

Στην περίπτωση (**δ**) η μεταβολή Δυ 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).

Επιταχυνόμενη Κίνηση – Υπολογισμός Μέσης και Στιγμιαίας Επιτάχυνσης από τη Γραφική Παράσταση Ταχύτητας - Χρόνου

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 17

Τόπος διεξαγωγής: Αίθουσα διαλέξεων

Χρόνος: 20 – 30 λεπτά

Μαθησιακοί στόχοι: Οι μαθητές/τριες μαθαίνουν να:

- Μαθαίνουν πώς να υπολογίζουν τη **μέση επιτάχυνση** σε ένα χρονικό διάστημα από τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου
- Μαθαίνουν πώς να υπολογίζουν τη **στιγμιαία επιτάχυνση** από τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου

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

- Η έννοια της επιτάχυνσης (σελ. 86-90)
- Μέση Επιτάχυνση. Εκτίμηση της Μέσης Επιτάχυνσης από τη Γραφική Παράσταση Ταχύτητας – Χρόνου (σελ. 90-91)
- Στιγμιαία Επιτάχυνση. Εκτίμηση της Στιγμιαίας Επιτάχυνσης από τη Γραφική Παράσταση Ταχύτητας – Χρόνου (σελ. 91)

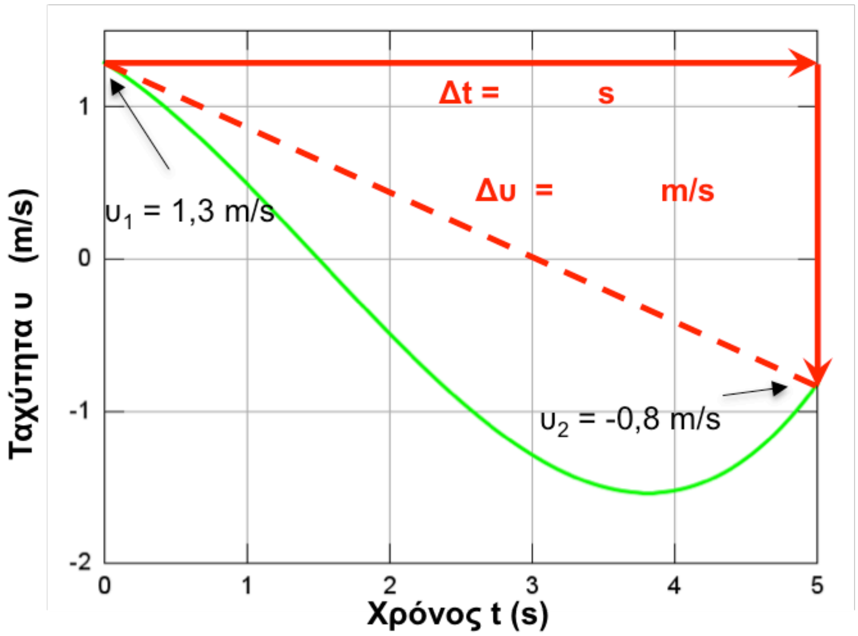
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 17: Υπολογισμός της Μέσης Επιτάχυνσης και της Στιγμιαίας Επιτάχυνσης από τη Γραφική Παράσταση Ταχύτητας – Χρόνου

Χρόνος: 20 – 30 λεπτά

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 86-91

Α) Εκτίμηση της Μέσης Επιτάχυνσης από τη Γραφική Παράσταση Ταχύτητα –Χρόνου

Στην Εικόνα 1 φαίνεται η γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου ενός σώματος (η οποία αντιστοιχεί στη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου της **ΠΔ15**).



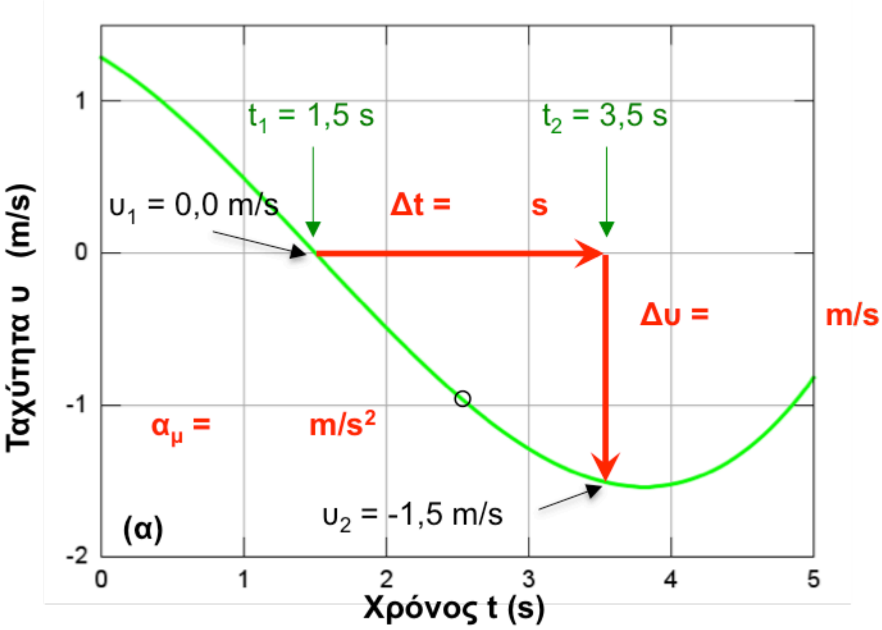
Εικόνα 1. Γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου ενός σώματος που κινείται με μεταβαλλόμενη ταχύτητα.

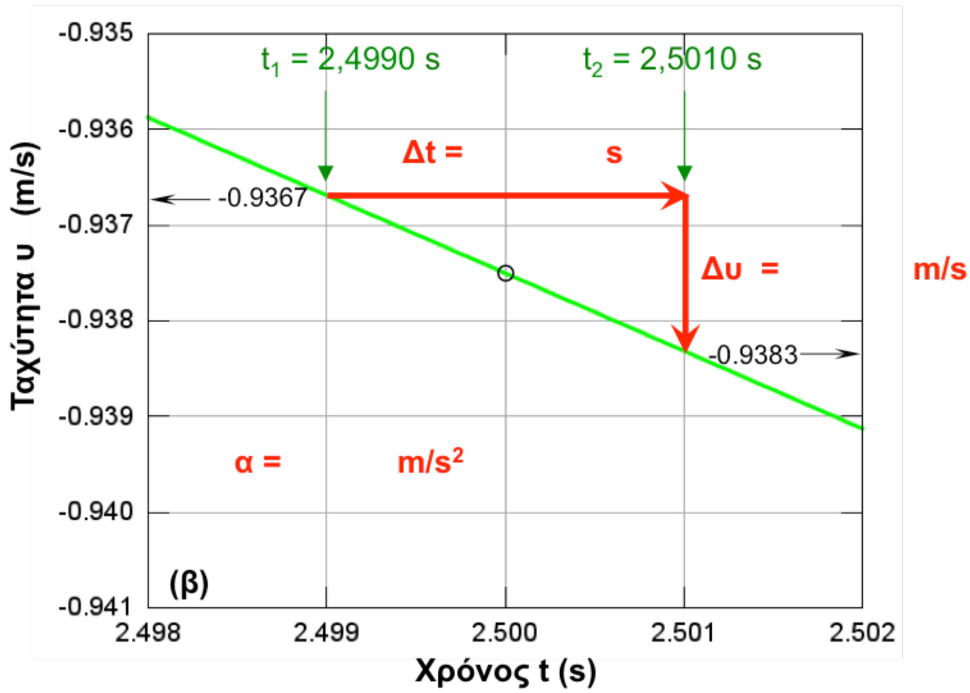
Να εκτιμήσετε από τη γραφική παράσταση της Εικόνας 1 (με ακρίβεια 0,1 m/s) την μεταβολή στην ταχύτητα $\Delta\upsilon$ και τη μέση επιτάχυνση στο χρονικό διάστημα 0,0 s – 5,0 s.
$\upsilon_1 =$ $\upsilon_2 =$ $\alpha_\mu = \dfrac{\upsilon_2 - \upsilon_1}{t_2 - t_1} =$
Να συσχετίσετε το αποτέλεσμα για τη **μέση επιτάχυνση** με την **κλίση** του διακεκομμένου ευθύγραμμου τμήματος της Εικόνα 1, που έχει άκρα την αρχή και το τέλος της γραφικής

παράστασης:
____ ____ ____
Να διατυπώσετε μια λειτουργική μέθοδο για τον υπολογισμό της μέσης επιτάχυνσης σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα από t_1 εως t_2, χρησιμοποιώντας τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου:
Για να προσδιορίσουμε τη μέση επιτάχυνση μεταξύ δύο στιγμών t_1, t_2 χαράσσουμε το __________ ________ με άκρα τα ______________________________. Η μέση επιτάχυνση ισούται με ___________________ του __________ __________.

B) Εκτίμηση της Στιγμιαίας Επιτάχυνσης από τη Γραφική Παράσταση Ταχύτητας – Χρόνου

Από τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου μπορούμε επίσης να εκτιμήσουμε τη **στιγμιαία επιτάχυνση** σε κάποια χρονική στιγμή t. Η Εικόνα 2 δείχνει την ίδια γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου της Εικόνας 1. Επικεντρωνόμαστε γύρω από τη χρονική στιγμή $t = 2{,}5$ s. Στην Εικόνα 2α χρησιμοποιείται το διάστημα 1,5 s – 3,5 s με μέσο τη στιγμή $t = 2{,}5$ s. Η Εικόνα 2β αποτελεί μεγέθυνση της 2α γύρω από την ίδια χρονική στιγμή.





Εικόνα 2. Προσδιορισμός της στιγμιαίας επιτάχυνσης τη χρονική στιγμή t = 2,5 s από δύο χρονικά διαστήματα: (α) Δt = 1,5 s – 3,5 s. (β) Ένα μικρότερο χρονικό διάστημα Δt = 2,4990 s – 2,5010 s.

Να υπολογίσετε από την Εικόνα 2α τη μεταβολή της ταχύτητας $\Delta\upsilon$ (με ακρίβεια 0,1 m/s) για το χρονικό διάστημα 1,5 s – 3,5 s, χρησιμοποιώντας τις τιμές της ταχύτητας στην αρχή και το τέλος του διαστήματος. Κατόπιν, να υπολογίσετε τη μέση επιτάχυνση το χρονικό διάστημα 1,5 s – 3,5 s.

$\upsilon_1 =$ $\upsilon_2 =$ $\alpha = \dfrac{\upsilon_2 - \upsilon_1}{t_2 - t_1} =$
Στην Εικόνα 2β δίδεται η ταχύτητα υ_1 τη χρονική στιγμή t = 2,4990 s και η ταχύτητα υ_2 τη χρονική στιγμή t = 2,5010 s. Να εκφράσετε τη μεταβολή στην ταχύτητα σε ακρίβεια 0,0001 m/s και το χρονικό διάστημα σε ακριβεια 0,0001 s. Κατόπιν, να υπολογίσετε τη στιγμιαία επιτάχυνση στο χρονικό διάστημα 2,4990 s – 2,5010 s. Γιατί πρέπει η επιτάχυνση να εκφραστεί με δύο σημαντικά ψηφία;
$\upsilon_1 =$ $\upsilon_2 =$ $\alpha = \dfrac{\upsilon_2 - \upsilon_1}{t_2 - t_1} =$
Η Εικόνα 2α δείχνει ότι η γραφική παράσταση θέσης – χρόνου για ένα αρκετά μεγάλο διάστημα, π.χ. Δt = 2,0 s, γύρω από τη χρονική στιγμή t = 2,5 s, **ΔΕΝ** είναι ευθεία. Η Εικόνα 2β δείχνει μεγέθυνση της Εικόνας 2α <u>για ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα γύρω από την ίδια χρονική στιγμή</u>. Τι παρατήρηση μπορείτε να κάνετε για τη μορφή που παίρνει η γραφική παράσταση, όταν το χρονικό διάστημα γύρω από τη στιγμή t = 2,5 s γίνει πολύ μικρό;
____________________ ____________________ ____________________ ____________________
Από την Εικόνα 2β φαίνεται ότι όταν το χρονικό διάστημα γίνει πολύ μικρό, η γραφική παράσταση προσεγγίζει ένα ευθύγραμμο τμήμα (όπως στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση). (1) Τι συμπέρασμα μπορείτε να εξαγάγετε για την επιτάχυνση του σώματος σε όλο το πολύ μικρό χρονικό διάστημα; (2) Μπορείτε να συσχετίσετε την κλίση του ευθύγραμμου τμήματος με τη στιγμιαία επιτάχυνση;
(1) ____________________ ____________________ (2)

Ομαλά Επιταχυνόμενη Κίνηση

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 18

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. 92-97)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 18: 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 **ΠΔ13**.

ΠΔ 18.1: 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. **Για το σπίτι:** Να περιγράψετε συνοπτικά τον τρόπο με τον οποίο εκτελέσατε το πείραμα.
Διάγραμμα πειραματικής διάταξης:
Περιγραφή:

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 στο σπίτι.

(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

Διάστημα $t_1 - t_2$ (s)	Δt (s)	Δx (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

Διάστημα $t_1 - t_2$ (s)	Δt (s)	$\upsilon_1 = \upsilon(t_1)$ (m/s)	$\upsilon_2 = \upsilon(t_2)$ (m/s)	$\Delta\upsilon = \upsilon_2 - \upsilon_1$ (m/s)	$\Delta\upsilon / \Delta t$ (m/s^2)
(s) – (s)					
(s) – (s)					
(s) – (s)					

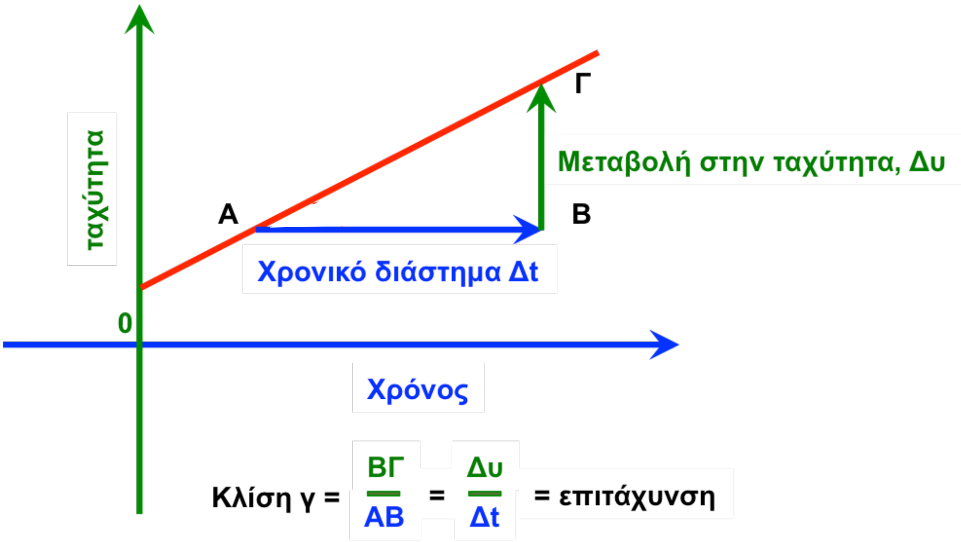
Το μέγεθος $\Delta\upsilon / \Delta t$ που υπολογίσατε στην τελευταία στήλη του πίνακα ονομάζεται **μέση επιτάχυνση**. Να συζητήσετε τα εξής ερωτήματα, και να τα απαντήσετε στο σπίτι:

1) **Τι εκφράζει αυτό το μέγεθος;** (Υπόδειξη: Για να απαντήσετε, σκεφτείτε τι θα συμπεραίνατε αν το πηλίκο $\Delta\upsilon / \Delta t$ 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 ΑΒΓ, η κάθετη πλευρά ΑΒ είναι ίση με το χρονικό διάστημα Δt, και η δεύτερη κάθετη πλευρά ΒΓ είναι ίση με την αντίστοιχη μεταβολή της ταχύτητας $\Delta \upsilon$. Το πηλίκο $\mathrm{B\Gamma/AB} = \Delta\upsilon / \Delta t$ είναι η **κλίση γ** της ευθείας ταχύτητας – χρόνου, και ισούται με την επιτάχυνση της κίνησης.

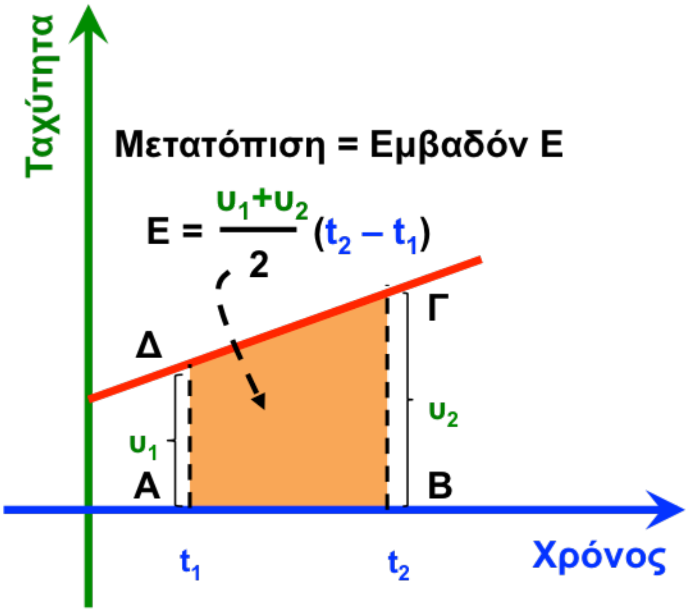
Όταν η γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου είναι ευθεία, η κλίση της είναι σταθερή. Τι μπορείτε να συμπεράνετε για την <u>επιτάχυνση</u> της κίνησης του αυτοκινήτου;

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; Στο σπίτι να διατυπώσετε επιχειρήματα που δικαιολογούν την άποψή σας.

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 $\mathrm{E} = \frac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2}(t_2 - t_1)$.

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 υ_1 και υ_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 τραπεζίου 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)**	Δt (s)	$\upsilon_1 = \upsilon(t_1)$ **(από Πίνακα 2)**	$\upsilon_2 = \upsilon(t_2)$ **(από Πίνακα 2)**	$E = \frac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2}(t_2 - t_1)$ **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 Ε (στήλη 5) και η μετατόπιση (στήλη 6);	____ ____ ____

Συμπέρασμα:	____ ____

Δ) Μέση Ταχύτητα στην Ομαλά Επιταχυνόμενη Κίνηση

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

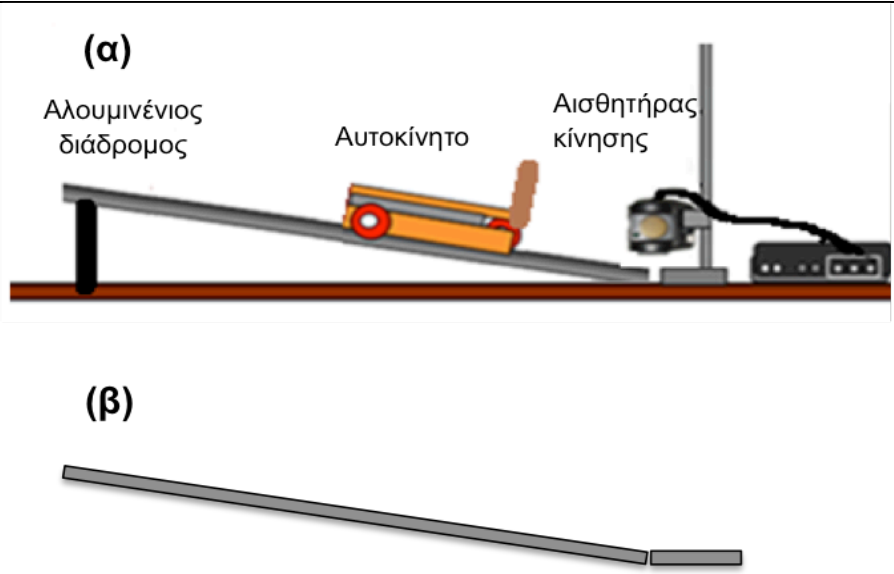
$$E = x_2 - x_1 = \frac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2}(t_2 - t_1) \Rightarrow \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2} = \upsilon_\mu$$

Τι εκφράζει το μέγεθος $\frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$;
Να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα $\upsilon_\mu = \frac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2}$ στα τρία χρονικά διαστήματα του Πίνακα 3.
1ο διάστημα:
2ο διάστημα:
3ο διάστημα:

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

ΠΔ 18.2: 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, πότε είναι θετική η θέση, η μετατόπιση και η ταχύτητα του αυτοκινήτου;

Θέση:

Μετατόπιση:

Ταχύτητα:

Α) Γραφικές Παραστάσεις Θέσης - Χρόνου και Ταχύτητας - Χρόνου

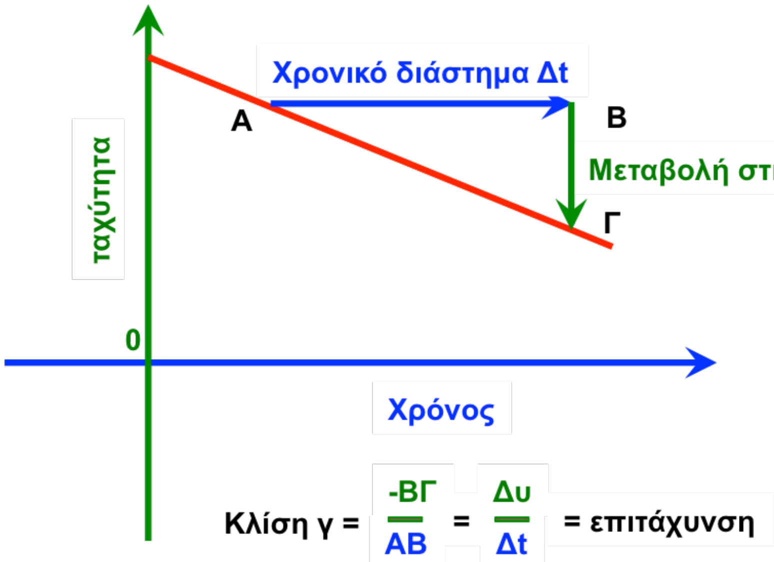
Να επικολλήσετε τις νέες γραφικές παραστάσεις θέσης – χρόνου και ταχύτητας – χρόνου στον πιο κάτω χώρο.

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 $\Delta t = \mathrm{AB}$, η αντίστοιχη μεταβολή της ταχύτητας του αυτοκινήτου $\Delta \upsilon$ έχει *αρνητική* αλγεβρική τιμή, $\Delta \upsilon = -\mathrm{B\Gamma}$.



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

Τα ευθύγραμμα τμήματα ΑΒ και ΒΓ είναι κάθετες πλευρές του ορθογωνίου τριγώνου ΑΒΓ. Το πηλίκο $(-\mathrm{B\Gamma})/\mathrm{AB} = \Delta \upsilon / \Delta t$ είναι η **κλίση γ** της ευθείας ταχύτητας – χρόνου και ισούται με την αλγεβρική τιμή της σταθερής επιτάχυνσης.

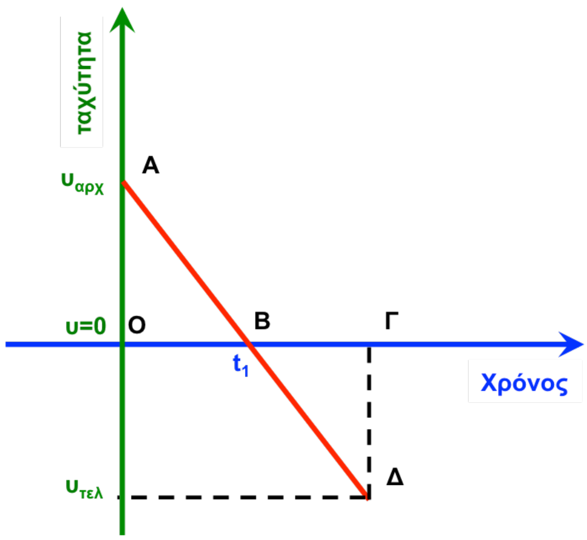
Να εξετάσετε τη μορφή της γραφικής παράστασης ταχύτητας – χρόνου που παρήγαγε ο αισθητήρας. Τι συμπεραίνετε για την επιτάχυνση του αυτοκινήτου;
______________________________   ______________________________   ______________________________

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 κίνησή 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 $υ_{αρχ}$, $υ_{τελ}$ και τη χρονική στιγμή t_1 στην οποία μηδενίζεται η ταχύτητα.
$υ_{αρχ}$ = $υ_{τελ}$ = t_1 =

Χρησιμοποιώντας τις τιμές $υ_{αρχ}$, $υ_{τελ}$ και t_1 που προσδιορίσατε στο προηγούμενο ερώτημα, να υπολογίσετε το εμβαδόν του τριγώνου ΑΟΒ, $Ε_{ΑΟΒ}$. Τι εκφράζει αυτό το εμβαδόν;

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

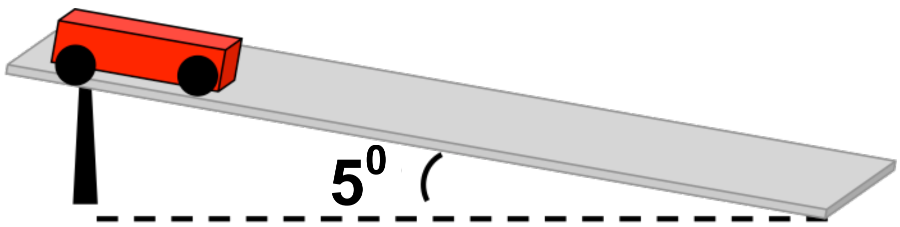
Με τι ισούται το άθροισμα των δύο εμβαδών, $Ε_{ΑΟΒ}$ +$Ε_{ΒΓΔ}$; Εξηγήστε αυτό το αποτέλεσμα.

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 19: Κίνηση σε κεκλιμένο διάδρομο – Μελέτη με διάταξη ticker-timer

Χρόνος: 40 λεπτά

Στην **ΠΔ 14** 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 **ΠΔ 14**. 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 **ΠΔ 14**.

Α. Να τοποθετήσετε τον διάδρομο υπό γωνία (π.χ $\sim 5^o$). 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.



Β. 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 **ΠΔ 14**. Σε τι διαφέρουν οι δύο Εικόνες;
____
____
____

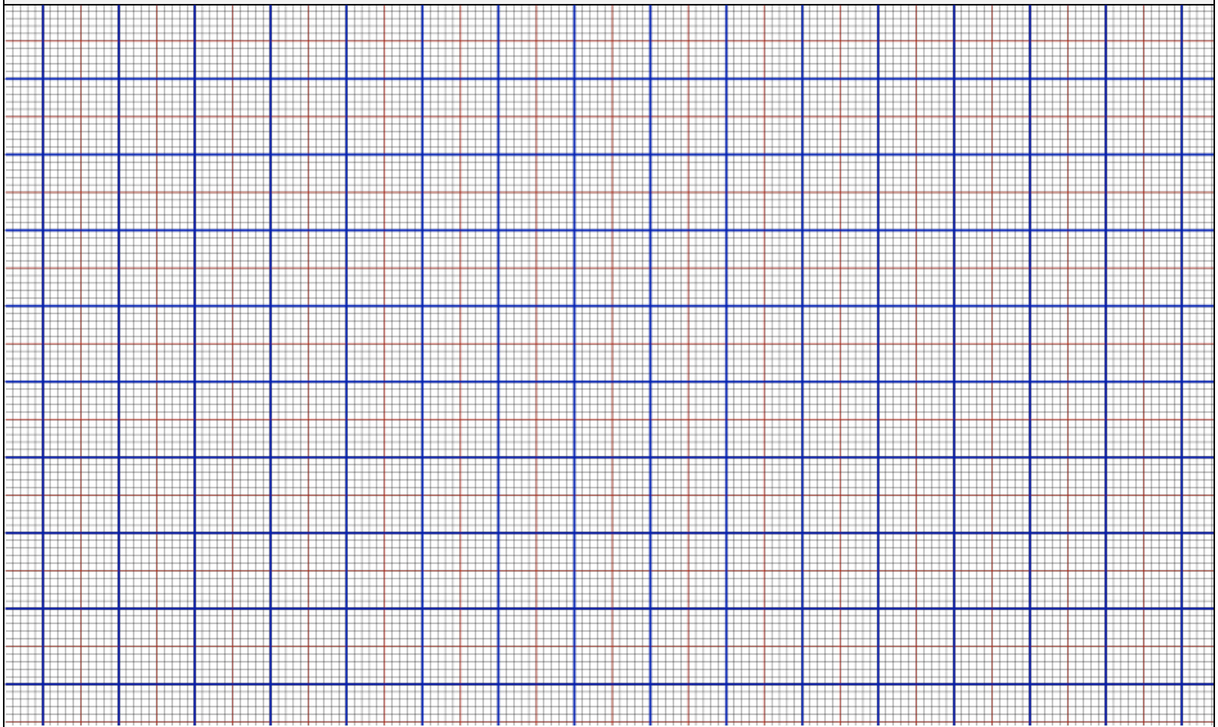
Ε. Να μετρήσετε την απόσταση μεταξύ κουκκίδων και να συμπληρώσετε τις τιμές χρόνου και θέσης του αυτοκινήτου. Στον Πίνακα 1, η χρονική στιγμή 0 s αντιστοιχει στην στιγμή που το αυκινητάκι αρχίζει να κινείται. Η κουκκίδα «1» είναι η κουκκίδα που αποτυπώνεται στην ταινία τη στιγμή 0 s.

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.



Ζ. 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. Θα πρέπει να συμπληρώσετε την στήλη με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

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 **Ζ**. 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.

Η. Να υπολογίσετε την κλίση της ευθείας του προηγούμενου γραφήματος και να συμπληρώσετε την τιμή που υπολογίσατε με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων καθώς και τις αντίστοιχες μονάδες μέτρησης που της αντιστοιχούν.

Κλίση ευθείας: …

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

Ι. 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 θ 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.

Κ. Από τη στιγμή που έχετε υπολογίσει την επιτάχυνση του συστήματος από την κλίση της γραφικής παράστασης θέσης – t^2 μπορείτε να υπολογίσετε την ταχύτητα του αυτοκινήτου για διάφορες χρονικές στιγμές που καταγράφονται στον Πίνακα 1. (**Μέθοδος 1**)

Θα μπορούσατε να υπολογίσετε την ταχύτητα θεωρώντας την απόσταση δύο διαδοχικών κουκκίδων και διαιρώντας με το αντίστοιχο χρονικό διάστημα, $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. Αν θεωρούσατε το γράφημα της βήματος **Ε**, η ταχύτητα υπολογιζόμενη με τον τρόπο αυτό αντιστοιχεί στην κλίση του ευθύγραμμου τμήματος που ενώνει τις δύο διαδοχικές κουκκίδες στο γράφημα. (**Μέθοδος 2**)

Ποια από τις δύο παραπάνω μεθόδους, κατά τη γνώμη σας, αποδίδει πιο πιστά την ταχύτητα του αυτοκινήτου σε κάθε χρονική στιγμή; Εξηγήστε την επιλογή σας και συγκρίνετε την ταχύτητα του αυτοκινήτου που υπολογίζετε με τις δύο μεθόδους και να συμπληρώσετε τον Πίνακα 2.

Πίνακας 2

Κουκκίδα	Χρονική στιγμή t (s)	Μέθοδος 1 υ (m/s)	Μέθοδος 2 υ (m/s)
1	0	0	0
11			
31			
51			

Ελεύθερη Πτώση

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 20

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. 104-108)

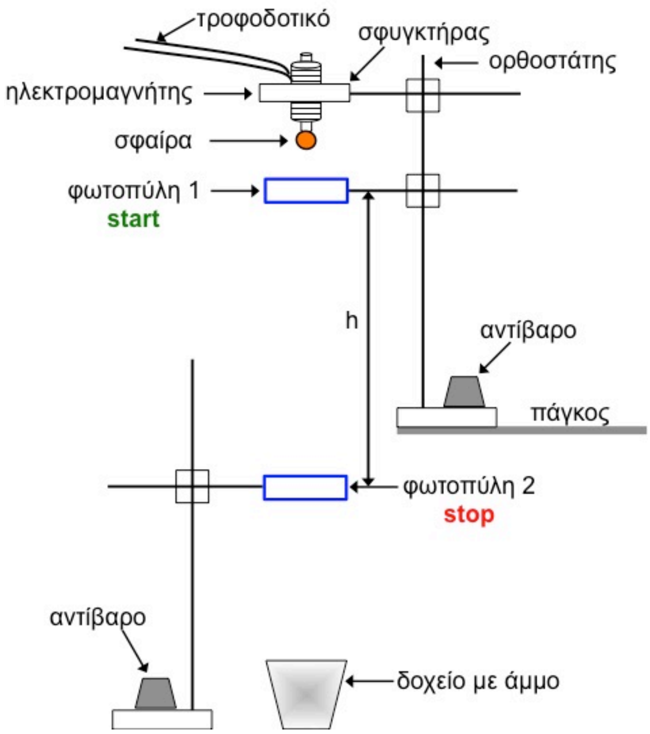
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 20: Μελέτη της Ελεύθερης Πτώσης Σωμάτων και μέτρηση της επιτάχυνσης λόγω της βαρυτικής έλξης της Γης

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		

Α. 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_1 (s)					
t_2 (s)					
t_3 (s)					

Πίνακας 2 – Σφαίρα 2

	h = 40cm	h = 60cm	h = 80cm	h = 100cm	h = 120cm
t_1 (s)					
t_2 (s)					
t_3 (s)					

Πίνακας 2 – Σφαίρα 3

	h = 40cm	h = 60cm	h = 80cm	h = 100cm	h = 120cm
t_1 (s)					
t_2 (s)					
t_3 (s)					

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

Γ. Μετά από συζήτηση στην τάξη, να εξηγήσετε το λόγο για τον οποίο σας υποδείχθηκε να πάρετε τρεις διαφορετικές μετρήσεις χρόνου για κάθε απόσταση. Θα ήταν καλύτερο κατά την γνώμη σας να πάρετε περισσότερες ή λιγότερες μετρήσεις;

Δ. 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;

Ε. Να υπολογίσετε τον μέσο όρο των τριών μετρήσεων χρόνου που πήρατε για κάθε απόσταση και για κάθε σφαίρα και να συμπλήρωσετε 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 = $t_{μέσο}$ 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	
	$t_{μέσο}$ (s)	$(2\times h)/t$	$t_{μέσο}$ (s)	$(2\times h)/t$	$t_{μέσο}$ (s)	$(2\times h)/t$
40						
60						
80						
100						
120						

Ζ. Να κάνετε την γραφική παράσταση της ποσότητας $(2\times h)/t$ συναρτήσει του χρόνο $t_{μέσο}$ 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.

Σφαίρα 1

Η. 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 τιμής της θεωρητικά;

Θ. 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 2

Σφαίρα 3

Σφαίρα 2: κλίση ευθείας = τεταγμένη =

Σφαίρα 3: κλίση ευθείας = τεταγμένη =

I. Να συγκρίνετε τα αποτελέσματά σας για την σφαίρα 1 στο βήμα **Η** 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.

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

Λ. 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 21

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. 128-129)
- Δύναμη ελατηρίου (σελ. 130-131)
- Ένθετο Διανυσμάτων: Ορισμός ομόρροπων και αντίρροπων διανυσμάτων, πρόσθεση διανυσμάτων με τον κανόνα του πολυγώνου και τον κανόνα του παραλληλογράμμου (σελ. 136-142)
- Αρχή της Επαλληλίας και Σύνθεση Δυνάμεων (σελ. 149-155)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 21: Σύνθεση Δυνάμεων

Χρόνος: 80 λεπτά

Σχετική θεωρία από βιβλίο μαθητή: σελ. 127, 130-131, 137-142, 149-155.

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.

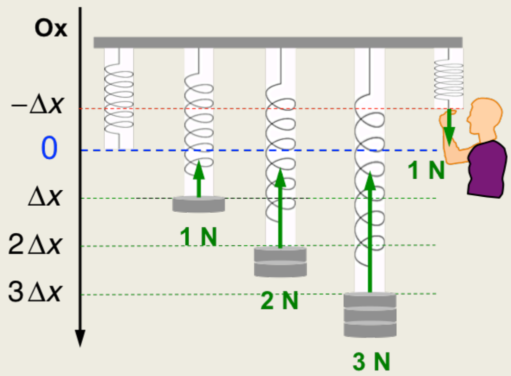
Λίγα προκαταρκτικά λόγια για τη δύναμη ελατηρίου (σελ. 130-131, βιβλίο μαθητή)

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.

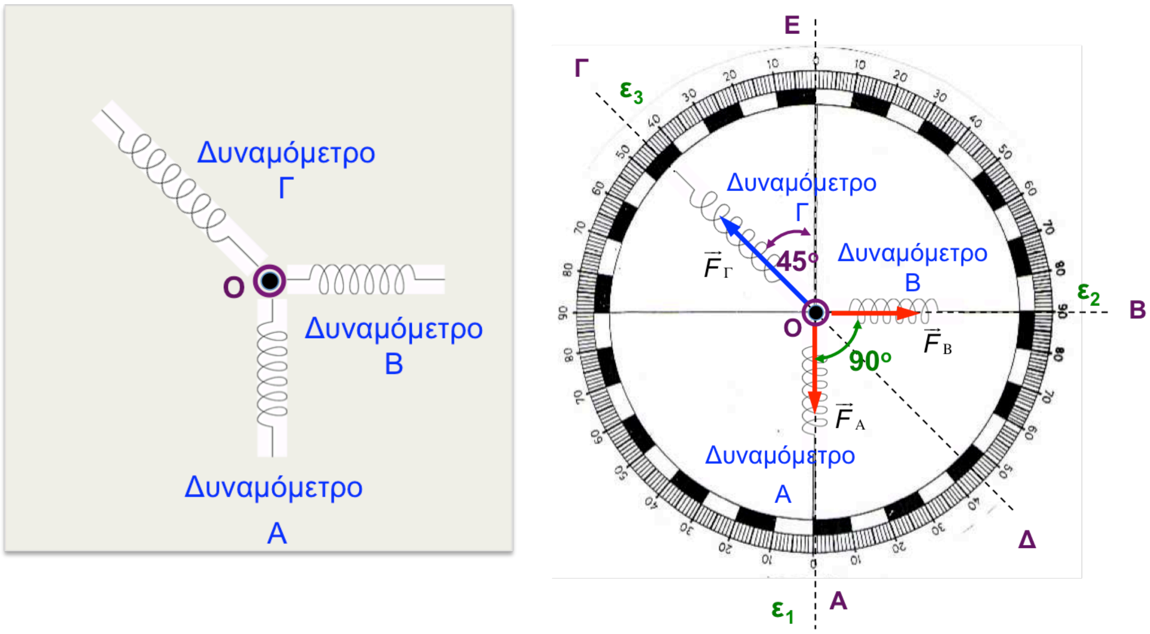
Τα δυναμόμετρα βαθμονομούνται αντιστοιχώντας μια συγκεκριμένη επιμήκυνση ή συσπείρωση του ελατηρίου τους σε μια συγκεκριμένη μονάδα δύναμης. Η αναλογία εκφράζεται από τη σχέση

$$\vec{F}_{ελ} = -k\Delta\vec{x}$$



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 επιμηκυμένο 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 Α, Β και Γ για τα βήματα **Ι – ΙΙΙ**. Τα Α και Β ασκούν κάθετες μεταξύ τους δυνάμεις με μέτρα $|\vec{F}_{\mathrm{A}}| = |\vec{F}_{\mathrm{B}}| = 2$ N.

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

Α. Μη συγγραμμικές δυνάμεις

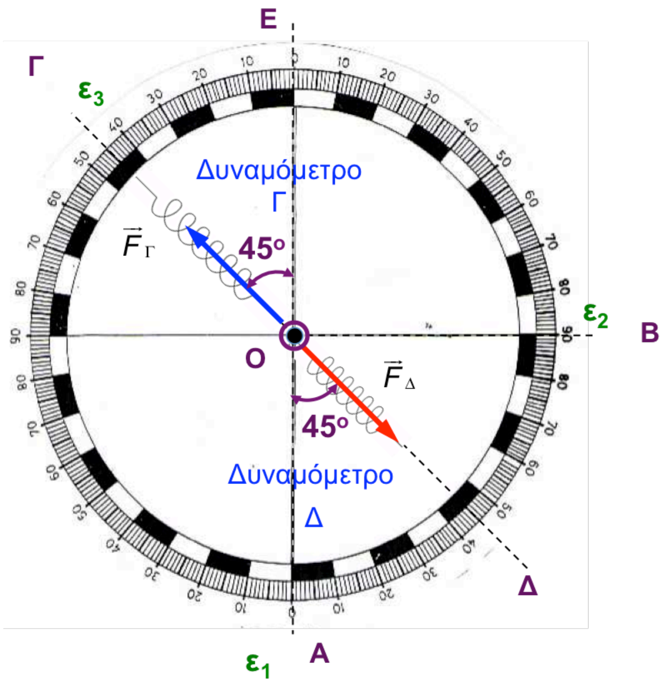
I. Να προσανατολίσετε τα δυναμόμετρα Α και Β έτσι ώστε να σχηματίζουν την ορθή γωνία $\mathrm{A\hat{O}B} = 90^o$, με κορυφή το Ο και πλευρές τις ευθείες ε_1 και ε_2. Να επιμηκύνετε αργά και προσεκτικά τα δυναμόμετρα Α και Β κατά μήκος των ε_1 και ε_2 μέχρι να αποκτήσουν την ένδειξη 2 N. Ο κρίκος θα παραμένει στην περιοχή κοντά στο κέντρο του γωνιομετρικού κύκλου και θα εφάπτεται με το καρφί.

II. Να προσανατολίσετε το δυναμόμετρο Γ κατά μήκος της ευθείας ε_3, η οποία σχηματίζει γωνία $\Gamma\hat{\mathrm{O}}\mathrm{E} = 45^o$ με την ε_1, όπως φαίνεται στο δεξιό σχήμα της Εικόνας 1. Να έλξετε <u>αργά και προσεκτικά</u> το δυναμόμετρο Γ κατά μήκος της ε_3, προσέχοντας ώστε τα Α και Β 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 $\vec{F}_{\mathrm{A}}$, $\vec{F}_{\mathrm{B}}$ και $\vec{F}_{\Gamma}$ από τα τρία δυναμόμετρα.

Επειδή ο κρίκος εφάπτεται με τα δυναμόμετρα, θεωρούμε ότι αποτελεί προέκταση του δυναμομέτρου Γ. Μπορούμε τότε να θεωρήσουμε ότι οι δυνάμεις $\vec{F}_{\mathrm{A}}$ και $\vec{F}_{\mathrm{B}}$ από τα Α και Β ασκούνται στο δυναμόμετρο Γ. Οι δυνάμεις $\vec{F}_{\mathrm{A}}$ και $\vec{F}_{\mathrm{B}}$ είναι το «αίτιο», και η επιμήκυνση του ελατηρίου του Γ κατά μήκος της ε_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 ε_3 και σε αντίθετη κατεύθυνση από το Γ (Εικόνα 2). Κατόπιν, να έλξετε το δυναμόμετρο Γ κατά μήκος της ε_3, μέχρι να καταγράψει την ίδια ένδειξη με προηγουμένως. Κρατώντας ακίνητο το Γ, να έλξετε το δυναμόμετρο Δ προσεκτικά κατά μήκος της ε_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 $\vec{F}_{\mathrm{A}}$ και $\vec{F}_{\mathrm{B}}$ 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 $\vec{F}_{\mathrm{A}}$ και $\vec{F}_{\mathrm{B}}$ 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 $A\hat{O}B$	Ένδειξη Α (Ν)	Ένδειξη Β (Ν)	Γωνία $\Gamma\hat{O}E$	Ένδειξη Γ (Ν)	Γωνία $A\hat{O}\Delta$	Ένδειξη Δ (Ν)
90^o	2	2	45^o		45^o	
90^o	4	3				
120^o						

Να διατυπώσετε την **αρχή της επαλληλίας δυνάμεων** (**σελ. 150, βιβλίο μαθητή**).

____

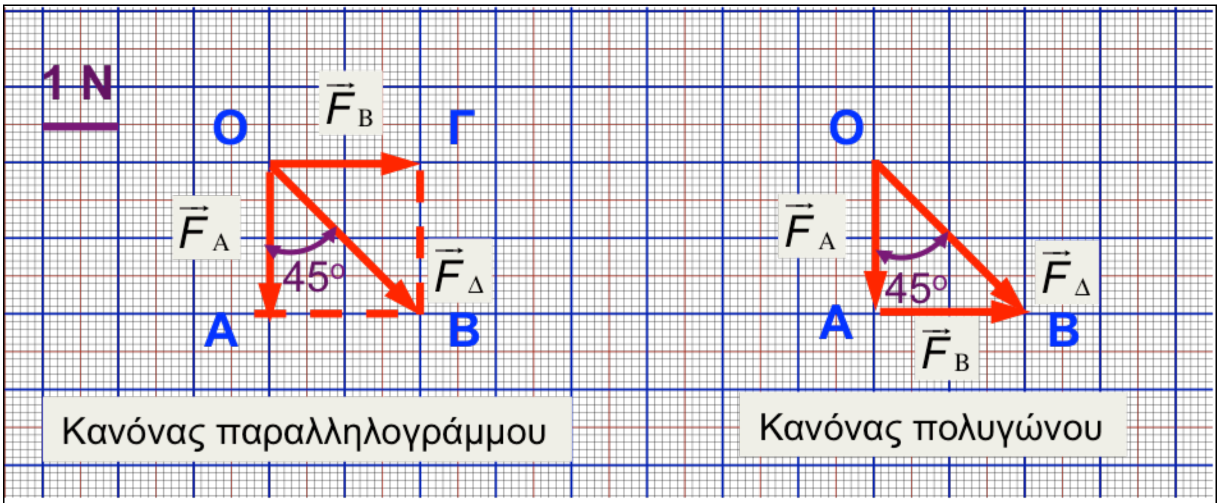
Να εξετάσετε εάν ισχύει η **αρχή της επαλληλίας** για τις δυνάμεις $\vec{F}_A$ και $\vec{F}_B$. Να λάβετε υπ' όψη σας τα εξής: (i) Υπάρχει κάποια δύναμη που να προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τη συνδυασμένη δράση των $\vec{F}_A$ και $\vec{F}_B$; (ii) Με ποιο κριτήριο αποφασίζουμε ότι αυτή η δύναμη «προκαλεί 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. 138-142, 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 Ο, και συμπληρώνουμε το παραλληλόγραμμο ΟΑΒΓ 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 Ο, 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 Ο) και καταλήγει στην αιχμή του δευτέρου βέλους (σημείο Β).



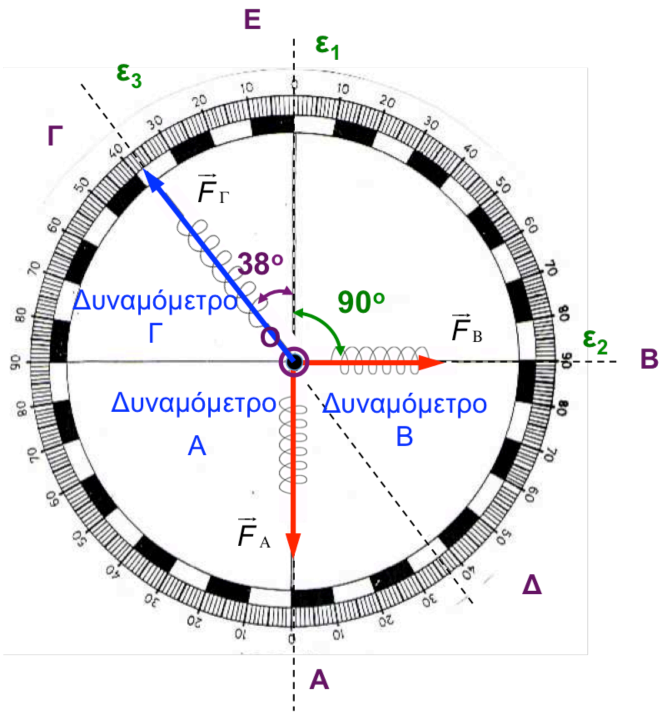
Εικόνα 3. **Αριστερά:** Υπολογισμός της συνισταμένης $\vec{F}_\Delta$ των $\vec{F}_A$ και $\vec{F}_B$ με τον κανόνα του παραλληλογράμμου. **Δεξιά:** Ο ίδιος υπολογισμός με τον κανόνα του πολυγώνου.

Οι δυνάμεις $\vec{F}_A$ και $\vec{F}_B$ έχουν σχεδιασθεί υπό κλίμακα. Από το ορθογώνιο τρίγωνο ΟΑΒ να επιβεβαιώσετε ότι (i) η γωνία $\mathrm{A\hat{O}B} = 45^o$ και (ii) το μήκος της διαγωνίου ΟΒ ταυτίζεται με την ένδειξη του δυναμομέτρου Δ.
$\varepsilon\varphi(\mathrm{A\hat{O}B}) =$ $\lvert\vec{F}_\Delta\rvert = \mathrm{OB} = \sqrt{(\mathrm{OA})^2 + (\mathrm{AB})^2} =$

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 περισσοτέρων από δύο δυνάμεων.
- Ο κανόνας του παραλληλογράμμου είναι πιο εύχρηστος στην πρόσθεση δύο διανυσμάτων με κοινή αρχή (π.χ. στην ανάλυση δυνάμεων).

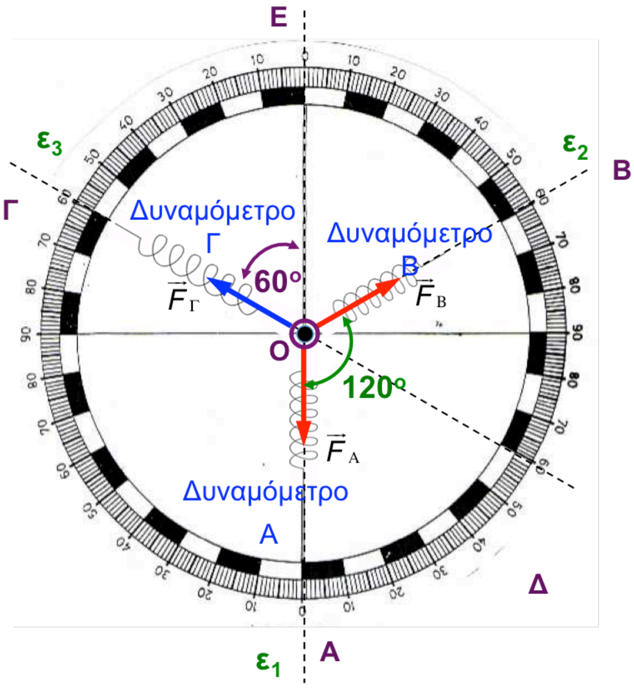
IV. Να επαναλάβετε τα βήματα **I – II** τοποθετώντας πάλι τα δυναμόμετρα Α και Β σε ορθή γωνία (Εικόνα 4). Σε αυτή την περίπτωση, να επιμηκύνετε το Α μέχρι να αποκτήσει ένδειξη 4 N, και το Β μέχρι να αποκτήσει ένδειξη 3 N. Να προσανατολίσετε το δυναμόμετρο Γ έτσι ώστε η γωνία $\Gamma\hat{O}\Delta$ να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



Εικόνα 4. Τα δυναμόμετρα Α και Β ασκούν κάθετες μεταξύ τους δυνάμεις $|\vec{F}_A| = 4$ N και $|\vec{F}_B| = 3$ 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 χρησιμοποιήσατε (αντιστοιχία μήκους σε cm – δύναμης σε N), για να απεικονίσετε το μέτρο των δυνάμεων.

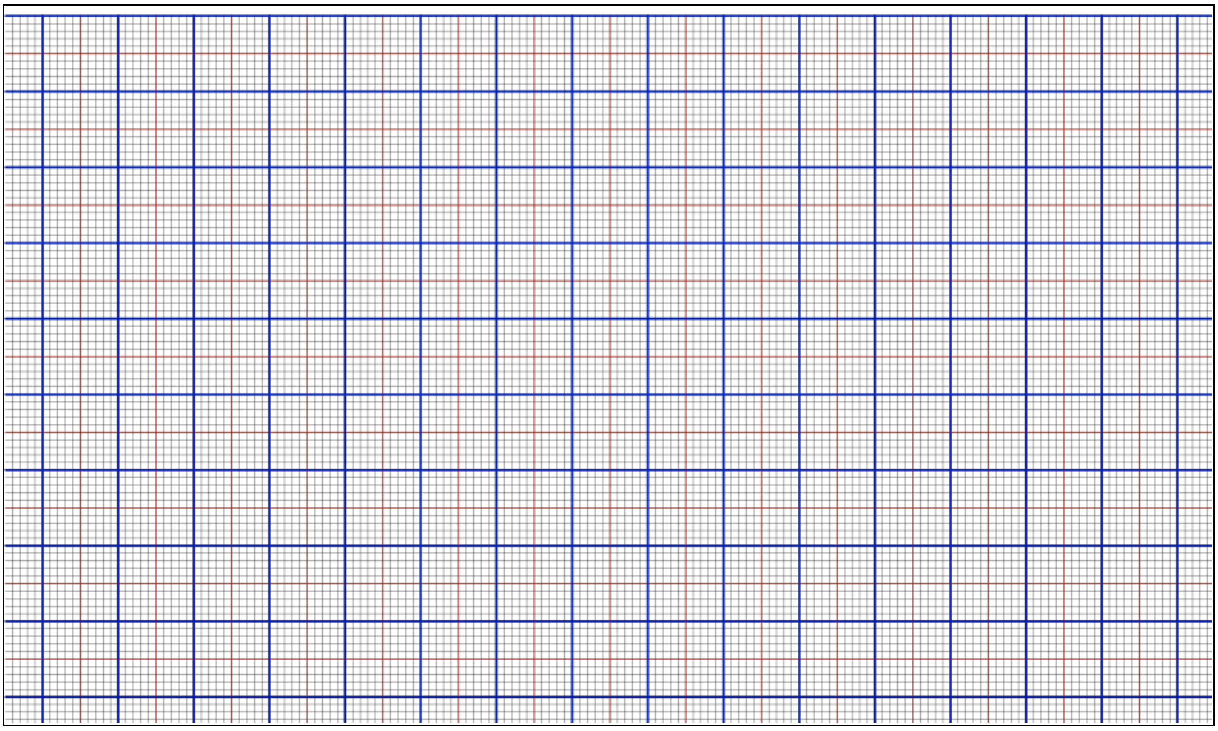
V. Να τοποθετήσετε τα δυναμόμετρα Α και Β έτσι ώστε να σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία $\omega = 120^o$, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5. Να επιμηκύνετε τα δυναμόμετρα διατηρώντας τη μεταξύ τους γωνία 120^o, μέχρι να αποκτήσουν την ένδειξη 2 Ν. Να προσανατολίσετε το δυναμόμετρο Γ κατά μήκος της ευθείας ε_3, η οποία σχηματίζει γωνία 60^o με την ε_1 όπως στην Εικόνα 5. Να έλξετε το δυναμόμετρο Γ κατά μήκος της ε_3, 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 τριών δυναμομέτρων στον Πίνακα 1.



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

VI. Να αντικαταστήσετε τα δυναμόμετρα Α και Β με ένα δυναμόμετρο Δ τοποθετημένο κατά μήκος της ε_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.



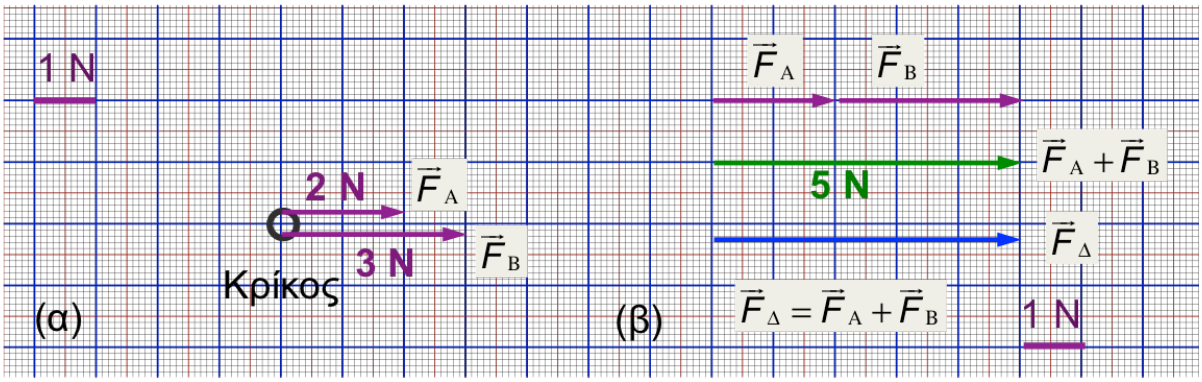
Β. Συγγραμμικές δυνάμεις

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 Α και Β. Οι δυνάμεις έχουν αναπαρασταθεί με κλίμακα 1 cm = 1 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 ($\vec{F}_B$).



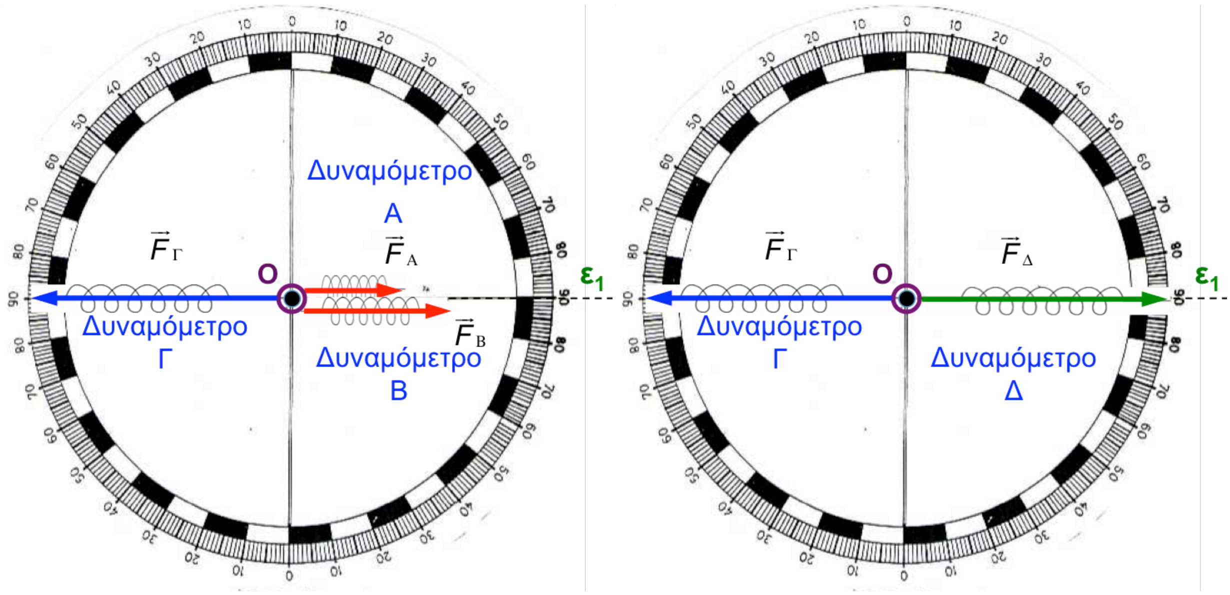
Εικόνα 6. (**α**) Ο κρίκος στην προσέγγιση υλικού σημείου. Συμπεριλαμβάνεται ένα παράδειγμα δυνάμεων από τα δυναμόμετρα Β και Γ, όταν ο κρίκος ισορροπεί.

(**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 $\vec{F}_Α$ και $\vec{F}_Β$. **Αριστερά:** Η συνδυασμένη δράση των $\vec{F}_Α$ και $\vec{F}_Β$ προκαλεί επιμήκυνση του Γ. **Δεξιά:** Η δύναμη $\vec{F}_Δ$ προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τη συνδυασμένη δράση των $\vec{F}_Α$ και $\vec{F}_Β$.

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.

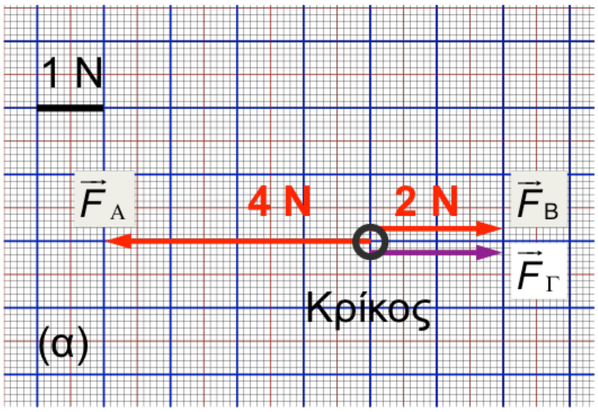
Να συγκρίνετε την ένδειξη του Δ με την πρόβλεψη που κάνατε στην Εικόνα 6(β) για το άθροισμα $\vec{F}_Α + \vec{F}_Β$. Ισχύει ο κανόνας του πολυγώνου για ομόρροπες δυνάμεις;

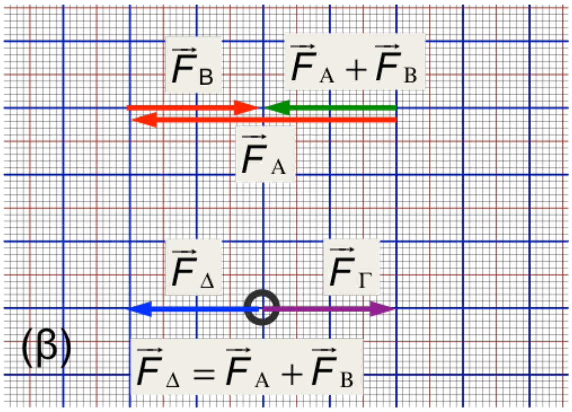
Τι συμπέρασμα εξάγετε για τη **συνισταμένη ομόρροπων δυνάμεων**;

Αντίρροπες δυνάμεις

Στην **Εικόνα 8(α)** απεικονίζεται ένα παράδειγμα **αντίρροπων** δυνάμεων που ασκούνται από τα δυναμόμετρα Α και Β. Οι δυνάμεις έχουν αναπαρασταθεί με κλίμακα 1 cm = 1 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 ($\vec{F}_B$).

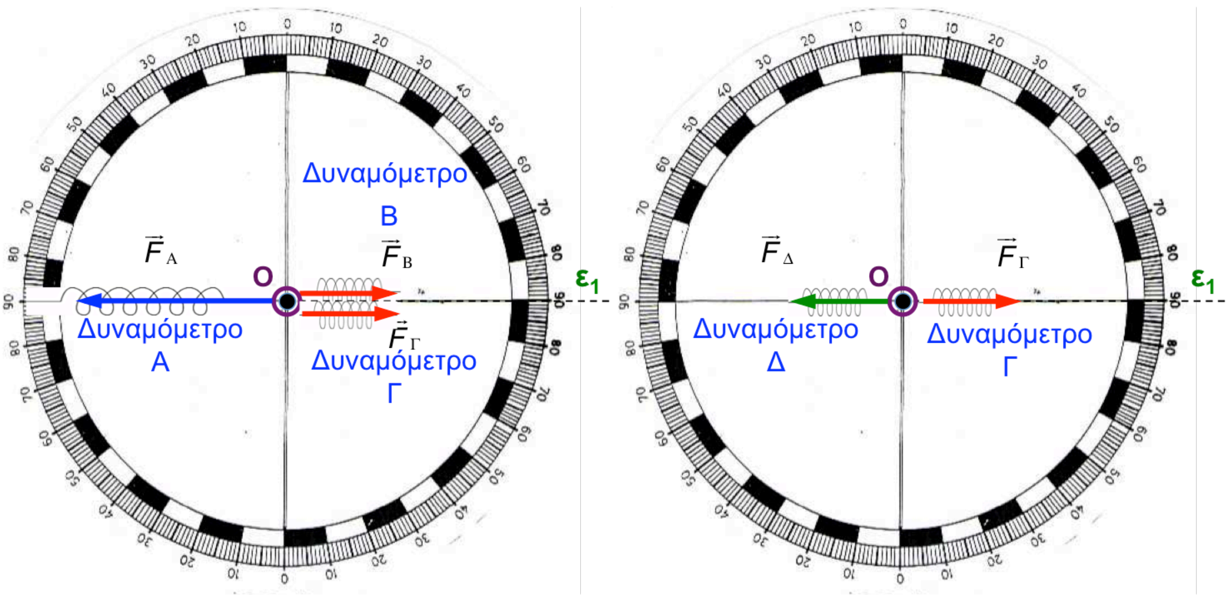




Εικόνα 8. (**α**) Ο κρίκος στην προσέγγιση υλικού σημείου. Συμπεριλαμβάνεται ένα παράδειγμα δυνάμεων από τα δυναμόμετρα Β και Γ, όταν ο κρίκος ισορροπεί.
(**β**) **Πάνω:** Πρόσθεση των **αντίρροπων** δυνάμεων $\vec{F}_A$ και $\vec{F}_B$ με τον κανόνα του πολυγώνου. **Κάτω:** Το άθροισμα $\vec{F}_A+\vec{F}_B$ 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 Α, Β 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 N, 2 N και 2 N.) 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 N. Διαπιστώνουμε ότι το Δ αποκτά επίσης ένδειξη 2 N, όταν ο κρίκος χάσει επαφή με το καρφί.



Εικόνα 9. Σύνθεση των **αντίρροπων** 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 αντίρροπων 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. 179-181)
- Εφαρμογές του Πρώτου Νόμου του Νεύτωνα (σελ. 182-184)

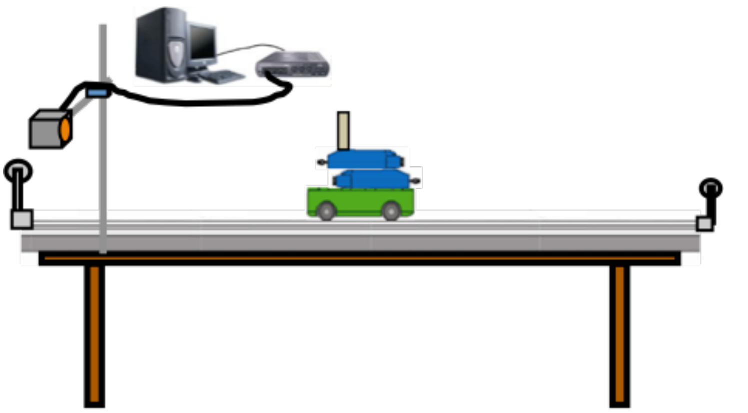
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 22: Μελέτη της κίνησης ενός σώματος στο οποίο ασκείται μηδενική συνισταμένη δύναμη

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 βαράκια.

Χρόνος: 20 λεπτά

Α. 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 αισθήτηρας κίνησης να βρίσκεται πάντοτε σε απόσταση τουλάχιστον 50cm από το αμαξάκι.



Β. Να σχεδιάσετε στον παρακάτω χώρο τις δυνάμεις που ασκούνται στο αμαξάκι όταν αυτό ισσοροπεί.

Γ. Να δώσετε μια <u>σύντομη οριζόντια ώθηση</u> 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, <u>μετά από τη στιγμή που αρχίζει να κινείται</u>;

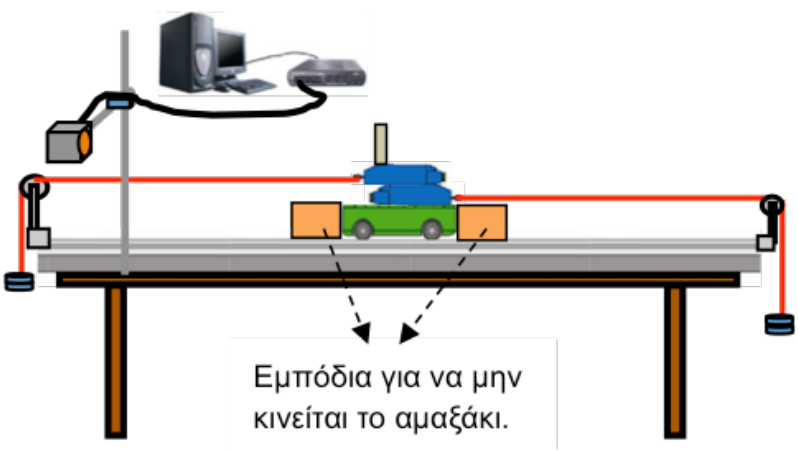
Ζ. Σε τι συμπέρασμα καταλήγετε για το είδος της κίνησης του αμαξιού, σε σχέση με την οριζόντια δύναμη επαφής που ασκείται σε αυτό; Ποια η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο αμαξάκι;

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

Να τοποθετήσετε βαράκια 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**;

____

____

____

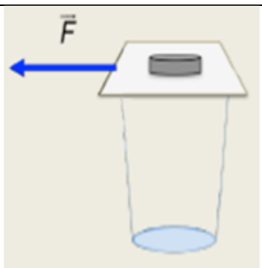
Συμπέρασμα: Ένα σώμα, στο οποίο ασκείται ___________ συνισταμένη δύναμη, ____________ ή κινείται με ____________ διανυσματική ταχύτητα.

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 23: Η Έννοια της Αδράνειας

ΠΔ 23.1: 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**.

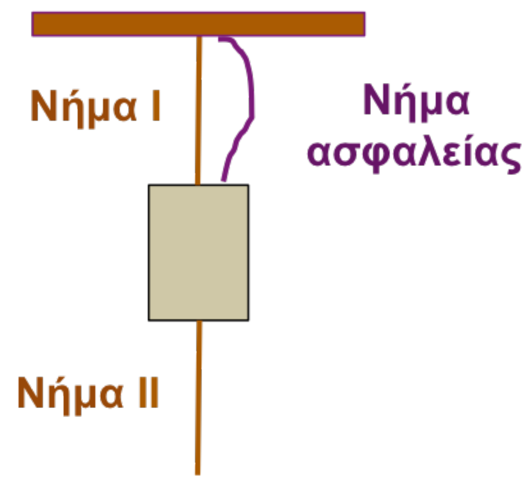
Να τοποθετήσετε ένα κέρμα σε ένα οριζόντιο χαρτονάκι. Να τοποθετήσετε το χαρτονάκι με το κέρμα πάνω από το ανοικτό στόμιο του ποτηριού και ακολούθως, να μετακινήσετε απότομα το χαρτονάκι κατά την οριζόντια διεύθυνση. Τι παρατηρείτε;	
______________________________ ______________________________	

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 23.2: Αδράνεια Υλικού Σώματος

Χρόνος: 10 λεπτά

Η διπλανή διάταξη περιέχει ένα σώμα το οποίο κρέμεται από το νήμα **Ι**. Στο κάτω μέρος του σώματος κρέμεται το νήμα **ΙΙ**, ίσης διαμέτρου με το νήμα **Ι**. 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 **Ι**.



Το νήμα **Ι** 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).

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

____

____

____

Β. Να τραβήξετε **απότομα** το νήμα **ΙΙ** προς τα κάτω. Ποιο νήμα κόβεται πρώτο, το **Ι** ή το **ΙΙ;**

____

____

____

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 **ΙΙ** προς τα κάτω. Ποιο νήμα θα κοπεί πρώτο, το **Ι** ή το **ΙΙ;**

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

Για να κατανοήσετε τους λόγους που προκαλούν τη διαφορά ανάμεσα στα αποτελέσματα **Β** και **Δ**, να σκεφθείτε πρώτα πότε σπάει ένα νήμα, όταν τεντώνεται από τα δύο άκρα του: Το νήμα συμπεριφέρεται σαν ένα ελαστικό σώμα, που επιμηκύνεται 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 **ΙΙ** προς τα κάτω. Πώς νομίζετε ότι διαφέρουν μεταξύ τους οι επιμηκύνσεις των **Ι** και **ΙΙ**, όταν το νήμα **ΙΙ** τεντώνεται απότομα ή αργά; Ποιος είναι ο ρόλος της αδράνειας του σώματος;

Εναλλακτική ΠΔ 23.2: 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).	

Α. 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.

____

____

____

Β. 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 23.3: Σχέση Αδράνειας και Μάζας Υλικού Σώματος

Χρόνος: 5 λεπτά

Α. 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.

Β. Αφού συζητήσετε στην τάξη τους τρόπους που καταγράψατε στο ερώτημα Α, 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. 189-190)
- Διατύπωση του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα (σελ. 190-191)
- Μονάδες μέτρησης της Δύναμης (σελ. 192)
- Εφαρμογές του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα (σελ. 195-198)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 24: 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.

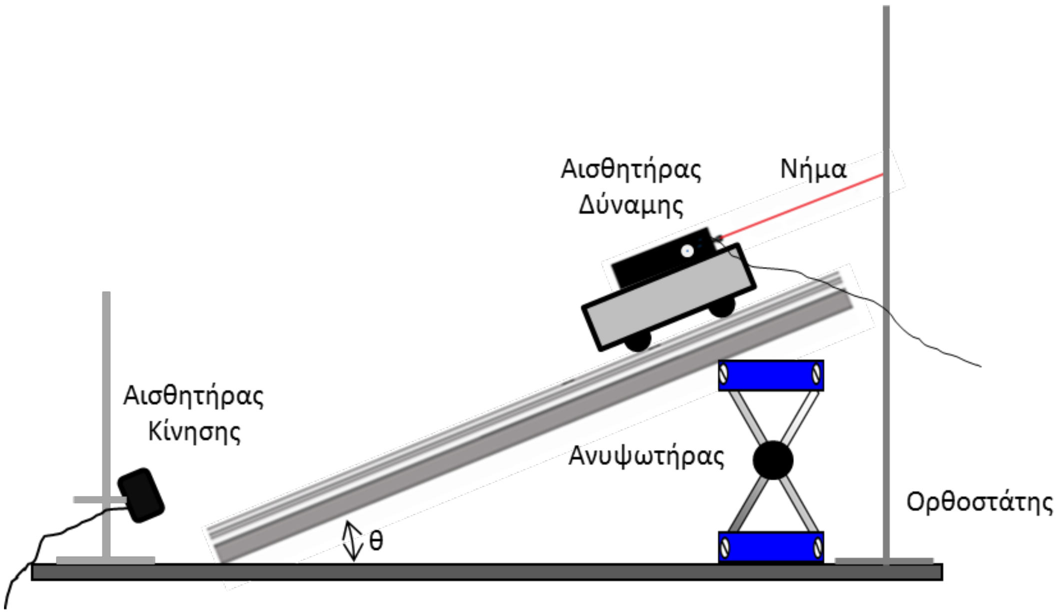
Χρόνος: 80 λεπτά

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.

Α. 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.



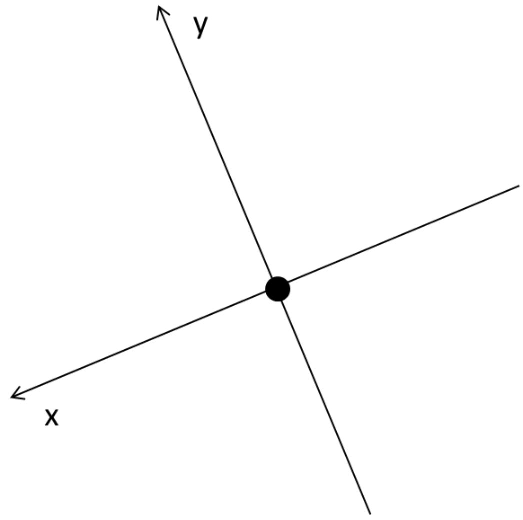
Β. Στην πιο κάτω εικόνα αναπαριστούμε το αμαξάκι στην προσέγγιση υλικού σημείου.

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 Oy κάθετος στον διάδρομο.

Να εξηγήσετε γιατί πρέπει να είμαστε προσεκτικοί στην διάταξή 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;

$$F = \cdots \ldots$$

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.

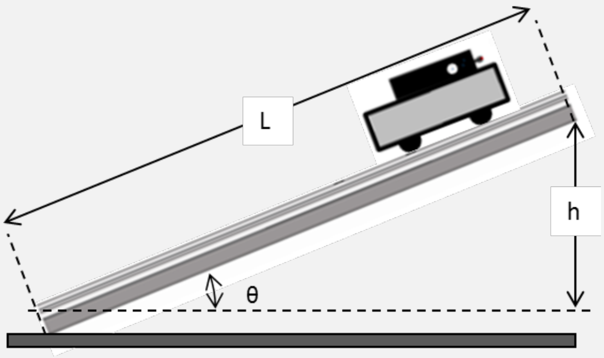
Η. Θέλουμε να εξετάσουμε την σχέση που συνδέει τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα και την επιτάχυνση που προκαλεί αυτή στο σώμα. Για να το κάνουμε αυτό θα πρέπει να κρατήσουμε σταθερή την μάζα του αμαξιού και να μεταβάλλουμε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται πάνω του κατά την διεύθυνση του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

Να περιγράψετε τον τρόπο που μπορείτε να το πετύχετε.

Νομίζετε ότι κατά την διαδικασία αυτή, η κάθετη δύναμη που ασκεί ο διάδρομος στο αμαξάκι παραμένει σταθερή; Να εξηγήσετε την απάντησή σας

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 τραπεζιού: ημθ = h/L.



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

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

Πίνακας 1

Επιτάχυνση (m/s^2)	**Ένδειξη αισθητήρα δύναμης (N)**	$ημ(θ) = h/L$

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

Ι. Στο πιο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί να σχεδιάσετε ένα σύστημα αξόνων Οx και Οy. Ο άξονας Οx θα μετρά την συνισταμένη δύναμη $\sum F$, που ασκείται στο αμαξάκι (στον x-άξονα) και ο άξονας Οy την αντίστοιχη επιτάχυνση α.

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

Κ. Ποιο συμπέρασμα μπορείτε να εξαγάγετε, από την καμπύλη, για τη σχέση ανάμεσα στην επιτάχυνση α 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 θ (κλίση) του διαδρόμου, όπως το υπολογίσατε στο βήμα Β, και ο άξονας Oy την αντίστοιχη επιτάχυνση α.

Να σημειώσετε στο χαρτί τα σημεία που αντιστοιχούν στις τιμές α και $\eta\mu(\theta)$ του προηγούμενου πίνακα, και να σχεδιάσετε την καμπύλη της επιτάχυνσης α 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 Ox και Oy, γιατί όταν το $\eta\mu(\theta)=0$, η γωνία θ = 0^0 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, $\sum F = 0$.

Μ. 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: ………..

Ν. Δραστηριότητα για το σπίτι: Έχοντας συμπληρώσει την δραστηριότητα αυτή, κάποιος συμμαθητής σας ισχυρίζεται ότι οι μετρήσεις που πήρατε δεν είναι σωστές γιατί ο αισθητήρας κίνησης δεν μετρά σωστά την ταχύτητα και επομένως ούτε την επιτάχυνση.

Παλαιότερα στα πλαίσια του μαθήματος αυτού, είχατε χρησιμοποιήσει φωτοπύλες, με τις οποίες μετρήσατε την ταχύτητα κάποιων σωμάτων. Στην προκειμένη περίπτωση, να περιγράψετε ένα τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιώντας δύο φωτοπύλες, αντί του αισθητήρα κίνησης, θα μπορούσατε να μετρήσετε την επιτάχυνση του αμαξιού. Εξηγήστε ποιές μετρήσεις θα έπρεπε να κάνετε για να βρείτε την επιτάχυνσή του. Μπορείτε να εξηγήσετε ποιος από τους δυο τρόπους μέτρησης (χρήση αισθητήρα κίνησης ή χρήση φωτοπυλών) θα σας έδινε περισσότερο ακριβή αποτελέσματα για την επιτάχυνση του αμαξιού;

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 25: Επαλήθευση του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα σε σύστημα σωμάτων

Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

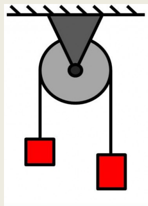
Αμαξάκι της Pasco, ορθοστάτης, αλουμινένιος διάδρομος, αισθητήρας κίνησης, υπολογιστής, χαρτόνι, τροχαλία, βάση στήριξης βαριδίων (100g).

Χρόνος: 80 λεπτά

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: σελ. 218-220 και 221-223

Η προτεινόμενη δραστηριότητα χρησιμοποιείται για την επαλήθευση του 2^{ου} Νόμου του Νεύτωνα. Μέσω της πειραματικής μεθόδου θα αναδειχθεί η σχέση μεταξύ της επιτάχυνσης της κίνησης και της μάζας του σώματος για σταθερή δύναμη καθώς και η σχέση της επιτάχυνσης και της δύναμης για σταθερή μάζα σώματος.

Το 1784 George Atwood δημοσίευσε τη «*Πραγματεία για την ευθύγραμμη κίνηση και περιστροφή σωμάτων*» μέσα στην οποία περιγράφει μια συσκευή που σχεδίασε, κατασκεύασε και χρησιμοποίησε για να διερευνήσει την επιτάχυνση υπό σταθερή δύναμη. Ισχυρίστηκε ότι η δική του Μηχανή (Μηχανή του Atwood) είχε καλύτερη ακρίβεια από αυτή του κεκλιμένου επιπέδου που χρησιμοποιούνταν μέχρι τότε και ήταν πιο αποτελεσματική στη μεταφορά εννοιών στους μαθητές του, στο Trinity College στο Cambridge.



Η Μηχανή του Atwood είναι απλά δύο μάζες που συνδέονται με νήμα που περνά από μία τροχαλία. Με αυτή την διάταξη τα αντικείμενα θεωρούνται ως υλικά σημεία ενώ οι τριβές μπορούν να αγνοηθούν.

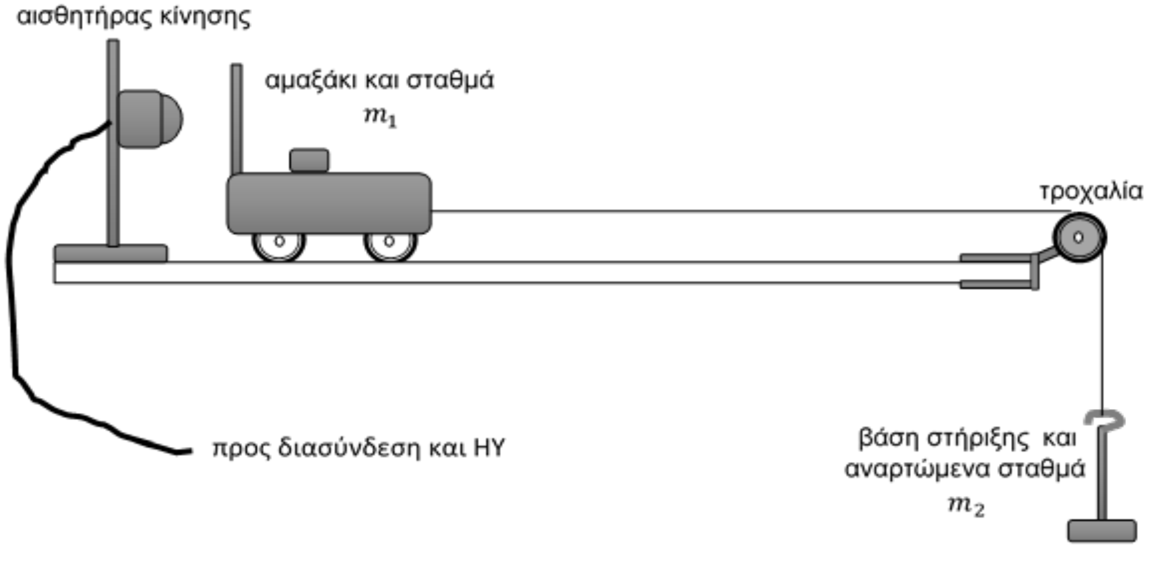
Η διάταξη της προτεινόμενης δραστηριότητας αποτελεί μία παραλλαγή της Μηχανής του Atwood.

Α. Το αμαξάκι και το υποζύγιο (βάση στήριξης) συνδέονται με νήμα μέσω μιας τροχαλίας.

Στη διάταξη χρησιμοποιούμε τον αισθητήρα κίνησης ώστε να πάρουμε τη γραφική παράσταση της ταχύτητας του αμαξιού σε σχέση με τον χρόνο.

Να φροντίσετε ώστε το νήμα να είναι παράλληλο με τον διάδρομο.

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



Β. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στα δύο σώματα (αμαξάκι με τα σταθμά και υποζύγιο).

Να εφαρμόσετε τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα για το κάθε σώμα και να γράψετε τις αντίστοιχες σχέσεις.

Από τις εξισώσεις που γράψατε να βρείτε τη σχέση που δίνει την επιτάχυνση α του συστήματος των δύο σωμάτων.

Από την πιο πάνω διαδικασία καταλήγουμε ότι η επιτάχυνση δίνεται από τη σχέση

$$\alpha = \frac{m_2 . g}{m_1 + m_2} \quad \text{(Εξ. 1)}$$

ΠΕΙΡΑΜΑ Α: Εξάρτηση επιτάχυνσης ενός σώματος από τη δύναμη που την προκαλεί – για σταθερή μάζα

Για να δείξουμε ότι η επιτάχυνση του συστήματος είναι ανάλογη με τη δύναμη που το επιταχύνει, όταν η συνολική μάζα του συστήματος διατηρείται σταθερή, αρχίζουμε με βαράκι μάζας m (το υποζύγιο έχει μάζα m) και προσθέτουμε τέσσερα όμοια βαράκια μάζας m στο αμαξάκι του οποίου η μάζα είναι M. Ως εκ τούτου, η δύναμη mg που επιταχύνει το σύστημα δρα σε ένα σύστημα συνολικής μάζας M + 5m.

Για να διπλασιάσουμε τη δύναμη που επιταχύνει το σύστημα αμαξάκι – υποζύγιο, κρατώντας την μάζα του σταθερή , μεταφέρουμε ένα βαράκι από το αμαξάκι στο υποζύγιο.

Για να τριπλασιάσουμε τη δύναμη, μεταφέρουμε άλλο ένα βαράκι από το αμαξάκι στο υποζύγιο, και ούτω καθεξής.

Η επιτάχυνση μπορεί να υπολογιστεί, όπως γνωρίζουμε, από την κλίση της γραφικής παράστασης της ταχύτητας - χρόνου χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα κίνησης.

Για να ελαττώσουμε το ***συστηματικό σφάλμα*** *λόγω τριβής, βρίσκουμε αρχικά πόσα βαράκια μάζας 10g απαιτούνται ώστε το σύστημα να κινείται με σταθερή ταχύτητα. (πχ. 2 βαράκια). Τα βαράκια αυτά τοποθετούνται στο υποζύγιο για όλες τις μετρήσεις που θα κάνουμε.*

Α. Να μετρήσετε την μάζα του κάθε βαριδίου που θα χρησιμοποιήσετε, του αμαξιού και του υποζυγίου πριν τοποθετηθούν στην πειραματική σας διάταξη.

Να φορτώσετε το αμαξάκι με τέσσερα βαράκια μάζας 100 g το καθένα και χρησιμοποιώντας ένα νήμα να το συνδέσετε μέσω της μικρής τροχαλίας με το υποζύγιο. Έχοντας το σύστημα αρχικά ακίνητο, να το αφήσετε ελεύθερο να κινηθεί.

Με την βοήθεια του αισθητήρα κίνησης να πάρετε τη γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου, υ=f(t), του συστήματος. Από τη γραφική παράσταση υπολογίζουμε την επιτάχυνση.

Στη συνέχεια, ένα βαράκι μεταφέρεται από το αμαξάκι στη βάση στήριξης και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να τοποθετηθούν όλα τα σταθμά στο υποζύγιο.

Συμπληρώνουμε τον πίνακα που περιλαμβάνει τη δύναμη που προκαλεί την επιτάχυνση λόγω της μάζας που κρέμεται στο υποζύγιο και της επιτάχυνσης που προκαλεί.

Χρησιμοποιώντας την Εξίσωση 1, να υπολογίσετε τη θεωρητική τιμή της επιτάχυνσης για κάθε περίπτωση που μελετούμε πειραματικά και να συμπληρώσετε την αντίστοιχη στήλη του Πίνακα 1.

Πίνακας 1

Μάζα στη βάση στήριξης (kg)	Δύναμη (N)	Επιτάχυνση (πειραματικά, από την κλίση υ=f(t)) (m/s^2)	Επιτάχυνση (θεωρητικά, από την Εξ. 1) (m/s^2)

$$m_{συστ.} = m_{αμαξ.} + 5 \times 0.1 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Β. Να εξηγήσετε που οφείλεται αυτή η μικρή διαφορά στις τιμές της πειραματικής με τη θεωρητική τιμή της επιτάχυνσης.

Γ. Στο πιο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί να σχεδιάσετε ένα σύστημα αξόνων Οx και Οy. Ο άξονας Οx θα μετρά την επιτάχυνση α (στον άξονα x) και ο άξονας Οy τη συνισταμένη δύναμη $\sum F$ που προκαλεί την επιτάχυνση αυτή.

Να σημειώσετε στο χαρτί τα σημεία που αντιστοιχούν στις τιμές α και F του Πίνακα 1, και να σχεδιάσετε την καμπύλη της δύναμης F που επιταχύνει το σύστημα ως προς την επιτάχυνση α που προκαλείται στο σύστημα.

Γ. Με βάση την μορφή της καμπύλης του γραφήματος να διατυπώσετε το συμπέρασμά σας για τη σχέση ανάμεσα στη δύναμη F που επιταχύνει το σύστημα και την επιτάχυνση α του συστήματος.

Δ. Να υπολογίσετε την κλίση της ευθείας της γραφικής παράστασης και να καταγράψετε την τιμή που βρήκατε και τις αντίστοιχες μονάδες μέτρησης.

Κλίση ευθείας: ………..

Ποια η φυσική σημασία της κλίσης αυτής;

Να συγκρίνετε την τιμή της κλίσης με την τιμή της μάζας του συστήματος των δύο σωμάτων.

ΠΕΙΡΑΜΑ Β: Εξάρτηση της επιτάχυνσης από τη μάζα του σώματος - σταθερή δύναμη

Για να δείξουμε ότι η επιτάχυνση του συστήματος είναι αντιστρόφως ανάλογη με τη μάζα του, όταν η δύναμη που το επιταχύνει διατηρείται σταθερή, αλλάζουμε τη μάζα του συστήματος τοποθετώντας στο αμαξάκι βαράκια ή συνδέοντας το με άλλο αμαξάκι.

Η επιτάχυνση μπορεί να υπολογιστεί με τον ίδιο τρόπο όπως προηγουμένως.

Α. Το αμαξάκι συνδέεται με νήμα με το υποζύγιο που έχει μάζα 100 g, δια μέσω της μικρής τροχαλίας. Το σύστημα (αμαξάκι + φορτίο) στη συνέχεια απελευθερώνεται.

Να πάρετε τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου, υ=f(t), χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα κίνησης. Από τη γραφική παράσταση υπολογίζουμε την επιτάχυνση.

Στη συνέχεια, ένα βαράκι τοποθετείται στο αμαξάκι και η διαδικασία επαναλαμβάνεται 4-5 φορές κρατώντας τη μάζα του υποζυγίου σταθερή.

Να συμπληρώσετε τον Πίνακα 2 με τις τιμές της μάζας του συστήματος, την αντίστοιχη πειραματική τιμή της επιτάχυνσης λόγω του φορτίου του υποζυγίου και την αντίστοιχη θεωρητική τιμή της επιτάχυνσης όπως προκύπτει από την εξίσωση 1.

Πίνακας 2

Μάζα συστήματος (kg)	**Επιτάχυνση (πειραματικά, από κλίση υ=f(t)) (m/s^2)**	**Επιτάχυνση (θεωρητικά από Εξ. 1) (m/s^2)**

$m_{υποζυγ.} = ...$ $m_{αμαξ.} = ...$

Β. Να εξηγήσετε που οφείλεται η μικρή διαφορά στις τιμές της πειραματικής με την θεωρητική τιμή της επιτάχυνση του συστήματος.

Γ. Στο πιο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί να σχεδιάσετε ένα σύστημα αξόνων Οx και Οy. Ο άξονας Οx να χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση της μάζας του συστήματος ενώ ο άξονας Οy να χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση της επιτάχυνσης α.

Να σημειώσετε στο χαρτί τα σημεία που αντιστοιχούν στις τιμές m και α του Πίνακα 2, και να χαράξετε την καμπύλη της επιτάχυνσης α που προκαλείται στο αμαξάκι ως προς τη μάζα m του συστήματος.

Δ. Με βάση την μορφή της καμπύλης του γραφήματος να διατυπώσετε το συμπέρασμά σας για τη σχέση ανάμεσα στην επιτάχυνση α του συστήματος και της μάζας του m.

Οι παρατηρήσεις από τα δύο πιο πάνω πειράματα συνοψίζονται στο πιο κάτω συμπέρασμα.

Συμπέρασμα: Η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα υπό την επίδραση μίας __________ δύναμης είναι ευθέως __________αυτής της δύναμης και έχει μέτρο που είναι __________ ανάλογο της __________του σώματος.

Η πιο πάνω πρόταση είναι ο Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα. Συμβολικά ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα γράφεται με τη σχέση:

$$\vec{a} = \frac{1}{m}\sum \vec{F} \quad \text{ή} \quad \sum \vec{F} = m\vec{a}$$

Θ. Να χρησιμοποιήσετε τη δεύτερη σχέση που δίνει τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα για να ορίσετε τη μονάδα μέτρησης της δύναμης.

Ως 1N ορίζεται ____

____

____

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενα μαθήματα, η *κατακόρυφη* ελκτική δύναμη που ασκεί η Γη σε ένα σώμα ονομάζεται **βάρος** του σώματος. Πειραματικά διαπιστώνεται ότι όταν η αντίσταση του αέρα μπορεί να αγνοηθεί, τα σώματα κινούνται υπό την επίδραση της βαρύτητας με την ίδια σταθερή επιτάχυνση, ανεξάρτητα από τη μάζα τους. Η επιτάχυνση αυτή ονομάζεται επιτάχυνση της βαρύτητας ($\vec{g}$), έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς το κέντρο της Γης. Στα προβλήματα που μελετούμε, θεωρούμε ότι το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας είναι σταθερό και το θέτουμε ίσο με $9{,}81\ \text{m/s}^2$.

Με βάση τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, το βάρος ενός σώματος συνδέεται με την επιτάχυνση της βαρύτητας και τη μάζα του σώματος με τη σχέση: $\vec{B} = m\vec{g}$

Εργασία για το σπίτι

Α. Στον Πίνακα 2 να προσθέσετε ακόμη μία στήλη όπου θα υπολογίζετε το αντίστροφο της μάζας του συστήματος, $1/m$.

Στο πιο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί να σχεδιάσετε ένα σύστημα αξόνων Ox και Oy. Ο άξονας Ox αναπαραστά το αντίστροφο της μάζας του συστήματος $1/m$ (στον x-άξονα) ενώ ο άξονας Oy την επιτάχυνση α του συστήματος

Να σημειώσετε στο χαρτί τα σημεία που αντιστοιχούν στις τιμές $1/m$ και α του προηγούμενου πίνακα, και να σχεδιάσετε την καμπύλη της επιτάχυνσης α που προκαλείται στο αμαξάκι ως προς τη μάζα m συστήματος.

Β. Στηριζόμενοι στη μορφή της καμπύλης, να διατυπώσετε το συμπέρασμά σας για τη σχέση ανάμεσα στην επιτάχυνση, α, του συστήματος και το αντίστροφο της μάζας του, $1/m$;

Να περιγράψετε την φυσική σημασία της κλίσης και να την υπολογίσετε.

Να συγκρίνετε την εξαχθείσα τιμή, με τη τιμή της σταθερής δύναμης F που επιταχύνει το σύστημα;

Στατική και Κινητική Τριβή

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 26

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. 193-195, 198-199)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 26: Μελέτη της δύναμης της τριβής

Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

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

Χρόνος: 40 λεπτά

Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 193 - 195

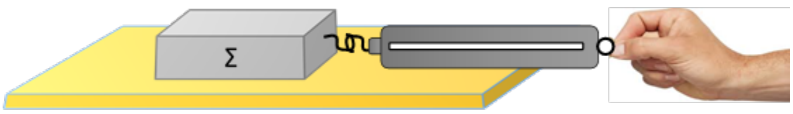
ΠΔ 26.1: Μελέτη τριβής και είδη τριβής

Χρόνος: 25 λεπτά

Α. 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.

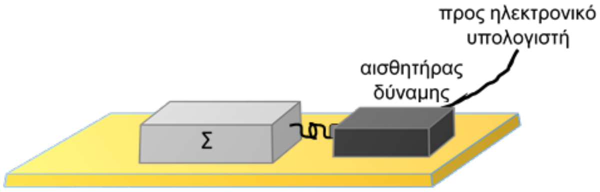


Πίνακας 1

Δύναμη (N)	Κατάσταση κίνησης του σώματος

Β. Να σχολιάσετε τα αποτελέσματα του πειράματος λαμβάνοντας υπόψην 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.

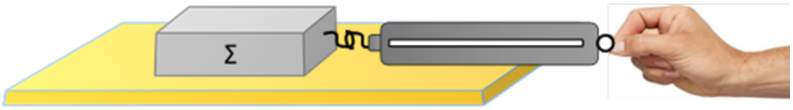
Ε. Να εξηγήσετε πώς μεταβάλλεται η δύναμη της τριβής με τον χρόνο σύμφωνα με την πιο πάνω γραφική παράσταση.

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

ΠΔ 26.2: Εξάρτηση της τριβής από το είδος των τριβομένων επιφανειών

Χρόνος: 15 λεπτά

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



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

Να καταγράψτε 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

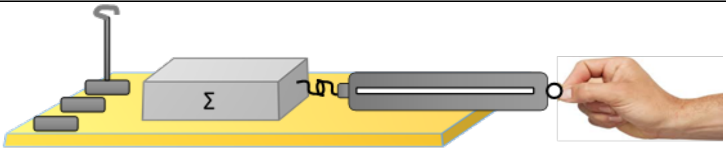
Τριβόμενες Επιφάνειες	Ένδειξη δυναμόμετρου (N)
Ξύλο - Πάγκος	
Γυαλόχαρτο - Πάγκος	
Ξύλο - πάτωμα	
Κόλλα χαρτιού	

Γ. Να γράψετε τις παρατηρήσεις σας.

ΠΔ 26.3: Σχέση κινητικής τριβής και κάθετης δύναμης

Χρόνος: 40 λεπτά

Α. Το σώμα Σ τοποθετείται σε μια οριζόντια επιφάνεια (π.χ. πάγκος) έτσι ώστε να στηρίζεται στην έδρα με το μεγαλύτερο εμβαδόν.



Β. 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 υπολογίστε την κάθετη δύναμη.

Να επαναλάβατε 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;

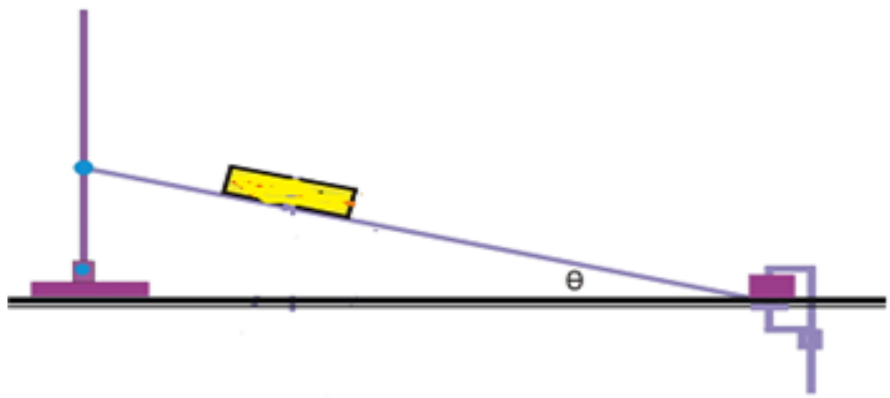
Δ. Στο πιο κάτω χιλιοστομετρικό χαρτί να σχεδιάσετε ένα σύστημα αξόνων Οx και Οy. Ο άξονας Οx θα μετρά την κάθετη δύναμη N (στον άξονα x) και ο άξονας Οy την κινητική τριβή.

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

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

Εφαρμογή

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



Β. 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 θ 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 διαφόρων 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. 203-204)
- Παραδείγματα δράσης - αντίδρασης (σελ. 204-205)
- Διάγραμμα ελεύθερου σώματος (σελ. 205-206)
- Αποτελέσματα χρήση σχοινιών αμελητέας μάζας σε συστήματα σωμάτων σε ισορροπία και κίνηση (σελ. 207-211)
- Χρήση τροχαλιών σε προβλήματα ισορροπίας και κίνησης (σελ. 216-220)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 27: Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα

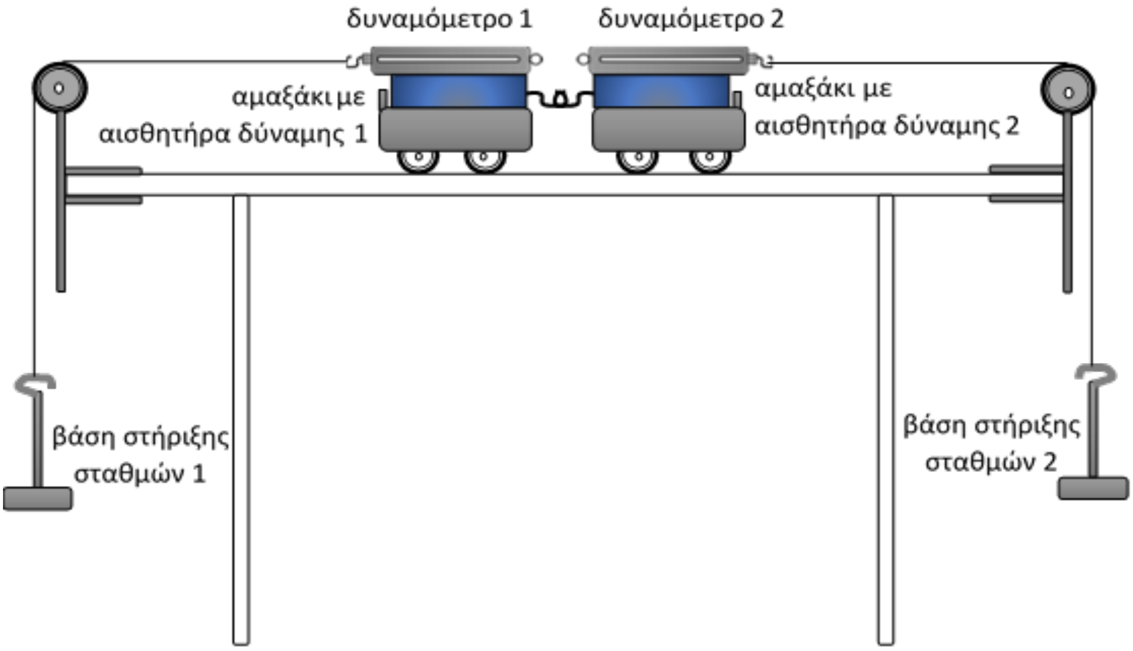
Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:
2 αμαξάκια της Pasco, αλουμινένιος διάδρομος, 2 αισθητήρες δύναμης, υπολογιστής, 2 τροχαλίες, 2 δυναμόμετρα, 2 βάσεις στήριξης σταθμών, σταθμά (100g).

Χρόνος: 40 λεπτά

Α. 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.

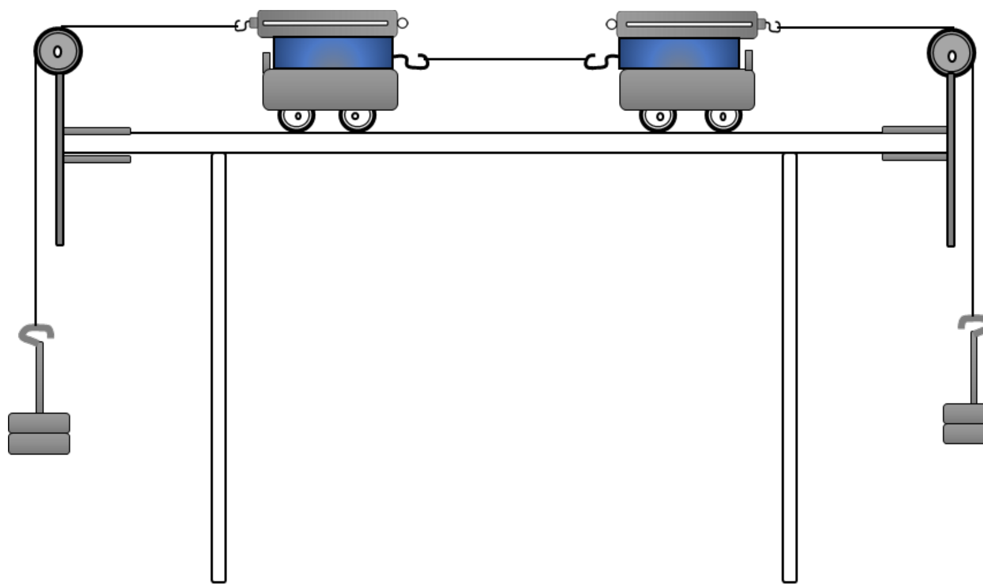


Β. Να τοποθετήσετε στην κάθε βάση στήριξης ένα βαράκι μάζας 100g. Να παρατηρήσετε και να γράψετε τις ενδείξεις των αισθητήρων δύναμης.
Ένδειξη αισθητήρα δύναμης 1: .... Ένδειξη αισθητήρα δύναμης 2: ....

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 απάντηση 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.

Εργασία για το σπίτι.

Να επαναλάβετε την ίδια διαδικασία με το προηγούμενο ερώτημα για τα υπόλοιπα τμήματα της διάταξής (π.χ. αμαξάκι - νήμα - τροχαλία, τροχαλία - νήμα - βάση στήριξης).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Θεώρημα Έργου – Κινητικής Ενέργειας για Σταθερή Συνισταμένη Δύναμη

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 28

Μαθησιακοί στόχοι: Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Γνωρίζουν το θεώρημα έργου – ενέργειας για κίνηση σε μια δίασταση υπό σταθερή συνισταμένη δύναμη
- Διατυπώνουν τον ορισμό του έργου σταθερής δύναμης και των μονάδων του
- Ορίζουν τον ορισμό της κινητικής ενέργειας σώματος
- Προσδιορίζουν το έργο του βάρους ενός σώματος που μετατοπίζεται κατακόρυφα ή κατά μήκος κεκλιμένου επιπέδου
- Γνωρίζουν τον ορισμό της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας και της μηχανικής ενέργειας συστήματος σώματος – Γης
- Περιγράφουν τις μετατροπές μεταξύ βαρυτικής δυναμικής και κινητικής ενέργειας κατά την κίνηση σώματος υπό την επίδραση του βάρους του
- Αναδεικνύουν την αρχή διατήρησης μηχανικής ενέργειας

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 4** του Βιβλίου Μαθητή:

- Θεώρημα έργου ενέργειας (σελ. 232-234)
- Έργο σταθερής δύναμης (σελ. 234)
- Κινητική ενέργεια σώματος (σελ. 235)
- Έργο βάρους σώματος (σελ. 238-239)
- Βαρυτική δυναμική ενέργεια (σελ. 252-253 και 256-259)
- Μηχανική ενέργεια συστήματος σώματος – Γης (σελ. 259-260)
- Μετατροπές μεταξύ βαρυτικής δυναμικής και κινητικής ενέργειας κατά την κίνηση σώματος υπό την επίδραση του βάρους του (σελ. 260-263)

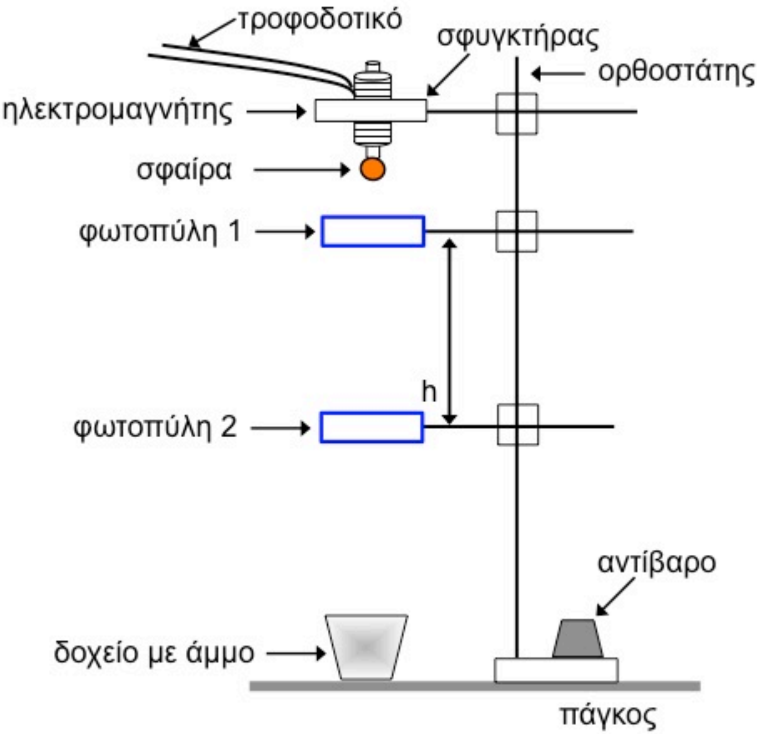
Προτεινόμενη Δραστηριότητα 28: Επαλήθευση του Θεωρήματος Έργου – Κινητικής Ενέργειας για Σταθερή Συνισταμένη Δύναμη σε κατακόρυφη κίνηση

Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Μεταλλική σφαίρα διαμέτρου 25mm, δύο φωτοπύλες, ορθοστάτης 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 ορθοστάτη στον πάγκο και να στερεώσετε την βάση του. Στο υψηλότερο τμήμα του ορθοστάτη 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 την συνδεσμολογία των φωτοπυλών με το χρονόμετρο με τέτοιο τρόπο ώστε το χρονόμετρο να μετρά τον χρόνο διέλευσης της σφαίρας από την κάθε 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 καθώς η σφαίρα διέρχεται από τη φωτοπύλη, να διακόπτει την δέσμη του φωτός κατά μήκος της διαμέτρου της.

Να ζυγίσετε τη σφαίρα και να μετρήσετε τη διάμετρό της με το διαστημόμετρο ή το μικρόμετρο. Να καταγράψετε τα αποτελέσματα των μετρήσεων στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1

	Μάζα, m(g)	Διάμετρος, d(mm)
Σφαίρα		

Α. Να τοποθετήσετε την δεύτερη φωτοπύλη σε απόσταση 40cm από την πρώτη. φωτοπύλη. Να τοποθετήσετε την μεταλλική σφαίρα στην άκρη του ηλεκτρομαγνήτη και διακόψτε το κύκλωμα ώστε να πέσει η σφαίρα.

Να καταγράψτε στον Πίνακα 2 την απόσταση των δύο φωτοπυλών και τους χρόνους διέλευσης της σφαίρας από την πρώτη και δεύτερη φωτοπύλη. Επαναλάβετε τη διαδικασία 3 φορές.

Να αυξήσετε την απόσταση των δύο φωτοπυλών κατά 20cm και να επαναλάβετε τις προηγούμενες μετρήσεις.

Πίνακας 2

h (cm)	Χρόνος διέλευσης – Φωτοπύλη 1			Χρόνος διέλευσης – Φωτοπύλη 2		
	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)
40						
	$t_{μέσος}$ =			$t_{μέσος}$ =		
60						
	$t_{μέσος}$ =			$t_{μέσος}$ =		

Β. Να υπολογίσετε τον μέσο όρο των τριών μετρήσεων χρόνου που πήρατε για κάθε απόσταση και για κάθε σφαίρα και να συμπλήρωσετε τις κατάλληλες τιμές στον Πίνακα 2.

Ποιος είναι κατά την γνώμη σας ο λόγος που πρέπει να ρυθμίσετε τις φωτοπύλες ώστε η σφαίρα να διακόπτει την δέσμη του φωτός κατά μήκος της διαμέτρου της καθώς διέρχεται από την φωτοπύλη;

Γ. Να αντιγράψετε τις αποστάσεις και τις μέσες τιμές του Πίνακα 2, στον Πίνακα 3 και να υπολογίσετε για κάθε περίπτωση την ταχύτητα της σφαίρας καθώς διέρχεται από τις δύο φωτοπύλες και να συμπληρώσετε τις αντίστοιχες στήλες.

Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια της σφαίρας σε κάθε περίπτωση και για τις θέσεις της κάθε φωτοπύλης και να συμπληρώσετε τις αντίστοιχες στήλες του Πίνακα 3.

Πίνακας 3

h**(cm)**	**Φωτοπύλη 1**			**Φωτοπύλη 2**		
	$t_{μέσο}$ (s)	υ (m/s)	$E_{κιν}$ (J)	$t_{μέσο}$ (s)	υ (m/s)	$E_{κιν}$ (J)
40						
60						

Δ. Αν θεωρήσουμε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα για τις ταχύτητες της σφαίρας που μελετούμε, η σφαίρα κινείται εξαιτίας της επίδρασης μόνο του βάρους της.

Να υπολογίσετε το έργο του βάρους της σφαίρας από την θέση εκκίνησης (θέση 0) στη φωτοπύλη 1 (θέση 1) και από τη θέση εκκίνησης (θέση 0) στη φωτοπύλη 2 (θέση 2) καθώς και για την μετατόπιση της σφαίρας μεταξύ των δύο φωτοπυλών.

Πίνακας 4

Περίπτωση 1		**Περίπτωση 2**	
$W_{0\to1} =$	$\Delta E^{κιν}_{0\to1} =$	$W_{0\to1} =$	$\Delta E^{κιν}_{0\to1} =$
$W_{0\to2} =$	$\Delta E^{κιν}_{0\to2} =$	$W_{0\to2} =$	$\Delta E^{κιν}_{0\to2} =$
$W_{1\to2} =$	$\Delta E^{κιν}_{1\to2} =$	$W_{1\to2} =$	$\Delta E^{κιν}_{1\to2} =$

Ε. Να συγκρίνετε το έργο του βάρους στην κάθε περίπτωση με την αντίστοιχη μεταβολή της κινητικής ενέργειας της σφαίρας.

Υπάρχουν επιπλέον δυνάμεις που μπορούν να ασκούνται στην σφαίρα; Ποια τα συμπεράσματά σας από τα προηγούμενα αποτελέσματα;

Θ. Υπάρχουν συστηματικά σφάλματα που επηρεάζουν τις μετρήσεις σας; Ποια κατά την γνώμη σας είναι τα σημαντικότερα και πως θα μπορούσατε να διορθώσετε;

Μετατροπές μεταξύ Βαρυτικής Δυναμικής Ενέργειας και Κινητικής Ενέργειας

Η. Χρησιμοποιώντας μόνο τη μια φωτοπύλη, να πάρετε μετρήσεις του χρόνου διέλευσης της σφαίρας από την φωτοπύλης για 6 διαφορετικές θέσεις της από το σημείο εκκίνησης της σφαίρας, ξεκινώντας από 10cm και αλλάζοντας την θέση ανά 10 cm κάθε φορά. Κάθε μέτρηση να την επαναλάβετε τρεις φορές. Καταγράψτε τα αποτελέσματά σας στο Πίνακα 5.

Να συμπληρώσετε κατόπιν τις τιμές του μέσου όρου του χρόνου διέλευσης, της ταχύτητας, της κινητικής ενέργειας της σφαίρας, της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας και ολικής μηχανικής ενέργειας για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 5

	h = 10 cm	h = 20 cm	h = 30 cm	h = 40 cm	h = 50 cm	h = 60 cm
t_1 (s)						
t_2 (s)						
t_3 (s)						
$t_{μέσος}$ (s)						
υ (m/s)						
$E^{κιν}$ (J)						
$U_{βαρ.}$ (J)						
$E_{μηχ.}$ (J)						

Ι. Στο παρακάτω χιλιοστομετρικό χαρτί, να κάνετε το γράφημα της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας, $U_{\beta\alpha\rho.}$, κινητικής ενέργειας, $E^{\kappa\iota\nu}$, και μηχανικής ενέργειας, $E_{\mu\eta\chi}$, σε σχέση με την απόσταση της φωτοπύλης από το σημείο εκκίνησης της σφαίρας. Θα πρέπει να κάνετε και τις τρεις γραφικές χρησιμοποιώντας τους ίδιους άξονες.

Κ. Να γράψετε τα συμπεράσματά σας.

Διατήρηση της Μηχανικής Ενέργειας

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 29

Μαθησιακοί στόχοι: Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Γνωρίζουν ότι το βάρος είναι διατηρητική δύναμη
- Ορίζουν την κινητική ενέργεια σώματος, την βαρυτική δυναμική ενέργεια και την αντίστοιχη μηχανική ενέργεια συστήματος σώματος – Γης
- Περιγράφουν τις μετατροπές μεταξύ της δυναμικής και κινητικής ενέργειας κατά την κίνηση σώματος υπό την επίδραση του βάρους του
- Διερευνούν και αναδεικνύουν την αρχή της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας
- Αναδεικνύουν από το θεώρημα έργου - κινητικής ενέργειας ότι στην περίπτωση που ενεργούν στο σώμα άλλες δυνάμεις εκτός από το βάρος/δύναμη ελατηρίου, η μηχανική ενέργεια δεν διατηρείται
- Έργο της δύναμης της Τριβής

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 4** του Βιβλίου Μαθητή:

- Διατηρητικές δυνάμεις (σελ. 253-254)
- Κινητική ενέργεια σώματος, δυναμική ενέργεια και μηχανική ενέργεια συστήματος σώματος – Γης (σελ. 235, 256-259 και 259-260)
- Μετατροπές μεταξύ κινητικής και βαρυτικής δυναμικής ενέργειας για σώμα που κινείται υπό την επίδραση του βάρους του (σελ. 260-263)
- Μή διατήρηση της μηχανικής ενέργειας συστήματος σώματος – Γης όταν στο σώμα ασκούνται επιπρόσθετες δυνάμεις εκτός από το βάρος (σελ. 263-266)
- Έργο δύναμης της Τριβής (σελ. 264)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 29: Αρχή διατήρησης Μηχανικής Ενέργειας

Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Διάταξη Roller Coaster της Pasco, φωτοπύλες, διασύνδεση, ζυγαριά, χάρακας, ηλεκτρονικός υπολογιστής.

Χρόνος: 40 λεπτά

Α. Να συναρμολογήσετε την πιο κάτω τροχιά στο roller coaster. Να στερεώσετε τις φωτοπύλες σε δύο τυχαίες θέσεις και να τις συνδέσετε με τη διασύνδεση. Οι φωτοπύλες θα πρέπει να είναι κάθετες στο διάφραγμα του αυτοκινήτου.

Α. Να αφήσετε το αυτοκινητάκι να κινηθεί ελεύθερο όπως φαίνεται στο πιο πάνω σχήμα.
Να γράψετε σε ποια θέσεις έχει τη μεγαλύτερη και μικρότερη βαρυτική δυναμική ενέργεια.

____

____

____

Να γράψετε σε ποια θέσεις έχει τη μεγαλύτερη και μικρότερη κινητική ενέργεια.

____

____

____

Να περιγράψετε ποιες μετατροπές ενέργειας γίνονται κατά την κίνηση του αμαξιού στην τροχιά του roller coaster
______________________________ ______________________________ ______________________________

Β. Να ζυγίσετε το αυτοκινητάκι του roller coaster και να καταγράψετε την μάζα του.
$m = \cdots \ldots\ldots\ldots..$
Χρησιμοποιώντας τον χάρακα να μετρήσετε το ύψος της αρχικής θέσης του μέσου του αυτοκινήτου (στο σημείο που στερεώνεται το χαρτονάκι) ως προς τον πάγκο. Να μετρήσετε επίσης τις θέσεις του μέσου του αυτοκινήτου από τον πάγκο όταν περνά από τις φωτοπύλες. Να καταγράψετε τις τιμές που μετρήσατε με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.
$h_0 = \cdots \ldots\ldots\ldots\ldots$ $h_1 = \cdots \ldots\ldots..\ldots$ $h_2 = \cdots \ldots\ldots.\ldots$
Να υπολογίσετε τη βαρυτική δυναμική ενέργεια στις τρεις θέσεις. ($U_{\beta\alpha\rho} = mgh$)
$U_{\beta\alpha\rho 0} = \cdots \ldots\ldots..\ldots$ $U_{\beta\alpha\rho 1} = \cdots \ldots\ldots..\ldots$ $U_{\beta\alpha\rho 2} = \cdots \ldots\ldots.\ldots$

Γ. Να τοποθετήσετε το αυτοκινητάκι στην υψηλότερη θέση και να αφήσετε να κινηθεί ελεύθερο. Με τις φωτοπύλες να μετρήσετε και να καταγράψετε τις ταχύτητες του αυτοκινήτου στις θέσεις 1 και 2 χρησιμοποιώντας τις σωστές μονάδες και σημαντικά ψηφία.
$\upsilon_0 = 0$ $\upsilon_1 = \cdots \ldots\ldots..\ldots$ $\upsilon_2 = \cdots \ldots\ldots.\ldots$
Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια του αμαξιού στις πιο πάνω θέσεις. ($E_\kappa = \frac{1}{2}m\upsilon^2$)

$$E_{\kappa 0} = \cdots \ldots \ldots . . \ldots$$
$$E_{\kappa 1} = \cdots \ldots \ldots . . \ldots$$
$$E_{\kappa 2} = \cdots \ldots \ldots . \ldots$$

Δ. Να υπολογίσετε την Μηχανική ενέργεια του αυτοκινήτου στις τρεις πιο πάνω θέσεις. ($E_{\mu} = U_{\beta\alpha\rho} + E_{\kappa}$)

$$E_{\mu 0} = \cdots \ldots \ldots . . \ldots$$
$$E_{\mu 1} = \cdots \ldots \ldots . . \ldots$$
$$E_{\mu 2} = \cdots \ldots \ldots . \ldots$$

Να γράψετε τις παρατηρήσεις σας όσον αφορά τα πιο πάνω αποτελέσματα.

____

____

____

Ποια συμπεράσματα εξάγετε από τα προηγούμενα αποτελέσματά σας; Διατηρείται η μηχανική ενέργεια; Αν όχι, που οφείλεται η απώλεια της ενέργειας;

____

____

____

Ε. Να τοποθετήσετε επιπλέον βαράκια πάνω στο αυτοκινητάκι αυξάνοντας τη μάζα του. Να μετακινήσετε επίσης τις φωτοπύλες ώστε οι θέσεις τους να συμπίπτουν με την αρχή και το τέλος του οριζόντιου ευθύγραμμου τμήματος της τροχιάς.

Από το υψηλότερο σημείο της τροχιάς να αφήσετε το αυτοκινητάκι να κινηθεί ελεύθερο. Χρησιμοποιώντας τις φωτοπύλες να μετρήσετε τις ταχύτητες του αυτοκινήτου καθώς περνά από τις θέσεις στις οποίες βρίσκονται. Να καταγράψετέ τις ταχύτητες αυτές.

$$\upsilon_3 = \cdots \ldots \ldots . . \ldots$$
$$\upsilon_4 = \cdots \ldots \ldots . \ldots$$

Να εφαρμόσετε το θεώρημα κινητικής ενέργειάς – έργου και να υπολογίσετε την (μέση) τριβή που ασκείται στο αυτοκινητάκι καθώς κινείται από την μια φωτοπύλη στην άλλη.

Ποιό το έργο του βάρους κατά μήκος του οριζόντιου ευθύγραμμου τμήματος της τροχιάς;

Ζ. Χρησιμοποιώντας το προηγούμενο αποτέλεσμά σας να υπολογίσετε τον συντελεστή κινητικής τριβής μεταξύ του αυτοκινήτου και της επιφάνειας της τροχιάς.

Να εξηγήσετε ποσοτικά με βάση το αποτέλεσμα αυτό την απώλεια μηχανικής ενέργειας που παρατηρήσατε στο βήμα **Γ** της δραστηριότητας μεταξύ των θέσεων των δύο φωτοπυλών.

Θα πρέπει να μετρήσετε το μήκος της τροχιάς από τη μία φωτοπύλη στην άλλη καθώς και την κλίση των δύο πλάγιων τμημάτων.

Έργο Δύναμης Ελατηρίου - Μετατροπή Δυναμικής Ενέργειας Ελατηρίου σε Κινητική Ενέργεια

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 30

Μαθησιακοί στόχοι: Οι μαθητές/ριες μαθαίνουν να:

- Γνωρίζουν την ισχύ του θεωρήματος έργου-κινητικής ενέργειας για μεταβαλλόμενη δύναμη
- Προσδιορίζουν γραφικά το έργο της δύναμης ελατηρίου
- Γνωρίζουν ότι η δύναμη του ελατηρίου είναι συντηρητική δύναμη
- Εφαρμόζουν το θεώρημα έργου – κινητικής ενέργειας για σώμα που κινείται υπό την επίδραση οριζόντιου ελατηρίου
- Ορίζουν την δυναμική ενέργεια και μηχανική ενέργεια συστήματος σώματος – ελατηρίου
- Περιγράφουν τις μετατροπές μεταξύ δυναμικής και κινητικής ενέργειας κατά την κίνηση σώματος προσδεδεμένου σε οριζόντιο ελατήριο
- Αναδεικνύουν ότι η μηχανική ενέργεια συστήματος σώματος – οριζόντιου ελατηρίου διατηρείται όταν δεν ασκούνται στο σώμα άλλες δυνάμεις εκτό από τη δύναμη ελατηρίου

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 4** του Βιβλίου Μαθητή:

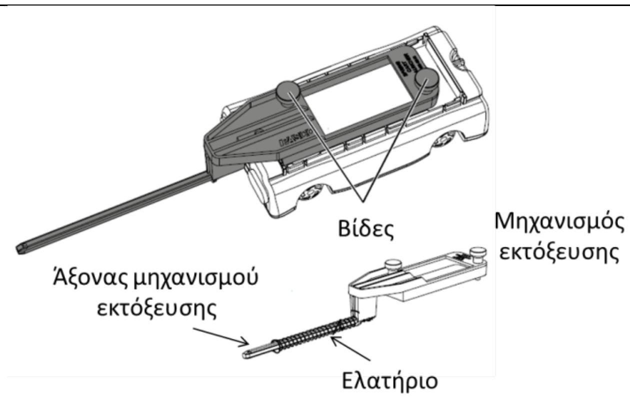
- Θεώρημα έργου-κινητικής ενέργειας για μεταβαλλόμενη δύναμη (σελ. 246-247)
- Γραφικός υπολογισμός έργου μεταβαλλόμενης δύναμης (σελ. 247-249)
- Έργο δύναμης ελατηρίου (σελ. 270)
- Δυναμική ενέργεια συστήματος ελατηρίου-σώματος (σελ. 272-273)
- Μηχανική ενέργεια συστήματος οριζόντιου ελατηρίου-σώματος (σελ. 273)
- Μετατροπές μεταξύ δυναμικής και κινητικής ενέργειας για σύστημα σώματος - ελατηρίου (σελ. 274)
- Σύστημα σώματος και οριζόντιου ελατηρίου σε επαφή με μή λεία επιφάνεια (σελ. 278)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 30: Έργο Δύναμης Ελατηρίου – Μετατροπή Δυναμικής Ενέργειας Ελατηρίου σε Κινητική Ενέργεια.

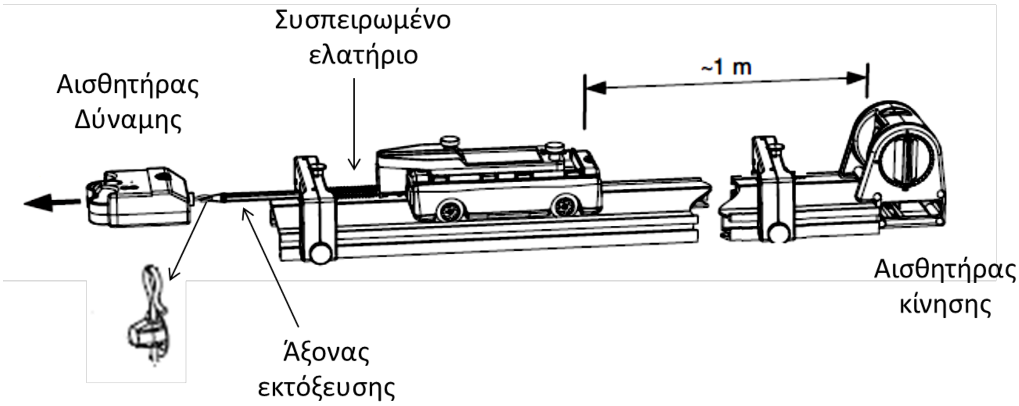
Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Αμαξάκι της Pasco, αλουμινένιος διάδρομος, αισθητήρας κίνησης, χαρτόνι, αισθητήρας δύναμης, μηχανισμός εκτόξευσης αμαξιδίου (spring cart launcher), ελατήριο.

Χρόνος: 40 λεπτά

Α. Να προσαρμόσετε στο αμαξάκι τον μηχανισμό εκτόξευσης. Να περάσετε το ελατήριο στον άξονα του μηχανισμού, και να ζυγίσετε το σύστημα ελατήριο - αμαξάκι - μηχανισμός εκτόξευσης. $m_{συστ.} = ...$	

Β. Να τοποθετήσετε το αμαξάκι στον αλουμινένιο διάδρομο. Ο άξονας εκτόξευσης θα πρέπει να περνά μέσα από την οπή του εμποδίου στο τέλος του διαδρόμου.



Γ. Να προσαρμόστε τον αισθητήρα δύναμης στο άκρο του άξονα εκτόξευσης, και αφού θέσετε σε λειτουργία το σύστημα λήψης δεδομένων, να τραβήξετε σιγά – σιγά τον αισθητήρα δύναμης, προκαλώντας συσπείρωση του ελατηρίου. Με τις κατάλληλες διαδικασίες του λογισμικού να πάρετε την γραφική παράσταση Δύναμης – Θέσης για το ελατήριο.

Δ. Να επικολλήσετε στον πιο κάτω χώρο την γραφική παράσταση Δύναμης – θέσης.

Ε. Από την παραπάνω γραφική παράσταση Δύναμης – Θέσης, να υπολογίσετε το έργο της δύναμης του ελατηρίου.

____

____

Ζ. Ποιά είναι η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου για τη μέγιστη συσπείρωση που προκαλέσατε στο ελατήριο;
____   ____
Η. Να τραβήξετε τη βελόνα που κρατά τον αισθητήρα δύναμης στον άξονα εκτόξευσης ώστε να κινηθεί ελεύθερα το σύστημα ελατήριο - αυτοκινητάκι. Χρησιμοποιώντας τον αισθητήτα κίνησης και με τις κατάλληλες διαδικασίες του λογισμικού, να πάρετε τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου για το σύστημα ελατήριο – αυτοκινητάκι.   Να επικολλήσετε την γραφική παράσταση στον παρακάτω χώρο.
Θ. Από τη γραφική παράσταση ταχύτητας χρόνου, να υπολογίσετε τη μέγιστη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του συστήματος ελατήριο - αμαξάκι.
____   ____   ____

Ι. Η μηχανική ενέργεια του συστήματος ελατήριο - αυτοκινητάκι διατηρείται σταθερή;

Κ. Η δύναμη του ελατηρίου είναι η μόνη δύναμη που κινεί το σύστημα ελατήριο–αυτοκινητάκι; Να εξηγήσετε την απάντησή σας.
Λ. Στην περίπτωση που ασκούνται και άλλες εξωτερικές δυνάμεις στο σύστημα, να υπολογίσετε το συνολικό τους έργο.
Μ. Ποια/ες μπορεί να είναι οι εξωτερικές δυνάμεις που πιθανόν να ασκούνται στο σύστημα ελατήριο – αυτοκινητάκι; Να εξηγήσετε την απάντησή σας.