

ΦΥΣΙΚΗ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Α' ΤΑΞΗΣ ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΒΙΒΛΙΟ ΚΑΘΗΓΗΤΗ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ

Παναγιώτης Β. Κόκκοτας, Καθηγητής της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Ιωάννης Α. Βλάχος, Διδάκτορας, Σχολικός Σύμβουλος του κλάδου ΠΕ4.

Ιωάννης Γ. Γραμματικάκης, Επίκουρος Καθηγητής Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Βασίλης Α. Καραπαναγιώτης, Φυσικός, Καθηγητής Πειραματικού Σχολείου Πανεπιστημίου Αθηνών.

Παναγιώτης Β. Κόκκοτας, Καθηγητής της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Περικλής Εμ. Περιστερόπουλος, Φυσικός, Υποψήφιος Διδάκτορας, Καθηγητής στο 3ο Λύκειο Βύρωνα.

Γιώργος Β. Τιμοθέου, Φυσικός, Λυκειαρχής στο 2ο Λύκειο Αγ. Παρασκευής.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ

Φλυτζάνης Νικόλαος (Πρόεδρος), Καθηγητής Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Καλοψικάκης Εμμανουήλ, Φυσικός, τ. Σχολικός Σύμβουλος.

Ξενάκης Χρήστος, Δρ. Φυσικός, Σχολικός Σύμβουλος Φθιώτιδος.

Πάλλας Δήμος, Φυσικός, Υποδιευθυντής 1ου Λυκείου Λαμίας.

Στεφανίδης Κωνσταντίνος, Δρ. Φυσικός, Σχολικός Σύμβουλος Πειραιά.

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

Σωτηρία Θεοδωρίδου, Φυσικός, Καθηγήτρια στο Ενιαίο Λύκειο Λαυρίου

ΕΚΔΟΤΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ

Εκδοτικές Τομές Ορόσημο Α.Ε.

ATÉLIER: ART CHOICE

Σχεδιασμός/Ηλεκτρονική σελιδοποίηση/Φιλμς

Διεύθυνση δημιουργικού: **Δημήτρης Κορωνάκος**

Υπεύθυνη Atélier: **Κασσάνδρα Παξιμάδη**

Φωτοστοιχειοθεσία: **Ιωάννα Φατούρου**

Επεξεργασία εικόνων: **Άννα Νικηταρά**

Σχεδιασμός εικόνων: **Ελένη Μπέλμπα**

Σύμβουλος τεχν. υποστήριξης: **Αλέκος Αναγνωστόπουλος**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Γιώργο Μπουργανό για τη συμβολή του στην εύρεση των Ηλεκτρονικών Δευθύνσεων.

Οι συγγραφείς

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

ΙΩΑΝΝΗΣ Α. ΒΛΑΧΟΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Β. ΚΟΚΚΟΤΑΣ

ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑΚΗΣ

ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΕΜ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΟΠΟΥΛΟΣ

ΒΑΣΙΛΗΣ Α. ΚΑΡΑΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΓΙΩΡΓΟΣ Β. ΤΙΜΟΘΕΟΥ

ΦΥΣΙΚΗ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Α΄ ΤΑΞΗΣ ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΒΙΒΛΙΟ ΚΑΘΗΓΗΤΗ

**ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ**

Το παρόν έγινε στο πλαίσιο του

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ & ΑΡΧΙΚΗΣ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ (Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ.)

Υποπρόγραμμα 1: ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

**Μέτρο 1.1: ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΝΙΚΗΣ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**

Ενέργεια 1.1α: Προγράμματα - βιβλία

**ΕΡΓΟ: ΑΝΑΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ**

Με απόφαση της Ελληνικής κυβέρνησης, τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 Ευθύγραμμη κίνηση.....	65
Διδακτική ενότητα 1η: Ύλη και κίνηση (1.1.1), Ο προσδιορισμός της θέσης ενός σωματίου (1.1.2), Οι έννοιες της χρονικής στιγμής, του συμβάντος και της χρονικής διάρκειας (1.1.3), Η μετατόπιση σωματίου πάνω σε άξονα (1.1.4).	66
Διδακτική ενότητα 2η: Η έννοια της ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (1.1.5). Η έννοια της μέσης ταχύτητας (1.1.6).	68
Διδακτική ενότητα 3η: Η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας (1.1.7). Η έννοια της επιτάχυνσης στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση (1.1.8).	70
Διδακτική ενότητα 4η: Οι εξισώσεις προσδιορισμού της ταχύτητας και της θέσης ενός κινητού στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση (1.1.9).	70
1.2 Δυναμική σε μία διάσταση.....	75
Διδακτική ενότητα 1η: Η έννοια της δύναμης (1.2.1), Σύνθεση συγγραμικών δυνάμεων (1.2.2).	76
Διδακτική ενότητα 2η: Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα (1.2.3), Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα ή θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής (1.2.4).	78
Διδακτική ενότητα 3η: Η έννοια του βάρους (1.2.5), Η έννοια της μάζας (1.2.6).	80
Διδακτική ενότητα 4η: Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων (1.2.7), Σύγχρονοι τρόποι μελέτης των κινήσεων (1.2.8).	82
1.3 Δυναμική στο επίπεδο.....	85
Διδακτική ενότητα 1η: Τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Νόμος δράσης – αντίδρασης (1.3.1). Δυνάμεις από επαφή και από απόσταση (1.3.2).	86
Διδακτική ενότητα 2η: Σύνθεση δυνάμεων στο επίπεδο (1.3.3). Ανάλυση δύναμης σε συνιστώσες (1.3.4).	88
Διδακτική ενότητα 3η: Σύνθεση πολλών ομοεπιπέδων δυνάμεων (1.3.5). Ισορροπία ομοεπιπέδων δυνάμεων (1.3.6).	89
Διδακτική ενότητα 4η: Νόμος της τριβής (1.3.7).	91
Διδακτική ενότητα 5η: Οριζόντια βολή (1.3.8).	94
Διδακτική ενότητα 6η: Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα σε διανυσματική και αλγεβρική μορφή (1.3.9).	96
Διδακτική ενότητα 7η: Ομαλή κυκλική κίνηση (1.3.10).	97
Διδακτική ενότητα 8η: Κεντρομόλος δύναμη (1.3.11).	99
Διδακτική ενότητα 9η: Μερικές περιπτώσεις κεντρομόλου δύναμης (1.3.12).	101

1.4 Η βαρύτητα	106
Διδακτική ενότητα 1η: Νόμος της παγκόσμιας έλξης. Πεδίο βαρύτητας (1.4.1).	107
Διδακτική ενότητα 2η: Η ένταση στο βαρυτικό πεδίο της Γης (1.4.2). Το πεδίο βαρύτητας κοντά στη Γη (1.4.3).	108
Διδακτική ενότητα 3η: Η κίνηση των δορυφόρων (1.4.4). Φαινομενική έλλειψη βάρους (1.4.5).	109
 2.1 Διατήρηση της ορμής	113
Διδακτική ενότητα 1η: Η έννοια του συστήματος. Εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις (2.1.1).	114
Διδακτική ενότητα 2η: Το φαινόμενο της κρούσης (2.1.2), Η έννοια της ορμής (2.1.3) Η δύναμη και η μεταβολή της ορμής (2.1.4).	116
Διδακτική ενότητα 3η: Η αρχή διατήρησης της ορμής (2.1.5), Μεγέθη που δεν διατηρούνται στην κρούση (2.1.6), Εφαρμογές της διατήρησης της ορμής (2.1.7).	118
 2.2 Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας	124
Διδακτική ενότητα 1η: Η έννοια του έργου (2.2.1).	125
Διδακτική ενότητα 2η: Έργο βάρους και μεταβολή της κινητικής ενέργειας (2.2.2).	127
Διδακτική ενότητα 3η: Η δυναμική ενέργεια (2.2.3).	128
Διδακτική ενότητα 4η: Η μηχανική ενέργεια (2.2.4).	128
Διδακτική ενότητα 5η: Συντηρητικές (ή διατηρητικές δυνάμεις) (2.2.5).	129
Διδακτική ενότητα 6η: Η ισχύς (2.2.6).	130
Διδακτική ενότητα 7η: Η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας στην οριζόντια βολή (2.2.7).	131
Διδακτική ενότητα 8η: Η τριβή και η μηχανική ενέργεια (2.2.8).	131
 2.3 Διατήρηση της ολικής ενέργειας	135
Διδακτική ενότητα 1η: Η κινητική θεωρία της ύλης και η θερμοότητα (2.3.1).	136
Διδακτική ενότητα 2η: Ιδιότητες των αερίων (2.3.2).	137
Διδακτική ενότητα 3η: Εσωτερική ενέργεια (2.3.3) Θερμότητα και διατήρηση της ολικής ενέργειας (2.3.4).	138
Διδακτική ενότητα 4η: Η θερμοότητα και η μηχανική ενέργεια (2.3.5). Μηχανές και ενέργεια (2.3.6).	140
Διδακτική ενότητα 5η: Η απόδοση της μηχανής (2.3.7). Η υποβάθμιση της ενέργειας (2.3.8).	141
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Λύσεις ασκήσεων και προβλημάτων	145
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	191
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	197

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η διδασκαλία της Φυσικής ως μαθήματος γενικής Παιδείας στο Ενιαίο Λύκειο.

Θεωρούμε ότι με τον όρο “γενική Παιδεία”* εννοούμε την αγωγή και τη μόρφωση που πρέπει να πάρουν οι νέοι και οι νέες της Πατρίδας μας ώστε οι γνώσεις, οι δεξιότητες και οι στάσεις που θα αποκτήσουν να τους επιτρέπουν να αναπτυχθούν αρμονικά και να ζήσουν σε ένα κόσμο που συνεχώς μεταβάλλεται. Θα μπορούσε να υποστηρίξει κάποιος ότι η γενική παιδεία πρέπει να δίνεται στους νέους και τις νέες της υποχρεωτικής εκπαίδευσης για λόγους ισότητας των ευκαιριών, αφού η εκπαίδευση αυτή αφορά σχεδόν εις το σύνολο του μαθητικού πληθυσμού. Η επέκταση της γενικής Παιδείας στο Λύκειο αποτελεί κατά τη γνώμη μας προσφορά της πολιτείας στους νέους και τις νέες της χώρας. Αυτού του είδους η εκπαίδευση που κατά βάση είναι ανθρωπιστικού χαρακτήρα με βασικές γνώσεις στις θετικές επιστήμες συμβάλλει στην πνευματική καλλιέργεια των νέων, στην καλύτερη ένταξή τους στο κοινωνικό σύνολο και στην αγορά εργασίας.

Μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η διδασκαλία της Φυσικής ως μαθήματος γενικής Παιδείας επεκτείνει και εμπεδώνει τον **επιστημονικό και τεχνολογικό αλφαριθμητισμό** που οι μαθητές και οι μαθήτριες απέκτησαν στο Δημοτικό και στο Γυμνάσιο.

1.2 Σκοποί του Αναλυτικού Προγράμματος της Φυσικής.

Οι σκοποί της διδασκαλίας της Φυσικής ως μαθήματος γενικής Παιδείας όπως περιγράφονται από το αναλυτικό πρόγραμμα είναι οι εξής:

Η Φυσική Γενικής Παιδείας, στις τάξεις Α, Β και Γ Λυκείου είναι μάθημα γενικών γνώσεων με κύριο σκοπό οι μαθητές:

1. Να προσεγγίσουν ποιοτικά, ποσοτικά και πειραματικά βασικές έννοιες και νόμους της Φυσικής, οι οποίοι θα τους επιτρέψουν να κατανοήσουν πώς λειτουργούν πολλές συσκευές και μηχανές από την καθημερινή ζωή, καθώς επίσης και μερικά τυπικά φυσι-

* Το πακέτο μας με τα Βιβλία του Μαθητή, αξιολογήθηκε από την κριτική επιτροπή, ως το καλύτερο μεταξύ των όσων υποβλήθηκαν προς κρίση.

κά φαινόμενα που θα συναντήσουν στη ζωή τους.

2. Να ασκηθούν στην παρατήρηση, περιγραφή / ερμηνεία και πρό-δλεψη των φυσικών φαινομένων.
3. Να καλλιεργήσουν νοητικές δεξιότητες για την αντιμετώπιση προβλημάτων, αναπτύσσοντας κριτική σκέψη, δημιουργική φαντασία και ικανότητα επικοινωνίας.
4. Να αποκτήσουν πρακτικές δεξιότητες με το χειρισμό οργάνων, διατάξεων και συσκευών.
5. Να κατανοήσουν το νόημα του καταμερισμού του έργου κατά την ομαδική εργασία και να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας και αμοιβαίου σεβασμού.
6. Να κατανοήσουν τον κεντρικό ρόλο της Φυσικής Επιστήμης στην ανάπτυξη της τεχνολογίας, η οποία με παράλληλο σεβασμό στο περιβάλλον, έχει ως συνέπεια τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής των ανθρώπων.
7. Να εκτιμήσουν τη συμβολή των μεγάλων επιστημόνων και εφευρετών στην πρόοδο της Φυσικής και στην ανάπτυξη της αντίστοιχης τεχνολογίας που αυτή συνεπάγεται.
8. Να αντιληφθούν την αλληλεπίδραση μεταξύ της εξέλιξης της Φυσικής και των αντίστοιχων κοινωνικοοικονομικών αλλαγών.

1.3 Επιστημονικός και τεχνολογικός αλφαριθμητισμός.

Ο επιστημονικά και τεχνολογικά εναλφάρητος πολίτης χρησιμοποιεί έννοιες, δεξιότητες, αξίες κ.τ.λ. από τις Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε) στην καθημερινή ζωή. Έχει την ικανότητα να διακρίνει μεταξύ της επιστημονικής απόδειξης και της προσωπικής γνώμης. Αναγνωρίζει τη χρησιμότητα της Φυσικής στην κοινωνική ανάπτυξη και κατανοεί την αλληλοεξάρτηση Επιστήμης και Τεχνολογίας. Κατανοεί ότι η Επιστήμη είναι ανθρώπινο δημιούργημα και ότι η επιστημονική γνώση είναι έντονα δυναμική και υπόκειται σε αλλαγή υπό το φως νέων δεδομένων. Οι γνώσεις και οι εμπειρίες του τον βοηθάνε να κατανοεί την επιστημονική εργασία των άλλων και η εκπαίδευσή του στη Φυσική τον βοηθά να έχει πλουσιότερη και περισσότερο τεκμηριωμένη άποψη για τον κόσμο από τους συνανθρώπους του. Έχει αναπτυγμένη ευαισθησία γύρω από τις εφαρμογές της Φυσικής, τα οφέλη και τους κινδύνους που αυτές συνεπάγονται. Αναγνωρίζει ότι κακή χρήση της Επιστήμης μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή της ανθρωπότητας. Σωστή χρήση της Επιστήμης προϋποθέτει πολίτες καλλιεργημένους γύρω από την Επιστήμη. Ο επιστημονικά και τεχνολογικά εναλφάρητος πολίτης

αποδέχεται τις αξίες που προάγουν οι Φ.Ε με αποτέλεσμα να χρησιμοποιεί τις επιστήμες της φύσης λόγω της διανοητικής απόλαυσης που του προσφέρουν, της κομψότητας της σκέψης και της συγκίνησης της έρευνας. Αυτό τον βοηθά να αυξάνει τις γνώσεις του σε όλη του τη ζωή.

Αν δεχτούμε ότι ένας βασικός σκοπός της εκπαίδευσης είναι να προετοιμάσει τους πολίτες ώστε να μπορούν να παίξουν έναν ενεργό ρόλο σε μια δημοκρατική κοινωνία, τότε η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να πρωτοστατήσει προς αυτή την κατεύθυνση, γιατί μπορεί να συμβάλλει στην απόκτηση κριτικής σκέψης και ορθής κρίσης στη λήψη αποφάσεων. Ελεύθερος πολίτης, που έχει το θάρρος της γνώμης του, είναι ο ενημερωμένος πολίτης. Η ανάπτυξη λοιπόν της Επιστήμης και της Τεχνολογίας πρέπει να αντανakλάται στον επιστημονικό και τεχνολογικό αλφαριθμητισμό του συνόλου της κοινωνίας και όχι μόνο μιας μικρής μερίδας της. Η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία δεν μπορεί παρά να είναι ανοικτή, ανανεωτική, ενοποιημένη, και να εδράζεται σε εμπειρίες και σε πραγματικές καταστάσεις. Οφείλει επίσης να περιλαμβάνει τις αξίες και στάσεις που αντανakλούν τον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες κάνουν έρευνα.

Το σύνθημα της εποχής μας πρέπει να αφορά στην παροχή επιστημονικής και τεχνολογικής Παιδείας σε όλους, να προσφέρει δηλαδή τη δυνατότητα απόκτησης γνώσεων χρήσιμων και λειτουργικών που παράλληλα να συνοδεύονται με την ανάπτυξη δεξιοτήτων.

Κατά την άποψή μας το μάθημα των Φυσικών Επιστημών είναι αυτό που θα εφοδιάσει τους νέους με γνώσεις και δεξιότητες. Αυτό είναι εφικτό όταν ο τρόπος διδασκαλίας δεν είναι ο παραδοσιακός. Όλοι έχουν δικαίωμα στη σωστή κατανόηση του κόσμου και στην εξάσκηση στις διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων που θα αντιμετωπίσουν στην καθημερινή τους ζωή και που η επίλυσή τους απαιτεί γνώσεις και δεξιότητες από το χώρο των Φυσικών Επιστημών. Ο σύγχρονος πολίτης έχει ανάγκη κατανόησης μερικών εννοιών και νόμων από τις Φυσικές Επιστήμες, αλλά και των επιτευγμάτων τους και των ορίων στα οποία μπορούν να φθάσουν. Η βελτίωση αυτής της κατανόησης δεν είναι πολυτέλεια αλλά ζωτικής σημασίας επένδυση για την ευημερία της κοινωνίας που ζούμε.

1.4 Από την Επιστήμη των επιστημόνων στην Επιστήμη του σχολείου και στην Επιστήμη των παιδιών.

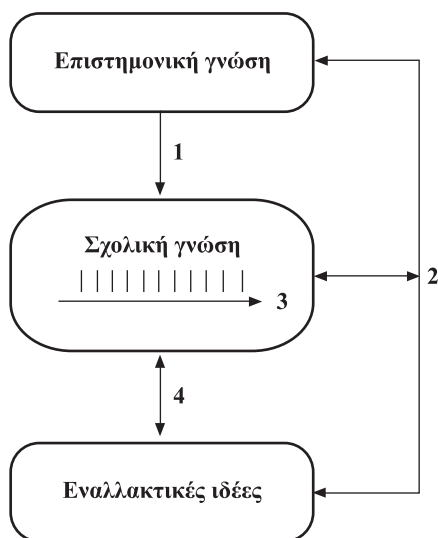
Η επιστημονική γνώση αποτελεί αυτό που η επιστημονική κοινό-

τητα δέχεται σε μια δεδομένη χρονική στιγμή ως έγκυρο σώμα γνώσης. Αυτή η γνώση διακρίνεται για τον υψηλό βαθμό αφαίρεσης με τον οποίο εκφράζεται μέσω του συμβολισμού στα διάφορα επιστημονικά περιοδικά και συγγράμματα. Γι' αυτό το λόγο είναι αδύνατη η αυτούσια χρήση της στο σχολείο. Απαιτείται επομένως η απλοποίηση της ώστε να γίνεται κατανοητή από τον μέσης ικανότητας μαθητή χωρίς να εισάγει συγχρόνως παρανοήσεις. Το πλαίσιο αυτό αποτελεί τη σχολική γνώση.

Ένα τρίτο γνωστικό πλαίσιο που υπάρχει και λειτουργεί στο επίπεδο του σχολείου είναι οι εναλλακτικές ιδέες που και αυτές αποτελούν «γνώση» αφού χρησιμοποιούνται από τους μαθητές για να ερμηνεύσουν με τη δοήθειά της τα φαινόμενα του κόσμου στον οποίο ζουν.

Τα ανωτέρω τρία γνωστικά πλαίσια συσχετίζονται και αλληλεπηρεάζονται κατά πολλούς τρόπους. Συνδέονται μεταξύ τους μέσω των διδακτικών προσεγγίσεων που ο δάσκαλος υιοθετεί προκειμένου να επιτύχει τους διδακτικούς στόχους. Επιπλέον η σχολική γνώση και οι ιδέες των παιδιών συνδέονται μέσω των κριτηρίων αξιολόγησης που εφαρμόζει ο δάσκαλος προκειμένου να κρίνει την επιτυχία της διδακτικής παρέμβασης.

Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Κουλαϊδής, 1992) τα τρία γνωστικά πλαίσια συγκροτούν τρία ξεχωριστά μεταξύ τους επίπεδα. Στο ανώτερο επίπεδο αντιστοιχεί η επιστημονική γνώση, στο μεσαίο η σχολική γνώση, και στο κατώτερο οι εναλλακτικές



ιδέες των παιδιών. Οι γραμμές 1, 2 και 4 συνιστούν τους άξονες επικοινωνίας μεταξύ των τριών γνωστικών πεδίων, ενώ η γραμμή 3 αντιστοιχεί στους ρυθμούς μετάδοσης στο εσωτερικό της σχολικής γνώσης. Αναλυτικότερα η γραμμή 1 αντιστοιχεί με τον ορισμό κριτηρίων για την επιλογή περιεχομένου. Η γραμμή 2 με την εγκατάσταση κριτηρίων για την επιλογή στόχων και διδακτικών προσεγγίσεων. Η γραμμή 3 αντιστοιχεί με την επιλογή κριτηρίων για τους ρυθμούς μετάδοσης και η γραμμή 4 με την επιλογή κριτηρίων αξιολόγησης.

Προσδιορίζοντας τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών και καθορίζοντας το γνωστικό περιεχόμενο της σχολικής γνώσης από το αντίστοιχο της επιστημονικής γνώσης μπορούμε να επιδιώξουμε την εννοιολογική αλλαγή.

1.5 Διάρθρωση της γνώσης στη Φυσική.

Η επιστημονική γνώση διαρθρώνεται σε έννοιες, σε αρχές, σε νόμους και σε θεωρίες.

Η έννοια είναι μια γενικευμένη ιδέα από ειδικές και σχετικές εμπειρίες. Μερικές χαρακτηριστικές έννοιες είναι οι εξής: Η έννοια της δύναμης, της ενέργειας, της ταχύτητας, της επιτάχυνσης, του ηλεκτρικού φορτίου, του ηλεκτρικού ρεύματος κ.τ.λ.

Οι αρχές είναι γενικεύσεις που περιλαμβάνουν πολλές σχετικές έννοιες, π.χ. Η αρχή διατήρησης της ενέργειας, η αρχή διατήρησης της ορμής, κ.τ.λ.

Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τις παρατηρήσεις τους για να κάνουν γενικεύσεις και να βρουν σχέσεις μεταξύ των φαινομένων, που αποτελούν τους νόμους της φύσης. Ωστόσο στους νόμους φθάνουν με τη διαίσθηση, η οποία όμως δεν έχει κάποια μυστικιστική σημασία, αλλά αποτελεί τη στιγμή της δημιουργικής φαντασίας, που ξεπερνάει το πλέγμα των αντιθέσεων με μια ποιοτικά διαφορετική σύλληψη (Ε. Μπιτσάκης, 1980). **Ο νόμος** είναι η εσωτερική σύνδεση των φαινομένων. Οντολογικά ο νόμος είναι αντικειμενικός, ενώ από γνωσιολογική άποψη αποτελεί κατά προσέγγιση αντανάκλαση της φύσης στη διάνοια του ανθρώπου. Ο νόμος είναι αντανάκλαση των φαινομένων, αλλά δεν ταυτίζεται με αυτά. Ο νόμος εκφράζει ό,τι είναι ουσιαστικό σ' ένα φαινόμενο. Αντικειμενικά υπάρχει απειρία νόμων, όπως υπάρχει απειρία σχέσεων και αλληλοκαθορισμών μέσα στη φύση. Οι νόμοι είναι σχέσεις αντικειμενικές και το κριτήριο της αντικειμενικότητας είναι η πράξη (Ε. Μπιτσάκης, 1974).

Η επιστημονική θεωρία είναι μια ευρύτερη γενίκευση συσχετιζόμενων αρχών, που εξηγούν κάποια φαινόμενα. Συνήθως εξηγούν, συσχετίζουν και προβλέπουν πλατειές ποικιλίες πειραματικών και παρατηρησιακών ευρημάτων κατά τους απλούστερους και αποτελεσματικότερους τρόπους. Όταν μια θεωρία δεν εξηγεί ικανοποιητικά ορισμένα φαινόμενα, εγκαταλείπεται. Κατά τον Popper, η θεωρία γεννιέται από τη στιγμή που ο επιστήμονας, αντιμετωπίζοντας ένα πρόβλημα, προσφέρει δοκιμαστικά μια κάποια λύση, μια θεωρία δηλαδή. Αυτή η θεωρία γίνεται προσωρινά αποδεκτή και οι επιστήμονες την κριτικάρουν και τη δοκιμάζουν. Η κριτική και ο έλεγχος πάνε πάντα μαζί. Στη θεωρία ασκείται κριτική από πολλές πλευρές με σκοπό να αποκαλυφθούν τα τρωτά της σημεία. Ο έλεγχος της θεωρίας προχωρεί με την έκθεση των αδύνατων σημείων της σε μια όσο γίνεται περισσότερη αυστηρή εξέταση. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται από δοκιμές και σφάλματα.

Συνήθως για την εξήγηση των ίδιων φαινομένων προσφέρονται περισσότερες από μία θεωρίες και μετά την κριτική και τον έλεγχο επιδιώκει η περισσότερη ταιριαστή, ενώ οι υπόλοιπες εγκαταλείπονται.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα θεωρίας αποτελεί ο αιθέρας. Μη μπορώντας να εξηγήσουν οι επιστήμονες τη διάδοση του φωτός στο κενό, δημιούργησαν διάφορες θεωρίες, από τις οποίες επικρατέστερη ήταν αυτή που διατύπωσε ο Descartes στις αρχές του 17ου αιώνα και αφορούσε τον αιθέρα. Κατά τη θεωρία αυτή δεν υπάρχει πουθενά κενός χώρος. Τα πάντα καλύπτονται από τον αιθέρα, ακόμα και ο χώρος μεταξύ των ατόμων. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή υπάρχουν αρκετά είδη αιθέρα, π.χ. οπτικός αιθέρας, ηλεκτρικός αιθέρας, για τα οπτικά και τα ηλεκτρικά φαινόμενα αντίστοιχα. Η θεωρία αυτή μπορούσε να εξηγήσει πολλά φαινόμενα, όπως τη δράση από απόσταση, τη βαρύτητα, το ηλεκτρικό πεδίο κτλ. Ο Faraday, διατυπώνοντας την ηλεκτρομαγνητική του θεωρία, ήταν σίγουρος για την ύπαρξη του αιθέρα, παρόλο που το υλικό αυτό δεν έμπαινε κατά κανένα τρόπο στους τύπους που περιέγραφαν το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο. Τι ακριβώς ήταν ο αιθέρας; Σίγουρα έπρεπε να ήταν ένα παράξενο υγρό σε συνεχή κίνηση ή σε πλήρη ακινησία, στο οποίο πάλλονταν πυκνότερες σφαίρες. Για να εξηγήσουν τη διάδοση του φωτός στον αιθέρα δέχτηκαν ότι έπρεπε να είχε ιδιότητες στερεού, αφού μέσα του διαδίδονταν εγκάρσια κύματα (όπως είναι γνωστό, τα φωτεινά κύματα είναι εγκάρσια). Όταν

κατά το τέλος του προηγούμενου αιώνα ο Maxwell διατύπωσε την ηλεκτρομαγνητική του θεωρία και αποδείχτηκε ότι το φως είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα, εξέλιπε η ανάγκη να αποδίδουν στον αιθέρα ειδικές μηχανικές ιδιότητες. Ωστόσο καταργήθηκε οριστικά με το πείραμα των Michelson και Morley, το οποίο απέδειξε ότι ο αιθέρας δεν ήταν δυνατόν να υπάρχει. Τα προβλήματα που δημιουργούνται δρήκαν οριστική λύση στη θεωρία της σχετικότητας του Einstein.

Είναι βέβαιο ότι αν μπορούσαμε να δώσουμε στους μαθητές την ευκαιρία να εργάζονται όπως οι επιστήμονες, να σκέφτονται όπως αυτοί, να κάνουν λάθη, να πειραματίζονται, τότε τους παρέχουμε ευκαιρίες για διανοητική ανάπτυξη που δεν μπορούν να την αποκτήσουν με κανένα άλλο τρόπο.

1.6 Η επιστημονική μέθοδος.

Με την επιστημονική επανάσταση αρχίζει η αλματώδης ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης. Έτσι οι επιστήμονες υποχρεώθηκαν πολύ νωρίς να αναζητήσουν λύσεις σε μεθολογικά προβλήματα, στράφηκαν στη δημιουργία μιας νέας λογικής, που θα ήταν κατάλληλη για την επεξεργασία μέσων και μεθόδων που θα βοηθούσαν στην ανακάλυψη των νόμων της φύσης. Από την εποχή του Γαλιλαίου διακρίνονταν τέσσερις χωριστές φάσεις στον τρόπο ανακάλυψης της επιστημονικής γνώσης.

1. Η συσσώρευση των εμπειρικών δεδομένων.
2. Η διατύπωση γενικών θέσεων.
3. Η συναγωγή συμπερασμάτων από τις γενικές θέσεις.
4. Η επιβεβαίωση της επιστημονικής θεωρίας.

Το σημαντικό είναι ότι οι επιστήμονες αναζητούσαν τις απαντήσεις τους μέσα από την ίδια τη φύση και δεν κατέφευγαν σε μεταφυσικούς και δογματικούς αφορισμούς. Ο Γαλιλαίος, ένας από τους θεμελιωτές της επιστημονικής μεθόδου, δεχόταν ότι η ανακάλυψη των φυσικών νόμων προκύπτει από την κριτική γενίκευση της αισθητικής εμπειρίας, μέσα όμως από δημιουργικές διαδικασίες. Ο Bacon υποστήριζε ότι οι επιστημονικές αλήθειες συνάγονται με τις αισθήσεις. Στόχος του ήταν η ανάπτυξη μιας μεθόδου που θα βοηθούσε τους επιστήμονες να ανακαλύψουν τους νόμους της φύσης, στηριζόμενοι στην παρατήρηση. Ο Descartes υποστήριζε ότι φθάνουμε στη γνώση από δύο δρόμους, τον εμπειρικό και τον παραγω-

γικό. Ενώ ο Leibnitz καταλόγιζε αδυναμία στην εμπειρία για την ανακάλυψη της γνώσης, υποστηρίζοντας ότι πρέπει να θεμελιώνεται πάνω στη θεωρία.

Αλλά τι ακριβώς είναι η επιστημονική μέθοδος; Υπάρχει πράγματι; Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της; Είναι μόνο ένας ο δρόμος προς την αλήθεια ή υπάρχουν περισσότεροι; Αυτά είναι μερικά από τα ερωτήματα στα οποία θα προσπαθήσουμε να δώσουμε απάντηση σ' αυτό το κεφάλαιο.

Οριζόμενη πλατειά η επιστημονική μέθοδος θα λέγαμε ότι αποτελείται από μια σειρά καλά καθορισμένων διαδικασιών, μέσα από τις οποίες ο επιστήμονας γνωρίζει την πραγματικότητα, ανακαλύπτει τους νόμους της φύσης ή φτιάχνει θεωρίες για την εξήγηση των φαινομένων.

Ο επιστήμονας κάνει υποθέσεις, χτίζει μοντέλα για να εξηγήσει τη φύση, σχεδιάζει πειράματα για να δοκιμάσει τις προβλέψεις του ή τη θεωρία που κατασκεύασε και με το φως των πειραμάτων να την τροποποιήσει. Βέβαια η διαδικασία δεν είναι τόσο απλή, αφού για την ουσιαστική γνώση του πραγματικού, το μεθοδολογικό μέσο είναι η απομάκρυνση με την αφαίρεση από το άμεσο δεδομένο και η επιστροφή πάλι σ' αυτό. Απομάκρυνση και προσέγγιση βρίσκονται σε διαλεκτική σχέση (Γ. Ιμβριώτης, 1983). Συνήθως ο επιστήμονας στρέφεται προς το πράγμα ή το φαινόμενο, το εξετάζει, κάνει θεωρητικούς συλλογισμούς, συγκρίνει τα εμπειρικά δεδομένα, γενικεύει κτλ. Όπως θα δούμε όμως στις επόμενες παραγράφους, υπάρχουν σημαντικές αμφισβητήσεις του παραπάνω τρόπου ανακάλυψης του πραγματικού.

Η επιστημονική μέθοδος αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα των Φ.Ε., γιατί λειτουργεί ανεξάρτητα από τα άτομα που τη χρησιμοποιούν. Είναι δηλαδή χωρίς υποκείμενο, όπως υποστηρίζουν μερικοί (Κυπριανίδης, 1984). Μελετώντας το ίδιο φαινόμενο δύο επιστήμονες, ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο, κάτω από τις ίδιες προϋποθέσεις, είναι πολύ πιθανόν να καταλήξουν σε ταυτόσημα συμπεράσματα. Η επιστημονική μέθοδος είναι σχετικά σταθερή, εφαρμόζεται σε παγκόσμια κλίμακα, βοηθάει τους επιστήμονες να απαλλαγούν από τις ανθρώπινες αδυναμίες τους και να είναι αντικειμενικοί στην αναζήτηση της γνώσης και της αλήθειας. Υποστηρίζεται (ΕΣΣΔ Ινστιτούτο Φιλοσοφίας, 1980) ότι η απόκτηση της επιστημονικής μεθόδου είναι ένας από τους κυριότερους όρους της επιτυχούς γόνιμης δράσης, όχι μόνο στην Επιστήμη, αλλά και στη

ζωή. Βοηθάει στην εκλογή της σωστής κατεύθυνσης, προστατεύει από τα λάθη, τόσο στη θεωρία όσο και στην πράξη. Ο Bacon υποστήριζε ότι η μέθοδος μοιάζει με φανάρι που φωτίζει το δρόμο στο σκοτάδι και ισχυριζόταν ότι ακόμα και ο κουντσός, που βαδίζει πάνω σε ίσιο δρόμο, ξεπερνάει τον οδοιπόρο που τρέχει απρογραμμάτιστα. Την ανάγκη για την καθιέρωση της μεθόδου απέδιδε ο Bacon στην πολυπλοκότητα της Φυσικής Ιστορίας. Αν όμως η ύλη παραταχτεί και παρουσιαστεί κατά έναν κατάλληλο τρόπο, τότε οι δυσκολίες αμβλύνονται και η καινούργια γνώση ανακαλύπτεται εύκολα.

Στη σημερινή εποχή είναι απαραίτητο οι μαθητές να ασκηθούν στον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται και εργάζονται οι επιστήμονες, στις διαδικασίες που ακολουθούν στις έρευνές τους. Γιατί η ανάπτυξη των γνώσεων επιβάλλει ολοένα και νέα καθήκοντα.

Οι επιμέρους διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου.

Είναι προφανές ότι στο σχολικό επίπεδο, ενώ είναι εξαιρετικά δύσκολο οι νεαροί μαθητές να ασχοληθούν με τη μελέτη των προβλημάτων στα οποία επιδιώκεται συνειδητά η καλλιέργεια επιστημονικών μεθόδων, είναι ωστόσο εύκολο να ασκηθούν στην κατάκτηση των επιμέρους διαδικασιών οι οποίες συνιστούν την επιστημονική μέθοδο. Έτσι, στο Δημοτικό Σχολείο και στο Γυμνάσιο μιλάμε συνήθως για διαδικασίες των Φ.Ε., οι οποίες παίζουν ένα βασικό ρόλο στην εκπαίδευση των σπουδαστών όλων των βαθμίδων. Ο J. Dewey υποστήριζε παλιά την άποψη ότι οι διαδικασίες των Φ.Ε. είναι εξίσου σημαντικές με τη μεταδιδόμενη γνώση.

Οι εκσυγχρονισμοί που γίνονται στα σχολικά προγράμματα τονίζουν τις διαδικασίες των Φ.Ε., τους τρόπους με τους οποίους οι επιστήμονες κατακτούν τη γνώση και λύνουν τα προβλήματα. Αυτό φαίνεται κυρίως στα νέα προγράμματα (Projects) της σειράς Nuffield για τη Βρετανία και P.S.S.C. για τις Η.Π.Α. «Οι Φ.Ε. πρέπει να δοθούν στους μαθητές σαν ο τρόπος με τον οποίο οι ίδιοι θα διεξάγουν μια έρευνα για να μελετήσουν τη φύση των πραγμάτων, καθώς επίσης και σαν μια ποσότητα γνώσεων που ανοικοδομήθηκαν από άλλους ανθρώπους» (Nuffield Chemistry, 1961). Από τους μαθητές ζητείται να ακολουθήσουν το σχήμα: πρόβλημα – υπόθεση – πείραμα – αποτέλεσμα. Ζητείται δηλαδή να μιμηθούν τους επιστήμονες, οι οποίοι δείχνουν έντονο ενδιαφέρον για το περιβάλλον

τους, τη φύση των αντικειμένων που συναντούν και για το πως αυτά συμπεριφέρονται. Έτσι ένα μεγάλο μέρος από τη σύγχρονη διδασκαλία των Φ.Ε. αφιερώνεται στο να διοχετεύσει αυτό το ενδιαφέρον στο μαθητή, περνώντας το από τρία στάδια. Το πρώτο είναι η παρατήρηση, το δεύτερο η εξήγηση, το τρίτο είναι ο έλεγχος της εξήγησης με τη βοήθεια του πειράματος (CARRE and HEAD, 1974).

Ο σύγχρονος δάσκαλος πρέπει να γνωρίζει τις δεξιότητες που μπορούν να αποκτήσουν οι μαθητές, αν εργάζονται κατά επιστημονικό τρόπο. Αυτές οι δεξιότητες αποτελούν έναν από τους κύριους σκοπούς της εκπαίδευσης σ' όλες τις χώρες του κόσμου. Ποιες όμως είναι οι διαδικασίες των Φ.Ε.;

Η Αμερικάνικη Ένωση για την προαγωγή των Φ.Ε. (American Association for the Advancement of Science), σε μια προσπάθεια να ορίσει τις διαδικασίες των Φ.Ε., απευθύνθηκε στους επιστήμονες και τους ρώτησε τι ακριβώς κάνουν στην πραγματικότητα. Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν ένας κατάλογος με τις εξής διαδικασίες.

1. Παρατήρηση.
2. Ταξινόμηση.
3. Μαθηματικές εκφράσεις.
4. Μετρήσεις.
5. Χωροχρονικές σχέσεις.
6. Επικοινωνία.
7. Προβλέψεις.
8. Εξαγωγή συμπερασμάτων.
9. Λειτουργικοί ορισμοί.
10. Υποθέσεις.
11. Ερμηνεία.
12. Αναγνώριση και έλεγχος των μεταβλητών.
13. Διεξαγωγή πειραμάτων.

Ο κατάλογος των διαδικασιών είναι ιεραρχημένος. Κάθε διαδικασία αντιπροσωπεύει ένα ψηλότερο επίπεδο δεξιότητας από τις προηγούμενες της και τις περικλείει. Κατά συνέπεια οι τελευταίες διαδικασίες του πίνακα είναι ανώτερου επιπέδου δεξιότητες, που δεν είναι εύκολο να αποκτηθούν από τους μικρούς μαθητές. Στις παραπάνω διαδικασίες θα προσθέσουμε ακόμα μία: την κατασκευή μοντέλων, που κατά τη γνώμη μας είναι σπουδαία γνωστική διαδικασία, την οποία χρησιμοποιούν οι ερευνητές.

1.7 Η πρακτική της διδασκαλίας.

Είναι βέβαιο ότι το σημαντικότερο έργο του δασκάλου είναι η διδασκαλία, αφού μέσω αυτής θα προσπαθήσει να κατανοήσουν οι μαθητές αυτά που θέλει να διδάξει. Πριν μπει στην αίθουσα της διδασκαλίας πρέπει να έχει καταστρώσει τη στρατηγική που θα ακολουθήσει, να έχει σχεδιάσει εκ των προτέρων τις διδακτικές ενέργειες με βάση τις οποίες θα διεξαχθεί η διδασκαλία. Δηλαδή να έχει σκηνοθετήσει την «παράσταση» που θα δοθεί στην τάξη, όπου τα κύρια πρόσωπα (ηθοποιοί) του έργου θα είναι οι μαθητές, ενώ ο δικός του ρόλος θα είναι συντονιστικός και καθοδηγητικός, θα λέγαμε ότι είναι ρόλος «σκηνοθέτη». Όσο λιγότερο παρεμβαίνει τόσο καλύτερο θα είναι το αποτέλεσμα της δουλειάς του. Στο έργο του δασκάλου υπάρχουν τρία ευδιάκριτα και αλληλεξαρτώμενα μέρη: Ο σχεδιασμός της διδασκαλίας, η πραγματοποίηση της και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της.

α) Ο σχεδιασμός της διδασκαλίας

Το σχεδιασμό της διδασκαλίας τον κάνει μόνος του, στο γραφείο του σπιτιού του, όταν προετοιμάζεται για την επόμενη μέρα. Αφού μελετήσει το γνωστικό μέρος ώστε να είναι κάτοχος αυτού που θα διδάξει, θα καταστρώσει το σχέδιό του. Αυτόματα θα διερωτηθεί, τι επιδιώκω με την ενότητα που θα διδάξω; τι θέλω να μάθουν οι μαθητές μου; σε ποια σημεία πρέπει να επιμείνω; Με τον τρόπο αυτό ο δάσκαλος αναζητάει τους διδακτικούς στόχους του μαθήματος. Δηλαδή ζητάει να διατυπώσει προτάσεις για το τι θα πρέπει να είναι σε θέση να «κάνει» ο μαθητής μετά τη διδασκαλία που είναι αποτέλεσμα της μάθησης. Μερικοί από αυτούς μπορεί να αναφέρονται στις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου: την παρατήρηση, την ταξινόμηση, τις μετρήσεις, την εξαγωγή συμπερασμάτων μέσα από δεδομένα κ.τ.λ. Στους διδακτικούς στόχους θα αναφερθούμε λεπτομερέστερα στην επόμενη παράγραφο.

Ο σχεδιασμός της διδασκαλίας, δηλαδή οι διδακτικοί στόχοι, τα εποπτικά μέσα που θα χρησιμοποιηθούν, οι ερωτήσεις που θα υποβληθούν στους μαθητές, οι τυχόν ασκήσεις ή εργασίες που θα δοθούν για το σπίτι είναι αναγκαίο να καταγράφονται στο χαρτί και να τους έχει μπροστά του ο δάσκαλος την ώρα του μαθήματος (σχέδιο μαθήματος).

Σε όλο τον κόσμο οι εκπαιδευτικοί μπαίνουν στην αίθουσα διδασκαλίας έχοντας μαζί τους τις σημειώσεις τους, στις οποίες καταφεύγουν στη διάρκεια του μαθήματος. Στη χώρα μας δυστυχώς πολλοί εκπαιδευτικοί αρνούνται να χρησιμοποιήσουν σημειώσεις με το αιτιολογικό είτε ότι «τα έχουν όλα στο μυαλό τους» είτε γιατί έχουν το εγχειρίδιο ανοιχτό είτε διότι θεωρούν υποτιμητικό να ιδούν οι μαθητές ότι ο δάσκαλός τους συμβουλευεται τις πηγές του και δεν «τα ξέρει όλα απέξω». Βέβαια όλες οι δικαιολογίες είναι αβάσιμες. Ο δάσκαλος που πάει στην τάξη χωρίς γραπτή προετοιμασία, χωρίς δηλαδή καταγεγραμμένους τους στόχους, υπάρχει κίνδυνος να λησμονήσει μερικούς, ή στην καλύτερη περίπτωση να μην επεξεργαστεί ένα στόχο του μαθήματος. Ο αυτοσχεδιασμός της στιγμής ποτέ δεν οδηγεί στην επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Επίσης είναι αντιπαιδαγωγικό να καταφεύγει στο εγχειρίδιο, αφού δείχνει στους μαθητές του ότι και η δική του πηγή πληροφόρησης είναι το εγχειρίδιο. Ίσως η αντίληψη που επικρατούσε παλιότερα, που ήθελε δηλαδή το δάσκαλο παντογνώστη, δημιουργήσε τέτοια ψυχολογία στους εκπαιδευτικούς, που και σήμερα ακόμα θεωρούν ότι «πέφτουν στα μάτια των παιδιών» αν χρησιμοποιήσουν σημειώσεις στη διάρκεια του μαθήματος.

6) Η πραγματοποίηση της διδασκαλίας.

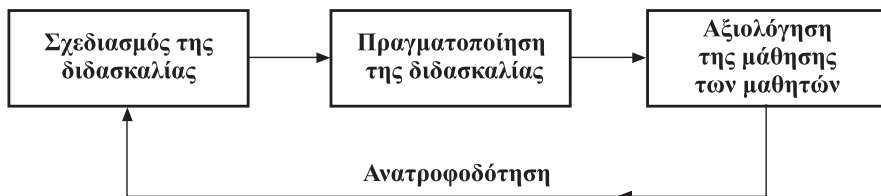
Συνήθως ο δάσκαλος μετά τη σύντομη ανακεφαλαίωση της προηγούμενης ενότητας, του ελέγχου των τυχόν εργασιών που είχε αναθέσει προετοιμάζει τους μαθητές νοητικά και συναισθηματικά για το νέο θέμα που πρόκειται να ερευνήσουν όλοι μαζί. Αυτός θέτει τα ερωτήματα ή δίνει τις πληροφορίες που ίσως χρειάζονται και αναθέτει στους μαθητές κάποιες δραστηριότητες που μπορεί να είναι π.χ η παρατήρηση κάποιου πειράματος που θα κάνει αυτός ή οι μαθητές. Ο ρόλος του είναι να κάνει ερωτήσεις, να θέτει προβλήματα. Αυτά πρέπει να αποτελούν τους στόχους που έχει θέσει. Ακολουθεί η συνέντευξη των ερωτημάτων ή προβλημάτων. Ο δάσκαλος συντονίζει τις δραστηριότητες, παρεμβαίνει και κατευθύνει τη συζήτηση και τη σκέψη των μαθητών στους στόχους. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν δυνατόν να γράφονται στον πίνακα ή στα τετράδια των μαθητών. Μετά από κάθε ερώτηση μεσολαβεί ένας νεκρός χρόνος για να μπορέσουν οι μαθητές να αυτοσυγκεντρωθούν, να συσχετίσουν, να συγκρίνουν, να κάνουν υποθέσεις και να καταλήξουν

σε κάποιο συμπέρασμα. Τα συμπεράσματα θα συζητηθούν στην τάξη με τη μικρότερη δική του παρέμβαση: Αυτό γιατί ο μαθητής πρέπει να ανακαλύψει μόνος του τη γνώση, αφού η μάθηση είναι προσωπική του υπόθεση. Η γνώση που προκύπτει κατ' αυτό τον τρόπο θα διατηρηθεί για πολύ καιρό στη μνήμη του μαθητή.

Κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων γίνονται σύντομες ανακεφαλαιώσεις για να ελέγξουν οι μαθητές αν αυτά που κατανόησαν είναι σωστά, για να επισημανθούν τα κυριότερα σημεία του μαθήματος και τέλος να εφοδιαστούν οι μαθητές με επιβεβαιωμένες γνώσεις, που θα τους βοηθήσουν στην επεξεργασία και των υπόλοιπων διδακτικών στόχων. Τελειώνοντας την επεξεργασία όλης της ενότητας γίνεται σύντομη ανακεφαλαίωση με σημεία αναφοράς τους διδακτικούς στόχους. Η ανακεφαλαίωση μπορεί να γίνει και με την προβολή διαφάνειας στον Overhead που ο δάσκαλος έχει ετοιμάσει γι' αυτό το σκοπό.

γ) Η αξιολόγηση της διδασκαλίας.

Είναι απαραίτητο μετά την ολοκλήρωση όλων των δραστηριοτήτων που περιελάμβανε η πραγματοποίηση της διδασκαλίας, να γίνει και ο έλεγχος των αποτελεσμάτων. Να ελεγχθεί δηλαδή ο βαθμός μέχρι του οποίου οι μαθητές κατέκτησαν τους διδακτικούς στόχους. Αυτό μπορεί να γίνει εύκολα και αποτελεσματικά με ένα σύντομο τεστ αξιολόγησης που έχει ετοιμάσει ο δάσκαλος και του οποίου τα ερωτήματα αναφέρονται στους διδακτικούς στόχους. Το αποτέλεσμα του τεστ θα τον πληροφορήσει αν οι στόχοι που είχε θέσει επιτεύχθηκαν ή όχι. Στη δεύτερη περίπτωση είναι υποχρεωμένος να τροποποιήσει το σχεδιασμό που είχε κάνει και αν το ποσοστό αποτυχίας είναι πολύ μεγάλο, να επαναλάβει τη διδασκαλία με τροποποιημένους στόχους. Τα τρία μέρη της Διδασκαλίας συνδέονται μεταξύ τους όπως φαίνεται στο διάγραμμα.



δ) Μερικές πρακτικές οδηγίες για τη διδασκαλία.

1. Η διδασκαλία των Φ.Ε. πρέπει να είναι περισσότερο ερευνητικές δραστηριότητες των μαθητών παρά παρουσίαση θεωρίας στον πίνακα. Βοήθησε τους μαθητές σου να σκεφτούν κριτικά. Δείχτους πως να αναζητούν την απόδειξη πριν πηδήσουν στο συμπέρασμα.
2. Οργάνωσε τις ερευνητικές δραστηριότητες των μαθητών με βάση αυτά τα στοιχεία:
 - α. Προκάλεσε τα παιδιά με ερωτήσεις.
 - β. Άφησέ τους να δουλέψουν χωρίς καταπίεση· η τάξη -«νεκροταφείο» δε βοηθάει στη μάθηση.
 - γ. Να είσαι ενήμερος ότι είναι δυνατόν να μην υπάρχει μία μόνο «σωστή» απάντηση ή μια πλήρης απάντηση.
 - δ. Ενθάρρυνε τους μαθητές να παρατηρούν και να συζητούν τις παρατηρήσεις τους.
 - ε. Κάνε πολλές ανοιχτές ερωτήσεις για να μην περιορίζονται τα πλαίσια της μελέτης.
 - στ. Δώσε έμφαση όχι μόνο στη γνώση, αλλά και στις διαδικασίες που ακολουθούμε, καθώς επίσης και σε «άπιαστα» πράγματα, όπως συναισθήματα, αξίες, στάσεις κ.τ.λ.
3. Τουλάχιστον μία ώρα την εβδομάδα να είναι προσέγγιση της διδασκαλίας «κάνοντας» και όχι «διαβάζοντας» γύρω από τις Φ.Ε.

1.8 Διδακτικοί στόχοι.

Όπως αναφέραμε, οι ειδικοί σκοποί των Φ.Ε. μπορούν να αναλυθούν σε διδακτικούς στόχους, που είναι λεπτομερέστεροι και τους οποίους επιδιώκουμε σε κάθε διδασκαλία. Τους διδακτικούς στόχους είναι δυνατόν να διακρίνουμε σε: 1) γνωστικούς ή στόχους με βάση τη συμπεριφορά (behavioral objectives), 2) συναισθηματικούς και 3) ψυχοκινητικούς.

α) Γνωστικοί στόχοι

Οι γνωστικοί στόχοι αποτελούν αλλαγές στη συμπεριφορά του μαθητή σαν αποτέλεσμα της μάθησης. Η διάκριση αυτή στηρίζεται στην ψυχολογική διάσταση της μάθησης. Δηλαδή οποιεσδήποτε αλλαγές να γίνουν στη σκέψη του μαθητή σαν αποτέλεσμα της μάθησης, αυτές θα εκτιμηθούν από εκείνο που αυτός μπορεί να «κάνει» μετά τη διδασκαλία και που δεν μπορούσε να το «κάνει» πριν.

Φυσικά το «κάνει» δεν αναφέρεται σε δεξιότητες των χεριών, αλλά περιλαμβάνει π.χ. ικανότητα στην επίλυση ενός προβλήματος, στην ερμηνεία ενός διαγράμματος κτλ. Μερικοί από τους γνωστικούς στόχους είναι δυνατόν να αναφέρονται στις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου, όπως την παρατήρηση, την ταξινόμηση κτλ.

Το κλειδί στον καθορισμό των γνωστικών στόχων είναι η χρησιμοποίηση ενεργητικού ρήματος στην αρχή της πρότασης, που δηλώνει μετρήσιμη ενέργεια. Ρήματα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι: κάνω, παριστάνω, κατασκευάζω, αποδεικνύω, μετρώ, ταξινομώ, υπολογίζω, παρατηρώ, υποθέτω, προβλέπω, εξηγώ, εφαρμόζω, αναλύω, ερμηνεύω, εντοπίζω, συσχετίζω, συμπεραίνω κτλ. Ωστόσο τα ρήματα κατανοώ, γνωρίζω, μαθαίνω δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διατύπωση διδακτικών στόχων. Δεν μπορούμε π.χ. να πούμε: να κατανοήσουν οι μαθητές το διάγραμμα, ακριδέστερο θα ήταν να πούμε: να ερμηνεύσουν το διάγραμμα, γιατί ο διδακτικός στόχος γίνεται περισσότερο μετρήσιμος και μπορεί ευκολότερα να ελεγχθεί η πραγμάτωσή του με την αξιολόγηση, αφού είναι εύκολο να δοθεί στους μαθητές ένα διάγραμμα και να τους ζητηθεί να το ερμηνεύσουν.

Οι γνωστικοί στόχοι μπορεί να διατυπωθούν σε μορφή ερωτημάτων και να εστιαστούν στα κύρια σημεία του μαθήματος. Με αυτό τον τρόπο κατευθύνουν τη διδασκαλία και προσανατολίζουν την προσοχή του μαθητή σε συγκεκριμένες ενέργειες. Οι διδακτικοί στόχοι προσδιορίζουν εν πολλοίς τη μέθοδο διδασκαλίας και τον τρόπο αξιολόγησης. Η καταγραφή γνωστικών στόχων βοηθάει το δάσκαλο να γνωρίζει τι θα διδάξει, πως θα το διδάξει και να αξιολογήσει αν οι μαθητές του το κατέκτησαν. Αυτού του είδους οι στόχοι αποτελούν καλό κριτήριο για τη διδασκαλία και τη μάθηση και γι' αυτό επιβάλλεται οι διδάσκοντες να προσπαθούν να τους ορίσουν με τη μεγαλύτερη ακρίβεια. Ωστόσο υπάρχει και η αντίθετη άποψη που υποστηρίζει ότι περιγράφοντας εκ των προτέρων σκοπούς και στόχους δημιουργούμε ένα κλειστό σύστημα, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η δημιουργική διδασκαλία και ο δάσκαλος να μην έχει την δυνατότητα να κινηθεί εκεί που τον οδηγεί η φαντασία του. Κατά τη δική μας άποψη, η καταγραφή γνωστικών στόχων βοηθάει στην απόδοση της διδασκαλίας.

6) Συναισθηματικοί στόχοι.

Στο παραδοσιακό σχολείο οι δάσκαλοι πιστεύουν ότι ο ρόλος τους είναι να μεταδίδουν μόνο γνώσεις, δηλαδή να αναπτύξουν

μόνο το γνωστικό τομέα. Αλλά ο μαθητής έχει και συναισθηματικό κόσμο. Τα συναισθηματικά του ενδιαφέροντα, όπως π.χ. εκτίμηση, ενδιαφέροντα, αξίες και στάσεις, πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη γιατί παίζουν βασικό ρόλο στη μάθηση. Οι σύγχρονοι παιδαγωγοί δίνουν στον τομέα αυτό μεγάλη σημασία, γιατί επιδρά καταλυτικά στη μάθηση, στην εκλογή του επαγγέλματος κτλ. Παραδείγματος χάρη από έρευνες που έγιναν αποδείχτηκε ότι πολλοί φοιτητές ακολουθούν σπουδές στις Φ.Ε. για συναισθηματικούς λόγους. Τέτοιοι λόγοι είναι η συγκίνηση που τους προκαλούσαν τα φυσικά φαινόμενα, η υπερηφάνεια ότι μπορούσαν να συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της επιστήμης και με το έργο τους να ωφελήσουν το κοινωνικό σύνολο.

γ) Ψυχοκινητικοί στόχοι

Οι ψυχοκινητικοί στόχοι αναφέρονται κυρίως στις δεξιότητες των χειρών και νοητικές. Θέτοντας τέτοιους στόχους στη διδασκαλία επιδιώκουμε να αποκτήσει ο μαθητής την ικανότητα να κατασκευάζει, να χειρίζεται μηχανές, να αποκτήσει τεχνικές ικανότητες που θα του είναι χρήσιμες όχι μόνο στη μάθηση, αλλά και στη ζωή.

1.9 Διδακτικές προσεγγίσεις.

Κατά την άποψή μας, για να δομηθεί μια διδακτική προσέγγιση είναι απαραίτητο να στηρίζεται σε μια θεωρία μάθησης. Οι κυρίαρχες θεωρίες μάθησης και συνεπώς οι αντίστοιχες διδακτικές προσεγγίσεις που στηρίχτηκαν σε αυτές, είναι: **του μπιχεδιορισμού ή συμπεριφορισμού, η ανακαλυπτική μάθηση και η θεωρία της ποικιλοδόμησης της γνώσης ή του κονστρουκτιβισμού.**

α) Ο μπιχεδιορισμός

Ο μπιχεδιορισμός ή συμπεριφορισμός υποστηρίζει την άποψη ότι παρατηρώντας τη συμπεριφορά είναι δυνατό να καταλήξουμε σε συμπεράσματα για το φαινόμενο της μάθησης. Η μάθηση είναι αλλαγή της συμπεριφοράς λόγω των εμπειριών του υποκειμένου. Η επιστημολογία του μπιχεδιορισμού είναι εμπειρική και θετικιστική. Τα πειράματα των Pavlov και Thorndike ενίσχυσαν την αξία της εμπειρίας στη μάθηση. Κατά τους εμπειριστές, η γνώση αποτελείται

από ιδέες που πρέπει να μουν κατά κάποιο τρόπο στο μυαλό του ανθρώπου, μάλιστα αυτό μπορεί να γίνει ευκολότερα αν περάσουν μέσα από τις αισθήσεις.

Κατά τους μιχεδιοριστές, το μυαλό του μαθητή είναι άγραφο χαρτί, *tabula rasa*, πάνω στο οποίο ο δάσκαλος μπορεί να εγγράψει τη γνώση. Κατ' αυτούς, η μάθηση είναι παθητική, ληπτική και αναπαραγωγική διαδικασία. Η γνώση μεταδίδεται από το δάσκαλο και το εγχειρίδιο στο μαθητή. Είναι στατική και αντικειμενική. Η έμφαση δίνεται στην ποσότητα και το εύρος της γνώσης. Η αποτελεσματικότητα της μάθησης ελέγχεται με τεστ προόδου που δίνουν έμφαση στην κατοχή του περιεχομένου.

Το διδακτικό μοντέλο που στηρίζεται στη θεωρία του μιχεδιορισμού είναι δασκαλοκεντρικό. Ο δάσκαλος θεωρείται αυθεντία και οι μαθητές οφείλουν να αναπαράγουν τη γνώση όπως αυτή υπάρχει στα σχολικά εγχειρίδια και μεταδίδεται από αυτόν στην τάξη.

β) Η ανακαλυπτική διδασκαλία της μάθησης.

Η ανακαλυπτική θεωρία της μάθησης βασίζεται στην αρχή ότι για να μάθει το υποκείμενο πρέπει να δράσει σε συγκεκριμένα αντικείμενα. Αποτέλεσμα αυτής της δράσης είναι η κατάκτηση του αφηρημένου ή η ανακάλυψη της γνώσης. Η μάθηση συντελείται μέσω συνεργατικών δραστηριοτήτων, επίλυση προβλημάτων και ανώτερων λειτουργιών της σκέψης. Άλλα χαρακτηριστικά στοιχεία είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών και η παραγωγική ομιλία. Το ανακαλυπτικό μοντέλο μάθησης αγνοεί τις ιδέες των μαθητών, θεωρώντας το μυαλό τους ως άγραφο χαρτί.

Η γνώση ανακαλύπτεται μέσω της αλληλοεπίδρασης και του πλαισίου στο οποίο συντελείται. Είναι δυναμική και ζωντανή. Στηρίζεται στην εκμάθηση στρατηγικών και στην άσκηση στις επιστημονικές διαδικασίες. Η άσκηση στις διαδικασίες με την καθοδήγηση του διδάσκοντα μπορεί να οδηγήσει στην ανακάλυψη του περιεχομένου, δηλαδή στην ερμηνεία των φαινομένων, στην κατανόηση των εννοιών και των νόμων της φύσης. Η γνώση διακρίνεται για τον ποιοτικό της χαρακτήρα και όχι για την ποσοτική της διάσταση.

Η διδακτική προσέγγιση είναι μαθητοκεντρικά προσανατολισμένη, με το δάσκαλο στο ρόλο του καθοδηγητή και του οργανωτή καταστάσεων μάθησης. Οι μαθητές με τη βοήθεια του φύλλου εργασίας παρατηρούν, κάνουν μετρήσεις, καταγράφουν και συγκρίνουν

δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό μετέχουν ενεργά στην οικοδόμηση της δικής τους γνώσης, ανακαλύπτοντας πράγματα για τον εαυτό τους. Το γεγονός ότι εργάζονται σε ομάδες, τους δίνει τη δυνατότητα της αλληλεπίδρασης μεταξύ ισοτίμων, η οποία είναι αποτελεσματικότερη στη μάθηση, από την καταλυτική παρουσία ακόμα και του ικανότερου δασκάλου.

1.10 Η εποικοδομητική προσέγγιση.

Η θεωρία της μάθησης πάνω στην οποία στηρίζεται η προσέγγιση αυτή είναι η θεωρία της εποικοδόμησης της γνώσης ή του κονστρουκτιβισμού, που στηρίζεται στις ιδέες των μαθητών.

Οι ιδέες των μαθητών.

Όπως είναι γνωστό, τα παιδιά πριν ακόμη φοιτήσουν στο σχολείο έχουν διαμορφώσει άποψη για τα φυσικά φαινόμενα και έχουν δώσει τη δική τους ερμηνεία γι' αυτά. Οι ιδέες των παιδιών για τα φυσικά φαινόμενα έχουν μια παγκοσμιότητα και συγκροτούν ερμηνευτικά μοντέλα. Αναφέρονται και με άλλα ονόματα όπως εναλλακτικές απόψεις, αυθόρμητες αντιλήψεις, παρανοήσεις κ.τ.λ. Τα παιδιά διαμορφώνουν τις ιδέες τους μέσω των αλληλεπιδράσεων, την κοινωνική επαφή και τη γλώσσα και με αυτές προσπαθούν να ερμηνεύσουν πως λειτουργεί ο κόσμος. Επιπλέον αυτές τις ιδέες τις χρησιμοποιούν για να προβλέψουν και να ερμηνεύσουν ότι υποπίπτει στην αντίληψή τους.

Οι εναλλακτικές απόψεις των μαθητών μπορούν να ομαδοποιηθούν, έχουν γενικότητα και διαχρονική ισχύ παρόλο που μερικές απ' αυτές διαφοροποιούνται με την ανάπτυξη του μαθητή ή την επίδραση της διδασκαλίας.

Μερικές δε από αυτές είναι τόσο καλά εδραιωμένες που δεν αλλάζουν με τη διδασκαλία. Έτσι είναι δυνατόν οι μαθητές να εφαρμόζουν τις επιστημονικές ιδέες σε προβλήματα των εξετάσεων, αλλά να αδυνατούν να τις εφαρμόσουν εκτός σχολείου για την ερμηνεία των φυσικών φαινομένων.

Οι ιδέες δεν είναι απλές παρανοήσεις που ίσως οφείλονται σε κακή πληροφόρηση των μαθητών, αλλά πιθανόν να δημιουργούνται από κάποιους μηχανισμούς που αυτοί διαθέτουν και με αυτούς αντιλαμβάνονται ό,τι συμβαίνει γύρω τους.

1.11 Η θεωρία της εποικοδόμησης της γνώσης ή του κονστρουκτιβισμού (constructivism).

Στην υπόθεση της εποικοδόμησης της γνώσης κυρίαρχο ρόλο παίζουν οι ιδέες των μαθητών. Η γνώση είναι μεταβαλλόμενη και οικοδομείται από τον καθένα χωριστά γι' αυτό είναι υποκειμενική. Συνεπώς δεν μπορεί να μεταδοθεί από τον έχοντα και κατέχοντα στους μη έχοντες και μη κατέχοντες. Η μάθηση είναι συνήθως προϊόν της εννοιολογικής αλλαγής που επέρχεται στους μαθητές λόγω της γνωστικής σύγκρουσης στην οποία υποβάλλονται.

Η μάθηση θεωρείται ως εποικοδόμηση που γίνεται στο πλαίσιο της κοινωνίας της ομάδας.

Στη διδακτική προσέγγιση δίνεται έμφαση στις εποικοδομητικές αυτορρυθμιζόμενες και συνεργατικές διαδικασίες, όπως επίσης στην πολυπλοκότητα, στη δημιουργικότητα και στην ανοιχτή σκέψη.

Η εξουσία του δασκάλου είναι διακριτική και καθόλου ευδιάκριτη. Ο δάσκαλος εδώ προκαλεί και συντονίζει συζητήσεις, επιλέγει σύμφωνα με τις ιδέες των μαθητών τα κατάλληλα έργα τα οποία θα προκαλέσουν την εννοιολογική αλλαγή που είναι και ο κύριος σκοπός του. Ενδιαφέρεται για το ευχάριστο κλίμα στην τάξη ώστε οι μαθητές να αισθάνονται άνετα για να συμμετέχουν στις διαδικασίες και να απολαμβάνουν ότι συμβαίνει γύρω τους. Τους ενθαρρύνει για να σκέφτονται ελεύθερα, χωρίς το φόβο να χαρακτηριστούν λανθασμένα αυτά που λένε.

1.12 Η επιστημολογία της γνώσης.

Η επιστημολογία πραγματεύεται τη φύση της επιστημονικής γνώσης καθώς και το πως αυτή παράγεται. Σήμερα αμφισβητείται το μονοσήμαντο της επιστημονικής γνώσης. Ο Kuhn, στο βιβλίο του *Δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*, απορρίπτει τη μονιμότητα της επιστημονικής γνώσης. Υποστηρίζει ότι αυτή συνεχώς μεταβάλλεται. Η πορεία της εξέλιξης των ιδεών δεν είναι γραμμική και η απόκτησή της δεν έχει συσσωρευτικό χαρακτήρα. Η αντικειμενική πραγματικότητα δε συλλαμβάνεται μέσα από τις επιστημονικές έννοιες μεμιάς και για πάντα.

Σύμφωνα με τη θεωρία του κονστρουκτιβισμού, που είναι ένα σύνολο πίστεων περί τη γνώση, η γνώση αρχίζει με την αποδοχή της θέσης ότι η πραγματικότητα υπάρχει αλλά δεν μπορεί να γνωσθεί ως ένα σύνολο από αλήθειες (Osborne, 1996) Κατά τον Glasserferld

(1987) η γνώση δεν αντανακλά μια αντικειμενική πραγματικότητα αλλά αποτελεί αποκλειστικά τη διάταξη και οργάνωση ενός κόσμου αποτελούμενου από τις εμπειρίες μας.

Συνεπώς, ποτέ δεν είμαστε βέβαιοι ότι κατέχουμε την αλήθεια.

Παρόμοια αντίληψη ισχύει και για την απόκτηση της γνώσης από τους μαθητές.

Ο μαθητής ή, γενικότερα, το άτομο κατασκευάζει τη δική του προσωπική γνώση, σύμφωνα με την εποικοδομητική υπόθεση, ερμηνεύει με το δικό του τρόπο την πραγματικότητα που εξαρτάται από τις δικές του ιδέες και τις νοητικές του δομές.

Η γνώση ως προσωπικό κατασκευάσμα δεν μπορεί να είναι αντικειμενική αλλά προσωπικά και κοινωνικά προσδιορισμένη. Το κύρος της είναι προσωρινό και αξιολογείται από τους μαθητευόμενους σε βαθμό που ταιριάζει με την εμπειρία τους και το πόσο είναι χρήσιμη και το βαθμό στον οποίο εναρμονίζεται με τις γνωστικές τους δομές

Η γνώση εποικοδομείται ενεργά από τα υποκείμενα, δε μεταβιβάζεται αλλά ούτε γίνεται αποδεκτή παθητικά (Driver, 1989 Wheatley, 1991).

Κατά την Driver, η διαδικασία της εποικοδόμησης της γνώσης από το υποκείμενο είναι «αυτοαναφερόμενη διαδικασία», όπου γνωστικά σχήματα φέρονται στο προσκήνιο και διευθετούνται σε σχέση με το πόσο ταιριάζουν στην εμπειρία του ατόμου.

Οι επιστημολογικοί προσανατολισμοί της γνώσης και της μάθησης παρουσιάζονται στον πίνακα της σελίδας 27.

1.13 Οι ιδέες των μαθητών και τα αναλυτικά προγράμματα.

Η εποικοδόμηση θέτει μια καινούρια βάση για το σχεδιασμό νέων αναλυτικών προγραμμάτων ή την αναθεώρηση των υπαρχόντων. Βέβαια για να αναπτυχθεί ένα νέο αναλυτικό πρόγραμμα χρειάζονται δύο πολύ σημαντικές προϋποθέσεις. Πρώτον, να υπάρχει μια καινούρια θεωρία μάθησης, που στην προκειμένη περίπτωση την παρέχει η εποικοδόμηση και δεύτερον, οι κοινωνικές απαιτήσεις για συγκεκριμένου τύπου εκπαίδευση να επιβάλλουν τη θεσμοθέτησή τους στο εκπαιδευτικό σύστημα. Για παράδειγμα, στην εποχή μας η κοινωνική απαίτηση για επιστημονικό και τεχνολογικό αλφαριθμητικό επιβάλλει αλλαγή του περιεχομένου του αναλυτικού προγράμματος.

**ΠΙΝΑΚΑΣ: Τρία μοντέλα επιστημολογικών προσανατολισμών
(Berry and Sahlberg, 1996)**

Μεταδοτικό	Καινοτομικό	Μετασχηματιστικό
Η φύση της γνώσης και της σκέψης		
Η γνώση μεταδίδεται από το δάσκαλο και το εγχειρίδιο στο μαθητή. Η γνώση είναι στατική και αντικειμενική, η σκέψη είναι κλειστή. Γραμμικά παραδείγματα (το παράδειγμα με την έννοια του Kuhn). Έμφαση δίνεται στην ποσότητα και στο εύρος της γνώσης.	Η μάθηση κερδίζεται μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ του δασκάλου και του παισιού στο οποίο συντελείται. Η γνώση είναι δυναμική και ζωντανή. Η σκέψη βασίζεται στην εκμάθηση στρατηγικών. Δίνεται έμφαση στην ποιότητα και όχι στην ποσότητα της γνώσης.	Η γνώση είναι δυναμική, μεταβαλλόμενη και εποικοδομείται από το υποκείμενο. Η σκέψη εξαρτάται από το πλαίσιο, επίσημες και ανεπίσημες συζητήσεις είναι αναγκαίες όταν χτίζεται η κοινότητα των μαθητών.
Η αίσθηση της εξουσίας		
Η διδασκαλία είναι δασκαλοκεντρική. Δίνεται έμφαση σ' αυτή και ο μαθητής εξαρτάται από το δάσκαλο. Ο δάσκαλος είναι υπεύθυνος για τα μαθησιακά αποτελέσματα και για το σχεδιασμό του περιβάλλοντος της μάθησης.	Μαθητοκεντρική. Οι μαθητές είναι υπεύθυνοι για τη δική τους μάθηση μαζί με το δάσκαλο. Ο δάσκαλος έχει τον έλεγχο της κατάστασης, αλλά δεν είναι ανταρχικός. Υπάρχουν ισχυρά κίνητρα μάθησης.	Κοινότητα μαθητών. Δεν υπάρχει ευδιάκριτη εξουσία. Ο δάσκαλος χρησιμοποιεί τη δύναμη του περιβάλλοντος και της κοινότητας όταν δημιουργείται / μετασχηματίζεται νέα γνώση. Δίνεται έμφαση στην πολυπλοκότητα, στη δημιουργικότητα και στην ανοικτή σκέψη.
Έννοια της μάθησης		
Η μάθηση σημαίνει μεταφορά γνώσης και δεξιοτήτων από το δάσκαλο στο μαθητή. Η αποτελεσματικότητα της μάθησης ελέγχεται με τεστ προόδου (achievement tests) και δίνεται έμφαση στην κατόχη του περιεχομένου. Η μάθηση θεωρείται ως μια γραμμική και απλή πράξη.	Η μάθηση λαμβάνει χώρα μέσω συνεργατικών δραστηριοτήτων, επίλυσης προβλημάτων και ανώτερων λειτουργιών της σκέψης. Παραγωγική ομιλία και αλληλεπίδραση των μαθητών είναι αναγκαία χαρακτηριστικά της μάθησης.	Η μάθηση είναι αλλαγή στις εμπειρίες του υποκειμένου και στις αξίες. Δίνεται έμφαση στις εποικοδομητικές, αυτορρυθμιζόμενες και συνεργατικές διαδικασίες. Η μάθηση θεωρείται ως εποικοδόμηση που γίνεται στο πλαίσιο της κοινότητας της ομάδας.

Σημαντικό ρόλο στην κατασκευή του προγράμματος παίζουν το περιεχόμενο, οι διδακτικές στρατηγικές και τα μαθησιακά έργα. Η επιλογή του περιεχομένου του προγράμματος έχει σχέση και με αυτό που ονομάζουμε σχολική γνώση. Η σχολική γνώση προέρχεται από το μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης που αποτελεί αυτό που η επιστημονική κοινότητα δέχεται σε μια δεδομένη χρονική στιγμή ως έγκυρο σώμα γνώσης. Επειδή αυτή είναι γνώση με υψηλό βαθμό αφαίρεσης και εκφράζεται με συμβολισμό, είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθεί στα σχολεία χωρίς το μετασχηματισμό της.

Η οργάνωση του περιεχομένου ενός εποικοδομητικού αναλυτικού προγράμματος είναι διαθεματική και αποτελεί την προοπτική του ερχόμενου αιώνα. Το κύριο στοιχείο της είναι οι ιδέες των μαθητών για τον κόσμο.

Τα στοιχεία του αναλυτικού προγράμματος που έχουν μια παγκοσμιότητα είναι οι Φυσικές Επιστήμες, τα Μαθηματικά, η Τεχνολογία και η Μελέτη του Φυσικού Περιβάλλοντος. Αν προσαρμοστούν τα παραπάνω μαθήματα στο πολιτισμικό και κοινωνικό περιβάλλον των διαφόρων χωρών, τότε δημιουργείται ένα αναλυτικό πρόγραμμα του οποίου το περιεχόμενο δομείται πάνω σε τρεις άξονες: Επιστήμη, Τεχνολογία και Κοινωνία.

Ο κύριος σκοπός ενός τέτοιου προγράμματος είναι ο λεγόμενος Επιστημονικός και Τεχνολογικός Αλφαριθμητισμός, δηλαδή στοχεύει σε επιστημονικά και τεχνολογικά «εγγράμματους» πολίτες. Οι πολίτες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιούν τις έννοιες, τις δεξιότητες και τις αξίες της επιστήμης για να παίρνουν τις καθημερινές τους αποφάσεις και αναγνωρίζουν τις δυνατότητες καθώς και τη χρησιμότητα της τεχνολογίας για την προαγωγή της ευημερίας του ανθρώπου.

Το εποικοδομητικό αναλυτικό πρόγραμμα εστιάζει στις δραστηριότητες που πραγματικά κάνουν οι μαθητές και όχι σ' αυτές που νομίζουν οι δάσκαλοι ότι κάνουν οι μαθητές. Με τις δραστηριότητες αυτές εποικοδομούν γνώσεις και δεξιότητες ανάλογα με την προηγούμενη γνώση του κάθε μαθητή. Το πρόγραμμα αυτό δίνει έμφαση τόσο στο περιεχόμενο όσο στις επιστημονικές διαδικασίες, ενώ το παραδοσιακό δίνει μόνο έμφαση στο περιεχόμενο και το ανακαλυπτικό στις διαδικασίες.

Οι γνώσεις που έχουν αποκτήσει οι μαθητές περιέχουν διαδικασίες και περιεχόμενο, εξελίσσονται, αλλάζουν, τροποποιούνται σύμφωνα με αυτό που επιθυμούμε.

γ) Η εποικοδομητική προσέγγιση

Οι Driver και Oldham (1986) πρότειναν ένα μοντέλο της εποικοδομητικής προσέγγισης στη μάθηση και στη διδασκαλία που περιλαμβάνει τη φάση του **προσανατολισμού, της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών, της αναδόμησης των ιδεών, της εφαρμογής των νέων ιδεών και της ανασκόπησης.**

Η φάση του προσανατολισμού

Είναι το ξεκίνημα της διδασκαλίας που είναι απαραίτητο να είναι καλά οργανωμένο, ώστε να τραβήξει την προσοχή και το ενδιαφέρον των μαθητών.

Ο δάσκαλος εξηγεί με την έναρξη του μαθήματος τι πρόκειται να επακολουθήσει ώστε να αφοσιωθούν καλύτερα στις δραστηριότητες που θα διεξάγουν οι ίδιοι. Πρέπει με κάθε τρόπο να προκαλέσει το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών.

Αυτό μπορεί να γίνει με την παρατήρηση ενός φαινομένου ή την παρουσίαση μιας συλλογής αντικειμένων, με την παρατήρηση μιας διαφάνειας στον ανακλαστικό προβολέα ανάλογα με τη διδακτική έννοια κ.τ.λ.

Η φάση της ανάδειξης των ιδεών

Σ' αυτή τη φάση οι μαθητές εκφράζουν προφορικά ή γραπτά τις ιδέες τους. Εδώ οι μαθητές εξωτερικεύουν τις ιδέες τους, ενώ ο δάσκαλος ανακαλύπτει τι σκέπτονται και τι μπορεί ο ίδιος να πράξει ώστε να προγραμματίσει τις διδακτικές στρατηγικές που προσφέρονται σε κάθε περίπτωση.

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να πετύχουμε ανάδειξη των ιδεών των μαθητών. Ο πιο απλός είναι να παρακολουθήσουμε τι λένε ή να κάνουμε διάλογο μαζί τους. Αυτό μπορεί να γίνει άτυπα σε εξατομικευμένη φάση κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων στην τάξη ή, πιο συστηματικά, σε συζήτηση μικρών ομάδων. Οι πρακτικές δραστηριότητες, τα ερωτηματολόγια, οι ατομικές εργασίες είναι τρόποι ανάδειξης των ιδεών. Ένας άλλος τρόπος είναι τα υποθετικά πειράματα, που ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν τα αποτελέσματα κάποιων πειραμάτων που περιγράφουμε. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες δύο ή περισσότερων ατόμων, ο δάσκαλος τους δίνει τα κατάλληλα έργα, αυτοί ερ-

γάζονται στην αρχή ατομικά και στη συνέχεια συζητούν σε επίπεδο ομάδας. Οι μαθητές καταγράφουν τις απόψεις τους σε χαρτί που τις συγκεντρώνει ο δάσκαλος, ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων και έτσι θγαίνουν τα σημαντικότερα μοντέλα των ιδεών των μαθητών.

Η ύπαρξη των διαφορετικών μοντέλων είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί ώστε να επιλέγει ένα μοντέλο, το επιστημονικό. Η υιοθέτησή του επιδιώκεται στην επόμενη φάση.

Η φάση της αναδόμησης των ιδεών

Στη φάση αυτή οι μαθητές ενθαρρύνονται να ελέγξουν τις ιδέες τους με σκοπό να τις επεκτείνουν, να αναπτύξουν ιδέες στην περίπτωση που δεν έχουν άποψη, ή να αντικαταστήσουν τις προϋπάρχουσες με άλλες. Επιδίωξη του διδάσκοντα είναι η αυτόδουλη και οικειοθελής μετατόπιση των παιδιών από τις δικές τους σε άλλες ιδέες, που είναι πλησιέστερα στο επιστημονικό πρότυπο. Αν στην προηγούμενη φάση είχαμε ζητήσει να προβλέψουν τα αποτελέσματα κάποιου «υποθετικού» πειράματος, σ' αυτή τη φάση τους ζητάμε να εκτελέσουν το πείραμα. Αν τα αποτελέσματα του πειράματος συμπίπτουν με την πρόβλεψη, τότε έχουμε επιβεβαίωση της υπάρχουσας γνώσης. Σε διαφορετική περίπτωση, έχουμε γνωστική σύγκρουση. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των δύο ή τριών ατόμων και ακολουθούν γραπτές οδηγίες για το πως θα εκτελέσουν συγκεκριμένα έργα, τα αποτελέσματα των οποίων προσπαθούν να ερμηνεύσουν. Στόχος των έργων αυτών είναι να οδηγηθούν οι μαθητές σε αδιέξοδο, βλέποντας τη διάσταση ανάμεσα στο αναμενόμενο από αυτούς και το πειραματικό αποτέλεσμα. Θα οδηγηθούν μ' αυτόν τον τρόπο σε ενδοπροσωπική σύγκρουση. Αυτή η σύγκρουση θα τους κάνει να νιώθουν δυσαρεστημένοι, γεγονός που θα τους ωθήσει πιθανόν σε εννοιολογική αλλαγή. Αναλυτικότερα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο δάσκαλος καθοδηγεί τους μαθητές να συγκρίνουν τις εναλλακτικές ιδέες τους με τρόπο συστηματικό, ώστε να είναι σε θέση να αναγνωρίσουν αποτελέσματα που δεν ταιριάζουν με την ιδέα που ερευνούν, ακόμα και αν αυτή είναι δική τους. Πάντως απαιτείται μεγάλη προσοχή όσον αφορά την επιλογή των κατάλληλων έργων, π.χ. πειράματα επίδειξης, που μπορεί να φαίνονται πολύ πειστικά στο δάσκαλο, είναι δυνατόν όμως να μην προκαλούν καμία εντύπωση στους μαθητές, αν οι τελευταίοι δεν έχουν κατανοήσει το σκοπό για τον οποίο γίνονται.

Η φάση της εφαρμογής

Στη φάση αυτή τα παιδιά συσχετίζουν αυτό που έμαθαν με τις εμπειρίες τις καθημερινής ζωής. Θα πρέπει να τους δοθεί η ευκαιρία να βρουν πώς οι νέες ιδέες που απέκτησαν μπορούν να εφαρμοστούν στη λύση πραγματικών προβλημάτων. Η δυνατότητα που αποκτούν με τις καινούριες ιδέες να ερμηνεύουν φαινόμενα που δεν μπορούσαν πριν να τα ερμηνεύσουν, κατοχυρώνει την υιοθέτηση των απόψεων αυτών, επειδή ακριβώς αναγνωρίζουν την αξία τους και τη λειτουργικότητά τους.

Η φάση της ανασκόπησης

Σ' αυτή τη φάση οι μαθητές πρέπει να αναγνωρίσουν τη σπουδαιότητα αυτών που ανακάλυψαν. Οι μαθητές θα πρέπει να συγκρίνουν τις αρχικές με τις νέες απόψεις τους. Συνειδητοποιούν την προηγούμενη με την τωρινή κατάσταση, καθώς και την γνωστική πορεία της αλλαγής. Αυτό αποτελεί μέσο αυτοελέγχου και είναι αυτό που ονομάζουμε μεταγνώση.

1.14 Τα εργαλεία των διδακτικών προσεγγίσεων

Για να επιτευχθεί καλύτερο μαθησιακό αποτέλεσμα στη διδασκαλία χρησιμοποιούνται συνήθως έξυπνα τεχνάσματα ή εργαλεία για τις διδακτικές προσεγγίσεις (Κόκκοτας – Βλάχος – Καρανίκας 1995).

Ως τέτοια εργαλεία μπορούν να θεωρηθούν οι ερωτήσεις, οι σωκρατικοί διάλογοι, οι μεταφορές, οι αναλογίες, η λύση των προβλημάτων, η γνωστική σύγκρουση, οι σχηματικές αναπαραστάσεις του πλέγματος των εννοιών (Concept Mapping), η προσομοίωση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή κ.τ.λ.

Οι ερωτήσεις

Οι ερωτήσεις στη διάρκεια της διδασκαλίας θεωρούνται εργαλεία για την επίτευξη των διδακτικών στόχων. Στα πλαίσια της εποικοδόμησης στοχεύουν στην αποκάλυψη του βαθύτερου πιστεύω του μαθητή με την έκφραση της προσωπικής και της αυθεντικής του γνώμης. Απευθύνονται σ' όλους τους μαθητές, και αποτελούν μια προέκταση της φάσης του προσανατολισμού.

Ακολουθούν ένα μικρό κείμενο, μια εικόνα ή μια σειρά από εικόνες, μια παρατήρηση ή ένα σχόλιο που ακούστηκε στη φάση του προσανατολισμού. Δομούνται συντακτικά κατά τέτοιο τρόπο ώστε να τονίζεται το προσωπικό στοιχείο, η έκφραση γνώμης και το κλίμα ελευθερίας μέσα στο οποίο θα γίνει η συζήτηση.

Οι σωκρατικοί διάλογοι

Ο Σωκράτης, στην προσπάθειά του να εκμαιεύσει τις απόψεις των μαθητών εισήγαγε το διάλογο. Άφηνε τους συνομιλητές του να ομιλούν και μετά ρωτούσε. Με τον τρόπο αυτό διευκόλυνε τη διαπίστωση των αντιφάσεων των συνομιλητών του. Υποστηρίζεται (Βοσνιάδου & Brewer 1988) ότι στο σχολικό επίπεδο, η αναδιοργάνωση των γνώσεων πρέπει να προκύπτει από τις προσπάθειες του δασκάλου να κατευθύνει το παιδί στην οικοδόμηση ενός νέου σχήματος. Στο σωκρατικό μοντέλο ο δάσκαλος κατανοεί τις απόψεις του μαθητή, μπορεί να δημιουργεί τον κατάλληλο προβληματισμό και να τον κατευθύνει στη δημιουργία εννοιολογικά συνετών θεωριών.

Ο δάσκαλος θέτει συνεχώς ερωτήσεις με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε ερώτηση να στηρίζεται στις προηγούμενες, κι έτσι οι μαθητές να καταλήξουν στις απόψεις που επιδιώκει ο δάσκαλος. Σύμφωνα με τη γενική άποψη, η γνώση είναι μια σύνδεση ανάμεσα στις κατάλληλες ερωτήσεις και τις σωστές απαντήσεις. Αυτή η σύνδεση εδώ γίνεται από τον ίδιο το μαθητή και έτσι εξασφαλίζει την κατανόηση της γνώσης.

Η μεταφορά και η αναλογία στη διδασκαλία

Οι μαθητές, όταν προσεγγίζουν έναν τομέα που δεν τους είναι αρκετά οικείος, ανακαλούν στη μνήμη τους ένα πρόβλημα του οποίου γνωρίζουν τη λύση και που το θεωρούν ανάλογο με το προς επίλυση πρόβλημα, δηλαδή ανατρέχουν στον αναλογικό συλλογισμό.

Η μεταφορά μπορεί να θεωρηθεί ως μέσο επικοινωνίας και ως εργαλείο σκέψης αφού με τη χρήση του λόγου συμβάλλει στην επέκταση των δυνατοτήτων μας για επικοινωνία. Διευκολύνει τη δραστηριότητα κωδικοποίησης και ανάκλησης των πληροφοριών από τη μνήμη και βελτιώνει έτσι την ικανότητα του υποκειμένου να θυμάται.

Κατά τον (Ortony, 1979), η μεταφορά στον προφορικό λόγο

μεταφέρει τα επιπλέον μηνύματα που δεν κωδικοποιούνται στη γλώσσα. Στο γραπτό λόγο όμως, η χρήση της είναι δύσκολη και ίσως σε μερικές περιπτώσεις επικίνδυνη επειδή μπορεί να δημιουργήσει παρανοήσεις. Ο συγγραφέας όμως, εάν γνωρίζει σε ποιόν αναγνώστη απευθύνεται, μπορεί να χρησιμοποιήσει μεταφορές που διευκολύνουν τη μάθηση.

Αλλά το πρόβλημα που τίθεται στη μεταφορά είναι αν οι μαθητές γνωρίζουν τη γνώση που υποδηλώνεται στη μεταφορά, δηλαδή όταν το εννοιολογικό πλαίσιο που χρησιμοποιεί το παιδί για να ερμηνεύσει ένα φαινόμενο είναι διαφορετικό από αυτό του δασκάλου. Αν ο δάσκαλος όμως έχει μελετήσει το τι στοχεύει να μάθει ο μαθητής για κάποια συγκεκριμένη έννοια, τότε η μάθηση θα διευκολύνεται με τη μεταφορά.

Ο ρόλος της μεταφοράς είναι πολυδιάστατος στη διδασκαλία και στη μάθηση (Petrie, 1986). Μεταφέρει μάθηση και κατανόηση από κάτι που είναι πολύ γνωστό σε κάποιο άλλο που είναι λιγότερο γνωστό, μεταφέρει νοήματα και κατανόηση μέσω της σύγκρισης (Stight, 1987). Οι μεταφορές είναι απαραίτητες για τη μάθηση στην οποία η γνώση είναι αποτέλεσμα ριζοσπαστικής αναδιοργάνωσης, βοηθούν στην υπερνίκηση ορισμένων γνωστικών περιορισμών, η χρήση τους υποδηλώνει την ανακάλυψη σχέσεων μεταξύ φαινομενικά ξεχωριστών περιοχών και εξερευνά το βαθμό που αυτές σχετίζονται.

Η επίλυση των προβλημάτων

Όσοι υποστηρίζουν τη θεωρία της εποικοδόμησης της γνώσης δέχονται ότι η μάθηση μέσω της επίλυσης των προβλημάτων είναι μια πολύ καλή προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Δεν εφαρμόζεται μόνο στις Φυσικές Επιστήμες αλλά και σε άλλα μαθήματα όπως στα Μαθηματικά. Τα προβλήματα που χρησιμοποιούνται είναι ανοικτού τύπου, υπάρχει δηλαδή η «καλύτερη» λύση και όχι η μοναδική σωστή λύση.

Η στρατηγική της μάθησης μέσω επίλυσης προβλημάτων εφαρμόζεται σε ομάδες μαθητών και λιγότερο σε μεμονωμένα άτομα. Οι μαθητές είναι υποχρεωμένοι να βρουν μόνοι τους τον τρόπο με τον οποίο θα εργαστούν στα προβλήματα και επειδή αναφέρονται στην καθημερινή ζωή τους προκαλούν το άμεσο ενδιαφέρον. Ο ρόλος του δασκάλου είναι συμβουλευτικός. Αυτός δομεί το υλικό κατά τέτοιο τρόπο ώστε η επίλυση του προβλήματος να προκύπτει ως ένα φυσικό μέρος της διδασκαλίας.

Η προσέγγιση που ακολουθεί είναι παρόμοια με αυτή της εποι-

κοδομητικής μάθησης. Χρησιμοποιεί τις ιδέες των μαθητών και τις δεξιότητές τους, επιβάλλει τη συζήτηση των ιδεών της ομάδας, τις σκέψεις και τις γνώσεις τους. Η ευθύνη της μάθησης μετατίθεται στους μαθητές, αφού είναι δική τους απόφαση ποια θα επιλεγεί ως καλύτερη λύση.

Κατά τους Bentley και Watts 1992, η στρατηγική της επίλυσης προβλημάτων βοηθάει τους μαθητές να γίνουν κάτοχοι ενός έργου μάθησης. Είναι μια μορφή ενεργητικής και ανακαλυπτικής μάθησης στην οποία οι μαθητές μαθαίνουν αποτελεσματικά, όταν μετέχουν ενεργά σε ενδιαφέροντα έργα. Είναι μέσο για τη διδασκαλία πολλών επιστημονικών δεξιοτήτων και για τη διδασκαλία του περιεχομένου της επιστήμης. Παρέχει την ευκαιρία αντιμετώπισης πραγματικών προβλημάτων της ζωής και αποτελεί μία από τις υψηλότερες και πολυπλοκότερες μορφές της ανθρώπινης νοητικής δραστηριότητας.

Για την επίλυση ενός προβλήματος το άτομο έχει ένα σκοπό, που για να επιτευχθεί πρέπει να μετατοπίσει ένα εμπόδιο δηλαδή ισχύει η σχέση:

$$\text{Πρόβλημα} = \text{σκοπός} + \text{εμπόδιο}$$

Οι δραστηριότητες, πνευματικές ή φυσικές, στις οποίες προβαίνει κάποιος για την επίτευξη του σκοπού μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν τη λύση του προβλήματος. Τα στοιχεία, οι σχέσεις και οι συνθήκες αποτελούν τα δεδομένα του προβλήματος και συνθέτουν την αρχική του κατάσταση.

Το εμπόδιο που εξαρτάται από το λύτη και τη θέση του προβλήματος, τον δυσκολεύει να μετασχηματίσει την αρχική κατάσταση του προβλήματος σ' αυτή που επιθυμεί.

Επίλυση του προβλήματος είναι η ενεργή διαδικασία προσπάθειας να γίνει αυτός ακριβώς ο μετασχηματισμός. Η **μεταγνώση**, δηλαδή τι γνωρίζουμε για το πώς γνωρίζουμε, τον καθοδηγεί στην επίλυση του προβλήματος. Είναι απαραίτητο ο λύτης να αναγνωρίσει και να καθορίσει το πρόβλημα. Αφού συμβεί αυτό, κάνει ένα «νοητικό χάρτη» των στοιχείων, των σχέσεων και των σκοπών του προβλήματος.

Η πληροφορία εισέρχεται νοητικά και ερμηνεύεται από την αρχική κατάσταση.

Οι εσωτερικές αναπαραστάσεις επιτρέπουν στα άτομα να κατανοήσουν ένα πρόβλημα και να σκεφτούν για τη λύση του. Η επίλυση

προβλημάτων αφορά την κατασκευή ενός νοητικού μοντέλου που πολλές φορές αποτελεί τη διαδικασία της συγκεκριμενοποίησης.

Σχηματικές αναπαραστάσεις του πλέγματος των εννοιών των μαθητών

Οι σχηματικές αναπαραστάσεις των εννοιών και των διασυνδέσεων που υπάρχουν μεταξύ τους, είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για το δάσκαλο και αναφέρονται ως «χάρτης εννοιών». Οι έννοιες και η διαπλοκή τους σχετίζονται με τις απαντήσεις των μαθητών όταν περιγράφουν καταστάσεις ή μεταβολές. Η σύγκριση του χάρτη ιδεών των μαθητών και αυτού που στοχεύουμε να έχουν στο τέλος μιας σειράς μαθημάτων, μας επιτρέπει να σχεδιάσουμε τη διδακτική μας πορεία.

Οι προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή

Ο άνθρωπος στην προσπάθειά του να ερμηνεύσει τον κόσμο που τον περιβάλλει, να προβλέψει την αρχή και την εξέλιξη των γεγονότων και των φαινομένων, τη λειτουργία συστημάτων, δημιουργεί νοητικές αναπαραστάσεις ή νοητικά μοντέλα. Με βάση αυτά τα μοντέλα κατασκευάζει ένα νέο τεχνητό κόσμο, που μιμείται, αναπαριστά, ή αναπαράγει την πραγματικότητα (Ράπτης, 1997). Επιχειρείται με εικόνες, χάρτες, προπλάσματα κ.λπ. μια αισθητοποίηση και οπτικοποίηση της πραγματικότητας με στατικό χαρακτήρα. Οι υπολογιστές όμως παρέχουν στο χρήστη πιο δυναμικά μοντέλα μέσα από ειδικά πακέτα λογισμικού, ηλεκτρονικά βιβλία, προγράμματα προσομοίωσης και κίνησης. Στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ο υπολογιστής είναι ένα εργαλείο για να κατανοήσει ο μαθητής τους νόμους, τις αρχές, τα φαινόμενα της φύσης και πιο πολύ αυτά του μικρόκοσμου.

Με τη βοήθεια αισθητήρων και απτήρων που είναι συνδεδεμένοι με τον υπολογιστή, παρατηρεί και μελετά τη σταδιακή εξέλιξη ενός φαινομένου.

Είναι δυνατόν επίσης να μεταβάλλει κάποιες παραμέτρους, να εισάγει δεδομένα και να συγκρίνει το ίδιο φαινόμενο σε διαφορετικές καταστάσεις.

Τέτοια προγράμματα βοηθούν στην ενίσχυση των αντιλήψεων του μαθητή, την απόκτηση γνώσεων και τη δημιουργία σαφών αναπαραστάσεων.

1.15 Κοινά χαρακτηριστικά των εποικοδομητικών προσεγγίσεων

α) Η εργασία σε ομάδες

Αν η υπόθεση της εποικοδομητικής μάθησης είναι σωστή, όπως όλες οι ενδείξεις συντείνουν, τότε εκτός των άλλων, επιβάλλεται αλλαγή και στη δομική οργάνωση της τάξης, ώστε να διευκολύνεται η συνεργασιακή λειτουργία. Το γεγονός ότι οι μαθητές οικοδομούν τη γνώση ο καθένας για τον εαυτό του, δε σημαίνει ότι αυτό συμβαίνει σε απομόνωση από τους άλλους. Ο Piaget περιέλαβε ως έναν από τους κύριους παράγοντες ανάπτυξης της γνώσης την κοινωνικοποίηση. Η συμμετοχή σε μικρές ομάδες επίλυσης προβλημάτων μπορεί να προκαλέσει γνωστική ανισορροπία, έτσι ώστε να υπάρξει μια μετρήσιμη αλλαγή στο χρόνο οικοδόμησης της γνώσης (Haste, 1987). Εξάλλου οι Doise και Mugny (1984) έχουν αποδείξει ότι παιδιά που δουλεύουν κατά ζεύγη ή κατά ομάδες για την επίλυση προβλημάτων παράγουν περισσότερο επαρκείς λύσεις παρά όταν εργάζονται μόνα τους. Η κοινωνική διαδικασία της συζήτησης και του διαλόγου ενεργεί ως καταλύτης για τη σκέψη. Η ευκαιρία να προτείνουν, να απορρίψουν ή να ανακοινώσουν νέες ιδέες βοηθάει τα παιδιά να συνθέσουν και να σταθεροποιήσουν τη σκέψη τους. Αυτό υποδηλώνει ότι κατανοούν καλύτερα τις έννοιες όταν συνεργάζονται. Όταν τα παιδιά εργάζονται σε μικρές ομάδες διεγείρονται από τις προκλήσεις που δέχονται οι ιδέες τους και κατ' αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζουν την ανάγκη να τις οργανώσουν ξανά και να τις αναθεωρήσουν. Η ίδια η πράξη της τυποποίησης μιας έκφρασης των απόψεων προωθεί μια ανακλαστική πνευματική διεργασία που στη συνέχεια οδηγεί στην αναθεώρηση. Δεν είναι ασυνήθιστο για τους ανθρώπους να τροποποιούν τις θέσεις τους όταν βρεθούν σε επικοινωνία με συνανθρώπους τους στα πλαίσια μιας μικρής ομάδας.

Κατά την άποψή μας η εργασία των μαθητών σε ομάδες έχει μια κοινωνική συνιστώσα που είναι πολύ σημαντική. Στην εποχή μας, περισσότερο ίσως από κάθε άλλη φορά, το άτομο είναι απομονωμένο λόγω των συνθηκών ζωής, παρόλο που το χαρακτηριστικό του είναι η ανάγκη επικοινωνίας και δημιουργίας σχέσεων με τους συνανθρώπους του. Αυτή η κοινωνική απομόνωση μπορεί να καταπολεμηθεί στο σχολείο, αν οι μαθητές αποκτήσουν τη συνήθεια να επικοινωνούν και να συνεργάζονται. Για να υπάρξει ωστόσο επι-

κοινωνία απαιτείται ένα ευρύ φάσμα κοινωνικών δεξιοτήτων.

Στο επίπεδο της τάξης η λέξη «επικοινωνία» σημαίνει «μοιράζομαι τις ιδέες μου με άλλους». Βέβαια οι ιδέες που αναπτύσσουμε και που αλλάζουν συνέχεια δε θα είχαν πολύ σημασία αν δεν τις μοιράζομαστε με το κοινωνικό μας περιβάλλον. Αυτό αφορά τόσο στο σύγχρονο σχολείο, όπου εφαρμόζεται η εποικοδομητική προσέγγιση, οπότε ο κάθε μαθητής μαθαίνει και από τους συμμαθητές του, όσο και στο παραδοσιακό πρότυπο, όπου όλη η διδασκαλία δεν είναι μετωπική, αλλά επιβάλλεται η εργασία των μαθητών σε ομάδες.

Η εργασία σε ομάδες έχει ξεχωριστή σημασία στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Θα λέγαμε ότι αποτελεί βασικό εργαλείο για την επίτευξη επικοινωνίας στο μάθημα αυτό. Η ομάδα είναι ο μηχανισμός για συνεργατική και συναδελφική μάθηση και εξασφαλίζει την εξερεύνηση, την κατανόηση και την επίδραση πάνω στις ιδέες των μελών για μια συγκεκριμένη έννοια των Φ. Ε.

Όπως γνωρίζουμε, υπάρχουν πολύ λίγες περιοχές των Φ. Ε. όπου οι μαθητές δεν έχουν καμιά εμπειρία. Όλοι τους έρχονται στο μάθημα με κάποιες δικές τους ιδέες, γεγονός που επιβάλλει οι ιδέες αυτές να εξερευνηθούν με την ομιλία, την καταγραφή, τον πειραματισμό, τον έλεγχο και τη σύγκριση με τις ιδέες των άλλων. Η εργασία σε ομάδες είναι ωφέλιμη, όταν καθένας μαθαίνει από τις ιδέες και τις δυνατότητες των άλλων. Θα λέγαμε ότι για να κατανοήσουν οι μαθητές τις επιστημονικές έννοιες θα πρέπει πρώτα να μάθουν να τις μοιράζονται.

Υποστηρίζεται (Bentley & Watts, 1992) ότι η εργασία σε ομάδες είναι αποδοτική όταν:

1. Περιλαμβάνει δύο ή περισσότερα πρόσωπα που εργάζονται για έναν κοινό και διαπραγματεύσιμο σκοπό μέσα από ένα κοινό σχέδιο δράσης που όλοι το αποδέχονται.
2. Τα μέλη της ομάδας έχουν διαφορετικούς ρόλους τους οποίους αποδέχτηκαν ύστερα από διαπραγμάτευση και κοινή συμφωνία.
3. Κάθε μέλος έχει την ευχέρεια να συνεισφέρει με τις δεξιότητές του στο κοινό έργο.
4. Η ατμόσφαιρα είναι τέτοια που να επιτρέπει σε κάθε μέλος να μαθαίνει από τα υπόλοιπα.
5. Τα μέλη ενθαρρύνονται να εργαστούν χρησιμοποιώντας το μέγιστο των δυνατοτήτων τους και είναι προετοιμασμένα να μοιράζονται τις ικανότητές τους και να υπερβαίνουν τις αδυναμίες τους ώστε να προαχθεί το έργο της ομάδας.

6. Μεταξύ των μελών της ομάδας ενθαρρύνεται ένα εργασιακό περιβάλλον εμπιστοσύνης και συνεργατικής ευθύνης.

Στην εργασία κατά ομάδες σημαντικό ρόλο παίζει ο τρόπος συγκρότησης της ομάδας, καθώς επίσης και η απασχόληση των μελών της με κατάλληλα έργα.

Η επικοινωνία δεν είναι μόνο ένα αναγκαίο στοιχείο για την εκμάθηση των επιστημονικών εννοιών, αλλά υπάρχουν και ευρύτεροι λόγοι που την επιβάλλουν. Ας δούμε πώς τη βλέπουν οι μαθητές από τη δική τους σκοπιά: «Καθόμουν σε μια αίθουσα με άλλους 30. Λίγοι μαθητές είχαν μιλήσει... πολλές ώρες την εβδομάδα το μάθημα με αυτή τη μεγάλη ομάδα, με έκανε να νιώθω απομονωμένος, αδύναμος, ανασφαλής, μη συνεργάσιμος και εχθρικός προς αυτούς που κατηγορούσα για τα αισθήματά τους... Η εμπειρία μου από τη διδασκαλία αυτής της μεγάλης ομάδας ήταν εντελώς αντίθετη από την εμπειρία μου ως μέλους της μικρής ομάδας στο τέλος της εβδομάδας. Η ομάδα των δέκα διέφερε από τη μεγάλη ομάδα στο μέγεθος και το σχήμα, αλλά όχι στην οργάνωση ή τη δομή. Και τα δύο γκρουπ είχαν ένα άτομο υπεύθυνο... αλλά οι δέκα κάθονταν σε κύκλο και ήταν σε θέση να βλέπει ο ένας τον άλλο... αυτό οδήγησε προσοδευτικά σε εκτεταμένη συζήτηση, μας βοήθησε να είμαστε ανοιχτοί, ζεστοί και να υποστηρίζομαστε, με αίσθημα κοινής ευθύνης» (Ollerenshaw & Ritchie, 1993). Από μια γενικότερη θεώρηση, η εργασία σε ομάδες βοηθάει στην ανάπτυξη κοινωνικής συνείδησης, στην προσαρμογή στο ομαδικό πνεύμα, στην ικανότητα συμβίωσης, στην ενότητα δράσης, στην οργανωτικότητα, στο σεβασμό στους ομαδικούς κανόνες (Τριλιανός, 1988).

δ) Η σημασία της συζήτησης στην ομάδα

Όταν ο μαθητής μιλάει στην ομάδα, το πρώτο που επιτυγχάνει είναι να ανακαλύψει ο ίδιος τι ακριβώς σκέπτεται και λιγότερο να πείσει τους υπόλοιπους γι' αυτά που υποστηρίζει. Ωστόσο κατά τη διάρκεια της συζήτησης στην ομάδα μιας ορισμένης ιδέας που έφερε κάποιος προστίθενται νέα στοιχεία, έτσι ώστε αυτή να αναπτύσσεται σε άλλη κατεύθυνση ή να αφαιρούνται από αυτή ορισμένες απόψεις.

Επιπλέον τα παιδιά έχουν την ευκαιρία να επαναφέρουν στη μνήμη τους ό,τι έχουν κάνει και να το παρουσιάσουν τόσο στον εαυτό τους όσο και στην ομάδα. Η σύγκριση των εμπειριών βοηθάει στη σύνδεση των σκέψεων με τα γεγονότα με αποτέλεσμα την ανά-

πτυξη των εννοιών. Αλλά και η ίδια η πρακτική δραστηριότητα στην οποία εμπλέκεται συνήθως η ομάδα κερδίζει πολύ από την αξία της, όταν αποτελεί τη βάση για συζήτηση και γραφή.

Στο παραδοσιακό σχολείο η παραπάνω αντίληψη δεν είναι κυρίαρχη. Δεν επιτρέπεται στους μαθητές να συζητούν μεταξύ τους γι' αυτό που κάνουν. Στο τέλος μιας δραστηριότητας ή ενός πειράματος επίδειξης γράφουν κάτι ή συνηθέστερα λύνουν κάποιο πρόβλημα κατά τρόπο μηχανιστικό. Είναι δύσκολο να αλλάξει κανείς αυτές τις καταστάσεις που όχι μόνο δεν αποτελούν μάθηση, αλλά έχουν ίσως αρνητική αξία γι' αυτή. Είναι βασικό να πειστούν οι δάσκαλοι για το σπουδαίο ρόλο της συζήτησης στην τάξη. Αν αυτή γίνει σωστά, το κέρδος είναι σημαντικό. Βέβαιο πάντως είναι ότι το αποτέλεσμα αυτής της συζήτησης είναι αργή αλλαγή της αντίληψής μας για τον κόσμο. (Association for Science Education, 1980).

Ο Barnes (1976) ερεύνησε το ρόλο της ομιλίας των μαθητών σε ομαδικά έργα και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι είναι πολύ σπουδαία η ανταλλαγή απόψεων σε ιδέες που «προκαλούν». Αυτός υποστηρίζει ότι η ιδέα ενός μαθητή γίνεται αντικείμενο επεξεργασίας από ένα δεύτερο και κάποτε αντικρούεται από έναν τρίτο. Αυτό ακριβώς ενθαρρύνει την εννοιολογική αλλαγή μέσω της αναζήτησης μιας κοινά αποδεκτής άποψης με πρακτική έρευνα.

Βέβαια το όφελος δεν είναι μόνο οι ιδέες ή οι έννοιες που τίθενται υπό έλεγχο, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο έγινε μια πρόβλεψη. Όταν πολλά μυαλά, παιδικά έστω, συνεργάζονται στο ίδιο έργο υπάρχει μικρότερη πιθανότητα οι ιδέες να ελεγχθούν κατά ένα επιφανειακό ή μη αντικειμενικό τρόπο από ότι θα συνέβαινε αν ένας μαθητής εργαζόταν μόνος του, χωρίς κάποιος άλλος να ελέγχει όσα εκείνος κάνει.

Επειδή η γλώσσα είναι το μέσον επικοινωνίας και στην προκειμένη περίπτωση το μέσο με το οποίο οι ιδέες και οι διαδικασίες ελέγχονται και δημιουργείται συζήτηση, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ομιλία είναι αναγκαία στη μάθηση. Επιπλέον για να κατανοήσουν οι μαθητές τη γλώσσα ως ένα ερμηνευτικό εργαλείο και όχι ως ένα σύνολο ετικετών πρέπει να έχουν οι ίδιοι ευκαιρίες να τη χρησιμοποιούν. Γι' αυτό θα πρέπει συχνά να συναντούν επιστημονικές έννοιες οι οποίες όμως θα παρουσιάζονται ως σκέψεις για συζήτηση και προβληματισμό και λιγότερο ως ετοιμοπαράδοτες πληροφορίες. Είναι σημαντικό να παρουσιάζουν οι μαθητές τις απόψεις τους, να τις συζητούν μεταξύ τους και να προβληματίζονται πάνω σ' αυτές. Η συζήτηση και ο προβληματισμός λειτουργούν συμπλη-

ρωματικά. Η ξεκάθαρη έκθεση των απόψεων από το δάσκαλο για κάποια έννοια ή φαινόμενο είναι η μία συνιστώσα, μάθηση όμως σημαίνει ό,τι συμβαίνει στην τάξη, ό,τι έχει νόημα για τους μαθητές, ό,τι λέγεται ή γράφεται στην τάξη. Τα μαθήματα που οργανώνονται σε αυτή τη βάση πρέπει να παρέχουν χρόνο για προβληματισμό και να ξαναδιατυπώνουν οι μαθητές αυτό που κατανοούν ότι αποτελεί τις κεντρικές ιδέες. Στην πράξη για πολλούς λόγους δε δίνεται χρόνος για έργα αυτού του είδους.

1.16 Σχηματικές αναπαραστάσεις του πλέγματος των εννοιών των μαθητών, εννοιολογικοί χάρτες (Concept Mapping).

Σύμφωνα με τους P.N.Johnson και P.C. Wason (1985) , «*οι έννοιες είναι το νομισματικό σύστημα της σκέψης, ...χωρίς εννοιολογικό σύστημα η σκέψη θα ήταν αδύνατη, γιατί κάθε συμβάν ή οντότητα θα ήταν μοναδικά*». Οι έννοιες διακρίνονται σε συγκεκριμένες και αφηρημένες, λεξικογραφικές, σαφείς και ασαφείς, μονοσήμαντες και πολυσήμαντες κ.ά., σύμφωνα με τις θεωρητικές θέσεις διαφόρων ερευνητών. Οι έννοιες κατά την Weill-Barais, (1994) διακρίνονται σε αυτές που προκύπτουν από κατηγοριοποίηση (Κατηγορικές) και σε Προτασιακές (Propositional) που προκύπτουν από αποφαιτικές προτάσεις οι οποίες αναφέρονται στη συσχέτιση μεταξύ εννοιών.

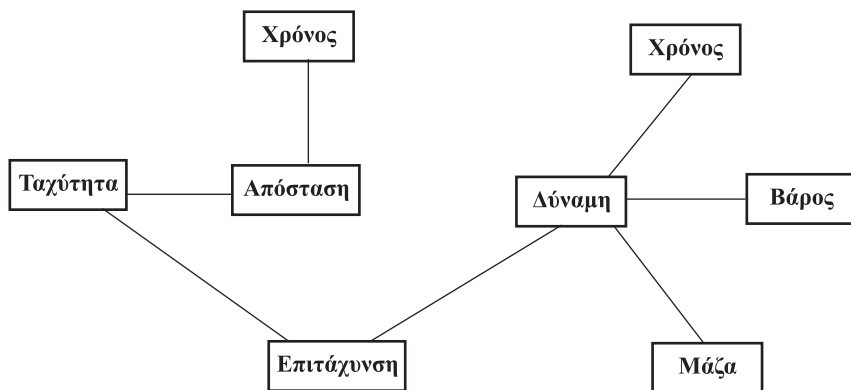
Οι έννοιες και οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους συγκροτούν τα εννοιολογικά πλαίσια των μαθητών τα οποία προϋπάρχουν της διδασκαλίας και τα οποία δεν αλλάζουν εύκολα ούτε οι αλλαγές που προκύπτουν κινούνται προς την επιθυμητή από τους διδάσκοντες κατεύθυνση (παρανοήσεις των μαθητών).

Οι εννοιολογικοί χάρτες απεικονίζουν με απλό τρόπο τα εννοιολογικά πλαίσια των μαθητών και έτσι προσδιορίζουν τις αλλαγές που πρέπει να τεθούν ως διδακτικοί στόχοι ή τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη διδασκαλία.

Οι εννοιολογικοί χάρτες, επίσης, μπορεί να αποδώσουν εξίσου αποτελεσματικά τις έννοιες που συμπεριλαμβάνονται σε μια επιστημονική θεωρία ή στην περιγραφή ή την ερμηνεία ενός φαινομένου.

Η εικόνα 1 είναι ο εννοιολογικός χάρτης ενός μαθητή της Α' Λυκείου, μετά από τη διδασκαλία των εννοιών της Μηχανικής.

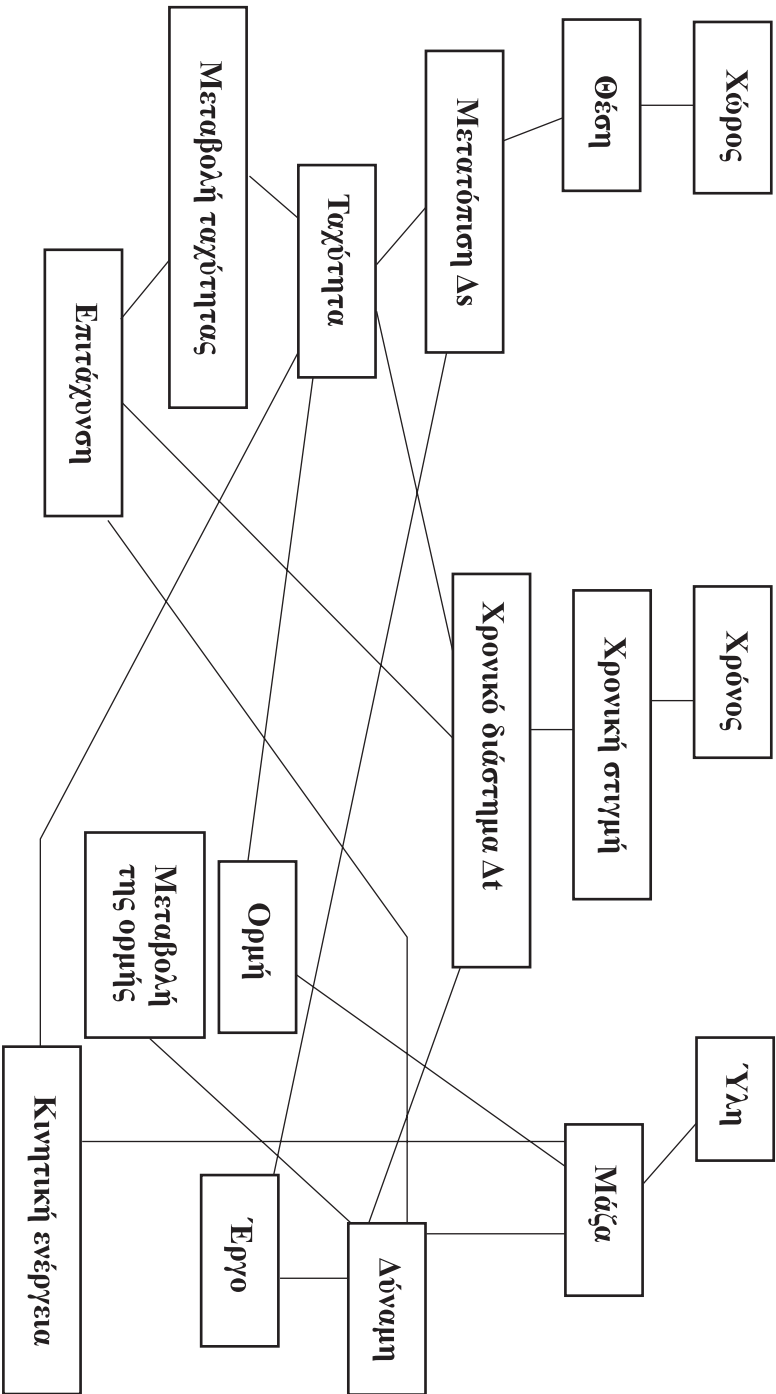
Όπως φαίνεται από τα στοιχεία του εννοιολογικού χάρτη της εικόνας 1, ο χάρτης αυτός είναι ελλιπής διότι:



Εικόνα 1

- α) η θεμελιώδης έννοια του μήκους έχει αντικατασταθεί από την έννοια της απόστασης, η ταχύτητα και όχι η μεταβολή της συνδέεται με την επιτάχυνση, ο χρόνος δεν συσχετίζεται με την ταχύτητα ή την επιτάχυνση, κ.α.,
- β) δεν αναφέρονται συσχετισμένες έννοιες όπως έργο, κινητική ενέργεια, δυναμική ενέργεια, κτλ.
- γ) οι συνδέσεις μεταξύ των εννοιών είναι ελλιπείς καθώς απουσιάζει η σύνδεση του χρόνου με την επιτάχυνση, κ.α.

Περισσότερα συμπεράσματα μπορεί να προκύψουν αν ο εννοιολογικός χάρτης της εικόνας 1 συγκριθεί με τον εννοιολογικό χάρτη της εικόνας 2, στην επόμενη σελίδα, η οποία αντικατοπτρίζει τις έννοιες του κεφαλαίου της Μηχανικής



Εικόνα 2

Σύμφωνα με ερευνητικά συμπεράσματα, η χρήση των εννοιολογικών χαρτών στη διδασκαλία της Φυσικής μπορεί να αποφέρει σημαντικά οφέλη διότι:

- Η κατασκευή εννοιολογικών χαρτών είναι μια δραστηριότητα κατά την οποία οι κύριες έννοιες συσχετίζονται σε ένα κορμό γνώσης, παρουσιάζονται διαγραμματικά με αποτέλεσμα να διευκρινίζονται τόσο οι έννοιες όσο και οι μεταξύ τους σχέσεις (Novak & Gowin, 1984).
- Οι εννοιολογικοί χάρτες, όταν συνδομούνται από τους μαθητές ή τους μαθητές και τον διδάσκοντα βοηθούν στη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (Al-Kunifed & Wandersee, 1985).
- Η χρήση των εννοιολογικών χαρτών έχει θετικά αποτελέσματα στην επίτευξη των διδακτικών στόχων (έννοιες, νόμοι) και στην επίλυση προβλημάτων (Horton et al., 1993).

Η χρήση των εννοιολογικών χαρτών στη διδασκαλία της Φυσικής περιλαμβάνει:

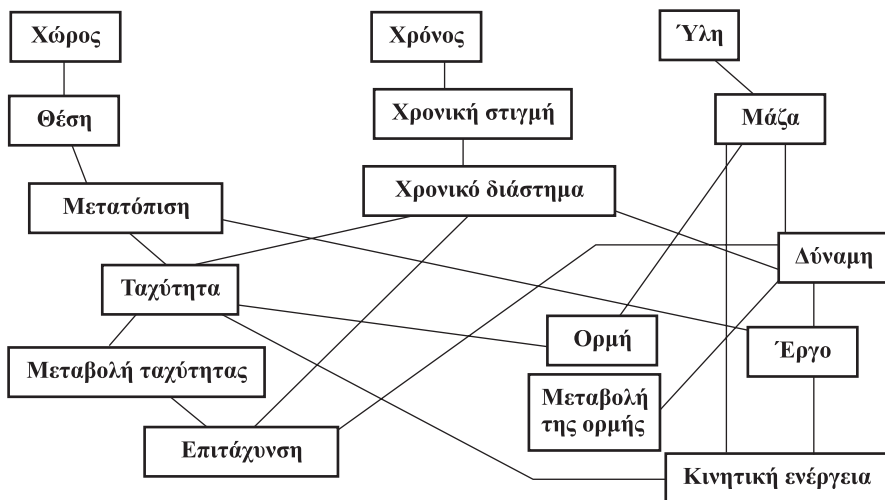
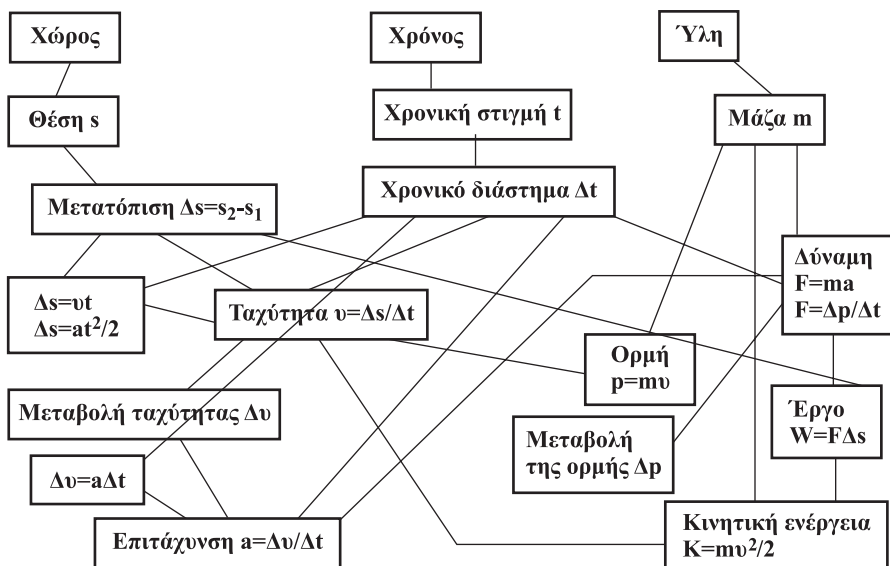
- 1) Την εξάσκηση των μαθητών στην κατασκευή των εννοιολογικών χαρτών
- 2) Την εξάσκηση των μαθητών στην χρήση των εννοιολογικών χαρτών οι οποίοι προτείνονται από τον διδάσκοντα.

Η εξάσκηση των μαθητών στην κατασκευή των εννοιολογικών χαρτών μπορεί να γίνει μέσω των φύλλων εργασίας. Σε ένα φύλλο εργασίας γράφουμε τις λέξεις-έννοιες τις οποίες στοχεύουμε να μελετήσουν οι μαθητές και στη συνέχεια σχεδιάζουμε ισάριθμες κενές κλειστές γραμμές καταλλήλου μεγέθους (ελλείψεις). Οι μαθητές καλούνται να γράψουν τις λέξεις-έννοιες μέσα στις ελλείψεις έτσι ώστε: α) να είναι σαφές ποιες έννοιες είναι οι θεμελιώδεις και ποιες οι παράγωγες, β) να δείξουν με γραμμές που συνδέουν τις λέξεις - έννοιες, τις μεταξύ τους σχέσεις. Το πρώτο στάδιο της δραστηριότητας είναι η ατομική απάντηση του κάθε ενός ενώ το δεύτερο η συζήτηση των ατομικών απαντήσεων στις ομάδες. Οι εννοιολογικοί χάρτες που παράγονται από τις ομάδες σχεδιάζονται σε χαρτί μεγάλων διαστάσεων και αναρτώνται στην τάξη. Στη συνέχεια οι μαθητές καλούνται να συζητήσουν τους ανηρτημένους εννοιολογικούς χάρτες και με τη βοήθεια του διδάσκοντος καταλήγουν σε αυτόν που εκφράζει την αντίστοιχη επιστημονική άποψη.

Η εξάσκηση των μαθητών στην χρήση εννοιολογικών χαρτών που προτείνονται από τον διδάσκοντα γίνεται με ανάλογο τρόπο (ατομική δραστηριότητα, ομαδική δραστηριότητα, συζήτηση στην τάξη με την καθοδήγηση του διδάσκοντος) Με βάση τον εννοιολογικό

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

Βασικές και παράγωγες έννοιες και οι μεταξύ τους διασυνδέσεις.

Μηχανική, λεκτική αναπαράστασηΜηχανική, φορμαλιστική αναπαράσταση

χάρτη, οι μαθητές καλούνται: α) να δγάλουν συμπεράσματα, β) να κατασκευάσουν έναν άλλο εννοιολογικό χάρτη ο οποίος στη θέση των παράγωγων εννοιών έχει τις αντίστοιχες σχέσεις ορισμού, γ) να συμπληρώσουν κενά τα οποία υπάρχουν, δ) να “προσθέσουν” τις νέες έννοιες οι οποίες διδάχθηκαν στο συγκεκριμένο μάθημα και να τις συσχετίσουν με τις υπόλοιπες.

Παράδειγμα κατασκευής εννοιολογικού χάρτη για το κεφάλαιο Διατήρηση της Μηχανικής Ενέργειας

- 1) Να γράψεις μέσα στις κλειστές γραμμές τους παρακάτω επιστημονικούς όρους:
Χώρος, χρόνος, ύλη, μάζα, θέση, χρονική στιγμή, μετατόπιση, δύναμη, ταχύτητα, επιτάχυνση, έργο, κινητική ενέργεια.
- 2) Να συνδέσεις τους όρους με γραμμές ώστε να δείξεις τις μεταξύ τους σχέσεις.

- 3) Συζήτησε με τα άλλα μέλη της ομάδας σου ώστε να συμφωνήσετε στη θέση των εννοιών και στις μεταξύ τους συνδέσεις. Συνεργαστείτε προκειμένου να σχεδιάσετε τον εννοιολογικό χάρτη που εκφράζει την άποψη της ομάδας σου στο χαρτί που θα σας δώσει ο καθηγητής ή η καθηγήτριά σας.

- 4) Μετά από τη συζήτηση στην τάξη καταλήξατε σ' ένα εννοιολογικό χάρτη διαφορετικό από αυτόν που προτάθηκε από την ομάδα σου. Ζωγράφισέ τον στο πλαίσιο που παρατίθεται.
- 5) Σύγκρινε τον εννοιολογικό χάρτη που πρότεινες στο στάδιο 1 με αυτόν που σχεδίασες στο πλαίσιο.
Τι συμπεράσματα δγάξεις; Γράψε τα στις παρακάτω γραμμές.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.17 Η σημασία του πειράματος στη διδασκαλία.

Η σπουδαιότητα του πειράματος στη διδακτική πράξη είχε αναγνωριστεί από πολύ παλιά. Ο Edgeworths στο βιβλίο του *Essays on Practical Education* Johnson, London 1811, υποστηρίζει ότι οι μαθητές νιώθουν μεγάλη ικανοποίηση όταν αποκτούν πειραματικά τη γνώση και ότι τα πειράματα ταιριάζουν υπερβολικά στις ικανότητές τους. Δεν αγαπούν μόνο να βλέπουν, αλλά και να κάνουν πειράματα. Θα εκπλαγούμε, λει, αν μελετήσουμε τον τρόπο με τον οποίο συλλογίζονται, γιατί δεν έχουν προκαταλήψεις και χρησιμοποιούν όλες τους τις αισθήσεις στη μάθηση. Προτού αποκτήσουν μερικές γνώσεις γύρω από τα φαινόμενα δεν είναι σε θέση να μελετήσουν τις αιτίες. Η παρατήρηση πρέπει να προηγείται του συλλογισμού και καθώς η κρίση δεν είναι τίποτα περισσότερο από την αντίληψη των αποτελεσμάτων της σύγκρισης, δεν πρέπει ποτέ να πιέζουμε τους μαθητές μας να δγάζουν συμπεράσματα, προτού αποκτήσουν κάποια εμπειρία. Όπως βλέπει κανείς, οι απόψεις αυτές δε διαφέρουν από τα πορίσματα της σύγχρονης Ψυχολογίας και θα ήταν πολύ χρήσιμο αν τις υιοθετούσαν οι διδάσκοντες τις Φ. Ε. σ' όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Κόκκοτας, 1988).

1.18 Ο ρόλος της πράξης στη μάθηση

Όπως υποστηρίζεται, η διαλεκτική των εννοιών παράγεται από τη διαλεκτική των πραγμάτων και όχι αντίστροφα. Κατ' αυτό τον τρόπο η γνώση δεν αποσπάται από το υλικό της υπόστρωμα. Κατά τον Piaget ο ρόλος της πράξης είναι πολύ σημαντικός. Κατ' αυτόν σκοπός του φυσικού πειράματος δεν είναι να πάρουμε απλά και μόνο μια αναπαραστατική εικόνα της πραγματικότητας, αλλά να κατανοήσουμε ότι η γνώση η οποία προκύπτει με την αφαίρεση των αντικειμένων συνίσταται στο να δρούμε επάνω τους για να τα μετασχηματίσουμε, ώστε να διακρίνουμε τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται αυτός ο μετασχηματισμός. Κατά συνέπεια η γνώση δεν είναι η μετάδοση μιας παραστατικής εικόνας, αλλά συνίσταται πάντα σε ενεργητικές διαδικασίες που καταλήγουν στο μετασχηματισμό του πραγματικού. Επομένως συνδέεται αναπόσπαστα με τη δράση πάνω στα αντικείμενα. Στη διδασκαλία των Φ. Ε. το πείραμα κατέχει μοναδική θέση, γιατί βοηθάει τη διανοητική ανάπτυξη του παιδιού. Κατά τον Piaget υπάρχουν τέσσερις παράγοντες που επηρεάζουν τη διανοητική ανάπτυξη του παιδιού. Ο Piaget υποστηρίζει ότι οι ψηλαφητοί χειρισμοί των αντικειμένων στο περιβάλλον σχηματίζουν τις πιο σπουδαίες εντυπώσεις στο παιδί. Εξάλλου τα βασικά σχήματα που αναπτύχθηκαν στο παιδί δεν είναι δυνατόν να επεκταθούν ή να αναθεωρηθούν χωρίς τη φυσική εμπειρία στο περιβάλλον, το οποίο παρέχει ή δημιουργεί τις δυνάμεις προσαρμογής. Ας πάρουμε ως παράδειγμα το νόμο του Hooke. Για να τον κατανοήσει ο μαθητής πρέπει να τον μελετήσει πειραματικά. Η ακρίβεια του νόμου αυτού μπορεί να ελεγχθεί με τη μέτρηση της επιμήκυνσης ενός ελατηρίου, όταν σ' αυτό εφαρμοστεί μια γνωστή δύναμη και δεν μπορεί να ελεγχθεί με τα Μαθηματικά ή με τη λογική ή με την αίσθηση ή την ηθική και τα δόγματα του παρελθόντος. Ο νόμος αυτός είναι μια αλήθεια που αποδεικνύεται πειραματικά, όταν υπάρχουν ορισμένες προϋποθέσεις, αν δηλαδή η δύναμη που εφαρμόζουμε δεν υπερβαίνει το όριο ελαστικότητας του ελατηρίου. Γίνεται φανερό ότι η εμπειρική έρευνα είναι ένας από τους λίγους τρόπους με τους οποίους ο άνθρωπος εξετάζει το περιβάλλον του.

Η μύηση σ' αυτόν τον τρόπο κατανόησης και τις απaráμιλλες ιδέες του, τις λογικές του δομές, τις μεθοδολογίες και τα κριτήρια με τα οποία μπορούν να εξακριβώσουν την αλήθεια, είναι σπουδαίο χαρακτηριστικό του μορφωμένου και πλήρους ανθρώπου.

Η πράξη αυτή καθ' αυτή σημαίνει ενεργό συμμετοχή, γεγονός που δημιουργεί το ενδιαφέρον που με τη σειρά του θα συμβάλλει στη μάθηση. Γιατί όπου υπάρχει ενδιαφέρον εκεί μπορεί να υπάρξει αληθινή και μόνιμη μάθηση που με τη σειρά της οδηγεί σε ενσυνείδητη δράση. Υποστηρίζεται (Χολτ, 1978) ότι αληθινή μάθηση πετυχαίνεται μόνο όταν ο μαθητής παίζει διπλό ρόλο, όταν είναι συγχρόνως μαθητής και δάσκαλος, δημιουργός και κριτικός, ακροατής και ομιλητής. Η μάθηση ως βιολογικό φαινόμενο προϋποθέτει ότι ο μαθητής συλλέγει και ερμηνεύει τις πληροφορίες για να χτίσει τη δική του γνώση και δεν τις αντιγράφει ατόφιας, όπως φθάνουν στις αισθήσεις του (Flavell, 1977). Κατά συνέπεια η πράξη είναι απαραίτητη στη μάθηση, αφού τότε ο μαθητής ταυτίζει τον εαυτό του με ιδέες και αντικείμενα. Όταν δρώντας βρίσκει τα δικά του μέσα έκφρασης και αυτά γίνονται το καύσιμο που θα αναπτύξει τη δημιουργικότητά του.

Το πείραμα στη σχολική πράξη παρουσιάζεται με δύο μορφές πολύ διαφορετικές: το φυσικό πείραμα και το λογικό μαθηματικό πείραμα. Το πρώτο χαρακτηρίζεται από το να επιδρά κανείς πάνω στα αντικείμενα και να ανακαλύπτει χαρακτηριστικές ιδιότητες. Για παράδειγμα, ζυγίζοντας τα αντικείμενα διαπιστώνουμε ότι τα πιο βαριά δεν είναι και τα πιο μεγάλα. Το δεύτερο χαρακτηρίζεται επίσης από το να δρα κανείς πάνω στα αντικείμενα, τη φορά αυτή όμως να αποκαλύπτει αφαιρετικά ιδιότητες, ξεκινώντας όχι από τα ίδια τα αντικείμενα, αλλά από τις δράσεις πάνω σ' αυτά.

Η σύγχρονη ψυχολογία διδάσκει ότι για την παραγωγή της γνώσης είναι απαραίτητη η αλληλεπίδραση μεταξύ της δραστηριότητας και της σκέψης του ατόμου. Έτσι, ούτε ο απλός εμπειρισμός αλλά ούτε και ο απλός ρασιοναλισμός είναι σε θέση να δώσουν αληθινή γνώση. Αν η γνώση παράγεται από τις πράξεις του δρώντος ατόμου, τότε ο ρόλος του πειράματος είναι ουσιαστικός στη γνωστική διαδικασία.

1.19 Το πείραμα από το μαθητή

Το πείραμα λόγω των σκοπών που υπηρετεί είναι τελείως απαραίτητο, ανεξάρτητα από την ηλικία των μαθητών. Γιατί, εκτός από την κατανόηση της θεωρίας, συμβάλλει και στην ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες στο σύγχρονο άνθρωπο. Τέτοιες δεξιότητες είναι η σωστή χρησιμοποίηση συσκευών, η κατα-

νόηση και εκτέλεση οδηγιών, ειδικές δεξιότητες των χεριών κτλ. Κατά συνέπεια η μέθοδος των διαλέξεων που εφαρμόζεται σε μεγάλη έκταση στα σχολεία είναι ξεπερασμένη. Ο μαθητής ξεχνάει γρήγορα αυτά που ακούει, ενώ τα θυμάται όταν είναι αποτελέσματα πειραματικών διαδικασιών. Εκτελώντας πειράματα είναι υποχρεωμένος να εργαστεί μόνος του, να κάμει υποθέσεις, να επιλέξει τα μέσα που θα χρησιμοποιήσει, να παρατηρήσει προσεκτικά, να κάμει μετρήσεις, να εφαρμόσει τρόπους, να καταλήξει σε συμπεράσματα τα οποία και να επαληθεύσει. Με τον τρόπο αυτό συνηθίζει στην επιστημονική μεθοδολογία. Επιπλέον συνηθίζει και στη νοοτροπία του επιστήμονα, αποκτώντας επωφελείς συνήθειες όπως επιμονή, υπομονή, θάρρος, μαθαίνει να παίρνει πρωτοβουλίες και να βασίζεται στις δικές του δυνάμεις. Το πείραμα του διεγείρει και του διατηρεί το ενδιαφέρον, του προκαλεί την ευχαρίστηση που νιώθει ο δημιουργικά εργαζόμενος και του μαθαίνει να είναι αντικειμενικός.

Επειδή ένα μεγάλο μέρος της επικοινωνίας στο ακαδημαϊκό επίπεδο γίνεται με το γραπτό λόγο, το πείραμα είναι εξίσου απαραίτητο και για τους μεγαλύτερους μαθητές, αφού η εξάσκηση του σπουδαστή στην εκτέλεση γραπτών οδηγιών, στην κατανόηση του εξειδικευμένου λεξιλογίου, στο επιστημονικό στυλ, γίνεται πιο αποτελεσματικά όταν εργάζεται μόνος του. Κατά τον ίδιο τρόπο το γραψίμο ενός επιστημονικού δοκιμίου τον βοηθά να είναι σαφής, σύντομος και να καταλήγει σε σωστά συμπεράσματα.

Τέλος, η εκτέλεση των πειραμάτων από τους ίδιους του μαθητές έχει και άλλα πλεονεκτήματα. Π.χ. απελευθερώνεται ο δάσκαλος από την τήρηση πειθαρχίας, την υποχρέωση να μιλά ο ίδιος και βρίσκει το χρόνο για να δώσει οδηγίες, να επιβλέψει τη δουλειά κάθε μαθητή, ενώ παράλληλα υποχρεώνεται ο μαθητής να δουλέψει συνειδητά.

1.20 Το πείραμα επίδειξης

Η πειραματική επίδειξη στην τάξη περιλαμβάνει μια σειρά ενεργειών καλά προγραμματισμένων και σχεδιασμένων, που αποδίδουν στην απεικόνιση ενός φαινομένου και την κατανόησή του από τους μαθητές. Αν χρησιμοποιηθεί στην αρχή του μαθήματος, κάνει την παρουσίαση περισσότερο ζωντανή και προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών. Με τη βοήθεια του πειράματος επίδειξης μπορεί να διδα-

χτεί μεγαλύτερος αριθμός μαθητών σε σύγκριση με την ερευνητική και ανακαλυπτική διδασκαλία.

Βέβαια στο εργαστήριο πρέπει να επικρατούν οι καλύτερες δυνατότες συνθήκες, ώστε ο μαθητής να μπορεί να βλέπει από τη θέση του ό,τι γίνεται στο τραπέζι της επίδειξης. Μικρές κινήσεις ή ενδείξεις μικρών οργάνων δυνατόν να μεγεθύνονται και να προβάλλονται σε οθόνη για να παρακολουθούν όλοι οι μαθητές. Ενώ διαρκεί η προβολή, οι μαθητές καλούνται να αποδώσουν γραφικά το φαινόμενο, να κάνουν προβλέψεις και εκτιμήσεις, να αναζητήσουν τις αιτίες που το προκαλούν κτλ. Με τον τρόπο αυτό το μάθημα αποκτά ενδιαφέρον και η μάθηση γίνεται αποδοτική. Με το πείραμα επίδειξης ο δάσκαλος πρέπει να προβληματίσει τους μαθητές ζητώντας τους να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους, να κάμουν τις υποθέσεις τους και να δγάλουν τα συμπεράσματά τους. Διαφορετικά το κέρδος θα είναι πολύ μικρό. (Π. Κόκκοτας, 1988).

Πολλές φορές είναι δυνατόν, ακόμα και όταν έχει γίνει σωστή προπαρασκευή, ένα σφάλμα να οδηγήσει στην αποτυχία του πειράματος, κάτι που οδηγεί στην αποτυχία όλου του μαθήματος. Αυτός είναι ο ουσιαστικός λόγος που μερικοί δάσκαλοι των Φυσικών μετά την αποτυχία ενός ή δύο πειραμάτων στην Τάξη αποθαρρύνονται, εγκαταλείπουν την προσπάθεια για αυτοβελτίωση και δεν ξανακάνουν πειράματα, προφασιζόμενοι ότι τα όργανα είναι χαλασμένα, ότι δεν υπάρχουν όργανα κτλ. Αντίθετα, αν ο δάσκαλος έχει καταξιωθεί σαν πειραματιστής στα μάτια των μαθητών του, τότε με τη συνεργασία τους αρχίζει να ψάχνει για το σφάλμα. Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιεί τις διαδικασίες μάθησης, όπως παρατήρηση, υπόθεση, πειραματισμός κτλ. Αυτή ακριδώς είναι η μέθοδος που δίνει ουσία στο μάθημα και απαιτεί όλες εκείνες τις ικανότητες της εξυπνάδας, του συλλογισμού και της επιδεξιότητας οι οποίες αποτελούν μέρος της σωστής εκπαίδευσης. Ένας καλός δάσκαλος των Φυσικών είναι δυνατόν να προκαλεί από καιρό σε καιρό ηθελημένα λάθη στις διατάξεις πειραματισμού για να δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να ερευνούν για την ανεύρεσή τους. Ο εκπαιδευτικός με τη βοήθεια ερωτήσεων κατά τη διάρκεια της επίδειξης, μπορεί να κατευθύνει τη σκέψη των μαθητών σε μια προσχεδιασμένη πορεία που οδηγεί στη ζωντανή μάθηση.

Για τη σημασία του πειράματος επίδειξης στη διαδικασία της μάθησης μπορεί να συναντήσει κανείς τελείως αντικρουόμενες απόψεις. Άλλοι το κρίνουν απαραίτητο και θεωρούν ότι είναι αναγκαίο μερικά πειράματα να γίνονται με επίδειξη, π.χ. εκείνα για τα οποία

απαιτούνται δαπανηρά όργανα ή δυσκολόχρηστες διατάξεις ή δεξιότητες χειρισμού που είναι πέρα από τις ικανότητες του μέσου μαθητή. Επιπλέον, αν δεχτούμε ότι ένας από τους στόχους της εργαστηριακής δουλειάς είναι η ανάπτυξη του ενδιαφέροντος, τότε γι' αυτό το στόχο το πείραμα επίδειξης είναι περισσότερο αποτελεσματικό παρά η διαδικασία του “καν’ το μόνος σου”. Δε λείπουν βέβαια και οι αντίθετες απόψεις. Συχνά ακούει κανείς δασκάλους των Φυσικών να υποστηρίζουν ότι το πείραμα επίδειξης αποτελεί προσβολή στην επιστημονική μέθοδο και για το λόγο αυτό δεν έχει θέση στη διδασκαλία. Βέβαια, στο παραδοσιακό σχολείο, το οποίο εργάζεται μόνο με εξηγήσεις, τα πειράματα, όταν γίνονται, λειτουργούν μόνο σαν αποδεικτικό συμπλήρωμα και κατά συνέπεια η εξήγηση ακόμα και όταν υποδοθείται με την απόδειξη, επιφέρει την επιφανειακή και τυπική μόνο γνώση. Άλλοι παρομοιάζουν το τραπέζι των πειραμάτων επίδειξης με τη γέφυρα του καπετάνιου στο πλοίο, όπου ο δάσκαλος μπορεί να στέκεται και να επιβλέπει σειρές μαθητών, των οποίων τα βλέμματα είναι σηκωμένα πάνω του, ψάχνοντας τις πληροφορίες που κατά πάσα πιθανότητα θα τους χρειαστούν στις επόμενες εξετάσεις.

Είδαμε στα προηγούμενα ότι η γνώση είναι ουσιαστική, όταν το άτομο χρησιμοποιεί δημιουργικά τη φαντασία του, κατά συνέπεια το πείραμα επίδειξης περιορίζει την ελευθερία του ανθρώπου να χρησιμοποιεί το μυαλό του κατά έναν αδέσμευτο τρόπο. Ωστόσο θα ήταν λάθος να υποδαμίσει κανείς τη σημασία του κυρίως στις ανώτερες βαθμίδες της εκπαίδευσης και σε χώρες σαν τη δική μας, όπου η υπάρχουσα υλικοτεχνική υποδομή είναι ακόμα σε υποτυπώδη κατάσταση. Εδώ μόνο ένα καλά σχεδιασμένο και σωστά εκτελεσμένο πείραμα επίδειξης είναι δυνατόν να επιταχύνει τη σκέψη, να προκαλέσει σε συζήτηση τους μαθητές και να υποδείξει το επόμενο βήμα στη μελέτη ενός φαινομένου. Κατά συνέπεια, στο δικό μας σχολείο το πείραμα επίδειξης είναι αυτό που διαφοροποιεί τα Φυσικά από τα άλλα μαθήματα του αναλυτικού προγράμματος.

1.21 Συμβάλλει το πείραμα στην κατανόηση των εννοιών;

Το πείραμα περιλαμβάνει τη δημιουργία του περιβάλλοντος που είναι σχεδιασμένο να δώσει απάντηση σε μια ορισμένη ερώτηση γύρω από τις φυσικές διαδικασίες. Ο πειραματιστής καθορίζει πώς θα γίνει η παρατήρηση, ποιοί παράγοντες θα μεταβάλλονται, ποιοί

θα κρατηθούν σταθεροί κτλ.

Τα ερωτήματα που θα μπορούσε να θέσει κάποιος σε σχέση με το ρόλο του πειράματος στη διδασκαλία είναι: Μπορεί το πείραμα να βοηθήσει στην κατανόηση της φυσικής έννοιας; Ακόμα και στην περίπτωση που αυτό γίνεται από τους μαθητές μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι βοηθάει στην κατανόηση της θεωρίας ;

Έρευνες που έγιναν (Κουμαράς, 1989) πάνω στις ιδέες των μαθητών για το ηλεκτρικό κύκλωμα θέτουν υπό αμφισβήτηση τις καταφατικές απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα. Παραδείγματος χάρη η δημιουργία των πειραμάτων μόνο με βάση τη θεωρία, χωρίς απώτερο σκοπό τη γνωστική σύγκρουση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, είναι περιορισμένης αποτελεσματικότητας για την κατανόηση των σχετικών εννοιών. Κατά τον Cartwright (1989) το πείραμα δε βοηθάει τους μαθητές στην κατανόηση, αν ο δάσκαλος δε βοηθήσει και δεν εξηγήσει τα διαδραματιζόμενα. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι στο μαθητή αλλά και στο δάσκαλο υπάρχουν δύο είδη αναπαραστάσεων: το ένα έχει να κάνει με τα χρησιμοποιούμενα όργανα αυτά καθαυτά, δηλαδή την εικόνα των χρησιμοποιούμενων οργάνων στη σκέψη του υποκειμένου. Το δεύτερο είδος είναι ένα σχηματικό μοντέλο των ίδιων οργάνων, που κατασκευάζεται με τη βοήθεια συμβόλων που παρέχουν οι θεωρίες και είναι αυτό το ιδανικό όργανο πάνω στο οποίο πρέπει να συγκεντρώσει τη σκέψη του και να εφαρμόσει τους νόμους και τους τύπους της Φυσικής.

Μεταξύ των αφηρημένων συμβόλων και ενός συγκεκριμένου γεγονότος μπορεί να υπάρξει αντιστοιχία, αλλά ποτέ δε μπορεί να υπάρξει ισότητα. Τα αφηρημένα σύμβολα δεν μπορούν να αποτελέσουν επαρκή αναπαράσταση των συγκεκριμένων γεγονότων ή οργάνων. Αυτό σημαίνει ότι παρά την παρουσία των οργάνων και συσκευών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών το υποκείμενο πρέπει να εργαστεί στο αφηρημένο επίπεδο με τη χρήση συμβόλων και διαγραμμάτων. Ο ρόλος του πειράματος έγκειται στο να βοηθήσει το υποκείμενο να συλλάβει το αφηρημένο χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο που είναι η πειραματική διάταξη. Ωστόσο το πείραμα δίνει την ευκαιρία στο δάσκαλο να κάνει παραγωγικές ερωτήσεις, που υποτίθεται ότι οδηγούν σε ερμηνευτικές δραστηριότητες που όμως στην πράξη δεν οδηγούν πουθενά. Για παράδειγμα ερωτήσεις του τύπου: Τι γίνεται εδώ; Τι νομίζετε ότι συμβαίνει; Γράψετε τι συνέβη. Δυστυχώς αυτό το είδος της πρόσκλησης τοποθετεί το μαθητή όχι στον εύλογο ρόλο του ερμηνευτή αυτών που κάποιος προ-

σπαθεί να πει, αλλά στον ακόμα δυσκολότερο ρόλο του ερμηνευτή της φύσης, κάτι που είναι πέρα από τις δυνατότητες των μαθητών, αφού σοφοί επιστήμονες χρειάστηκαν δεκαετίες ολόκληρες για να ερμηνεύσουν τα ίδια φαινόμενα (Sutton, 1992). Η λύση είναι ίσως να σταματήσουμε να πιστεύουμε ότι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι μελέτη της φύσης. Οι Φυσικές Επιστήμες είναι μελέτη της φύσης, αλλά η διδασκαλία τους στις σχολικές τάξεις πρέπει να είναι η μελέτη αυτών που οι άνθρωποι είπαν και σκέφτηκαν για τη φύση.

Ο Sutton υποστηρίζει ότι πρέπει να εγκαταλείψουμε την πλέον παραδοσιακή άποψη στο θέμα της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, δηλαδή αυτή που υποστηρίζει ότι οι ιδέες ξεπηδούν από το “δiléποντας τι γίνεται” στα πειράματα. Κατ’ αυτόν για να επιτευχθούν οι σκοποί της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών πιο αποτελεσματικά και με μεγαλύτερη ικανοποίηση για το μαθητή και το δάσκαλο, πρέπει να βρεθεί μια καινούργια ισορροπία ανάμεσα στις δραστηριότητες που γίνονται στη σχολική τάξη.

Οι διδάσκοντες το μάθημα των Φ.Ε. αναμένουν από τους μαθητές τους να ερμηνεύσουν το πείραμα. Δυστυχώς οι τελευταίοι δεν ερμηνεύουν αυτό που παρατηρούν με τον τρόπο που θα επιθυμούσαν οι διδάσκοντες. Αυτό συμβαίνει γιατί η θεωρία δε συσχετίζεται με ένα και μοναδικό τρόπο με τα δεδομένα. Οι δραστηριότητες με όργανα και συσκευές στην Τάξη ή στο εργαστήριο δεν είναι αρκετές για να αναπτύξουν τα παιδιά τη σκέψη τους. Οι φιλόσοφοι των Φ.Ε. έχουν αναφερθεί στα όρια του λογικού εμπειρισμού για την κατανόηση των εννοιών. Φαίνεται ότι πράγματι η δραστηριότητα δεν είναι αρκετή από μόνη της για την κατανόηση, ίσως είναι η ερμηνεία που της δίνουμε, η οποία έχει αξία. Για το λόγο αυτό ίσως πρέπει να αφιερώνεται αρκετός χρόνος για να σκέφτονται οι μαθητές, τόσο ως μεμονωμένα άτομα, όσο και στα πλαίσια της ομάδας, για να ερμηνεύσουν τα πειραματικά δεδομένα.

Το πείραμα ανήκει στο φυσικό κόσμο, όπως οι μαθητές τον αντιλαμβάνονται με τις αισθήσεις τους. Ωστόσο η κατανόηση και η ερμηνεία του πειράματος θα γίνουν στον “κόσμο” των συμβόλων, τον “κόσμο” των εννοιών, που είναι ένας “κόσμος” αφηρημένος. Το γεγονός αυτό εξηγεί γιατί δυσκολεύονται να κατανοήσουν οι μαθητές όχι μόνο το πείραμα, αλλά γενικότερα την επιστήμη. Έτσι, άλλα αντιλαμβάνονται οι μαθητές και άλλα νομίζουν οι δάσκαλοι ότι αυτοί αντιλαμβάνονται.

Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι η κατανόηση των εννοιών και

της θεωρίας δεν είναι ο μοναδικός σκοπός της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, ώστε ο ρόλος του πειράματος να θεωρηθεί ήσσονος σημασίας. Υπάρχουν και άλλοι σκοποί της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στην πραγμάτωση των οποίων το πείραμα συμβάλλει αποφασιστικά.

1.22 Τα οπτικοακουστικά μέσα διδασκαλίας

α) Η σημασία τους στη διδακτική πράξη

Με τον όρο «οπτικοακουστικά» μέσα εννοούμε όλα εκείνα τα υλικά μέσα που χρησιμοποιούνται από το δάσκαλο για να διευκολύνουν τη μάθηση. Στα οπτικοακουστικά μέσα περιλαμβάνονται ο μαυροπίνακας, οι εικόνες, οι χάρτες, τα διασκόπια, τα επιδιασκόπια, ο Overhead Projector, το μαγνητόφωνο, η κινηματογραφική μηχανή, το ραδιόφωνο, τα Video, η τηλεόραση, οι υπολογιστές κτλ.

Σε παλιότερες εποχές, που δεν ήταν αναπτυγμένη η τεχνολογία, τα οπτικοακουστικά μέσα προσδιορίζονταν στο μαυροπίνακα, στις εικόνες μερικών ηρώων και σε λίγους παλιούς χάρτες από τη Γεωγραφία και την Ιστορία. Δυστυχώς σε πολλά σχολεία αυτά μόνο τα μέσα χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά ακόμα και σήμερα. Οι βασικότεροι λόγοι γι' αυτό είναι η έλλειψη υλικοτεχνικής υποδομής και η απειρία των εκπαιδευτικών στη χρήση των μέσων αυτών, όπου φυσικά υπάρχουν.

Η χρήση των οπτικοακουστικών μέσων σαν μέσων μάθησης μπορεί να χαρακτηριστεί τόσο επαναστατική όσο και η εισαγωγή του διδλίου μετά την εφεύρεση της τυπογραφίας. Αυτό συμβαίνει γιατί οι γνώσεις αυξάνονται συνεχώς και αυτά που άκουσε ο σπουδαστής στο πρώτο έτος των σπουδών του θεωρούνται παλαιωμένα, όταν αυτός τελειώνει το πανεπιστήμιο. Όπως είπαμε, στην εποχή μας το πρόβλημα δεν είναι πως να διδάσκουμε στους μαθητές μας περισσότερες γνώσεις, αλλά πώς να μαθαίνουν μόνοι τους.

Η χρήση των οπτικοακουστικών μέσων δίνει ποιότητα στη διδασκαλία και την κάνει ανώτερη από την παραδοσιακή. Επειδή δημιουργεί σαφείς παραστάσεις βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση των σχετικών εννοιών, και το σημαντικότερο, βοηθάει στη διατήρηση των γνώσεων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Έρευνες έχουν αποδείξει ότι ο άνθρωπος διατηρεί μόνο το 10% των όσων διαδάζει, το 20% των όσων ακούει και το 30% των όσων βλέπει. Ωστόσο το 50% των όσων ακούει και συγχρόνως βλέπει και

το 70% των όσων ακούει, βλέπει και προβληματίζεται πάνω τους με τη συζήτηση.

Έρευνες από αμερικάνικα πανεπιστήμια απέδειξαν ότι με τη χρήση των οπτικοακουστικών μέσων έχουμε περισσότερη και αποτελεσματικότερη μάθηση σε λιγότερο χρόνο. Ο μαθητής κερδίζει τουλάχιστον μια ώρα μελέτης την ημέρα. Οι αδύνατοι μαθητές βοηθούνται αποτελεσματικά και μπορούν να παρακολουθούν άνετα τις μικτές Τάξεις (μικτής ικανότητας μαθητές). Τέλος, τα οπτικοακουστικά μέσα διεγείρουν το ενδιαφέρον, συγκεντρώνουν και συγκρατούν την προσοχή του μαθητή.

Τα οπτικοακουστικά μέσα στην εκπαίδευση δεν είναι κάτι καινούργιο. Σε πολλές χώρες έχουν ζωή αρκετών δεκαετιών. Στη Βρετανία π.χ. τα πρώτα ραδιοφωνικά σχολικά προγράμματα μεταδόθηκαν το 1924, ο δε αριθμός των σχολείων που παρακολουθεί τις σχολικές εκπομπές του ραδιοφώνου και της τηλεόρασης αυξήθηκε από 2.000 σε 30.000 τα τελευταία πενήντα χρόνια.

Από τα οπτικοακουστικά μέσα, που αναφέραμε στην αρχή, θα μελετήσουμε στη συνέχεια το ρόλο που διαδραματίζουν στη μάθηση η τηλεόραση, οι υπολογιστές και ο ανακλαστικός προβολέας.

6) Η εκπαιδευτική τηλεόραση

Από όλα τα οπτικοακουστικά μέσα εκείνο που έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στη μάθηση είναι η τηλεόραση. Τη διακρίνουμε σε εκπαιδευτική τηλεόραση ανοιχτού κυκλώματος και εκπαιδευτική τηλεόραση κλειστού κυκλώματος. Τηλεόραση ανοιχτού κυκλώματος είναι αυτή που χρησιμοποιούμε και στη χώρα μας. Υπάρχει δηλαδή ένας πομπός που εκπέμπει σε ορισμένη συχνότητα και ο οποιοσδήποτε που διαθέτει δέκτη συντονισμένο στην ίδια συχνότητα μπορεί να παρακολουθήσει το πρόγραμμα. Αντίθετα, στην τηλεόραση κλειστού κυκλώματος η εκπομπή απευθύνεται σε ορισμένο αριθμό θεατών, π.χ. ο πομπός της εκπαιδευτικής τηλεόρασης είναι δυνατόν να εγκατασταθεί στο χειρουργείο ενός νοσοκομείου και ο δέκτης στο αμφιθέατρο του ίδιου νοσοκομείου. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να παρακολουθήσει μια εγχείρηση ένας μεγάλος αριθμός φοιτητών ή γιατρών που σε διαφορετική περίπτωση δε θα μπορούσε να το κάμει. Κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης διαθέτουν συνήθως τα ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Πάντως τόσο στη μια μορφή όσο και στην άλλη, η εκπαιδευτική τηλεόραση αποτελεί σπουδαίο μέσο για την προαγωγή της μάθησης. Αυτό γίνεται κατορθωτό με

το άφθονο υλικό και την εποπτεία που παρέχει. Σε διαφορετική περίπτωση το μεν υλικό έπρεπε να προσφερθεί από το δάσκαλο, η δε εποπτεία να περιοριστεί στην περιγραφή που αυτός κάνει με λόγια ή με σχήμα στον πίνακα. Έτσι π.χ. η διδασκαλία της Ιστορίας από την τηλεόραση μπορεί να διαπραγματευθεί τις κοινωνικές και οικονομικές πλευρές των γεγονότων, μετατοπίζοντας το ενδιαφέρον από τις ημερομηνίες και τις δυναστείες, τις μάχες και τις σφαγές στη μελέτη της καθημερινής ζωής των λαών, κάτι που κρατάει αμείωτο το ενδιαφέρον και δίνει και δίνει νόημα στη μάθηση. Το ίδιο μπορεί να λεχθεί και για τα φυσιογνωστικά μαθήματα, π.χ. μελέτη της ζωής στο δυθό κτλ., ενώ δεν προσφέρεται για τη Φυσική και τη Χημεία, επειδή τα πειράματα που κάνουν οι ίδιοι οι μαθητές τους βοηθάνε να αναπτύσσουν εκτός από τις πνευματικές δεξιότητες και δεξιότητες των χεριών. Παράλληλα τους δίνουν τη δυνατότητα να παίρνουν πρωτοβουλίες και να γίνονται ικανοί στη λήψη αποφάσεων.

Οι έρευνες που έγιναν απέδειξαν ότι ο ρυθμός προόδου των μαθητών όλων των ηλικιών και των ικανοτήτων είναι σημαντικά ανώτερος χάρις στο σύστημα της εκπαιδευτικής τηλεόρασης. Όπως πιστεύεται, η τηλεοπτική εικόνα δημιουργήσε τις προοπτικές για ταχύτερη και σωστότερη μάθηση, λόγω της έλξης που ασκεί και της δυνατότητας εμβάθυνσης που παρέχει.

Η εκπαιδευτική τηλεόραση καθιερώθηκε σαν μέσο διδασκαλίας λόγω των αποτελεσμάτων της στην μόρφωση. Αν δεν είχε αποδειχτεί στην πράξη ότι πραγματικά το ραδιοτηλεοπτικό μάθημα βοηθάει το μαθητή στη σπουδή του, στηρίζει τον εκπαιδευτικό στο έργο του, ανεβάζει το γενικό επίπεδο διδασκαλίας και καλύπτει το αίτημα του ενήλικου κοινού για περισσότερη μόρφωση, η οπτικοακουστική διδασκαλία, με οσεσδήποτε θεωρητικές αναλύσεις, δεν επρόκειτο όχι μόνο να σταδιοδρομήσει, μα ούτε και να επιβιώσει.

Τα πλεονεκτήματα της εκπαιδευτικής τηλεόρασης μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

1. Συγκεντρώνει από μεγάλο ως τεράστιο αριθμό ανήλικων ή ενήλικων μαθητών, στους οποίους προσφέρει με εξισωτική δικαιοσύνη τα πολιτιστικά προϊόντα της.
2. Απευθύνεται ταυτόχρονα στο μάτι και στο αυτί, στη νόηση και το συναίσθημα, ενσταλάζοντας τα μηνύματα της στο θεατή – ακροατή βαθύτερα από κάθε άλλο μέσο.

3. Εξασφαλίζει άμεση και σωστή πληροφόρηση για κάθε μεταβολή ή εξέλιξη στο σύγχρονο κόσμο.

Γενικά οι εκπαιδευτικοί στόχοι που υπηρετούνται καλύτερα με την εκπαιδευτική τηλεόραση είναι:

α. Ο γνωστικός, ο οποίος αποβλέπει στην ανάπτυξη των πνευματικών ικανοτήτων και του μηχανισμού της μνήμης.

β. Ο συναισθηματικός που αποβλέπει στην ανάπτυξη των ιδανικών και την καλλιέργεια του ευρύτερου συναισθήματος των μαθητών, και

γ. Ο ψυχοκινητικός που περιλαμβάνει την ανάπτυξη των δεξιοτήτων.

Τα μαθήματα από την τηλεόραση είναι περισσότερο αποδοτικά όταν συνοδεύονται από διδασκαλία στην Τάξη, που αποβλέπει να επισημάνει τα κυριότερα σημεία της εκπομπής. Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται ιδιαίτερες ικανότητες από το δάσκαλο και ίσως ειδική προετοιμασία· διαφορετικά είναι δυνατόν να βρεθεί σε δύσκολη θέση από τους μαθητές του.

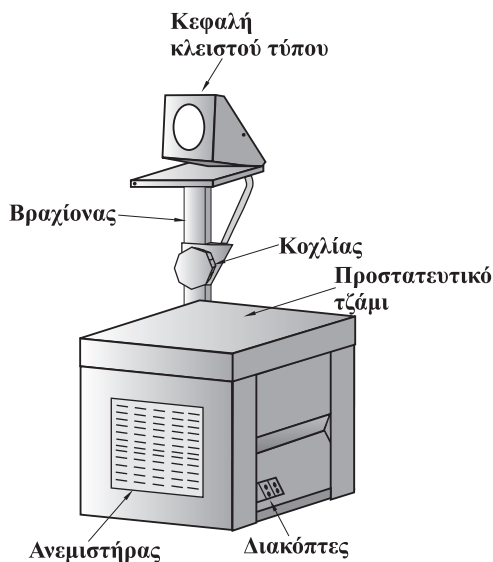
γ) Ανακλαστικός προβολέας (Overhead Projector)

Έχει το πλεονέκτημα να μη χρειάζεται συσκότιση της αίθουσας με αποτέλεσμα η τάξη να εργάζεται ανετότερα αφού οι μαθητές μπορούν να κρατούν σημειώσεις. Επιπλέον ο δάσκαλος έχει τη δυνατότητα να διατηρεί οπτική επαφή με την τάξη, κρατώντας την στον πλήρη έλεγχό του, ενώ η προβαλλόμενη διαφάνεια προσελκύει το ενδιαφέρον των μαθητών.

Οι διαφάνειες γίνονται εύκολα και με φτηνά μέσα σε μονόχρωμα ή πολύχρωμα σχέδια. Τα υλικά που απαιτούνται είναι ένας υαλογράφος (μαρκαδόρος) και η ζελατίνα που συνήθως συνοδεύει το μηχάνημα. Ωστόσο ο δάσκαλος μπορεί να αγοράσει ειδικές διαφάνειες και μαρκαδόρους από τα καταστήματα γραφικής ύλης.

Στον ανακλαστικό προβολέα μπορούν ακόμα να προβληθούν: μοντέλα, μακέτες, το περίγραμμα αδιαφανών αντικειμένων, π.χ. ένα ποτήρι με νερό μέσα στο οποίο αιωρούνται σωματίδια.

Ο προβολέας τοποθετείται μπροστά από την πρώτη σειρά μαθητών. Ο δάσκαλος είναι στραμμένος προς την τάξη και δε δείχνει στην οθόνη, αλλά χρησιμοποιεί μολύδι για να δείχνει πάνω στη διαφάνεια τις λεπτομέρειες που επιθυμεί. Ο προβολέας δεν πρέπει να είναι διαρκώς αναμμένος για δύο βασικούς λόγους. Πρώτον γιατί η λάμπα με τον καιρό καταστρέφεται (δε μετακινούμε τον προβολέα όταν λειτουργεί) και δεύτερον γιατί η εικόνα τραβάει την



προσοχή των μαθητών και συνεπώς τους αποσπάει από το θέμα για το οποίο μιλάει ο δάσκαλος.

Εάν το σχολείο δεν έχει οθόνη, ο δάσκαλος δεν έχει πρόβλημα. Ο προβολέας αυτός προβάλλει και στον τοίχο.

Μια καλή διαφάνεια έχει γύρω στις 6 λέξεις σε κάθε γραμμή και όχι περισσότερες από 6 – 8 γραμμές.

Στη διάρκεια κατά την οποία προβάλλεται μια διαφάνεια, ο δάσκαλος δε μιλάει, η εικόνα ίσως λει περισσότερα από όσα θα είχε αυτός να πει. Μετά την προβολή πρέπει να ενθαρρυνθούν οι μαθητές να κάνουν ερωτήσεις και σχόλια. Ο προβληματισμός θα τους βοηθήσει να δγάλουν τα δικά τους συμπεράσματα.

1.23 Συνθετικές εργασίες

Φ.Ε.Κ. Αρ. Φύλλου 183/31 Ιουλίου 1998.

Προεδρικό Διάταγμα υπ' αριθ. 246./Αξιολόγηση των μαθητών του Ενιαίου Λυκείου.

Βιβλιογραφία

1. Κόκκοτας Π.: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα (1989)
2. Κόκκοτας Π.: Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (1998)
3. Driver R. κ.α.: Οικο-δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, επιμέλεια Κόκκοτα Π. Εκδόσεις Τυπωθήτω, (1998)
4. Driver R., κ.α.: Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Εκδόσεις Τροχαλία (1985)
5. Κουλαϊδής Β. (Επιμέλεια): Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου, Εκδόσεις Guttenberg, Αθήνα (1994)
6. Σταυρίδου Ε.: Μοντέλα Φυσικών Επιστημών, Εκδόσεις Σαββάλας, (1995)
7. Σταυρίδου Ε.: Η συνεργατική μάθηση στις Φ.Ε, (1999)
8. Ραβάνης Κ.: Οι Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική ηλικία, Εκδόσεις Τυπωθήτω, (1999)
9. Ένωση Ελλήνων Φυσικών. Επιθεώρηση Φυσικής, τεύχος 2, Φθινόπωρο 1991. Ειδικό Αφιέρωμα: Η διδακτική της Φυσικής.
10. Βλάχος Ι.: Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή με τίτλο «Εποικοδομητική προσέγγιση της σωματιδιακής δομής της ύλης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση», (1999).
11. Καρανίκας Ι.: Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή με τίτλο «Μελέτη των προβλημάτων της διδασκαλίας των Θερμικών φαινομένων. Πρόταση για εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία και στη μάθηση των Θερμικών φαινομένων στους 4ετής φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε», (1996).
12. Κόκκοτας Π.: (Επιμέλεια - Εισαγωγή), Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες - Σύγχρονοι προβληματισμοί, Εκδόσεις Τυπωθήτω, (2000).

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

Στο Διαδίκτυο υπάρχουν πολλές διευθύνσεις στις οποίες μπορείτε: α) να αντλήσετε πληροφορίες σχετικές με θέματα της Φυσικής σε σχετικά υψηλό επιστημονικό επίπεδο, β) να βρείτε ιδέες για σχέδια μαθήματος και τεχνικές διδασκαλίας, γ) να ενημερωθείτε για θεωρητικά θέματα της διδασκαλίας και της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες, δ) να αποκτήσετε εποπτικό υλικό (προσομοιώσεις φαινομένων, διαγράμματα, εικόνες, κλπ.) προκειμένου να εμπλουτίσετε τη διδασκαλία σας.

Από την πληθώρα των διευθύνσεων που υπάρχουν, σας προτείνεται ένας μικρός αριθμός, προκείμενου να διαπιστώσετε τις δυνατότητες που υπάρχουν. Περισσότερες διευθύνσεις μπορείτε να βρείτε μέσω των μηχανών αναζήτησης που υπάρχουν στο Διαδίκτυο.

Διευθύνσεις όπου μπορείτε να βρείτε προσομοιώσεις φαινομένων:

1. <http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/index.html>
2. <http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/index.html>
3. <http://physics.usc.edu/~pilch/Classes/163/links.html>
4. <http://jersey.uoregon.edu/vlab/select.html>
5. <http://sprott.physics.wisc.edu/wop.htm>
6. <http://physicsweb.org/TIPTOP/VLAB/>
7. <http://jersey.uoregon.edu/vlab/Cannon/index.html>
8. <http://members.aol.com/raacc/wim.html>
9. <http://library.thinkquest.org/19537/>
10. [The Interactive Sound Lab](#) Πειράματα Ακουστικής
11. <http://www.spartechsoftware.com/reeko/> Πειράματα Φυσικής
12. <http://scitoys.com/net4kids.html> Πειράματα που μπορεί να γίνουν με παιχνίδια που φτιάχνουν οι μαθητές
13. <http://mip.berkeley.edu/physics/> Πανεπιστήμιο Berkeley Πειράματα φυσικής
14. http://www.knowledgebydesign.com/tlmc/tlmc_cg.html Ατομικά Τροχιακά πείραμα Μίλικαν, κ.α
15. <http://www.teachersource.com/cgi-bin/teachersource/catalog.cgi/index.html> Πειράματα για τον ηλεκτρισμό, τον μαγνητισμό, κ.α.
16. <http://www.jhu.edu/~virtlab/virtlab.html> Εικονικό (Virtual) εργαστήριο για πειράματα Φυσικής
17. <http://buphy.bu.edu/~duffy/mechanics.html> Πειράματα Μηχανικής
18. <http://buphy.bu.edu/~duffy/fluids.html> Πειράματα Μηχανικής των Ρευστών
19. <http://buphy.bu.edu/~duffy/waves.html> Πειράματα για ταλαντώσεις, Κύματα
20. <http://buphy.bu.edu/~duffy/thermodynamics.html> Πειράματα Θερμοδυναμικής
21. <http://buphy.bu.edu/~duffy/electricity.html> Πειράματα Μαγνητισμού-Ηλεκτρισμού
22. <http://buphy.bu.edu/~duffy/optics.html> Πειράματα Οπτικής
23. <http://buphy.bu.edu/~duffy/modern.html> Πειράματα Σύγχρονης Φυσικής

Διευθύνσεις όπου μπορείτε να βρείτε στοιχεία για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

1. <http://phys.udallas.edu/frames.html>
2. <http://www.education-world.com/>
3. <http://www.carr.org/ccps/curriculum/ltweb/>
4. <http://lorenz.mur.csu.edu.au/education/all.html>
5. <http://www.ed.gov/pubs/StateArt/Science/>
6. <http://www.teachernet.com/>
7. <http://www2.hawaii.edu/suremath/home1.html>
8. <http://www.maisplace.org/Methods.htm>
9. <http://whyfiles.news.wisc.edu/>
10. <http://www.mcrel.org/hpc/hpcmser/index.asp>
11. <http://www.wcer.wisc.edu/step/>
12. <http://physics.umd.edu/rgroups/> Πανεπιστήμιο Μαίριλαντ, Διδασκαλία της Φυσικής
13. <http://www.sciencegems.com/> Πηγές πληροφόρησης για τις Φυσικές Επιστήμες και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Διευθύνσεις στις οποίες μπορείτε να βρείτε στοιχεία σχετικά με την ιστορία της Φυσικής, βιογραφίες σημαντικών επιστημόνων και σχετικές φωτογραφίες.

1. <http://www.socsci.kun.nl/ped/whp/histeduc/links07b.html>
2. <http://wwwifa.phys.unm.edu/~finley/p522.html>
3. <http://www.physik.uni-frankfurt.de/~jr/portraits.html>
4. <http://www.acm.org/dl/>
5. <http://maths.tcd.ie/pub/histmath/people/newton> Ιστορικά στοιχεία, επιστήμονες. Ζωή και το έργο του Νεύτωνα.
6. <http://physics.nist.gov/genint/time/> Ιστορικά στοιχεία, μέτρηση του χρόνου.
7. <http://www.treasure-troves.com/search/>
8. <http://aip.org/history/>
9. <http://physics.teiath.gr/galileo/galileo.html>
10. <http://www.mhs.ox.ac.uk/> Παν. Οξφόρδης - Μουσείο Ιστορίας των Επιστημών

Διεύθυνση στην οποία μπορείτε να βρείτε στοιχεία σχετικά με τη διδασκαλία της Φυσικής, διάφορες πληροφορίες, ειδήσεις, περιοδικά Φυσικής κ.α.

<http://www.geocities.com/grphysics>

Ειδικό μέρος
Οργάνωση, μεθόδευση και
σχεδιασμός της διδασκαλίας

1.1 Ευθύγραμμη κίνηση

Διδακτικοί στόχοι κεφαλαίου - Προτεινόμενος χρονικός προγραμματισμός

Για τη διδασκαλία του κεφαλαίου προτείνεται να διατεθούν επτά διδακτικές ώρες.

Διδακτικοί στόχοι του κεφαλαίου, όπως προσδιορίζονται από το αναλυτικό πρόγραμμα.

Ο μαθητής να μπορεί:

1. Να προσδιορίζει τη θέση ενός σώματος και τη χρονική στιγμή ενός συμβάντος και να αναφέρει σχετικά παραδείγματα από την καθημερινή ζωή.
2. Από έναν πίνακα πειραματικών τιμών ($x-t$) ομαλής κίνησης να σχεδιάζει το διάγραμμα ($x-t$) και να υπολογίζει την ταχύτητα.
3. Να αποδίδει γραφικά τα μεγέθη θέση, ταχύτητα και επιτάχυνση στην ομοιόμορφα μεταβαλλόμενη κίνηση.
4. Να εφαρμόζει τους “νόμους” της κίνησης σε φαινόμενα καθημερινής ζωής (π.χ. οδική κυκλοφορία).
5. Να χρησιμοποιεί με ευχέρεια τις μονάδες.

Προτεινόμενος χρονικός προγραμματισμός

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ
1 ^η . Ύλη και κίνηση (1.1.1), Ο προσδιορισμός της θέσης ενός σωματίου (1.1.2), Οι έννοιες της χρονικής στιγμής, του συμβάντος και της χρονικής διάρκειας (1.1.3), Η μετατόπιση σωματίου πάνω σε άξονα (1.1.4)	1
Εργαστηριακή άσκηση 1. Μέτρηση μήκους, χρόνου, μάζας και δύναμης. Σφάλματα (σχόλια προτάσεις αναμενόμενα αποτελέσματα).	1
2 ^η . Η έννοια της ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (1.1.5). Η έννοια της μέσης ταχύτητας (1.1.6).	1

3 ^η . Η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας (1.1.7). Η έννοια της επιτάχυνσης στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση (1.1.8).	1
4 ^η . Οι εξισώσεις προσδιορισμού της ταχύτητας και της θέσης ενός κινητού στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση (1.1.9).	2
Εργαστηριακή άσκηση 2α. Μελέτη της ευθύγραμμης ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης.	1
ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ	7

Διδακτική ενότητα 1η: Ύλη και κίνηση (1.1.1), Ο προσδιορισμός της θέσης ενός σωματίου (1.1.2), Οι έννοιες της χρονικής στιγμής, του συμβάντος και της χρονικής διάρκειας (1.1.3), Η μετατόπιση σωματίου πάνω σε άξονα (1.1.4) (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

1. Να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι η κίνηση είναι έννοια σχετική.
2. Να ορίσουν την έννοια της τροχιάς.
3. Να ορίσουν την έννοια του σωματίου.
4. Να προσδιορίσουν τη θέση σωματίου που κινείται σε ευθύγραμμη τροχιά, να διαπιστώσουν την αναγκαιότητα του συστήματος αναφοράς και να ασκηθούν στον προσδιορισμό της θέσης ενός σωματίου στο επίπεδο.
5. Να ορίσουν οι μαθητές τις έννοιες της χρονικής στιγμής του συμβάντος και της χρονικής διάρκειας.
6. Να ορίσουν την έννοια της μετατόπισης και να συγκρίνουν τις έννοιες “μετατόπιση” και “διάστημα”.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Σχετικά με την κινηματική οι μαθητές έχουν τις εξής παρανοήσεις:

- Η Ιστορία δεν έχει καμιά θέση στη διδασκαλία της επιστήμης.

- Δύο αντικείμενα το ένα δίπλα στο άλλο πρέπει να έχουν την ίδια ταχύτητα.
- Τα διανύσματα της ταχύτητας και της επιτάχυνσης έχουν πάντα την ίδια κατεύθυνση.
- Η ταχύτητα είναι μια δύναμη.
- Εάν η ταχύτητα είναι μηδενική τότε και η επιτάχυνση είναι μηδενική.

Μπορούμε στα αντίστοιχα μαθήματα του κεφαλαίου να συζητήσουμε τις παρανοήσεις των μαθητών, αναζητώντας κάθε φορά κατάλληλα μαθησιακά έργα ώστε οι μαθητές αυτόδουλα να αλλάξουν άποψη.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Ο διδάσκων μπορεί να ζητήσει από τους μαθητές να συζητήσουν στην ομάδα τις περιπτώσεις σωμάτων που είναι ακίνητα. Είναι βέβαιο ότι θα καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι ακίνητα σώματα δεν υπάρχουν. Στη συνέχεια ο διδάσκων μπορεί να προβάλλει τη διαφάνεια Α΄. Γ.Π.: 1.1,1 και να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι άλλη άποψη για την κίνηση των δύο αυτοκινήτων έχει ένας κινούμενος παρατηρητής (είναι μέσα σε ένα από τα αυτοκίνητα) και άλλη ένας ακίνητος παρατηρητής. Ο διδάσκων μπορεί να ζητήσει από τους μαθητές να ενώσουν με μια γραμμή τις διαδοχικές θέσεις από τις οποίες περνάει ένα κινητό και να δώσουν τον ορισμό της τροχιάς.

Ο διδάσκων μπορεί να ζητήσει από τους μαθητές τότε λέμε ότι π.χ. ένα τρένο περνάει μπροστά από ένα στύλο της Δ.Ε.Η. Θα πεισθούν ότι είναι απαραίτητο το τραίνο να παρασταθεί με ένα σημείο που το λέμε σημειακό αντικείμενο ή σωματίο.

Δώστε τους στη συνέχεια να προσδιορίσουν τη θέση ενός μολυβιού πάνω στο θρανίο τους. Θα διαπιστώσουν από μόνοι τους ότι είναι απαραίτητο να ορίσουν το σημείο αναφοράς.

Συζητείστε με τους μαθητές σας τις έννοιες της χρονικής στιγμής, του συμβάντος και της χρονικής διάρκειας και να δώσουν δικά τους παραδείγματα. Ζητείστε από τους μαθητές να κάνουν τη δραστηριότητα της παραγράφου 1.1.3.

Προκειμένου να ορίσουν οι μαθητές την έννοια της μετατόπισης μπορείτε να τους ζητήσετε να σχεδιάσουν μια ευθεία γραμμή πάνω στην οποία κινείται ένα υποθετικό κινητό που ξεκινάει π.χ. από μια θέση Α(+3cm) και φθάνει σε μια θέση Β(+10cm). Ανάλογο παράδειγμα μπορεί να δοθεί με κίνηση προς τα αριστερά.

Σημείωση: Για την επίτευξη του πρώτου διδακτικού στόχου μπορείτε να προβάλετε τη διαφάνεια Α΄. Γ.Π.: 1.1,2.

Παρατήρηση: Η διδακτική ενότητα είναι μεγάλη, όμως περιλαμβάνει έννοιες γνωστές στους μαθητές από τις προηγούμενες τάξεις, πιστεύουμε ότι μπορεί να διδαχθεί περιληπτικά σε μια διδακτική ώρα.

Εργασίες για εμπέδωση

Για την εμπέδωση της ύλης προτείνεται να λύσουν οι μαθητές τις ερωτήσεις 3, 4, 5 και 6.

Εργαστηριακή άσκηση 1: Ασφάλεια εργαστηρίου. Μέτρηση μήκους, χρόνου, μάζας και δύναμης. Σφάλματα (σχόλια, προτάσεις, αναμενόμενα αποτελέσματα). Η άσκηση μπορεί να γίνει όπως περιγράφεται αναλυτικά στον εργαστηριακό οδηγό. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Η άσκηση αυτή μας δίνει την αφορμή να συζητήσουμε με τους μαθητές το θέμα της ασφάλειας στο εργαστήριο, τις μετρήσεις θεμελιωδών μεγεθών και τα σφάλματα στις μετρήσεις. Αυτά είναι θέματα με τα οποία πιθανώς έχουν ασχοληθεί οι μαθητές στο Γυμνάσιο αλλά μία επανάληψή τους δεν παύει να είναι ωφέλιμη. Προτρέπει τους μαθητές από το προηγούμενο μάθημα να διαβάσουν από την εισαγωγή του Εργαστηριακού Οδηγού την παράγραφο 2 (ασφάλεια στο εργαστήριο), την παράγραφο 8 (αβεβαιότητα μέτρησης) και την παράγραφο 9 (σημαντικά ψηφία – στρογγυλοποίηση), ώστε να είναι προετοιμασμένοι. Επίσης από την εισαγωγή να μελετήσουν την παράγραφο 3 (μέτρηση μήκους) και την παράγραφο 5 (μέτρηση μάζας).

Οι μαθητές είναι πιθανό να έχουν αρκετή εμπειρία στη χρήση των οργάνων μέτρησης θεμελιωδών μεγεθών από το Γυμνάσιο (με εξαίρεση το μικρόμετρο). Με την προϋπόθεση αυτή η άσκηση μπορεί να ολοκληρωθεί άνετα μέσα σε μία διδακτική ώρα.

Διδακτική ενότητα 2η: Η έννοια της ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (1.1.5). Η έννοια της μέσης ταχύτητας (1.1.6). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

1. Να ορίσουν οι μαθητές την έννοια της ταχύτητας ως μέγεθος

διανυσματικό και να ανακαλύψουν την εξίσωση που παρέχει τη μετατόπιση στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

2. Να ασκηθούν στην κατασκευή γραφικών παραστάσεων και να εξάγουν στοιχεία από μια γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου και μετατόπισης – χρόνου.
3. Να αναλύσουν τη χαρτοταινία του ηλεκτρικού χρονομετρητή και να υπολογίσουν την ταχύτητα του ηλεκτρικού αμαξιδίου.
4. Να ορίσουν οι μαθητές την έννοια της μέσης ταχύτητας.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

- 1) Οι μαθητές δυσκολεύονται να αντιληφθούν ότι στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση δεν απαιτείται να ασκείται δύναμη στο κινητό.
- 2) Συγχέουν την ταχύτητα με τη δύναμη.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη του πρώτου στόχου μπορούμε να δώσουμε στους μαθητές ένα αριθμητικό παράδειγμα, όπως αυτό της εικόνας 1.1.10β και να τους ζητήσουμε να βρουν ποιο από τα δύο αυτοκίνητα είναι ταχύτερο. Κατόπιν τους ζητάμε να ορίσουν την ταχύτητα.

Στη συνέχεια τους δίνουμε έναν πίνακα τιμών μετατόπισης του χρόνου και τους ζητάμε να κατασκευάσουν το διάγραμμα. Ο πίνακας τιμών για την εξαρτημένη μεταβλητή ποτέ δεν περιέχει ακέραιους αριθμούς. Όταν δίνονται ακέραιοι αριθμοί ως τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής αυτό γίνεται για τη διευκόλυνση των μαθητών. Από το διάγραμμα μετατόπισης – χρόνου οι μαθητές μπορούν να υπολογίσουν την ταχύτητα. Ενώ από το διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου μπορούν να βρουν την εξίσωση της μετατόπισης.

Είναι επιθυμητό οι μαθητές να λύσουν το παράδειγμα της σελίδας 45 - 46 ή κάτι παρόμοιο.

Η δραστηριότητα της σελίδας 47 είναι καλό να γίνει στην τάξη και οι μαθητές να εργαστούν σε ομάδες. Όμως αν ο χρόνος δεν επαρκεί μπορεί να δοθεί και ως άσκηση στο σπίτι.

Για τον ορισμό της μέσης ταχύτητας οι μαθητές να εργαστούν ομαδικά στη δραστηριότητα της σελίδας 48.

Εργασίες για εμπέδωση

Προτείνεται να απαντήσουν οι μαθητές στην ερώτηση 7, και να λύσουν τις ασκήσεις 2, 5 και 6.

Διδακτική ενότητα 3η: Η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας (1.1.7). Η έννοια της επιτάχυνσης στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση (1.1.8). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

1. Να ορίσουν οι μαθητές την έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας.
2. Να ορίσουν την έννοια της επιτάχυνσης.
3. Να ορίσουν οι μαθητές την ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση.
4. Να διαπιστώσουν ότι στην ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση η επιτάχυνση έχει φορά αντίθετη της ταχύτητας.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Πολλοί μαθητές πιστεύουν ότι αν η ταχύτητα είναι μηδέν τότε και η επιτάχυνση είναι μηδέν.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Μπορούμε να προβάλλουμε τις εικόνες 1.1.13 και 1.1.14 και να συζητήσουμε με τους μαθητές για την ταχύτητα που έχει ένα κινητό σε κάθε χρονική στιγμή.

Για να ορίσουν οι μαθητές την έννοια της επιτάχυνσης προβάλλουμε τους πίνακες 1 και 2 της σελίδας 50. Συζητάμε τι σημαίνει σταθερή επιτάχυνση. Προβάλλουμε την διαφάνεια Α΄. Γ.Π.: 1.1,3. και ζητάμε να μας υπολογίσουν την επιτάχυνση και την επιβράδυνση. Κάνουμε δηλαδή την πρώτη δραστηριότητα της σελίδας 51. Στη συνέχεια κάνουμε και τη δεύτερη δραστηριότητα της ίδιας σελίδας.

Παρατήρηση: Θεωρούμε ότι οι μαθητές έχουν διδαχθεί τις έννοιες αυτές στην προηγούμενη τάξη. Δεν είναι σωστό να υποθέτουμε ότι δεν “ξέρουν τίποτα”.

Εργασίες εμπέδωσης

Να απαντήσουν οι μαθητές στις ερωτήσεις 19, 20.

Διδακτική ενότητα 4η: Οι εξισώσεις προσδιορισμού της ταχύτητας και της θέσης ενός κινητού στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση (1.1.9). (Προτεινόμενος χρόνος 2 ώρες).

Διδακτικοί στόχοι

1. Να προσδιορίσουν οι μαθητές την εξίσωση της ταχύτητας στην ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση.
2. Να αποδώσουν γραφικά την εξίσωση της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο.
3. Από τη γραφική παράσταση του διαγράμματος ταχύτητας - χρόνου να προσδιορίσουν την εξίσωση της μετατόπισης.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Αν θεωρήσουμε ότι τη χρονική στιγμή $t=0$ η ταχύτητα του κινητού είναι v_0 και ότι τη χρονική στιγμή t είναι v τότε η παραπάνω σχέση γράφεται:

$$a \cdot t = v - v_0 \text{ ή } v = v_0 + a \cdot t.$$

(Ο διδάσκων πρέπει να βοηθήσει τους μαθητές να καταλήξουν στη σχέση αυτή).

Από τη γραφική παράσταση της τελευταίας σχέσης τους ζητάμε να προσδιορίσουν το εμβαδόν που είναι κάτω από τη γραμμή $v = f(t)$ και τους ζητάμε να αναγνωρίσουν αυτό το εμβαδόν τι εκφράζει.

Μπορούμε να τους ζητήσουμε να παραστήσουν γραφικά τη σχέση $v = v_0 - at$ και από τη γραφική παράσταση να καταλήξουν στην εξίσωση της μετατόπισης $x = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$.

Θεωρούμε απαραίτητο να γίνουν οι εφαρμογές και η δραστηριότητα της σελίδας 57.

Εργασίες για εμπέδωση

Να απαντήσουν οι μαθητές τις ερωτήσεις 23, 26, 39 και να λύσουν τις ασκήσεις 13, 17, 18 και 19.

Εργαστηριακή άσκηση 2α: Να γίνει η δεύτερη εργαστηριακή άσκηση, όπως αυτή αναλύεται στον εργαστηριακό οδηγό. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Αν οι μαθητές έχουν εμπειρία στη χρήση του ηλεκτρικού χρονομετρητή από τη Γ' Γυμνασίου, θα προχωρήσουν με γρήγορο ρυθμό στα πρώτα δήματα της άσκησης (από 1 έως 11). Τα δήματα 12, 13 και 14 (συμπλήρωση πίνακα τιμών και κατασκευή διαγραμμάτων) είναι χρονοδώρα. Οι μαθητές να κάνουν από αυτά ό,τι προλάβουν. Τα υπόλοιπα να ολοκληρωθούν στο σπίτι.

Στο δήμα 15 η επιτάχυνση θα υπολογιστεί από τη σχέση $a = \frac{25}{t^2}$

Συνθετική εργασία: Ιστορική επισκόπηση της ανάπτυξης των νόμων της Κινηματικής.

Βιβλιογραφία:

- Σχολικό εγχειρίδιο: ένθετο “Το θεώρημα Merton”,
 Grand Edward (1994): Οι Φυσικές Επιστήμες τον Μεσαίωνα,
 Μετάφραση Σαρίκας Ζ., Επιστημονική επιμέλεια Κάλφας Β., Δή-
 τσας Π. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης,
 Arons B. Arnold (1990): Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής Με-
 τάφραση Βαλαδάκης Α., Εκδόσεις Τροχαλία.

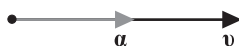
Φύλλο αξιολόγησης

Αντικείμενο: Ευθύγραμμη κίνηση (1.1)**Χρόνος εξέτασης:** 45 λεπτά.**Θέμα 1ο, (8 μονάδες).****α. Ερωτήσεις του τύπου σωστό/λάθος.**

1. Η επιτάχυνση ενός κινητού εκφράζει το:
 - α. Πόσο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητά του.
 - β. Πόσο γρήγορα κινείται αυτό.
 - γ. Πόσο γρήγορα αυξάνεται το διάστημα που διανύει.
 - δ. Το ρυθμό μεταβολής της θέσης του.

(2 μονάδες)

2. Να συνδέσετε με γραμμές τα διανύσματα με τις φράσεις που αντιστοιχούν:



Η ταχύτητα μειώνεται.



Η ταχύτητα είναι σταθερή.



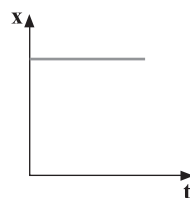
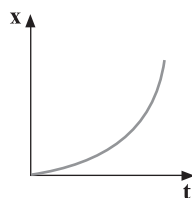
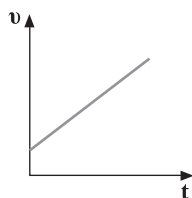
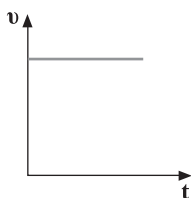
Το κινητό επιταχύνεται.



Η αρχική ταχύτητα είναι μηδέν.

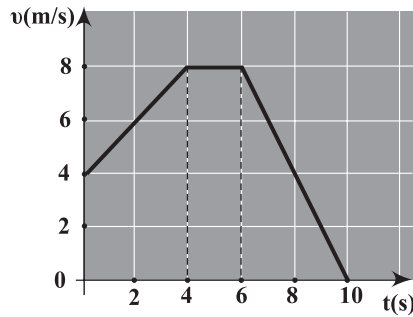
(2 μονάδες)

3. Να χαρακτηρίσετε τις κινήσεις που περιγράφονται από τα παρακάτω διαγράμματα. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

(4 μονάδες)

Θέμα 2ο,

Με δάση τη γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου ενός κινητού που φαίνεται στην εικόνα, να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις:



- α) Τι είδους κινήσεις πραγματοποιεί;
 - β) Πόση είναι η επιτάχυνσή του στο χρονικό διάστημα (0 - 4) s;
 - γ) Πόση ταχύτητα έχει στο 2ο δευτερόλεπτο της κίνησής του;
 - δ) Πόση είναι η συνολική μετατόπισή του;
- Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

(4 μονάδες)

Θέμα 3ο

Ένα αυτοκίνητο ξεκινά από την ηρεμία και επιταχύνεται σταθερά για 20 s. Σε χρονική διάρκεια 10 s αποκτά ταχύτητα 72 km/h.

- α) Πόση είναι η επιτάχυνσή του;
- β) Πόσο μετατοπίστηκε στη διάρκεια των 10 s;
- γ) Ποια χρονική στιγμή θα αποκτήσει ταχύτητα 144 km/h;
- δ) Πόσο μετατοπίστηκε για να αυξηθεί η ταχύτητά του από 72 km/h σε 144 km/h;

(8 μονάδες)

1.2 Δυναμική σε μία διάσταση

Διδακτικοί στόχοι κεφαλαίου - προτεινόμενος χρονικός προγραμματισμός

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα, οι στόχοι για το κεφάλαιο αυτό είναι οι εξής:

1. Ο μαθητής να μετρά δυνάμεις.
2. Να διατυπώνει με σύμβολα και με λόγια το νόμο του Νεύτωνα και να τον εφαρμόζει σε φυσικά φαινόμενα της καθημερινής ζωής.
3. Να προσδιορίζει την αδρανειακή μάζα ενός σώματος και να γνωρίζει ότι σταθερή ολική δύναμη προκαλεί ομοιόμορφα μεταβαλλόμενη κίνηση.
4. Να διακρίνει τις αρχικές συνθήκες μιας κίνησης, πώς αυτές επηρεάζουν την κίνηση ενός σώματος και να αναφέρει κινήσεις της καθημερινής ζωής με την ίδια δύναμη αλλά με διαφορετικές αρχικές συνθήκες.
5. Να εφαρμόζει το νόμο του Νεύτωνα στην ελεύθερη πτώση.
6. Να χρησιμοποιεί με ευχέρεια τις μονάδες.
7. Να σχεδιάζει και να εκτελεί απλά πειράματα για τον προσδιορισμό κινηματικών μεγεθών.

Προτεινόμενος χρονικός προγραμματισμός

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα το κεφάλαιο **Δυναμική σε μια διάσταση** προβλέπεται να διδαχθεί σε 7 διδακτικές ώρες. Με βάση το συγκεκριμένο περιορισμό οι παράγραφοι ομαδοποιούνται ως εξής:

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ
1 ^η . Η έννοια της δύναμης (1.2.1), Σύνθεση συγγραμικών δυνάμεων (1.2.2)	2
2 ^η . Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα (1.2.3), Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα ή θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής (1.2.4)	1
3 ^η . Η έννοια του βάρους (1.2.5), Η έννοια της μάζας (1.2.6)	1

Εργαστηριακή άσκηση 3η. Εργαστηριακός προσδιορισμός της αδρανειακής μάζας σώματος από την κλίση της ευθείας $a-F$ και σύγκρισή της με την βαρυτική	2
4 ^η . Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων (1.2.7) Σύγχρονοι τρόποι μελέτης των κινήσεων (1.2.8)	1
ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ	7

Διδακτική ενότητα 1η: Η έννοια της δύναμης (1.2.1), Σύνθεση συγγραμικών δυνάμεων (1.2.2). (Προτεινόμενος χρόνος 2 ώρες).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να αναγνωρίζουν και να προσδιορίζουν τις δυνάμεις οι οποίες προκαλούν μετατοπίσεις, παραμορφώσεις κλπ στην καθημερινή ζωή.
2. Να σχεδιάζουν τις δυνάμεις προσδιορίζοντας το σημείο εφαρμογής, την τιμή, τη διεύθυνση και τη φορά (διανυσματικός χαρακτήρας του μεγέθους).
3. Να διακρίνουν τις συγγραμικές δυνάμεις από τις μη συγγραμικές.
4. Να εφαρμόζουν σωστά τις συμβάσεις και τους κανόνες υπολογισμού της συνισταμένης συγγραμικών δυνάμεων.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων δεν είναι απρόσκοπτη. Η επισκόπηση της διδλογραφίας σχετικά με τις ιδέες των μαθητών (παρανοήσεις) δείχνει ότι:

- Στα ακίνητα σώματα δεν ασκούνται δυνάμεις (η δύναμη είναι συσχετισμένη με αλλαγές π.χ. σχήμα, θέση).
- Τα κινούμενα σώματα “έχουν δύναμη” που την ασκούν στα σώματα στα οποία προσπίπτουν (σύγχυση με την ορμή και την κινητική ενέργεια).
- Η έννοια της δύναμης είναι νοητικό κατασκεύασμα το οποίο

συγχέεται με αισθητηριακά δεδομένα.

- Σύγχυση κατά την εφαρμογή των κανόνων υπολογισμού της συνισταμένης.

Διδακτικές ενέργειες - Μαθησιακά έργα

1. Να αξιοποιηθεί η δραστηριότητα της σελίδας 76. (Για παράδειγμα, ζητείστε από τους μαθητές να υπολογίσουν το βάρος του πεπονιού αν η επιμήκυνση ήταν 90mm). Μπορείτε να προβάλετε το διάγραμμα δύναμης επιμήκυνσης από τη σχετική διαφάνεια Α'. Γ.Π.: 1.1,4.
2. Η δραστηριότητα της σελίδας 78 μπορεί να πραγματοποιηθεί ώστε οι μαθητές να προσδιορίσουν τα σημεία εφαρμογής των δυνάμεων, να μετρήσουν τις δυνάμεις με τα δυναμόμετρα (τιμή των δυνάμεων), να διαπιστώσουν ότι οι δυνάμεις έχουν κοινή διεύθυνση (είναι συγγραμμικές) και να διαπιστώσουν το ρόλο της φοράς των δυνάμεων στο τελικό αποτέλεσμα (τη συνισταμένη των δυνάμεων).
3. Η σύγχυση μεταξύ δύναμης και ορμής ή της ενέργειας δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά στο πλαίσιο του συγκεκριμένου μαθήματος αλλά προτείνεται να επανέλθετε στη συγκεκριμένη παρανόηση στο κεφάλαιο 2.1 (όπου μελετάται η έννοια της ορμής και η σχέση με τη δύναμη) και στο κεφάλαιο 2.2 (όπου μελετάται η σχέση της δύναμης με την κινητική ενέργεια). Η Δραστηριότητα της σελίδας 78 δείχνει με σαφήνεια ότι δυνάμεις ασκούνται μεταξύ ακίνητων σωμάτων στοιχείο που πρέπει να τονιστεί.
4. Η σύγχυση ή οι δυσκολίες κατά την εφαρμογή του αλγεβρικού φορμαλισμού μπορεί να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά με την σταδιακή μετάβαση από απλές σε πολύπλοκες περιπτώσεις. Ως αρχή προτείνεται η επίλυση (από τους μαθητές) παραδείγματος ανάλογου με αυτό που αναπτύσσεται στη σελίδα 80 το οποίο θα γραφεί σε φύλλο εργασίας μετά από την αναγραφή των περιπτώσεων υπολογισμού της συνισταμένης που αναφέρονται στη σελίδα 79.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 2 και 3 και τα προβλήματα 2 και 4.

Διδακτική ενότητα 2η: Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα (1.2.3), Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα ή θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής (1.2.4). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να υιοθετήσουν την άποψη ότι, σε συνθήκες έλλειψης τριβών, η δυσκολία αλλαγής της κινητικής κατάστασης των σωμάτων οφείλεται στην αδράνεια.
2. Να ερμηνεύσουν ή να προβλέπουν την εξέλιξη της κίνησης ενός σώματος με βάση την αρχική του κινητική κατάσταση και τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σ' αυτό.
3. Να αναγνωρίσουν το ρόλο της αδράνειας σε φαινόμενα της καθημερινής ζωής.
4. Να αναγνωρίσουν το ρόλο της μάζας ως παραμέτρου που προσδιορίζει την επιτάχυνση ενός σώματος όταν η συνισταμένη δύναμη είναι σταθερή.
5. Να διατυπώσουν με σύμβολα και με λόγια το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής.
6. Να διερευνήσουν τη σχέση $\Sigma F = ma$ και να διακρίνουν τις διαφορές περιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν.
7. Να εφαρμόσουν το θεμελιώδη νόμο για να υπολογίζουν την επιτάχυνση, τη μάζα ή τη συνισταμένη δύναμη, ανάλογα με τα δεδομένα της άσκησης.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων δεν είναι απρόσκοπτη. Η επισκόπηση της διδασκαλίας για τις ιδέες και τις παρανοήσεις των μαθητών για τις έννοιες της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας έχει προσδιορίσει ότι οι μαθητές:

- Πιστεύουν ότι η άσκηση δύναμης είναι απαραίτητη προκειμένου η κίνηση να γίνεται με σταθερή ταχύτητα.
- Όλα τα σώματα μπορεί να τεθούν σε κίνηση με ευκολία σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας.
- Όλα τα σώματα σταδιακά ακινητοποιούνται όταν παύσει να ασκείται σε αυτά η δύναμη που συντηρούσε την κίνηση.
- Η αδράνεια είναι δύναμη η οποία συντηρεί την κίνηση των σωμάτων.

- Αν δύο σώματα βρίσκονται σε ηρεμία έχουν ίσες ποσότητες αδράνειας.
- Η δύναμη που έθεσε ένα σώμα σε κίνηση συνεχίζει να υπάρχει ακόμα και όταν το σώμα πάψει να είναι σε επαφή με το δράστη που άσκησε τη δύναμη.
- Η δύναμη δεν είναι η αιτία αλλαγής της κινητικής κατάστασης αλλά είναι το γινόμενο ma .

Διδακτικές ενέργειες - μαθησιακά έργα

Αν και η επιτυχής αντιμετώπιση των παραπάνω μαθησιακών δυσκολιών συνεχίζει να απασχολεί τους ερευνητές, έχουν γίνει διάφορες προτάσεις οι οποίες μπορεί να διευκολύνουν την επίτευξη των διδακτικών στόχων. Αυτές σε συνδυασμό με το περιεχόμενο των παραγράφων 1.2.3, 1.2.4 μας επιτρέπουν να προτείνουμε τα εξής μαθησιακά έργα:

1. Μπορείτε να συζητήσετε με τους μαθητές για τα αίτια της σταδιακής ακινητοποίησης των κινουμένων σωμάτων και να παρουσιάσετε τις απόψεις των Αριστοτέλη, Γαλιλαίου και Νεύτωνα. Στοιχεία μπορείτε να αντλήσετε από το κείμενο που περιλαμβάνει η παράγραφος 1.2.3 και το ένθετο “Από τον Αριστοτέλη στο Νεύτωνα”, (σελ. 141-144).
2. Η δραστηριότητα της σελίδας 83 μπορεί να στηρίξει πειραματικά την κατανόηση της αδράνειας και προτείνεται να εκτελεστεί από τους ίδιους τους μαθητές.
3. Η συζήτηση της άποψης, που υπάρχει στο πράσινο φόντο της σελίδας 83, ή της ανάλογης που υπάρχει στη σελίδα 85, στις ομάδες των μαθητών μπορεί να τους βοηθήσει να διασαφηνίσουν τις έννοιες δύναμη και αδράνεια.
4. Η οικοδόμηση της σχέσης μεταξύ της μάζας, της δύναμης και της επιτάχυνσης (δηλ. της σχέσης $F = ma$) προτείνεται να αρχίσει με τον προσδιορισμό των παραμέτρων που υπεισέρχονται και την διερεύνηση του ρόλου της κάθε μιας απ’ αυτές. Η κίνηση μιας κολώνας πάγου σε λείο δάπεδο, περίπτωση η οποία προσεγγίζει ικανοποιητικά τις συνθήκες έλλειψης τριβής και διευκολύνει τον έλεγχο των παραμέτρων (σελ. 84), προτείνεται να αξιοποιηθεί προκειμένου να εντοπισθούν οι παράμετροι και ο ρόλος τους στο φαινόμενο της επιταχυνόμενης κίνησης.
5. Μετά από την κατασκευή της σχέσης $F = ma$ και τη συσχέτιση της μάζας με την αδράνεια προτείνεται η επέκταση στη σχέση $\Sigma F = ma$ και η διερεύνησή της από τους μαθητές ώστε να προκύψουν οι διάφορες περιπτώσεις.

6. Η παραπέρα διαφοροποίηση της έννοιας της αδράνειας από την έννοια της δύναμης μπορεί να υποστηριχθεί από την πραγματοποίηση της δραστηριότητας της σελίδας 85. Μπορείτε να ζητήσετε από τους μαθητές να γράψουν το 2^ο νόμο του Νεύτωνα για το σώμα το οποίο επιχειρούν να ανυψώσουν και να διαπιστώσουν ότι σε κάθε περίπτωση ισχύει $(F-B)/a = m$ και είναι σταθερό. Όταν αυξάνεται η F αυξάνεται και η επιτάχυνση a μέχρις ότου “σπάσει” το νήμα λόγω υπέρβασης του ορίου θραύσεως.
7. Η εξάσκηση των μαθητών σε υπολογισμούς με βάση τη σχέση $\Sigma F = ma$ μπορεί να γίνει με το παράδειγμα της σελίδας 86 ή άλλο ανάλογο.
8. Η διαφοροποίηση των εννοιών αδράνεια δύναμη, σε σχέση με την συνέχεια της κίνησης χωρίς τη δράση δύναμης θα πρέπει να επαναληφθεί όταν στη συνέχεια των μαθημάτων διδαχθούν τις έννοιες της ορμής και της κινητικής ενέργειας.

Εργασίες εμπέδωσης

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 8, 17 και 21 και τα προβλήματα 5, 7 και 11.

Διδακτική ενότητα 3η: Η έννοια του βάρους (1.2.5), Η έννοια της μάζας (1.2.6). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι διδακτικοί στόχοι της ενότητας είναι οι εξής:

Οι μαθητές :

1. Να διαφοροποιήσουν τις έννοιες της μάζας και του βάρους και να τις χρησιμοποιούν με επιστημονικά σωστό τρόπο στον προφορικό και στο γραπτό λόγο.
2. Να αναγνωρίζουν τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ της βαρυτικής και αδρανειακής μάζας και να προτείνουν τρόπους μέτρησής τους.
3. Να χρησιμοποιούν σωστά τις μονάδες μέτρησης του βάρους και να προβλέπουν την αλλαγή του βάρους ενός σώματος καθώς αυτό κινείται στα διάφορα σημεία της Γης.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

- Η διαφοροποίηση των εννοιών μάζα και βάρος δεν είναι τόσο εύκολη διότι στην καθημερινή ζωή οι δύο αυτές έννοιες χρησιμοποιούνται ως να είναι ισοδύναμες.

- Η διαφοροποίηση της έννοιας της μάζας σε αδρανειακή και βαρυτική αν και είναι σημαντική στο εννοιολογικό πλαίσιο της Φυσικής δεν υιοθετείται εύκολα από τους μαθητές οι οποίοι δεν έχουν οικοδομήσει ένα ανάλογο πλαίσιο το οποίο θα περιελάμβανε εκτός από τη Νευτώνεια Μηχανική και τη Θεωρία της Σχετικότητας.

Διδακτικές ενέργειες - μαθησιακά έργα

Η επίτευξη των διδακτικών στόχων που προαναφέρθηκαν μπορεί να υποστηριχθεί με τα εξής μαθησιακά έργα:

1. Μπορείτε να ζητήσετε από τους μαθητές να συσχετίσουν την επιτάχυνση κατά την ελεύθερη πτώση με το 2^ο νόμο του Νεύτωνα.
2. Μπορείτε να δώσετε στους μαθητές την πληροφορία ότι το g μεταβάλλεται και να τους ζητήσετε να προβλέψουν τις συνέπειες, ώστε να αντιδιαστείλουν τη σταθερότητα της μάζας με την μεταβλητότητα του βάρους.
3. Η διαφοροποίηση μεταξύ της αδρανειακής και της βαρυτικής μάζας μπορεί να υποστηριχθεί, αν οι μαθητές μελετήσουν και συζητήσουν το ένθετο της σελίδας 89.
4. Μπορείτε, σε ένα επόμενο μάθημα, να αξιοποιήσετε τα ευρήματα της 3^{ης} εργαστηριακής άσκησης, η οποία προτείνεται να γίνει μετά από τη διδακτική ενότητα 3. Με βάση τις εμπειρίες και τα συμπεράσματα της εργαστηριακής άσκησης καλούμε τους μαθητές να εντοπίσουν πέρα από τις εννοιολογικές διαφορές, τις διαφορές στον τρόπο μέτρησης της κάθε μάζας καθώς και να προτείνουν πειραματικές συνθήκες στις οποίες οι τιμές που μέτρησαν θα είχαν σημαντικές διαφορές.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 20, 22, 36, και 41.

Εργαστηριακή άσκηση 3: Προσδιορισμός της αδρανειακής μάζας σώματος με βάση το νόμο $F = ma$. Εργαστηριακός προσδιορισμός της αδρανειακής μάζας σώματος από την κλίση της ευθείας $a \sim F$ και σύγκρισή της με τη βαρυτική (σχόλια, προτάσεις, αποτελέσματα). (Προτεινόμενος χρόνος 2 ώρες).

Οι μαθητές θα πρέπει να καταχωρίσουν στη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας όλες τις πειραματικές τιμές. Συγκεκριμένα θα συμπληρώσουν τη στήλη 3 και των τριών ΠΙΝΑΚΩΝ 1, 2 και 3.

Αφού καταχωρίσουν όλες τις πειραματικές τιμές θα συμπληρώσουν τις υπόλοιπες στήλες των πινάκων αυτών και θα προχωρήσουν στα επόμενα βήματα. Όσα δεν προλάβουν, θα τα ολοκληρώσουν στο σπίτι.

Διδακτική ενότητα 4η: Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων (1.2.7) Σύγχρονοι τρόποι μελέτης των κινήσεων (1.2.8). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι διδακτικοί στόχοι για τη συγκεκριμένη διδακτική ενότητα είναι οι ακόλουθοι:

1. Να διακρίνουν οι μαθητές μεταξύ της ελεύθερης πτώσης (προϋποθέσεις) και της πτώσης των σωμάτων όπως αυτή γίνεται αντιληπτή στην καθημερινή ζωή.
2. Να εντοπίζουν τις τυπικές ομοιότητες μεταξύ της σχέσης $B=mg$ και $F = ma$ και μεταξύ των σχέσεων

$$v = a t \text{ και } v = g t, s = \frac{g t^2}{2} \text{ και } s = \frac{a t^2}{2}.$$

3. Να περιγράφουν πειραματικές διατάξεις με τις οποίες γίνεται η μελέτη της ελεύθερης πτώσης και να επεξεργάζονται τα αποτελέσματά τους προκειμένου να καταλήξουν σε συμπεράσματα.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Για την επίτευξη των διδακτικών στόχων είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ότι:

- Οι μαθητές δεν υιοθετούν εύκολα την άποψη ότι τα σώματα πέφτουν υπό την επίδραση της βαρύτητας, καθόσον στην καθημερινή ζωή είναι σχεδόν καθολική η άποψη ότι “ένα σώμα πέφτει γιατί κάποιος το άφησε να πέσει, ή δεν το κρατούσε σταθερά ή έσπασε το στήριγμα που το υποστήριζε”.
- Η “μεταφορά γνώσεων και γνωστικών δεξιοτήτων όπως η επίλυση προβλημάτων” δεν είναι εύκολη ούτε αυτονόητη. Οι μαθητές συναντούν δυσκολίες να μεταφέρουν τις ανάλογες δεξιότητες από το κεφάλαιο της κινηματικής (1.1) στη μελέτη φαινομένων όπως η μεταβαλλόμενη κίνηση σε μια διάσταση και συνεπώς και στην ελεύθερη πτώση.

Διδακτικές ενέργειες - μαθησιακά έργα

Η επίτευξη των διδακτικών στόχων που προαναφέρθηκαν μπορεί να υποστηριχθεί με τα ακόλουθα μαθησιακά έργα:

1. Μπορείτε να προτείνετε στους μαθητές να φανταστούν την πτώση των σωμάτων στην περίπτωση όπου η αντίσταση του μέσου (του αέρα) είναι ανύπαρκτη και να την περιγράψουν με τη βοήθεια του 2^{ου} νόμου του Νεύτωνα και των νόμων της κινηματικής που έχουν διδαχθεί στο 1^ο κεφάλαιο. Συζητείστε τις απόψεις τους ώστε να συμφωνήσουν ότι η ελεύθερη πτώση περιγράφεται από τις σχέσεις $B = mg$, $v = g t$, $s = \frac{g t^2}{2}$.
2. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την διαφάνεια Α'. Γ.Π.: 1.2,5, (χρονοφωτογράφηση) ως αφηγηρία για την παρουσίαση της ομώνυμης μεθόδου η οποία περιγράφεται στην 1.2.8.
3. Η δραστηριότητα της σελίδας 92 μπορεί είτε να πραγματοποιηθεί στην τάξη είτε να γίνει ως κατ' οίκον εργασία ώστε οι μαθητές να γνωρίσουν την χρήση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την εν λόγω μέθοδο.
4. Η εξάσκηση των μαθητών στην μεταφορά των δεξιοτήτων στην επίλυση ασκήσεων μπορεί να υποστηριχθεί με την επίλυση της άσκησης 15 σε ομάδες κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 19, 37, 39 και τα προβλήματα 16, 17 και 18.

Συνθετική εργασία: Η εξέλιξη των ιδεών για τα αίτια της κίνησης των σωμάτων. Από τον Αριστοτέλη ως το Νεύτωνα.

1. Βιβλιογραφία την οποία μπορεί να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές: Το σχολικό εγχειρίδιο Παράγραφοι 1.2.3, 1.2.4, ένθετα “Η πειραματική μέθοδος” σελ. 93, “Από τον Αριστοτέλη ως το Νεύτωνα”, σελ. 141, τα διδλία: “Η επιστήμη στην ιστορία”, J.D. Bernal τόμοι 1-3, Εκδ. Ι Ζαχαρόπουλος, “ Εξέλιξη των Ιδεών στη Φυσική”, A. Einstein, L.Infeld, Μετάφραση-Συμπλήρωμα Ευτ. Μπιτσάκη, Εκδ. Δωδώνη, “Οι υπνοβάτες” Άρθουρ Κάιςλερ, Δεύτερη Έκδοση Εκδ. Χατζηνικολή, P. Harman Ενέργεια, δύναμη και ύλη, Η εννοιολογική εξέλιξη της Φυσικής κατά τον 19^ο αιώνα, Απόδοση στα Ελληνικά Τ. Τσιαντούλας, Επιμέλεια Γ. Ξηροπαϊδης, Επιστημονική επιμέλεια Κ. Γαβρόγλου, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Kuhn T. Η δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων, Εισαγωγή, Επιμέλεια Β. Κάλφας, Μετάφραση Γ. Γεωργακόπου-

λος. Β. Κάλφας, R.S. Westfall Η συγκρότηση της Σύγχρονης Επιστήμης, Μετάφραση Κ. Ζήση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου, Εισαγωγή Επιμέλεια Β. Κουλαϊδής, Εκδ. Gutenberg.

2. Η εργασία κατ' ανάγκη θα συμπεριλάβει και στοιχεία από την Αστρονομία για την κίνηση των πλανητών και των άστρων. Επίσης, σκόπιμο είναι να συμπεριλάβει στοιχεία από το έργο του Buridan για το impetus, έννοια η οποία θεωρείται πρόδρομος της έννοιας της ορμής.

Σχόλια και απαντήσεις στις προτεινόμενες δραστηριότητες και στα θέματα προς συζήτηση

1. Στη δραστηριότητα για τον υπολογισμό της συνισταμένης συγγραμικών δυνάμεων, στο δεύτερο μέρος της δραστηριότητας (δυνάμεις αντίθετης κατεύθυνσης) πρέπει να φροντίσετε ώστε τα νήματα να βρίσκονται στην ίδια οριζόντια διεύθυνση.
2. Στη δραστηριότητα για την αδράνεια των σωμάτων πρέπει το χαρτόνι πάνω στο οποίο θα τοποθετηθεί το νόμισμα να είναι λείο ώστε να μην είναι σημαντικός ο ρόλος των τριδών στην εξέλιξη του φαινομένου.
3. Η δραστηριότητα της σελίδας 85 έχει στόχο την πειραματική επίδειξη της σχέσης μεταξύ επιτάχυνσης και της δύναμης που την προκαλεί. Γι' αυτό είναι σημαντικό “το αργά-αργά” ή το “απότομα” (λέξεις του καθημερινού λόγου) να συσχετιστούν με την μικρή ή μεγάλη τιμή της επιτάχυνσης και εφόσον η μάζα είναι σταθερή, τη μικρή ή μεγάλη τιμή της δύναμης. Μπορείτε επίσης να προτείνετε στους μαθητές δοκιμάσουν να σπάσουν το νήμα με τα χέρια τους ώστε να αποκτήσουν μέτρο σύγκρισης για τη δύναμη που αναπτύσσεται όταν το σώμα αποκτά απότομα μεγάλη επιτάχυνση.
4. Η δραστηριότητα της σελίδας 91 (χρόνος αντίδρασης) έχει

στόχο εκτός από την εφαρμογή της σχέσης $s = \frac{gt^2}{2}$, την τόνωση

των ψυχοκινητικών δεξιοτήτων των μαθητών. Επίσης ο χρόνος αντίδρασης υποβοηθά την κατανόηση του ένθετου για το “Μήκος φρεναρίσματος και την απόσταση ασφαλείας” το οποίο περιλαμβάνεται στο Κεφάλαιο που μελετούν οι μαθητές.

1.3 Δυναμική στο επίπεδο

Διδακτικοί στόχοι κεφαλαίου

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα, οι στόχοι για το κεφάλαιο αυτό είναι οι εξής:

Ο μαθητής να μπορεί:

1. Να οριοθετεί και να κατονομάζει το σύστημα σε σχέση με το εκάστοτε περιβάλλον.
2. Να σχεδιάζει τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα από το περιβάλλον.
3. Να αντιστοιχεί σε κάθε δράση την αντίδραση η οποία έχει ίση τιμή, αντίθετη φορά και σε διαφορετικό σημείο εφαρμοζόμενη αντίδραση.
4. Να αναφέρει φαινόμενα καθημερινής ζωής, στα οποία η τριβή παίζει καθοριστικό ρόλο.
5. Να υπολογίζει την τριβή.
6. Να προσθέτει και να αναλύει σε ορθογώνιους άξονες διανυσματικά μεγέθη, πειραματιζόμενος με το φαινόμενο της οριζόντιας βολής.
7. Να εφαρμόζει την τεχνική ανάλυση μιας κίνησης σε ορθογώνιους άξονες (αρχή ανεξαρτησίας κινήσεων), για να προσδιορίζει τις εξισώσεις κίνησης και την εξίσωση της τροχιάς.
8. Να διακρίνει το διανυσματικό χαρακτήρα της ταχύτητας και της επιτάχυνσης στην ομαλή κυκλική κίνηση και να γνωρίζει τη σχέση τους.
9. Να συνδυάζει την κυκλική κίνηση και την τριβή για να κατανοεί και να σέβεται κανόνες οδικής κυκλοφορίας.
10. Να σχεδιάζει και να εκτελεί συγκεκριμένα πειράματα για τον προσδιορισμό κινηματικών φυσικών μεγεθών.

Προτεινόμενος χρονικός προγραμματισμός

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ
1 ^η . Τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Νόμος δράσης αντίδρασης (1.3.1). Δυνάμεις από επαφή και από απόσταση (1.3.2).	1
2 ^η . Σύνθεση δυνάμεων στο επίπεδο (1.3.3). Ανάλυση δύναμης σε συνιστώσες (1.3.4).	1

3 ^η . Σύνθεση πολλών ομοεπιπέδων δυνάμεων (1.3.5). Δυνάμεις από επαφή και από απόσταση (1.3.6).	1
4 ^η . Νόμος της τριβής (1.3.7).	1
Εργαστηριακή άσκηση 7. Τριβή ολίσθησης σε κεκλιμένο επίπεδο.	1
5 ^η . Οριζόντια βολή (1.3.8).	1
Εργαστηριακή άσκηση 4. Μελέτη οριζόντιας βολής και υπολογισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας.	1
6 ^η . Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα σε διανυσματική και αλγεβρική μορφή (1.3.9).	1
7 ^η . Ομαλή κυκλική κίνηση (1.3.10).	1
8 ^η . Κεντρομόλος δύναμη (1.3.11).	1
Εργαστηριακή άσκηση 6. Εργαστηριακή προσέγγιση και μελέτη του νόμου της κεντρομόλου δύναμης.	1
9 ^η . Μερικές περιπτώσεις κεντρομόλου δύναμης (1.3.12).	1
ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ	12

Διδακτική ενότητα 1η: Τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Νόμος δράσης – αντίδρασης (1.3.1). Δυνάμεις από επαφή και από απόσταση (1.3.2). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να διατυπώσουν το νόμο δράσης – αντίδρασης.
2. Να εφαρμόσουν το νόμο δράσης – αντίδρασης, δηλαδή όταν θεωρήσουν τη δύναμη που ασκεί ένα σώμα Α σε ένα σώμα Β (ως

δράση), να προσδιορίσουν τη δύναμη που ασκεί το Β στο Α (ως αντίδραση).

3. Να προσδιορίσουν και να σχεδιάσουν τις δυνάμεις από επαφή (π.χ. δύναμη τεντωμένου νήματος, δύναμη από επιφάνεια, άνωση, αντίσταση του αέρα) και τις δυνάμεις από απόσταση (π.χ. δύναμη βαρύτητας) που ασκούνται σε ένα σώμα, προκειμένου να λύσουν ένα πρόβλημα.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Συνήθεις παρανοήσεις των μαθητών είναι οι εξής:

- Καθώς μετακινούμε ένα αντικείμενο, η δύναμη που ασκούμε σ' αυτό είναι μεγαλύτερη από εκείνη που μας ασκεί.
- Οι δυνάμεις “δράσης – αντίδρασης” ενεργούν στο ίδιο αντικείμενο.
- Η δύναμη που εφαρμόζεται π.χ. από ένα χέρι, εξακολουθεί να ενεργεί επάνω στο αντικείμενο και όταν αυτό πάψει να βρίσκεται σε επαφή με το χέρι (π.χ. η μπάλα που απομακρύνεται από το χέρι ενός καλαθοσφαιριστή).

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Αναφέρουμε παραδείγματα από την εμπειρία, όπως αυτά των εικόνων 1.3.1 και 1.3.2, από τα οποία φαίνεται, ότι, όταν ένα αντικείμενο ασκεί δύναμη επάνω σε ένα άλλο τότε και το δεύτερο ασκεί δύναμη πάνω στο πρώτο.
2. Δύο μαθητές με τη βοήθεια δύο δυναμόμετρων πραγματοποιούν το πείραμα της δραστηριότητας της σελίδας 112. Ζητάμε από όλους τους μαθητές να ολοκληρώσουν τη δραστηριότητα αυτή. Οι μαθητές διατυπώνουν την αρχή δράσης – αντίδρασης.
3. Τονίζουμε ότι οι δυνάμεις δράσης – αντίδρασης ενεργούν σε διαφορετικά σώματα και επομένως δεν έχει νόημα να μιλάμε για συνισταμένη των δύο αυτών δυνάμεων.
4. Προβάλλουμε τη διαφάνεια της εικόνας 1.3.6 έχοντας καλυμμένους τους τίτλους των δύο στηλών. Ρωτάμε τους μαθητές να διακρίνουν: α) τι κοινό χαρακτηριστικό έχουν οι δυνάμεις της πρώτης στήλης; β) τι κοινό χαρακτηριστικό έχουν οι δυνάμεις της δεύτερης στήλης; Ζητάμε από τους μαθητές να αναφέρουν άλλα παραδείγματα δυνάμεων επαφής, γνωστά από την εμπειρία τους.

5. Τονίζουμε ότι οι δυνάμεις από επαφή που ασκούνται σε ένα σώμα είναι τόσες όσα και τα σώματα με τα οποία έρχεται αυτό σε επαφή.

Συζητούμε με τους μαθητές το προτεινόμενο θέμα στη σελίδα 113.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 1, 2, 3, 4, 5, 25, 26, 27, 34, 43, 45.

Διδακτική ενότητα 2η: Σύνθεση δυνάμεων στο επίπεδο (1.3.3). Ανάλυση δύναμης σε συνιστώσες (1.3.4). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να προσδιορίσουν τη συνισταμένη δύο συντρεχουσών δυνάμεων (δηλαδή δυνάμεων που διέρχονται από το ίδιο σημείο) γραφικά (με σχεδίαση των διανυσμάτων τους υπό κλίμακα).
2. Να προσδιορίσουν τη συνισταμένη δύο συντρεχουσών δυνάμεων, καθέτων μεταξύ τους, με τη βοήθεια του Πυθαγορείου θεωρήματος.
3. Να αναλύσουν δύναμη σε συνιστώσες.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Προβάλλουμε τη διαφάνεια Α'. Γ.Π.: 1.3,6 και θέτουμε στους μαθητές το ερώτημα, αν οι δυνάμεις που ασκούν τα δύο οχήματα επάνω στο πλοιάριο είναι δυνατό να αντικατασταθούν από μία μόνο δύναμη που να προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα (συνισταμένη). Σε καταφατική απάντηση, θέτουμε το ερώτημα, ποια είναι άραγε η κατεύθυνση της και το μέτρο της.
2. Καλούμε δύο μαθητές, τους δίνουμε όλα τα απαραίτητα όργανα και τους ζητάμε να συναρμολογήσουν τη διάταξη της εικόνας 1.3.8 (βλέπε σελίδες 31 και 32, Πειράματα Φυσικής Π. Κόκκοτας κ. α., εκδόσεις Γρηγόρη). Τους ζητάμε επίσης να σημειώσουν

τις τιμές των δυνάμεων B_1 , B_2 και B_3 και να μετρήσουν τις γωνίες θ_1 και θ_2 . Ζητάμε από όλους τους μαθητές να ολοκληρώσουν τη δραστηριότητα της σελίδας 114. Οι μαθητές θα προχωρήσουν στην εργασία τους βασιζόμενοι στην παρατήρηση ότι οι τρεις δυνάμεις βρίσκονται σε ισορροπία και επομένως η συνισταμένη των δύο είναι αντίθετη με την τρίτη.

3. Ζητάμε από τους μαθητές να προσδιορίσουν τη συνισταμένη δύο συντρεχουσών δυνάμεων καθέτων μεταξύ τους με εφαρμογή του Πυθαγορείου θεωρήματος καθώς και την κατεύθυνση της με υπολογισμό της εφθ.
4. Προβάλλουμε τη διαφάνεια Α'. Γ.Π.: 1.3,7. Η δάρκα σύρεται με τη δοθήθεια σχοινιού από άνθρωπο και κινείται παράλληλα προς το κανάλι ενώ συγχρόνως πλησιάζει προς την ακτή. Η ίδια κίνηση θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με ταυτόχρονη επίδραση δύο δυνάμεων: μία και μία κάθετη στο κανάλι. Το παράδειγμα της σελίδας 16 εξοικειώνει τους μαθητές με την τεχνική της ανάλυσης μιας δύναμης σε δύο συνιστώσες.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις, 6, 14, και τα προβλήματα 1, 3.

Διδακτική ενότητα 3η: Σύνθεση πολλών ομοεπιπέδων δυνάμεων (1.3.5). Ισορροπία ομοεπιπέδων δυνάμεων (1.3.6). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να εφαρμόσουν την αναλυτική μέθοδο στη σύνθεση πολλών ομοεπιπέδων δυνάμεων και συγκεκριμένα: α) Να αναλύσουν τις ομοεπίπεδες δυνάμεις που ασκούνται σε ένα (σημειακό) αντικείμενο σε ορθογώνιους άξονες x και y και να υπολογίσουν τα αθροίσματα ΣF_x και ΣF_y των αλγεβρικών τιμών των συνιστωσών κατά τους δύο αυτούς άξονες, β) Να προσδιορίσουν τη συνισταμένη από τις σχέσεις:

$$\Sigma F = \sqrt{(\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y)^2} \quad \text{και} \quad \epsilon\phi\phi = \frac{\Sigma F_y}{\Sigma F_x}.$$

- Με την ανάλυση αυτή να φθάσουν από τη διανυσματική συνθήκη ισορροπίας $\Sigma \vec{F} = 0$ στις δύο ισοδύναμες με αυτήν αλγεβρικές συνθήκες $\Sigma F_x = 0$ και $\Sigma F_y = 0$.
- Να εφαρμόσουν τις αλγεβρικές συνθήκες ισορροπίας $\Sigma F_x = 0$ και $\Sigma F_y = 0$ στην επίλυση προβλήματος που αφορά αντικείμενο, το οποίο βρίσκεται σε ισορροπία.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

- Οι μαθητές έχουν άγνοια των ορισμών των τριγωνομετρικών αριθμών ή συναντούν δυσκολία στην εφαρμογή τους για των υπολογισμούς συνιστωσών κατά τους δύο ορθογώνιους άξονες.
- Οι μαθητές κάνουν το σφάλμα να προσθέτουν αλγεβρικά συνιστώσες στον άξονα των x με συνιστώσες στον άξονα τον y .
- Οι μαθητές συναντούν δυσκολία στον προσδιορισμό και σχεδιασμό όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο υπό εξέταση αντικείμενο και μόνον αυτών.

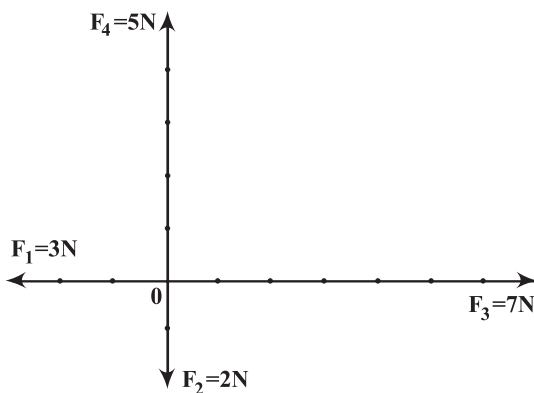
Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

- Ζητάμε από τους μαθητές να βρουν τη συνισταμένη των τεσσάρων δυνάμεων που φαίνονται στην εικόνα.

Η εφαρμογή του κανόνα του παραλληλογράμμου στη σύνθεση της πρώτης με τη δεύτερη δύναμη, της συνισταμένης τους με την τρίτη και της νέας συνισταμένης με την τέταρτη δύναμη οδηγεί τους μαθητές σε ανυπέροβλητα εμπόδια.

Αν δεν υπάρξει μαθητής που να έχει την έμπνευση να συνθέσει ανά δύο τις δυνάμεις που βρίσκονται επάνω στην ίδια ευθεία και μετά να εφαρμόσει το Πυθαγόρειο θεώρημα στις δύο κάθετες δυνάμεις που θα προκύψουν, καθοδηγούμε τους μαθητές να εφαρμόσουν αυτή τη μέθοδο.



2. Ζητάμε από τους μαθητές να εφαρμόσουν τη μέθοδο της ανάλυσης των δυνάμεων κατά δύο ορθογώνιους άξονες στις ομοεπίπεδες δυνάμεις της εικόνας 1.3.12α. Συμφωνούμε να συμβολίσουμε τη συνιστώσα της F_1 στον άξονα των x με F_{1x} , τη συνιστώσα της ίδιας δύναμης στον άξονα των y με F_{1y} , τη συνιστώσα της F_2 στον άξονα των x με F_{2x} κ. ο. κ. Ζητάμε κατόπιν να υπολογίσουν τα αλγεβρικά αθροίσματα ΣF_x και ΣF_y των συνιστωσών στους άξονες Ox και Oy αντίστοιχα. Τονίζουμε ότι είναι λάθος να προσθέτουμε αλγεβρικά συνιστώσες στον άξονα των x με συνιστώσες στον άξονα των y . Ζητάμε τέλος να σχεδιάσουν τις ΣF_x και ΣF_y και να προσδιορίσουν τη συνισταμένη: $\Sigma \vec{F}$
3. Αν το υπό εξέταση σώμα ισορροπεί, τότε είναι $\Sigma \vec{F} = 0$. Από την

$$\Sigma F = \sqrt{(\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y)^2} \text{ έχουμε } \Sigma F_x = 0 \text{ και } \Sigma F_y = 0.$$

Μπορούμε να προχωρήσουμε στην εφαρμογή της μεθόδου με το παράδειγμα της σελίδας 119. Δεν παραλείπουμε να τονίσουμε στους μαθητές, ότι για να έχουμε σωστά αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου, πρέπει να αναγνωρίσουμε και να σχεδιάσουμε όλες τις δυνάμεις που ασκούνται στο υπό εξέταση (σε ισορροπία) σώμα και μόνον αυτές. Αποφεύγουμε να συμπεριλάβουμε οποιαδήποτε δύναμη που ασκείται από το σώμα αυτό σε κάποιο άλλο σώμα.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 15, 16, 18, 44, 47 και το πρόβλημα 2.

Διδακτική ενότητα 4η: Νόμος της τριβής 1.3.7. **(Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).**

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να διακρίνουν τη στατική τριβή από την τριβή ολίσθησης και να προσδιορίσουν τα όρια της στατικής τριβής.
2. Να διατυπώσουν τους εμπειρικούς νόμους της τριβής ολίσθησης T και να τους συνοψίσουν με την εξίσωση $T = \mu N$, όπου μ ο συντελεστής τριβής και N η κάθετη αντίδραση στην επιφάνεια.

3. Να αναφέρουν φαινόμενα από την καθημερινή ζωή, στα οποία η τριβή παίζει καθοριστικό ρόλο.

Να αναφέρουν παραδείγματα, στα οποία επιδιώκεται και επιτυγχάνεται ελάττωση (ή αύξηση) της τριβής.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Διαπιστώνεται δυσκολία κατανόησης της εξής παραδοχής: ότι κατά την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ενός σώματος που σύρεται με δυναμόμετρο επάνω σε οριζόντιο επίπεδο, η ένδειξη του δυναμόμετρου δίνει την τιμή της τριβής ολίσθησης.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Πραγματοποιούμε το πείραμα της εικόνας 1.3.16. Ασκούμε μια μικρή δύναμη μέσω του δυναμόμετρου, ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να παραμείνει ακίνητο. Ζητάμε από τους μαθητές να σχεδιάσουν τις δυνάμεις που ασκούνται στο αντικείμενο αυτό και να εκφράσουν τη συνθήκη ισορροπίας. Ωθούμε έτσι τους μαθητές στην παραδοχή μιας δύναμης (στατική τριβή) που αντιδρά στην προσπάθειά μας να το θέσουμε σε κίνηση. Αυξάνουμε προοδευτικά τη δύναμη μέσω του δυναμόμετρου, οπότε το αντικείμενο αρχίζει να ολισθαίνει. Η ένδειξη του δυναμόμετρου κατά την έναρξη της ολίσθησης μας δίνει την τιμή της οριακής τριβής.
2. Πραγματοποιούμε το πείραμα της εικόνας 1.3.17α. Φροντίζουμε ώστε το αντικείμενο να ολισθαίνει με σταθερή ταχύτητα. Ζητάμε από τους μαθητές να εκφράσουν τη συνθήκη ισορροπίας (σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα) για να καταλήξουν έτσι στην παραδοχή ύπαρξης της τριβής ολίσθησης και να τη μετρήσουν. Τονίζουμε ότι το δυναμόμετρο μετρά την τριβή ολίσθησης τότε μόνο, όταν το αντικείμενο ολισθαίνει με σταθερή ταχύτητα.
3. Πραγματοποιούμε το πείραμα της εικόνας 1.3.17β. Οι μαθητές συμπεραίνουν ότι η τριβή ολίσθησης είναι ανάλογη με την κάθετη δύναμη με την οποία συμπίεζονται οι επιφάνειες.
4. Με τη δραστηριότητα της σελίδας 123 οι μαθητές καταλήγουν στο συμπέρασμα, ότι η τριβή ολίσθησης εξαρτάται από τη φύση των τριβομένων επιφανειών ενώ είναι ανεξάρτητη από το εμβαδόν τους.

5. Οι νόμοι της τριβής συνοψίζονται με την εξίσωση $T = \mu N$, όπου μ ο συντελεστής τριβής (εξαρτώμενος από τη φύση των τριβομένων επιφανειών) και N η κάθετη δύναμη με την οποία συμπίεζονται οι επιφάνειες.
6. Ρωτάμε τους μαθητές αν γνωρίζουν από την εμπειρία τους περιπτώσεις κατά τις οποίες επιδιώκεται ελάττωση ή αύξηση των τριβών. Π.χ. στη μηχανή του αυτοκινήτου δάζουμε λιπαντικό (ορυκτέλαιο) για να περιορίσουμε τις τριβές στην κίνηση του εμβόλου και να αποφύγουμε υπερθέρμανση και καταστροφή της. Εξ άλλου τα ελαστικά των αυτοκινήτων είναι κατασκευασμένα με αυλακώσεις για να παρουσιάζουν μεγάλη τριβή με το οδόστρωμα ώστε να διατρέχουν πολύ μικρή απόσταση μετά το φρενάρισμα.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 6, 7, 29, 30, 37, 50 και τα προβλήματα 9, 11, 12, 13, 23.

Εργαστηριακή άσκηση 7: Τριβή ολίσθησης σε κεκλιμένο επίπεδο. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Η άσκηση είναι σύντομη και μπορεί να ολοκληρωθεί άνετα μέσα σε μία διδακτική ώρα.

Ενδεικτικές τιμές για την περίπτωση ολίσθησης ξύλου επάνω σε ξύλο: $\varphi = 22^\circ$ και $\mu = \tan 22^\circ = 0,4$.

Μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να υπολογίσουν το συντελεστή τριβής και για άλλες περιπτώσεις υλικών. Π.χ.:

α) Σίδηρος επάνω σε ξύλο. Ως ολισθαίνον σώμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο οπλισμός μαγνητών (πλάκα από μαλακό σίδηρο).

β) Πλαστικό επάνω σε ξύλο. Ως ολισθαίνον σώμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα πρίσμα ολικής ανάκλασης (τριγωνική πλάκα από διαφανές πλαστικό – Ο.Π. 065.0).

Διδακτική ενότητα 5η: Οριζόντια βολή (1.3.8). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να διακρίνουν τις δύο απλές κινήσεις (ευθύγραμμη ομαλή – ελεύθερη πτώση) που συνιστούν την οριζόντια βολή.
2. Να διατυπώσουν και να εφαρμόσουν την αρχή ανεξαρτησίας των κινήσεων.
3. Να αποδείξουν τις εξισώσεις κίνησης $\left(x = vt \text{ και } y = \frac{1}{2}gt^2 \right)$ αντικειμένου που βάλλεται οριζόντια μέσα σε ομογενές πεδίο βαρύτητας.
4. Να προσδιορίσουν (προβλέψουν) σε κάποια χρονική στιγμή τη θέση αντικειμένου που έχει βληθεί οριζόντια.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Συνήθεις παρανοήσεις των μαθητών είναι οι εξής:

- Στην οριζόντια βολή, η δύναμη που εφαρμόζεται, π. χ. Από ένα χέρι, εξακολουθεί να ενεργεί επάνω στο αντικείμενο (π. χ. στη μπάλα) και όταν αυτό πάψει να βρίσκεται σε επαφή με το χέρι.
- Υπάρχει κάποια δυσκολία στην κατανόηση ότι η οριζόντια βολή είναι σύνθετη κίνηση (ότι αποτελεί συνδυασμό μιας ευθύγραμμης ομαλής και μιας ελεύθερης πτώσης).

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Προβάλλουμε τη διαφάνεια Α΄. Γ.Π.: 1.3,8 και εξηγούμε τις κινήσεις που απεικονίζουν οι δύο φωτογραφίες. Ζητάμε από τους μαθητές να συγκρίνουν τις κατακόρυφες αποστάσεις που διανύουν οι δύο σφαίρες στον ίδιο χρόνο καθώς και τις οριζόντιες μετατοπίσεις της σφαίρας Β σε ίσους χρόνους.
2. Η κατανόηση της αρχής ανεξαρτησίας των κινήσεων μπορεί να στηριχθεί στις δραστηριότητες 1 και 2.
3. Τονίζουμε, ότι, για τον υπολογισμό της ταχύτητας ή της μετατόπισης μετά από χρόνο t , βρίσκουμε το διανυσματικό άθροισμα των ταχυτήτων ή των μετατοπίσεων αντίστοιχα που θα είχε το κινητό, αν εκτελούσε κάθε μία κίνηση ανεξάρτητα και επί χρόνο t .
4. Ζητάμε από τους μαθητές να εφαρμόσουν την αρχή ανεξαρτη-

σίας των κινήσεων για την οριζόντια βολή σε σύστημα αξόνων Ox και Oy . Να γράψουν δηλαδή τις εξισώσεις που περιγράφουν την κίνηση κατά την οριζόντια διεύθυνση x (κίνηση ευθύγραμμη ομαλή) και τις εξισώσεις κατά την κατακόρυφη διεύθυνση y (ελεύθερη πτώση).

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 11, 12, 13 28, 35 και τα προβλήματα 4, 5.

Εργαστηριακή άσκηση 4: Μελέτη οριζόντιας βολής και υπολογισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Ενδεικτικές τιμές:
Απόσταση διαδοχικών νημάτων: 15mm
Πραγματική απόσταση νημάτων: 15cm
Κλίμακα 1:10

Πίνακας 1

Αποστάσεις σε τιμές κλίμακας			Αποστάσεις σε πραγματικές τιμές		
	x (cm)	y (cm)	x (cm)	y (cm)	y/x
1	4,35	2,45	43,5	24,5	0,55
2	5,1	3,3	51,0	33,0	0,65
3	5,8	4,2	58,0	42,0	0,72
4	6,5	5,2	65,0	52,0	0,80
5	7,25	6,5	72,5	65,0	0,90
6	7,9	7,85	79,0	78,5	0,99

$\frac{y/x}{x} = 1,25$ και $g = 10m / s^2$

Διδακτική ενότητα 6η: Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα σε διανυσματική και αλγεβρική μορφή (1.3.9). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να αναλύσουν τις ομοεπίπεδες δυνάμεις που ασκούνται σε ένα (σημειακό) αντικείμενο σε ορθογώνιους άξονες x και y και να υπολογίσουν τα αθροίσματα ΣF_x και ΣF_y των αλγεβρικών τιμών των συνιστωσών κατά τους δύο αυτούς άξονες.
2. Με την ανάλυση αυτή να φθάσουν από τη διανυσματική μορφή $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ του νόμου του Νεύτωνα στις δύο ισοδύναμες αλγεβρικές μορφές $\Sigma F_x = ma_x$ και $\Sigma F_y = ma_y$.
3. Να χρησιμοποιήσουν τις αλγεβρικές μορφές του νόμου του Νεύτωνα στην επίλυση προβλημάτων που αφορούν σώματα, τα οποία δεν βρίσκονται σε ισορροπία.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

- Άγνοια των ορισμών των τριγωνομετρικών αριθμών σε ορθογώνιο τρίγωνο ή δυσκολία στην εφαρμογή τους για τον υπολογισμό συνιστωσών κατά δύο ορθογώνιους άξονες.
- Δυσκολία στον προσδιορισμό και σχεδιασμό όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο υπό εξέταση σώμα και μόνο αυτών.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Στη διδακτική αυτή ενότητα συνδυάζουμε την αναλυτική μέθοδο (ανάλυση των δυνάμεων κατά ορθογώνιους άξονες και αλγεβρική άθροιση των συνιστωσών για κάθε άξονα) που γνώρισαν οι μαθητές στην 1.3.11, με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα. Μετά την παρουσίαση της μεθόδου σε γενικές γραμμές, προχωράμε στην εφαρμογή της με το παράδειγμα της σελίδας 128. Το παράδειγμα αυτό είναι και προσιτό και κατάλληλο για να κάνει φανερές τις διαδικασίες της μεθόδου.
2. Τονίζουμε στους μαθητές ότι επάνω στο σώμα, στο οποίο πρόκειται να εφαρμόσουμε τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα σχεδιά-

ζουμε όλες τις δυνάμεις που ασκούνται επάνω του και μόνον αυτές. Αποφεύγουμε να συμπεριλάβουμε οποιαδήποτε δύναμη που ασκείται από το σώμα αυτό σε κάποιο άλλο σώμα.

3. Καθοδηγούμε τους μαθητές να επιλέξουν ορθογώνιους άξονες συντεταγμένων και στη συνέχεια να προσδιορίσουν τις συνιστώσες των δυνάμεων ως προς τους άξονες αυτούς. Για κάθε άθροισμα συνιστωσών ΣF κατά έναν άξονα να γράψουν την εξίσωση που εκφράζει το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, π.χ για τον άξονα Ox γράφουν την εξίσωση $\Sigma F_x = ma_x$. Επισημαίνουμε ότι, αν είναι γνωστή η κατεύθυνση της επιτάχυνσης, τότε είναι προτιμότερο να πάρουν αυτή την κατεύθυνση ως κατεύθυνση ενός από τους άξονες. Η επιλογή αυτή διευκολύνει την επίλυση του προβλήματος. Πράγματι, αν πάρουν τον άξονα Ox να συμπίπτει με την κατεύθυνση της επιτάχυνσης, τότε το σύστημα των δύο εξισώσεων $\Sigma F_x = ma_x$ και $\Sigma F_y = ma_y$ για ομοεπίπεδες δυνάμεις γράφεται: $\Sigma F_x = ma_x$ και $\Sigma F_y = 0$.
4. Αν έχουμε σύστημα δύο ή περισσότερων σωμάτων, τότε δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε το ίδιο σύστημα αξόνων για όλα τα σώματα. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διαφορετικό σύστημα για το καθένα. Όμως πρέπει να προσέχουμε στις αντίστοιχες εξισώσεις κάθε σώματος, ώστε τα πρόσημα των συνιστωσών να συμφωνούν με τους άξονες που επιλέξαμε για το συγκεκριμένο σώμα.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από την ερώτηση 17, και τα προβλήματα 6, 7, 8, 10, 24.

Διδακτική ενότητα 7η: Ομαλή κυκλική κίνηση (1.3.10). **(Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).**

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να ορίσουν την ομαλή κυκλική κίνηση και να κατανοήσουν ότι η ομαλή κυκλική κίνηση είναι περιοδική.
2. Να ορίσουν τα μεγέθη «περίοδος» και «συχνότητα» στην ομαλή κυκλική κίνηση και να βρουν τη μεταξύ τους σχέση.
3. Να προσδιορίσουν την κατεύθυνση της ταχύτητας κινητού που

κάνει ομαλή κυκλική κίνηση και να υπολογίσουν το μέτρο της ταχύτητας σε συνάρτηση με την περίοδο.

4. Να ορίσουν τη γωνιακή ταχύτητα και να την εκφράσουν σε συνάρτηση με την περίοδο T .
5. Να δρουν τη σχέση μεταξύ γραμμικής και γωνιακής ταχύτητας.
6. Να ορίσουν την κεντρομόλο επιτάχυνση, να σχεδιάσουν το διάνυσμά της και να υπολογίσουν την τιμή της από τη σχέση $a = \frac{v^2}{R}$.
7. Να εκφράσουν την κεντρομόλο επιτάχυνση σε συνάρτηση με τη γωνιακή ταχύτητα, την περίοδο και τη συχνότητα.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

- Το ότι το διάνυσμα της ταχύτητας αντικειμένου που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση αλλάζει σε κάθε στιγμή μένοντας διαρκώς εφαπτόμενο στην τροχιά, δεν είναι εύκολο να κατανοηθεί.
- Είναι δύσκολο σε ένα μαθητή να δεχτεί ότι σε μία κίνηση όπως η ομαλή κυκλική στην οποία η ταχύτητα (η τιμή της) διατηρείται σταθερή, υπάρχει επιτάχυνση. Οι διδακτικές προσπάθειες υπονομεύονται από το γεγονός, ότι άλλη σημασία έχει η λέξη ταχύτητα στην καθημερινή ζωή (ένας απλός αριθμός) και άλλη στη Φυσική (διανυσματικό μέγεθος).

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Ως παράδειγμα ομαλής κυκλικής κίνησης, μπορούμε να αναφέρουμε την κίνηση που κάνει το άκρο του λεπτοδείκτη του ρολογιού ή ένα σημείο του περιστρεφόμενου δίσκου στο πικάπ κ.τ.λ.
2. Ζητάμε από τους μαθητές να υπολογίσουν τη συχνότητα μιας ομαλής κυκλικής κίνησης για χρόνο μιας περιόδου.
3. Για να προσεγγίσουν οι μαθητές την αντίληψη ότι το διάνυσμα της ταχύτητας εφάπτεται στην κυκλική τροχιά, μπορούμε να αναφέρουμε: α) το παράδειγμα των σπινθήρων ενός ακονιστή τροχού που εκτινάσσονται κατά τη διεύθυνση της εφαπτομένης, β) το γεγονός ότι ένα αντικείμενο που κινείται κυκλικά στο άκρο νήματος, μόλις απελευθερωθεί κινείται εφαπτομενικά (περίπτωση σφεντόνας), γ) τη θεωρητική σκέψη, σύμφωνα με την οποία, όταν ο χρόνος τείνει στο μηδέν, το διάνυσμα της μετατόπισης (άρα και της ταχύτητας) τείνει να γίνει εφαπτόμενο στην τροχιά.
4. Ορίζουμε τη γραμμική ταχύτητα για την ομαλή κυκλική κίνηση,

επειδή στην κίνηση αυτή το μέτρο της ταχύτητας είναι ίσο με οποιοδήποτε ηγλικό διαγραφόμενου τόξου προς τον αντίστοιχο χρόνο. Ζητάμε από τους μαθητές να υπολογίσουν τη γραμμική ταχύτητα λαμβάνοντας όχι τυχαίο χρόνο αλλά το χρόνο μιας περιόδου.

5. Ο ορισμός της γωνιακής ταχύτητας, ως ηγλικό της διαγραφόμενης από την επιβατική ακτίνα γωνίας δια του αντίστοιχου χρόνου, είναι αρκετός για το πρόγραμμα γενικής παιδείας. Η αναφορά στα χαρακτηριστικά της γωνιακής ταχύτητας, ως διανυσματικού μεγέθους, δεν κρίνεται απαραίτητη.
6. Ζητάμε από τους μαθητές να εκφράσουν τη γωνιακή ταχύτητα σε συνάρτηση με την περίοδο.
7. Ζητάμε από τους μαθητές να βρουν τη σχέση μεταξύ γραμμικής και γωνιακής ταχύτητας.
8. Προκαλούμε «γνωστική σύγκρουση» με την ερώτηση, αν ένα κινητό που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση έχει επιτάχυνση. Τονίζουμε ότι άλλη έννοια έχει η λέξη ταχύτητα στην καθημερινή ζωή (ένας απλός αριθμός) και άλλη στη Φυσική (διανυσματικό μέγεθος). Πληροφορούμε τους μαθητές για την κατεύθυνση της επιτάχυνσης και δίνουμε την εξίσωση υπολογισμού της $a = \frac{v^2}{R}$ χωρίς απόδειξη.
9. Εφ' όσον υπάρχει χρόνος ζητάμε από τους μαθητές να πραγματοποιήσουν τη δραστηριότητα της σελίδας 133. Αν όχι την δίνουμε ως εργασία για το σπίτι.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 19, 20, 21, 22, 23, 31, 32, 33, 39, 40, 41 και τα προβλήματα 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21.

Διδακτική ενότητα 8η: Κεντρομόλος δύναμη (1.3.11). **(Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).**

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να εφαρμόσουν το θεμελιώδη νόμο της δυναμικής (δεύτερο νόμο του Νεύτωνα) στην ομαλή κυκλική κίνηση αντικειμένου.
2. Να προσδιορίσουν την κατεύθυνση και την τιμή της κεντρομόλου δύναμης.

3. Να συνειδητοποιήσουν ότι η κεντρομόλος δύναμη δεν είναι μία ιδιαίτερη δύναμη αλλά η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο αντικείμενο, το οποίο εκτελεί την ομαλή κυκλική κίνηση.
4. Να εκφράσουν την τιμή της κεντρομόλου δύναμης σε συνάρτηση με τη γωνιακή ταχύτητα, την περίοδο και τη συχνότητα.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Όπως αναφέρθηκε και στην 1.3.10, οι μαθητές δυσκολεύονται να δεχθούν ότι σε μία κίνηση ομαλή (δηλαδή με σταθερή τιμή ταχύτητας) το κινητό έχει επιτάχυνση (κεντρομόλο επιτάχυνση). Οι διδακτικές προσπάθειες συναντούν μεγάλα εμπόδια από το γεγονός, ότι οι έννοιες της ταχύτητας και της επιτάχυνσης δεν ταυτίζονται με εκείνες της καθημερινής γλώσσας.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Ρωτάμε τους μαθητές, γιατί ένα αντικείμενο που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση έχει επιτάχυνση (την οποία ονομάζουμε κεντρομόλο επιτάχυνση). Ζητάμε από αυτούς να δώσουν τα στοιχεία της κεντρομόλου επιτάχυνσης (κατεύθυνση και τιμή).
2. Με δεδομένη την ύπαρξη επιτάχυνσης στην ομαλή κυκλική κίνηση, ζητάμε από τους μαθητές να πουν, τι συμπεραίνουν (σύμφωνα με το θεμελιώδη νόμο της δυναμικής) για τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο αντικείμενο το οποίο εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση. Ονομάζουμε αυτή τη συνισταμένη των δυνάμεων «κεντρομόλο δύναμη» και ζητάμε από τους μαθητές να προσδιορίσουν την κατεύθυνση και την τιμή της.
3. Τονίζουμε ότι η κεντρομόλος δύναμη δεν είναι ένα είδος δύναμης (όπως π.χ. η βαρυτική ή η ηλεκτρική δύναμη) αλλά μία δύναμη ή συνισταμένη δυνάμεων, η οποία επιδρώντας διαρκώς κάθετα στην ταχύτητα ενός αντικειμένου το αναγκάζει να πραγματοποιεί ομαλή κυκλική κίνηση. Έτσι, στην ομαλή κυκλική κίνηση ενός τεχνητού δορυφόρου, τον ρόλο κεντρομόλου δύναμης παίζει η βαρυτική δύναμη (έλξη) της Γης, στην κυκλική κίνηση ενός αυτοκινήτου στη στροφή επίπεδου δρόμου τον ρόλο κεντρομόλου δύναμης παίζει η τριβή κ.τ.λ.

4. Ζητάμε από τους μαθητές να πραγματοποιήσουν τη δραστηριότητα της σελίδας 135.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 24, 42, 51.

Εργαστηριακή άσκηση 6: Εργαστηριακή προσέγγιση και μελέτη του νόμου της κεντρομόλου δύναμης. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Οι μαθητές θα πρέπει να καταχωρίσουν στη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας όλες τις πειραματικές τιμές και των τριών πινάκων. Γι' αυτό ζητάμε από αυτούς να συμπληρώσουν πρώτα τις στήλες του χρόνου και στους τρεις πίνακες και μετά να ασχοληθούν με υπολογισμούς και να συμπληρώσουν τις υπόλοιπες στήλες.

Ενδεικτικές τιμές χρόνων

Πίνακας 1

A/A	Χρόνος t(s)
1	21,8
2	15,4

Πίνακας 2

A/A	Χρόνος t (s)
1	10,8
2	15,4

Πίνακας 3

A/A	Χρόνος t (s)
1	15,4
2	21,7

Διδακτική ενότητα 9η: Μερικές περιπτώσεις κεντρομόλου δύναμης (1.3.12). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να συμπεράνουν, τι θα συμβεί σε ένα αντικείμενο που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, αν ξαφνικά καταργηθεί (μηδενιστεί) η κεντρομόλος δύναμη που επιδρά επάνω του.
2. Να συνδυάσουν την κυκλική κίνηση και την τριβή για να εξηγήσουν το εξής: γιατί, όταν τα λάστιχα ενός αυτοκινήτου είναι φθαρμένα ή ο δρόμος είναι βρεγμένος, το αυτοκίνητο κινούμενο

με μεγάλη ταχύτητα δεν μπορεί να πάρει μία στροφή και εκτρέπεται από τον αυτοκινητόδρομο.

3. Να εξηγήσουν γιατί στις στροφές των αυτοκινητοδρόμων μεγάλης ταχύτητας το οδόστρωμα κατασκευάζεται κεκλιμένο και να υπολογίσουν την απαιτούμενη κλίση σε μία στροφή.
4. Να υπολογίσουν τη μέγιστη απόσταση που θα διανύσει ένα αυτοκίνητο μέχρις ότου σταματήσει, από τη στιγμή που θα εφαρμόσει ο οδηγός τα φρένα.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Πολλοί μαθητές δυσκολεύονται να συνδυάσουν την κυκλική κίνηση και την τριβή για να εξηγήσουν την κυκλική τροχιά ενός αντικειμένου.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Πραγματοποιούμε το πείραμα της εικόνας 1.3.31 ως περιφερόμενο αντικείμενο χρησιμοποιούμε λαστιχένιο πώμα δεμένο με νήμα μήκους περίπου 1m (όπως και στην εργαστηριακή άσκηση 6: Μελέτη του νόμου της κεντρομόλου δύναμης). Ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν, πως θα κινηθεί το αντικείμενο, αν κάποια στιγμή αφήσουμε το νήμα. Προτείνουμε, κάποιοι μαθητές να πραγματοποιήσουν το πείραμα στο ύπαιθρο και να ανακοινώσουν στο επόμενο μάθημα.
2. Ζητάμε από τους μαθητές να προσδιορίσουν και να σχεδιάσουν τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτοκίνητο, το οποίο εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση σε στροφή οριζόντιου δρόμου. Ζητάμε επίσης να καθορίσουν τη δύναμη που παίζει το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης και να εξηγήσουν, γιατί όταν ο δρόμος είναι βρεγμένος ή τα λάστιχα φθαρμένα υπάρχει κίνδυνος το αυτοκίνητο να εκτραπεί από το δρόμο.
3. Θεωρούμε αυτοκίνητο που “παίρνει” στροφή επάνω σε κεκλιμένο τμήμα αυτοκινητόδρομου μεγάλης ταχύτητας. Θέτουμε στους μαθητές το ερώτημα: πώς θα υπολογίσουμε την κλίση του δρόμου, ώστε να αναπτυχθεί η απαιτούμενη κεντρομόλος δύναμη για την ασφαλή διέλευση του οχήματος. Τους καθοδηγούμε να σχεδιάσουν τις δυνάμεις που ασκούνται στο αυτοκίνητο καθώς

“παίρνει” τη στροφή και ζητάμε να προσδιορίσουν τη δύναμη που παίζει το ρόλο κεντρομόλου δύναμης. (Η τριβή εδώ έχει δευτερεύοντα ρόλο και χάριν απλότητας δεν λαμβάνεται υπ’ όψη).

4. Εφ’ όσον υπάρχει χρόνος οι μαθητές μπορούν να ασχοληθούν με το θέμα: «Τριβή και αυτοκινητικά δυστυχήματα» και να πραγματοποιήσουν τη δραστηριότητα της σελίδας 141.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από την ερώτηση 52, και το πρόβλημα 18.

Συνθετική εργασία: Τριβή και αυτοκίνητο

Στόχος της εργασίας είναι να αναζητήσουν οι μαθητές πληροφορίες για τα λιπαντικά και το ρόλο τους στα διάφορα συστήματα του σύγχρονου αυτοκινήτου καθώς επίσης και για τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα συστήματα πέδησης στα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται τα ελαστικά των τροχών τα οδοστρώματα, κλπ. Βιβλιογραφία: Τεχνική εγκυκλοπαίδεια, Επιστημονική βιβλιοθήκη LIFE (Τροχοί, Μηχανές), περιοδικές εκδόσεις οι οποίες αναφέρονται στην τεχνολογία του αυτοκινήτου, εξειδικευμένα βιβλία των ΤΕΕ, κ.ά.

Φύλλο αξιολόγησης

Αντικείμενο: Δυναμική σε μία διάσταση (1.2),
Δυναμική στο επίπεδο (1.3)
Χρόνος εξέτασης: 45 λεπτά.

Θέμα 1ο, (9 μονάδες).

α. Ερωτήσεις του τύπου σωστό/λάθος.

1. Ο θεμελιώδης νόμος της Δυναμικής $F = ma$, ισχύει:
- α) Στην περίπτωση της ομαλής κυκλικής κίνησης.
 - β) Όταν ένα σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα.
 - γ) Όταν η ταχύτητα του κινητού είναι μικρή.
 - δ) Σε κάθε περίπτωση που σ' ένα σώμα ασκείται σταθερή συνισταμένη δύναμη.

(3 μονάδες)

2. Το βάρος ενός ανθρώπου είναι 750 N.
- α) Η μάζα του είναι 75 kg.
 - β) Η μάζα του είναι 750 kg.
 - γ) Ο άνθρωπος δεν έλκει τη Γη.
 - δ) Η Γη έλκει τον άνθρωπο με δύναμη 750 N.

Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

(3 μονάδες)

3. Δύο όμοια αυτοκίνητα κινούνται σε μία κυκλική στροφή ενός οριζόντιου δρόμου με ταχύτητες 40 km/h και 80 km/h αντίστοιχα.
- α) Ποια δύναμη παίζει το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης;
 - β) Σε ποιο αυτοκίνητο ασκείται μεγαλύτερη συνισταμένη δύναμη;

(3 μονάδες)

Θέμα 2ο

- α) Πώς ορίζεται η αδράνεια;
Ποιο είναι το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος;
- β) Να διατυπώσετε το νόμο της τριβής ολίσθησης.

(3 μονάδες)

Θέμα 3ο

Ένα σώμα έχει μάζα 1 kg και ολισθαίνει σε οριζόντιο επίπεδο υπό την επίδραση μιας οριζόντιας δύναμης F . Ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μεταξύ σώματος και επιπέδου είναι $0,1$. Το σώμα αποκτά επιτάχυνση 2 m/s^2 . Δίνεται $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Να σχεδιάσετε και να υπολογίσετε:

- α) Την κάθετη δύναμη που ασκεί το επίπεδο στο σώμα.
- β) Την τριβή ολίσθησης.
- γ) Τη δύναμη F .
- δ) Αν η δύναμη F δεν ήταν οριζόντια, αλλά σχημάτιζε γωνία με το οριζόντιο επίπεδο, η κάθετη δύναμη επαφής και η τριβή ολίσθησης θα ήταν ίδιες ή διαφορετικές;

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

(8 μονάδες)

1.4 Η βαρύτητα

Διδακτικοί στόχοι κεφαλαίου

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα, οι στόχοι για το κεφάλαιο αυτό είναι οι εξής:

1. Ο μαθητής να διατυπώνει με σύμβολα και με λόγια το νόμο της παγκόσμιας έλξης και την προσεγγιστική του μορφή κοντά στη Γη.

2. Χρησιμοποιώντας αυτό το νόμο να περιγράφει τις (προσεγγιστικά κυκλικές) κινήσεις τεχνητών δορυφόρων, Σελήνης και πλανητών.

3. Να γνωρίζει γιατί τα αντικείμενα δεν «φεύγουν» από τη Γη και γιατί η Σελήνη δεν πέφτει στη Γη.

Προτεινόμενος χρονικός προγραμματισμός

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ
1 ^η . Νόμος της παγκόσμιας έλξης. Πεδίο βαρύτητας (1.4.1).	2
2 ^η . Η ένταση στο βαρυτικό πεδίο της Γης (1.4.2). Το πεδίο βαρύτητας κοντά στη Γη (1.4.3).	1
3 ^η . Η κίνηση των δορυφόρων (1.4.4). Φαινομενική έλλειψη δάρονος (1.4.5).	1
Εργαστηριακή άσκηση 5: Προσεγγιστική μελέτη της ελεύθερης πτώσης στο κεκλιμένο επίπεδο και πειραματική επαλήθευση της σχέσης $s = kt^2$. Γραφικός προσδιορισμός της σταθεράς k για διάφορες γωνίες του κεκλιμένου επιπέδου. Οριακή προσέγγιση του $\frac{g}{2}$ για γωνία κλίσης $\frac{\pi}{2}$.	1
ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ	5

Διδακτική ενότητα 1η: Νόμος της παγκόσμιας έλξης. Πεδίο βαρύτητας (1.4.1). (Προτεινόμενος χρόνος 2 ώρες).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να διατυπώσουν σε γλώσσα μαθηματική (με σύμβολα) και με λόγια το νόμο της παγκόσμιας έλξης.
2. Να υπολογίσουν το βάρος που έχει ένα αντικείμενο σε κάποια απόσταση από τη Γη, όταν είναι γνωστό το βάρος του αντικειμένου στην επιφάνεια της Γης.
3. Να προσδιορίσουν τις έννοιες: βαρυτικό πεδίο, υπόθεμα, βάρος.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Συνήθεις ιδέες (παρανοήσεις) των μαθητών είναι οι εξής:

- Η δύναμη βαρύτητας της Γης που επιδρά σε ένα μήλο δεν είναι ίδια με τη δύναμη της Γης που επιδρά στη Σελήνη.
- Δεν υπάρχουν βαρυτικές δυνάμεις στο Διάστημα (στο κενό).

Διδακτικές ενέργειες-μαθησιακά έργα

1. Ρωτάμε τους μαθητές, αν έχουν παρατηρήσει το φαινόμενο της παλίρροιας (περιοδική άνοδος και κάθοδος της στάθμης της θάλασσας) και αν έχουν ακούσει κάποια ερμηνεία του φαινομένου αυτού.
2. Προβάλλουμε τη διαφάνεια Α'. Γ.Π.: 1.4,9 για να διευκολυνθούν οι μαθητές στην κατανόηση του νόμου της παγκόσμιας έλξης και με τη φωτογραφία του Γαλαξία για να συνειδητοποιήσουν την παγκοσμιότητα του νόμου.
3. Ζητάμε από τους μαθητές να εξηγήσουν τι σημαίνει ότι η δύναμη της παγκόσμιας έλξης είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης.
4. Ζητάμε από τους μαθητές να πραγματοποιήσουν τη δραστηριότητα της σελίδας 164.
5. Καθοδηγούμε τους μαθητές, ώστε να αποσαφηνίσουν τις έννοιες: βαρυτικό πεδίο, υπόθεμα, βάρος.
6. Αν υπάρχει χρόνος, ζητάμε από τους μαθητές να πραγματοποιήσουν και τη δραστηριότητα της σελίδας 165.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 13, 14, 16, και τα προβλήματα 1, 6, 7, 9, 10.

Διδακτική ενότητα 2η: Η ένταση στο βαρυτικό πεδίο της Γης 1.4.2. Το πεδίο βαρύτητας κοντά στη Γη 1.4.3. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να ορίσουν την έννοια της έντασης του βαρυτικού πεδίου και να υπολογίσουν την τιμή της.
2. Να ορίσουν την έννοια της δυναμικής γραμμής και να απεικονίσουν με τη βοήθεια των δυναμικών γραμμών το βαρυτικό πεδίο της Γης.
3. Να θεωρούν ότι το πεδίο βαρύτητας της Γης σε μικρή περιοχή και κοντά στην επιφάνεια της Γης είναι ομογενές.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Συνήθεις ιδέες (παρανοήσεις) των μαθητών είναι οι εξής:

- Η βαρυτική δύναμη είναι ίδια με την ένταση του βαρυτικού πεδίου.
- Η βαρυτική δύναμη είναι ίδια σε όλα τα σώματα που πέφτουν.

Διδακτικές ενέργειες - μαθησιακά έργα

1. Θέτουμε στους μαθητές το ερώτημα: «Υπάρχει άραγε ένα φυσικό μέγεθος κατάλληλο για την περιγραφή του βαρυτικού πεδίου;». Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι η δύναμη δεν είναι κατάλληλο μέγεθος, γιατί η τιμή της εξαρτάται, για το ίδιο σημείο του πεδίου, από τη μάζα στην οποία ασκείται. Από την παρατήρηση,

ότι το πηλίκο $\frac{F}{m}$ είναι σταθερό για κάθε σημείο του πεδίου, οι

μαθητές οδηγούνται στον ορισμό της έντασης του βαρυτικού πεδίου.

2. Ζητάμε από τους μαθητές να υπολογίσουν την ένταση g του βαρυτικού πεδίου σε συνάρτηση με την απόσταση r .
3. Προβάλλουμε τις διαφάνειες Α'. Γ.Π.: 1.4,10 - Α'. Γ.Π.: 1.4,11. Οι μαθητές διακρίνουν τα πλεονεκτήματα του δεύτερου τρόπου απεικόνισης του βαρυτικού πεδίου (με τη βοήθεια γραμμών) και διαμορφώνουν την έννοια των δυναμικών γραμμών.
4. Ζητάμε από τους μαθητές να υπολογίσουν την επιτάχυνση a που προκαλεί σε ένα σώμα μάζας m η βαρυτική έλξη της Γης (επιτάχυνση της βαρύτητας). Ζητάμε έπειτα να συγκρίνουν την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας με την τιμή της έντασης της βαρύτητας, για να διαπιστώσουν ότι τα δύο αυτά μεγέθη ταυτίζονται.
5. Προβάλλουμε τις διαφάνειες Α'. Γ.Π.: 1.4,12 - Α'. Γ.Π.: 1.4,13, για να διευκολύνουμε τους μαθητές να αντιληφθούν, ότι το βαρυτικό πεδίο της Γης σε μικρή έκταση και κοντά στην επιφάνεια της Γης μπορεί να θεωρηθεί, με καλή προσέγγιση ως ομογενές.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από την “εφαρμογή” της σελίδας 168 (αν υπάρχει χρόνος να πραγματοποιηθεί στην τάξη), από τις ερωτήσεις 5, 6, 7, 11 και τα προβλήματα 2, 4.

Διδακτική ενότητα 3η: Η κίνηση των δορυφόρων **1.4.4. Φαινομενική έλλειψη βάρους 1.4.5. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).**

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να περιγράψουν και να υπολογίσουν στοιχεία των (προσεγγιστικά κυκλικών) κινήσεων τεχνητών δορυφόρων, της Σελήνης και πλανητών.
2. Να ερμηνεύσουν γιατί τα αντικείμενα δεν «φεύγουν» από τη Γη και γιατί η Σελήνη δεν πέφτει στη Γη.
3. Να ερμηνεύσουν τη φαινομενική έλλειψη βάρους ενός ανθρώπου μέσα σε τεχνητό δορυφόρο (διαστημικό σταθμό), που περιφέρεται γύρω από τη Γη.
4. Να εξηγήσουν το φαινόμενο των παλιρροιών.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Συνήθεις ιδέες (παρανοήσεις) των μαθητών είναι οι εξής:

- Η Σελήνη δεν βρίσκεται σε ελεύθερη πτώση.
- Η Σελήνη παραμένει σε τροχιά, επειδή η βαρυτική δύναμη που ασκείται πάνω της εξισορροπείται με τη φυγόκεντρη δύναμη, που επενεργεί σ' αυτήν.
- Απουσία δάρους (ή έλλειψη δάρους) σ' ένα διαστημικό σταθμό, σημαίνει ότι δεν υπάρχει σ' αυτόν βαρύτητα.

Διδακτικές ενέργειες - μαθησιακά έργα

1. Μετά από μία πολύ σύντομη εισαγωγή για τις κινήσεις των πλανητών και των δορυφόρων, θέτουμε στους μαθητές το ερώτημα: «γιατί η Σελήνη παρά την ύπαρξη της βαρυτικής δύναμης (έλξης) της Γης δεν πέφτει επάνω της; Αφού διευκρινιστεί ότι η βαρυτική έλξη της Γης ενεργεί ως κεντρομόλος δύναμη, ζητάμε από τους μαθητές να υπολογίσουν την ταχύτητα περιφοράς ενός δορυφόρου.
2. Ζητάμε από τους μαθητές να προσδιορίσουν, από τι εξαρτάται η ταχύτητα περιφοράς ενός δορυφόρου. Επίσης να εξετάσουν, αν η κινητική και η δυναμική ενέργεια ενός δορυφόρου που περιφέρεται σε σταθερό ύψος μένουν σταθερές.
3. Ρωτάμε τους μαθητές, αν είχαν κάποτε την εμπειρία μέσα σε ανελκυστήρα πολυόροφου κτιρίου κατά την άνοδο ή την κάθοδο με μεγάλη επιτάχυνση να αισθανθούν φαινομενική αύξηση ή μείωση του δάρους τους. Περιγράφουμε κατόπιν το πείραμα με το ζυγό μέσα στον ανελκυστήρα (Εικ. 1.4.11 και Εικ. 1.4.12). Θεωρούμε ως γνωστά το δάρος B και τη μάζα m του ανθρώπου καθώς και την επιτάχυνση a . Ζητάμε από τους μαθητές να υπολογίσουν την ένδειξη A του ζυγού με εφαρμογή του θεμελιώδους νόμου της δυναμικής.
4. Ζητάμε από τους μαθητές να δρουν ποιά θα είναι η ένδειξη του ζυγού στην περίπτωση που κοβόταν το συρματοσχοίνο και ο ανελκυστήρας έπεφτε ελεύθερα. Ρωτάμε επίσης ποιά λανθασμένη εντύπωση θα σχημάτιζε ο άνθρωπος από την ένδειξη αυτή. Με το παράδειγμα αυτό οι μαθητές θα προσδιορίσουν ευκολότερα τον όρο “κατάσταση φαινομενικής έλλειψης βαρύτητας” και θα συνειδητοποιήσουν ότι έλλειψη δάρους μέσα σε διαστημικό σταθμό δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει σ' αυτόν βαρύτητα.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από την “εφαρμογή” της σελίδας 172, τις ερωτήσεις 8, 10, 17, 18 και τα προβλήματα 5 και 8, 11, 12, 13.

Εργαστηριακή άσκηση 5: Προσεγγιστική μελέτη του φαινομένου της ελεύθερης πτώσης σε κεκλιμένο επίπεδο. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Πριν από τη λήξη της διδακτικής ώρας, οι μαθητές θα πρέπει απαραίτητως να έχουν έτοιμες και τις τέσσερις χαρτοταινίες (για τις γωνίες 20° , 30° , 45° και 60° του κεκλιμένου επιπέδου).

Για το λόγο αυτό: α) Αφού τελειώσουν το δήμα 3, τους ζητάμε να σημειώσουν επάνω στη χαρτοταινία την τιμή της γωνίας κλίσης (20°) του κεκλιμένου επιπέδου αλλά να μην προχωρήσουν στη συμπλήρωση του ΠΙΝΑΚΑ 1. β) Τους προτρέπουμε να επαναλάβουν τα δήματα 2 και 3 για άλλες τρεις διαφορετικές γωνίες του κεκλιμένου επιπέδου (30° , 45° , 60°) και να σημειώσουν επάνω σε κάθε χαρτοταινία την αντίστοιχη γωνία.

Όταν οι μαθητές θα έχουν έτοιμες τις τέσσερις χαρτοταινίες τότε θα προχωρήσουν στην αξιοποίησή τους: θα πραγματοποιήσουν τα δήματα 4 και 5 για κάθε περίπτωση, δηλαδή θα συμπληρώσουν τους ΠΙΝΑΚΕΣ 1, 2, 3 και 4 και θα κατασκευάσουν τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις του διανυόμενου διαστήματος σε συνάρτηση με το τετράγωνο του χρόνου.

Εδώ θα σημειώσουμε το εξής: Από τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 1 έχει δειχθεί ότι σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων με άξονες s και t^2 η γραφική παράσταση της συνάρτησης $s = f(t^2)$ είναι ευθεία που περνά από την αρχή των αξόνων. Αλλά για την χάραξη μιας ευθείας απαιτούνται δύο μόνο σημεία. Κατά συνέπεια για λόγους οικονομίας χρόνου και κόπου μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να συμπληρώσουν μόνο δύο γραμμές σε κάθε ένα από τους ΠΙΝΑΚΕΣ 2, 3 και 4.

Οι μαθητές θα πραγματοποιήσουν όσα δήματα προφτάσουν. Τα υπόλοιπα θα τα ολοκληρώσουν στο σπίτι.

Ενδεικτικές τιμές:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

$\varphi = 20^\circ$					
	Απόσταση s (cm) (m)		Αριθμός κουκίδων	Χρόνος t(s)	t^2 (s ²)
1	0	0	0	0	0
2	20	0,2	17	0,34	0,115
3	30	0,3	21	0,42	0,176
4	40	0,4	24	0,48	0,230
5	50	0,5	27	0,54	0,292

Συνθετική εργασία: Η εξέλιξη των θεωριών για τη βαρύτητα

Βιβλιογραφία: Ένθετο σχολικού βιβλίου με τίτλο “Η ιστορική εξέλιξη των θεωριών της βαρύτητας”, “Η επιστήμη στην Ιστορία”, J.D. Bernal τόμοι 1 - 3, Εκδόσεις Ι. Ζαχαρόπουλος, Kuhn T. Η δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων, Εισαγωγή, Επιμέλεια Β. Κάλφας, Μετάφραση Γ. Γεωργακόπουλος Β. Κάλφας, R.S. Westfall Η συγκρότηση της Σύγχρονης Επιστήμης, Μετάφραση Κ. Ζήση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Hankins T. (1989) Επιστήμη και διαφωτισμός, Απόδοση στα Ελληνικά Γκουνταρούλης Γ., Επιστημονική επιμέλεια Γαβρόγλου Κ. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Grand Edward (1994), Οι Φυσικές Επιστήμες του Μεσαίωνα, Μετάφραση Σαρίκας Ζ., Επιστημονική επιμέλεια Κάλφας Β., Δήτσας Π. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Segré E. (1997) Ιστορία της Φυσικής Τόμος Α': Από την πτώση των σωμάτων έως τα ραδιοκύματα, Μετάφραση Μεργιά Κ., Επιστημονική επιμέλεια Δανέζης Μ., Θεοδοσίου Στ., Εκδόσεις Δίανυσης.

Ένθετα

Προτείνουμε στους μαθητές να διαβάσουν στο σπίτι τους το ένθετο της σελίδας 172, στο οποίο ερμηνεύεται η περιφορά ενός δορυφόρου γύρω από τη Γη (ή άλλο πλανήτη) ως αποτέλεσμα της σύνθεσης δύο κινήσεων: μιας ευθύγραμμης ομαλής και μιας ελεύθερης πτώσης.

2.1 Διατήρηση της ορμής

Διδακτικοί στόχοι κεφαλαίου - προτεινόμενος χρονικός προγραμματισμός

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα, οι στόχοι για το κεφάλαιο αυτό είναι οι εξής:

1. Ο μαθητής να διακρίνει τις εσωτερικές και τις εξωτερικές δυνάμεις σε ένα σύστημα σωμάτων.
2. Να γνωρίζει την ορμή ως μια διατηρήσιμη ποσότητα σε κλειστά συστήματα.
3. Να συνδυάζει το επιστημονικό ενδιαφέρον για την ορμή με τη διατήρησή της, και να τη διακρίνει από άλλες ποσότητες (πχ άθροισμα ταχυτήτων) που δε διατηρούνται.

Προτεινόμενος χρονικός προγραμματισμός

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα το κεφάλαιο **Διατήρηση της ορμής** προβλέπεται να διδαχθεί σε 5 διδακτικές ώρες. Με βάση το συγκεκριμένο περιορισμό οι παράγραφοι ομαδοποιούνται ως εξής:

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ
1 ^η . Η έννοια του συστήματος. Εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις (2.1.1)	1
2 ^η . Το φαινόμενο της κρούσης (2.1.2), Η έννοια της ορμής (2.1.3) Η δύναμη και η μεταβολή της ορμής (2.1.4)	1
3 ^η . Η αρχή διατήρησης της ορμής (2.1.5) Μεγέθη που δεν διατηρούνται στην κρούση (2.1.6), Εφαρμογές της διατήρησης της ορμής (2.1.7)	1
Εργαστηριακή άσκηση 8η Εργαστηριακή μελέτη της διατήρησης της ορμής σε μια διάσταση. Εκτίναξη αμαξιδίων με παρεμβολή ελατηρίων	2
ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ	5

Διδακτική ενότητα 1: Η έννοια του συστήματος. Εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις (2.1.1). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές :

1. Να αναγνωρίζουν σώματα τα οποία αλληλεπιδρούν και να προσδιορίζουν το σύστημα το οποίο αυτά συγκροτούν.
2. Να διακρίνουν τις δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα ενός συστήματος σε εσωτερικές και εξωτερικές
3. Να εφαρμόζουν τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία ένα σύστημα θεωρείται μονωμένο.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία για τις ιδέες (παρανοήσεις) των μαθητών, η επίτευξη των παραπάνω στόχων δεν είναι απρόσκοπτη διότι:

- Οι μαθητές τείνουν να θεωρούν τις δράσεις μονόδρομες (από τον δράστη προς το υποκείμενο στο οποίο αυτός επιδρά) και δεν υιοθετούν εύκολα την αμφίδρομη δράση η οποία δηλώνεται από τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα.
- Η έννοια του συστήματος σωμάτων προϋποθέτει ότι οι μαθητές είναι σε θέση να προσδιορίσουν τα σώματα τα οποία: α) είναι υποκείμενα στην παρατήρηση και τη μέτρηση, β) αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και γ) μπορούν να εκτιμήσουν ποιες αλληλεπιδράσεις με άλλα σώματα (π.χ. βαρυτική έλξη) είναι αμελητέες για τις αλλαγές που θα συμβούν στο σύστημα.
- Η διάκριση σε εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις προϋποθέτει ότι οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι η δράση και η αντίδραση ασκούνται σε διαφορετικά σώματα.

Διδακτικές ενέργειες - Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των διδακτικών στόχων σας προτείνονται τα ακόλουθα μαθησιακά έργα από τα οποία μπορείτε να επιλέξετε:

1. Συζητούμε με τους μαθητές το νόημα και τις συνέπειες του 3^{ου} νόμου του Νεύτωνα. Επισημαίνουμε ότι ο 3^{ος} νόμος εισάγει στην

περιγραφή της κίνησης ενός σώματος και το αίτιο -το άλλο σώμα - το οποίο προκαλεί τις αλλαγές στην κινητική κατάσταση του πρώτου.

2. Πραγματοποιούμε ως πείραμα επίδειξης την έλξη της μεταλλικής σφαίρας ενός εκκρεμούς από ένα μαγνήτη και ζητούμε από τους μαθητές να προβλέψουν τι θα συμβεί αν ο μαγνήτης εξαρτηθεί από το νήμα και η μεταλλική σφαίρα πλησιάσει στο μαγνήτη. Συζητείστε τις προβλέψεις τους και πραγματοποιείτε το πείραμα ώστε να κλονιστεί η διαισθητική τους άποψη για την μονόδρομη δράση και να υιοθετήσουν την άποψη της αλληλεπίδρασης. Γενικεύστε το συμπέρασμα με αναφορές σε συστήματα όπως τα ηλεκτρικά εκκρεμή ή το σύστημα Γη-Σελήνη.
(Διαφάνειες Α'. Γ.Π.: 2.1,14 - Α'. Γ.Π.: 2.1,15 - Α'. Γ.Π.: 2.1,16.
3. Θέτουμε στους μαθητές το ερώτημα “αν δύο σώματα που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (π.χ. ο μαγνήτης και η σφαίρα στο προηγούμενο πείραμα) είναι απομονωμένα από την επίδραση άλλων δυνάμεων;”. Συζητούμε τις απόψεις τους προκειμένου να οικοδομηθεί σταδιακά η έννοια του μονωμένου συστήματος.
4. Ζητούμε στους μαθητές να προτείνουν ονόματα για τις δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα του συστήματος, ονόματα που διαχωρίζουν τις δυνάμεις ανάλογα με το αν προέρχονται από τα σώματα του ίδιου του συστήματος ή από άλλα εκτός από αυτά. Καθοδηγήσέ τους προκειμένου να υιοθετήσουν την ορολογία των εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων.
5. Καλούμε τους μαθητές να κάνουν στις ομάδες τους τις δραστηριότητες της σελίδας 198 προκειμένου να εμπεδώσουν τις έννοιες του συστήματος, του μονωμένου συστήματος και των εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 3 και 4.

Διδακτική ενότητα 2η: Το φαινόμενο της κρούσης (2.1.2), Η έννοια της ορμής (2.1.3) Η δύναμη και η μεταβολή της ορμής (2.1.4). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να αναγνωρίζουν φαινόμενα κρούσης στην καθημερινή ζωή και στο εργαστήριο.
2. Να ορίζουν την έννοια της ορμής, τη σχέση ορισμού της και τις μονάδες μέτρησής της.
3. Να συσχετίζουν την αλλαγή της ορμής με τη δύναμη που την προκάλεσε και να εφαρμόζουν τη σχέση $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ για να την υπολογίσουν.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρανοήσεις των μαθητών σχετικά με την έννοια της ορμής. Ειδικότερα, οι μαθητές:

- Δεν εντάσσουν εύκολα, στο εννοιολογικό τους πλαίσιο, την ορμή ως διανυσματικό μέγεθος.
- Θεωρούν ότι η ορμή είναι ίδιας φύσεως με την κινητική ενέργεια.
- Συγχέουν την ορμή με τη δύναμη θεωρώντας την ως αίτιο κίνησης.
- Θεωρούν ότι οι κινούμενες μάζες σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας δεν έχουν ορμή.

Διδακτικές ενέργειες - Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων της διδακτικής ενότητας προτείνονται τα ακόλουθα μαθησιακά έργα:

1. Χρησιμοποιώντας τα αμαξίδια του εργαστηρίου παρουσιάστε στους μαθητές διάφορες περιπτώσεις κρούσης και ζητείστε τους να αναφέρουν διάφορες άλλες περιπτώσεις κρούσης. Ζητείστε τους να περιγράψουν τα φαινόμενα προκειμένου να προσδιορίσουν

ότι: α) πρόκειται για συστήματα σωμάτων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, β) κατά τις κρούσεις αλλάζουν οι ταχύτητες των σωμάτων που αποτελούν το σύστημα, με πολλούς και διάφορους τρόπους, γ) στις κρούσεις μπορούμε να θεωρούμε τα συστήματα ως μονωμένα.

2. Η έννοια της ορμής θα προκύψει από την δραστηριότητα που προαναφέρθηκε αν βοηθήσουμε τους μαθητές να εστιάσουν την προσοχή τους στο ότι το αποτέλεσμα της κρούσης εξαρτάται τόσο από τη μάζα όσο και από την ταχύτητα των σωμάτων που συγκρούονται. Έτσι η ορμή θα οριστεί ως γινόμενο της μάζας με την ταχύτητα.
3. Ο διανυσματικός χαρακτήρας μπορεί να προκύψει από παρατηρήσεις φαινομένων κρούσης όπου τα αμαξίδια συγκρούονται κινούμενα στην ίδια κατεύθυνση ή σε αντίθετες κατευθύνσεις. Ειδικότερα η πλαστική κρούση αμαξιδίων με ίσες μάζες και ταχύτητες, όπου μετά την κρούση ακινητοποιούνται, δείχνει ότι οι ορμές δεν προστίθεται ως μονόμετρα μεγέθη αλλά, ως διανυσματικά.
4. Ζητείστε από τους μαθητές να συζητήσουν την άποψη που υπάρχει στην παράγραφο 2.13, προκειμένου να υιοθετήσουν την επιστημονική άποψη ότι τα κινούμενα σώματα έχουν ορμή και όταν κινούνται εκτός βαρυτικού πεδίου.
5. Ζητείστε από τους μαθητές να συζητήσουν στις ομάδες τους την άποψη που υπάρχει στο φόντο της παραγράφου 2.1.2, προκειμένου να διαφοροποιήσουν τις έννοιες της δύναμης και της ορμής.
6. Προτείνετε στους μαθητές να συσχετίσουν τον 2^ο νόμο του Νεύ

τωνα $F = m a$, με τη σχέση ορισμού της επιτάχυνσης $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ προκειμένου να προκύψει η σχέση

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

7. Ζητείστε από τις ομάδες των μαθητών να πραγματοποιήσουν τις δραστηριότητες 1 και 2 (σελ. 203-204) προκειμένου να

ασκηθούν στην εφαρμογή της σχέσης $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ και την κατανόηση των αριθμητικών αποτελεσμάτων που προκύπτουν.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 5, 6, 8 και 11 και τα προβλήματα 7, 9 και 10.

Διδακτική ενότητα 3η: Η αρχή διατήρησης της ορμής (2.1.5) Μεγέθη που δεν διατηρούνται στην κρούση(2.1.6), Εφαρμογές της διατήρησης της ορμής (2.1.7). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι διδακτικοί στόχοι της συγκεκριμένης ενότητας είναι οι εξής:

1. Οι μαθητές να διατυπώνουν με λόγια και σύμβολα την αρχή διατήρησης της ορμής.
2. Να εφαρμόζουν την αρχή διατήρησης της ορμής σε απλές περιπτώσεις όπως η ελαστική κρούση σε μια διάσταση με το ένα σώμα να είναι αρχικά ακίνητο ή η πλαστική κρούση.
3. Να προσδιορίζουν μεγέθη τα οποία δεν διατηρούνται στις κρούσεις και να τα αντιδιαστέλλουν με την ορμή η οποία διατηρείται.
4. Να ερμηνεύουν φαινόμενα όπως για παράδειγμα η κίνηση των πυραύλων ή η ανάκρουση των όπλων χρησιμοποιώντας την διατήρηση της ορμής.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Οι μαθητές έχοντας κατανοήσει σωστά έννοιες όπως δύναμη, ορμή, ταχύτητα, αδράνεια, σύστημα σωμάτων, κ.α. οι οποίες έχουν διδαχθεί σε προηγούμενες ενότητες, δεν αντιμετωπίζουν σημαντικά εμπόδια στην κατάκτηση της γνώσης που προσδιορίζουν οι προαναφερθέντες διδακτικοί στόχοι. Επισημαίνεται ότι οι μαθητές σχετικά με τη διατήρηση της ορμής θεωρούν ότι:

- Η ορμή διατηρείται μόνο σε περιπτώσεις σύγκρουσης και δεν έχει σχέση με φαινόμενα όπως η κίνηση των πυραύλων ή φαινόμενα όπου τα σώματα αλληλεπιδρούν χωρίς όμως να έρχονται σε επαφή.
- Η ορμή δεν διατηρείται στις περιπτώσεις σύγκρουσης με αντικείμενα τα οποία δεν είναι δυνατόν να κινηθούν π.χ. ελαστική σφαίρα σε τοίχο.
- Η σύγκρουση μεταξύ ορμής και κινητικής ενέργειας ή ορμής και ταχύτητας δεν διευκολύνει τον προσδιορισμό των μεγεθών τα οποία διατηρούνται ή δεν διατηρούνται στις κρούσεις.

Διδακτικές ενέργειες - Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων της διδακτικής ενότητας σας προτείνονται τα ακόλουθα μαθησιακά έργα:

1. Ζητούμε από τους μαθητές να αποδείξουν τη σχέση 2.1.4 αρχίζοντας από τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα και τη σχέση που συνδέει τη δύναμη με τη μεταβολή της ορμής. Η εργασία μπορεί να γίνει ομαδικά με χρήση φύλλου εργασίας στο οποίο θα προτείνονται τα “θήματα” της απόδειξης.
2. Προτείνουμε στους μαθητές να πραγματοποιήσουν σε ομάδες τις δραστηριότητες των σελίδων 206 και 207. Συζητείστε τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εργασία των ομάδων ώστε να κατανοήσουν το νόημα τα αρχής διατήρησης και τις συμβάσεις εφαρμογής της.
3. Μπορείτε να παρουσιάσετε ένα πείραμα πλαστικής κρούσης με αμαξίδια (περιγράφεται στην 2.1.6) και συζητείστε ώστε να γίνει σαφές ότι στη κρούση η διατήρηση της κινητικής ενέργειας δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένη κάτι που συμβαίνει με τη διατήρηση της ορμής.
4. Μπορείτε να σχεδιάσετε ένα φύλλο εργασίας στο οποίο σταδιακά (διακριτά θέματα και οδηγίες) οι μαθητές θα εφαρμόσουν την αρχή διατήρησης της ορμής στην περίπτωση των αμαξιδίων τα οποία απωθούνται από συσπειρωμένο ελατήριο. Αφού το συμπληρώσουν, μπορείτε να επεκτείνετε τα συμπεράσματά τους ώστε να κατανοήσουν την αρχή κίνησης των πυραύλων.
5. Πραγματοποιούμε, ως πείραμα επίδειξης, τη δραστηριότητα της σελίδας 211.
6. Μετά την πραγματοποίηση της εργαστηριακής άσκησης 7 (έχει ως θέμα τη διατήρηση της ορμής) μπορείτε να επανέλθετε στο θεωρητικό μέρος της διδακτικής ενότητας και να συζητήσετε τα αποτελέσματα που κατέληξαν οι μαθητές στα τετράδια τους.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 13, 15, 16 και 19 και τα προβλήματα 12, 14, 16, 17.

Εργαστηριακή άσκηση 8: Εργαστηριακή μελέτη της διατήρησης της ορμής σε μια διάσταση. Εκτίναξη αμαξιδίων με παρεμβολή ελατηρίων (σχόλια, προτάσεις, αποτελέσματα). Διατήρηση της ορμής σε μία έκρηξη. (Προτεινόμενος χρόνος 2 ώρες).

Πριν από την έναρξη της άσκησης επισημαίνουμε στους μαθητές να είναι προσεκτικοί στη χρησιμοποίηση των αμαξιδίων. Το “εκρηγνυόμενο” σύστημα με το ελατήριο μπορεί να γίνει επικίνδυνο, όταν απελευθερώνεται απρόσεκτα.

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι πολύ καλή απόσταση μεταξύ των δύο προφυλακτήρων είναι 1,5 m. Αν η απόσταση που θα πρέπει να διανύσει το αμαξίδιο είναι πολύ μεγάλη, ενδεχομένως το αμαξίδιο λόγω τριβής να μη φτάσει στον προφυλακτήρα. Αν η απόσταση είναι πολύ μικρή, η χρονομέτρηση της σύμπτωσης δεν θα είναι ακριβής.

Συνθετική εργασία: Οι αρχές διατήρησης στη Φυσική

1. Προτεινόμενη βιβλιογραφία Σχολικά Εγχειρίδια Λυκείου (Γενικής Παιδείας και Κατεύθυνσης), τα διδλία:
 “Η επιστήμη στην ιστορία”, J.D. Bernal τόμοι 1-3, Εκδ. Ι Ζαχαρόπουλος.
 “Εξέλιξη των Ιδεών στη Φυσική”, Α. Einstein, L. Infeld, Μετάφραση-Συμπλήρωμα Ευτ. Μπιτσάκη, Εκδ. Δωδώνη.
 P. Harman Ενέργεια, δύναμη και ύλη, “Η εννοιολογική εξέλιξη της Φυσικής κατά τον 19^ο αιώνα”, Απόδοση στα Ελληνικά Τ. Τσιαντούλας, Επιμέλεια Γ. Ξηροπαϊδης, Επιστημονική επιμέλεια Κ. Γαβρόγλου, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.
 Kuhn T. Η δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων, Εισαγωγή, Επιμέλεια Β. Κάλφας, Μετάφραση Γ. Γεωργακόπουλος. Β. Κάλφας, R.S. Westfall “Η συγκρότηση της Σύγχρονης Επιστήμης”, Μετάφραση Κ. Ζήση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
 Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου, Εισαγωγή Επιμέλεια Β. Κουλαϊδής, Εκδ. Gutenberg.
2. Μια πλήρης εργασία θα περιλαμβάνει εκτός από τις ίδιες τις αρχές, και στοιχεία από την ιστορία της Φυσικής και θέσεις για τη σχέση των αρχών διατήρησης με την πειραματική διαδικασία και τη θεωρητική θεμελίωση της επιστήμης. Θα πρέπει

να δοθεί ουσιαστική βοήθεια στους μαθητές, λόγω των εννοιών οι οποίες θα συμπεριληφθούν, και οι οποίες θα διδαχθούν σε επόμενες τάξεις.

Σχόλια και απαντήσεις στις προτεινόμενες δραστηριότητες και στα θέματα προς συζήτηση

1. Η δραστηριότητα της σελίδας 198 έχει ως στόχο να κατανοήσουν οι μαθητές την έννοια του συστήματος, τις εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις καθώς και τις προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες ένα σύστημα θα θεωρείται μονωμένο. Μπορείτε να την επεκτείνετε ζητώντας από τους μαθητές να προτείνουν άλλες προϋποθέσεις ή συνθήκες κάτω από τις οποίες τα συστήματα δεν θα ήταν μονωμένα.
2. Η δραστηριότητα της σελίδας 204 έχει στόχο να εμπεδώσουν ότι “αυτό που καθορίζει το αποτέλεσμα” δεν είναι μόνο η μάζα ή μόνο η ταχύτητα, αλλά το γινόμενο τους, δηλαδή η ορμή. Δεν αισθανόμαστε τις συγκρούσεις με τα μόρια λόγω: α) του μεγέθους της δύναμης που αναπτύσσεται, β) του ορίου ευαισθησίας της αίσθησης της αφής. Στη συζήτηση γιατί μας τραυματίζει η σφαίρα και όχι η μπάλα αν και έχουν ίσες ορμές να υπενθυμίσετε στους μαθητές το ρόλο της ελαστικότητας της μπάλας η οποία εξασφαλίζει μεγαλύτερη χρονική διάρκεια και συνεπώς μικρότερη τιμή δύναμης. Επίσης να σχολιαστεί ο ρόλος της επιφάνειας επαφής στο μέτρο της πίεσης όταν ασκείται δύναμη σε ένα σώμα.
3. Στη δραστηριότητα της σελίδας 206 (αστροναύτες που “παίζουν” μπάλα στο διάστημα) μετά το στιγμιότυπο, δ, αν ο αστροναύτης Α πετάξει τη μπάλα με ορμή 10kgm/s στον Β θα αποκτήσει ορμή 30kgm/s . Υπενθυμίστε στους μαθητές ότι κάθε χρονική στιγμή η συνολική ορμή (αστροναυτών και μπάλας) πρέπει να είναι μηδέν.
4. Στη δραστηριότητα της σελίδας 207, και στις τρεις περιπτώσεις, τα δεδομένα επαληθεύουν τη διατήρηση της ορμής.
5. Στη δραστηριότητα της σελίδας 210 (ανάκρουση όπλου) η ταχύτητα ανάκρουσης είναι m/m .
6. Η δραστηριότητα της σελίδας 211 (πύραυλος) μπορεί να γίνει και ως πείραμα επίδειξης. Σημαντικό είναι να προσέξετε: α) να υπάρχει αρκετό νήμα για να κινηθεί το μπαλόνι, β) την κλίση του νήματος και γ) το καλαμάκι να στερεωθεί στο κέντρο του φουσκωμένου μπαλονιού.

Φύλλο αξιολόγησης

Αντικείμενο: Η δαρύτητα (1.4), Διατήρηση της ορμής (2.1)

Χρόνος εξέτασης: 45 λεπτά.

Θέμα 1ο, (9 μονάδες)

α. Ερωτήσεις του τύπου σωστό/λάθος.

1. Αν υποδιπλασιαζόταν η απόσταση Γης-Σελήνης, η μεταξύ τους δύναμη:
- α. Δεν θα μεταβαλλόταν.
 - β. Θα υποδιπλασιαζόταν.
 - γ. Θα διπλασιαζόταν.
 - δ. Θα τετραπλασιαζόταν.

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

(3 μονάδες)

2. Ένα πολεμικό αεροπλάνο κινείται οριζόντια με σταθερή ταχύτητα και εκτοξεύει ένα πύραυλο. Η ταχύτητά του μετά την εκτόξευση:
- α. Θα αυξηθεί.
 - β. Θα ελαττωθεί.
 - γ. Θα παραμείνει ίδια.

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

(3 μονάδες)

3. Ποια από τα παρακάτω φαινόμενα δεν ερμηνεύονται με την αρχή διατήρησης της ορμής;
- α. Η κρούση των σωμάτων.
 - β. Η κίνηση ενός πλοίου.
 - γ. Η έκρηξη ενός βλήματος.
 - δ. Η επιβράδυνση ενός αυτοκινήτου.
 - ε. Η κίνηση ενός δορυφόρου της Γης.

(3 μονάδες)

Θέμα 2ο

- α) Να συνδυάσετε το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα και το νόμο της παγκόσμιας έλξης για να υπολογίσετε την επιτάχυνση της βαρύτητας.
- β) Να διατυπώσετε τον ορισμό της έντασης του πεδίου βαρύτητας.
(3 μονάδες)

Θέμα 3ο

Ένα αυτοκίνητο έχει μάζα 1.200 kg και κινείται με ταχύτητα 72 km/h . Ο οδηγός έχει μάζα 75 kg και φορά τη ζώνη ασφαλείας. Ένα αντιθέτως κινούμενο αυτοκίνητο ξεφεύγει από την πορεία του, με αποτέλεσμα τα δύο αυτοκίνητα να συγκρουστούν μετωπικά και πλαστικά και να ακινητοποιηθούν σε χρόνο $0,1\text{ s}$.

Να υπολογίσετε:

- α) Την ορμή του δεύτερου αυτοκινήτου πριν τη σύγκρουση.
- β) Τη δύναμη που δέχτηκε ο οδηγός του πρώτου αυτοκινήτου από τη ζώνη ασφαλείας και να τη συγκρίνετε με το βάρος του.
- γ) Τη δύναμη που δέχτηκε το δεύτερο αυτοκίνητο.

(8 μονάδες)

2.2 Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας

Διδακτικοί στόχοι του κεφαλαίου, όπως αυτοί περιλαμβάνονται στο αναλυτικό πρόγραμμα.

Ο μαθητής να μπορεί:

1. Να αναγνωρίζει τη μηχανική ενέργεια ως μία διατηρήσιμη ποσότητα και να διακρίνει τον κινητικό από το δυναμικό όρο.
2. Να συνδυάζει το επιστημονικό ενδιαφέρον για τη μηχανική ενέργεια με τη διατήρησή της και να τη διακρίνει από άλλες ποσότητες που δε διατηρούνται.
3. Να περιγράψει ποιοτικά και ποσοτικά τη σχέση έργου και κινητικής ενέργειας.
4. Να συγκρίνει τις συνθήκες για τη διατήρηση της ορμής και τη διατήρηση της ενέργειας.
5. Να χρησιμοποιεί τις μονάδες έργου, ισχύος.
6. Να χρησιμοποιεί τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας ως εναλλακτικό (εύκολο) τρόπο λύσης ορισμένων μηχανικών προβλημάτων, με έμφαση σε φυσικά φαινόμενα καθημερινής ζωής.
7. Να αποδεικνύει πειραματικά και φορμαλιστικά ότι η μηχανική ενέργεια δε διατηρείται όταν υπάρχει τριβή.

Προτεινόμενος χρονικός προγραμματισμός

Για τη διδασκαλία του κεφαλαίου προτείνεται να διατεθούν 10 διδακτικές ώρες.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ
1 ^η . Η έννοια του έργου (2.2.1)	1
2 ^η . Έργο δάρους και μεταβολή της κινητικής ενέργειας (2.2.2)	1
3 ^η . Η δυναμική ενέργεια (2.2.3)	1
4 ^η . Η μηχανική ενέργεια (2.2.4)	1
5 ^η . Συντηρητικές ή διατηρητικές δυνάμεις (2.2.5)	1

Εργαστηριακή άσκηση 9η: Μελέτη και έλεγχος της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας στην ελεύθερη πτώση σώματος	1
6 ^η . Η ισχύς (2.2.6)	1
7 ^η . Η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας στην οριζόντια βολή (2.2.7)	1
8 ^η . Η τριβή και η μηχανική ενέργεια (2.2.8)	1
Εργαστηριακή άσκηση 7η: Επιταχυνόμενη κίνηση σε κεκλιμένο: Προσδιορισμός συντελεστή τριβής ολίσθησης, δύναμης τριβής ολίσθησης και του έργου της.	1
ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ	10

Διδακτική ενότητα 1η: Η έννοια του έργου (2.2.1). **(Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).**

Διδακτικοί στόχοι

1. Να συγκρίνουν οι μαθητές την έννοια του έργου όπως αυτή ορίζεται στο επιστημονικό πλαίσιο με εκείνη άλλων πλαισίων π.χ. στην τέχνη, στην καθημερινή ζωή.
2. Να συσχετίσουν το έργο με τη μεταφορά και τη μετατροπή της ενέργειας.
3. Να διερευνήσουν τις περιπτώσεις στις οποίες παράγεται έργο.
4. Να εκφράσουν το έργο (αριθμητικά) με το εμβαδόν που βρίσκεται μεταξύ της γραμμής τη δύναμης σε συνάρτηση με τη μετατόπιση και του άξονα της μετατόπισης.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Οι μαθητές έχουν παρανοήσεις σχετικά με την έννοια της ενέργειας. Είναι απαραίτητο να τις συζητήσουμε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας του κεφαλαίου αυτού και αν μπορούμε να βρούμε κατάλληλα μαθησιακά έργα που θα τους βοηθήσουν να αλλάξουν τις ιδέες τους καλό είναι να τους τα δώσουμε.

- Οι μαθητές πιστεύουν ότι η ενέργεια ξοδεύεται δηλαδή τελειώνει.
- Κάτι το οποίο δεν κινείται δεν μπορεί να έχει ενέργεια.
- Η ενέργεια καταστρέφεται κατά τη μετατροπή της από τη μια μορφή στην άλλη.
- Η ενέργεια μπορεί να ανακυκλωθεί.
- Η βαρυτική δυναμική ενέργεια είναι η μόνη μορφή δυναμικής ενέργειας.
- Όταν ένα αντικείμενο αφήνεται να πέσει, η βαρυτική δυναμική ενέργεια μετατρέπεται αυτομάτως σε κινητική ενέργεια.
- Η μηχανική ενέργεια δεν έχει σχέση με τους νόμους του Νεύτωνα.
- Η ενέργεια είναι μια δύναμη.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Οι μαθητές γνωρίζουν από τις προηγούμενες τάξεις την έννοια του έργου που φορμαλιστικά εκφράζεται με το γινόμενο της δύναμης επί τη μετατόπιση. Είναι λοιπόν σημαντικό να γίνει συζήτηση στην τάξη για την έννοια αυτή. Μπορούμε να θέσουμε το ερώτημα ποια διαφορά υπάρχει μεταξύ των εννοιών: έργο δύναμης και έργο τέχνης; ή πνευματικό έργο; Έτσι θα αντιληφθούν οι μαθητές ότι το πλαίσιο αναφοράς καθορίζει διαφορετικό νόημα για την ίδια λέξη.

Για την επίτευξη του δεύτερου στόχου μπορούμε να τους θέσουμε το ερώτημα: Ένα σώμα π.χ. βιβλίο ηρεμεί στο τραπέζι το θέτουμε σε κίνηση. Άρα απέκτησε ενέργεια. Πως την απέκτησε αφού η ενέργεια δε δημιουργείται από το μηδέν; Θα συμπεράνουν ότι τη δώσαμε εμείς που κινήσαμε το βιβλίο κ.τ.λ. Μπορούμε ίσως να επεκταθούμε λίγο ρωτώντας και εμείς που τη δώσαμε αυτή την ενέργεια;

Για την επίτευξη του τρίτου διδακτικού στόχου κάνουμε διερεύνηση του τύπου στη γενική του μορφή $W = F \times \text{συνθ.}$ Κάνουμε τη διευκρίνιση ότι το έργο που παρέχεται από τον παραπάνω τύπο λέγεται έργο σταθερής δύναμης. Τους ζητάμε να παραστήσουν γραφικά τη σχέση $F = f(x)$ και από τη γραφική παράσταση να υπολογίσουν το εμβαδόν και να το συσχετίσουν με το έργο της δύναμης για την ίδια μετατόπιση.

Εργασίες για εμπέδωση

Προτείνεται να γίνει διαπραγμάτευση των ερωτήσεων 1, 2 και επίλυση των προβλημάτων 1, 9, 11.

Διδακτική ενότητα 2η: Έργο δάρους και μεταβολή της κινητικής ενέργειας (2.2.2). (Προτεινόμενος χρόνος 1ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

1. Να ερευνήσουν οι μαθητές πόσες δυνάμεις ασκούνται σ' ένα σώμα, όταν φύγει από το χέρι μας και κινείται προς τα άνω.
2. Να υπολογίσουν το έργο του δάρους στην ελεύθερη πτώση ενός σώματος.
3. Να χρησιμοποιήσουν τις εξισώσεις της ελεύθερης πτώσης και να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι το έργο του δάρους ισούται με την κινητική ενέργεια του σώματος.
4. Να διατυπώσουν το θεώρημα της κινητικής ενέργειας.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Πολλοί μαθητές πιστεύουν ότι όταν ένα σώμα ρίχνεται προς τα πάνω εκτός από το δάρος του ασκείται σ' αυτό και η δύναμη που του ασκήσαμε όταν το ρίχναμε προς τα πάνω. Εδώ οι μαθητές συγχέουν την έννοια της ενέργειας με την έννοια της δύναμης. Πιστεύουμε ότι θα είναι χρήσιμο να συζητήσουμε με τους μαθητές ότι το χέρι μας μεταφέρει στο σώμα ενέργεια μέσω του έργου της δύναμης που ασκούμε στο σώμα. Ταυτόχρονα εμείς γινόμαστε φτωχότεροι σε ενέργεια. Η απώλεια ενέργειας στο σώμα μας αναπληρώνεται με την κατανάλωση τροφής. Μπορούμε ακόμη να επεκταθούμε, συζητώντας με τους μαθητές πως ερμηνεύουν το γεγονός, ότι οι εργάτες καταναλώνουν μεγαλύτερες ποσότητες τροφής, σε σύγκριση με όσους δεν κάνουν μηχανικό έργο και επίσης την αποθήκευση ενέργειας στους αυτότροφους οργανισμούς. Επεκτείνοντας τη συζήτηση οι μαθητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος.

Οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τον τύπο του έργου και να υπολογίσουν το έργο του δάρους, εξίσου εύκολα μπορούν να απαντήσουν και στη διαπραγμάτευση του τρίτου διδακτικού στόχου καθώς και του τέταρτου.

Είναι καλό να γίνει η εφαρμογή της σελίδας 226 και η δραστηριότητα που την ακολουθεί.

Εργασίες για εμπέδωση

Προτείνεται να γίνει διαπραγμάτευση των ερωτήσεων 10, 11, 16 και επίλυση των προβλημάτων 3, 15, 18.

Διδακτική ενότητα 3η: Η δυναμική ενέργεια (2.2.3). **(Προτεινόμενος χρόνος 1ώρα).**

Διδακτικοί στόχοι

1. Να ορίσουν οι μαθητές τη δυναμική ενέργεια ενός σώματος.
2. Να δικαιολογήσουν την άποψη ότι δε μας ενδιαφέρει η τιμή της δυναμικής ενέργειας σε μια θέση, αλλά οι διαφορές της δυναμικής ενέργειας ή οι μεταβολές της.
3. Να συμπεράνουν ότι το έργο της αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο σωμάτων ισούται με τη διαφορά των δυναμικών ενεργειών.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επεξεργασία του πρώτου διδακτικού στόχου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το παράδειγμα του βιβλίου προβάλλοντας τη διαφάνεια Α'. Γ.Π.: 2.1,17.

Για την επεξεργασία του δεύτερου στόχου μπορούμε να συζητήσουμε γιατί δε μας ενδιαφέρει η τιμή της δυναμικής ενέργειας αλλά οι διαφορές της. Όπως γνωρίζουμε για να ορίσουμε τη δυναμική ενέργεια ορίζουμε ένα επίπεδο αναφοράς στο οποίο η τιμή της λαμβάνεται ίση με μηδέν. Σε όλες τις άλλες θέσεις η τιμή της εξαρτάται από την τιμή που έχει στο επίπεδο αναφοράς. Δηλαδή αποτελεί διαφορά μεταξύ δύο τιμών.

Για την επεξεργασία του τρίτου στόχου ίσως χρειάζεται να γίνει συζήτηση για την έννοια της δύναμης ως αλληλεπίδρασης.

Είναι καλό να συζητήσουν οι μαθητές σε ομάδες την παρανόηση που έχουν σχετικά με την κινητική και τη δυναμική ενέργεια και τους νόμους του Νευτώνα. Επίσης καλό είναι να γίνει η δραστηριότητα και η εφαρμογή της σελίδας 230.

Εργασίες για εμπέδωση

Προτείνεται να γίνει διαπραγμάτευση των ερωτήσεων 25, 27 και επίλυση του προβλήματος 17.

Διδακτική ενότητα 4η: Η μηχανική ενέργεια (2.2.4). **(Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).**

Διδακτικοί στόχοι

1. Με τη βοήθεια του τροχού του Maxwell οι μαθητές να διαπιστώσουν την περιοδική μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε

κινητική και εξ αυτής την ποιοτική διατήρηση του αθροίσματος των δύο ενεργειών.

2. Να συμπεράνουν για τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Μπορούμε να ξεκινήσουμε με τη δραστηριότητα 1 της σελίδας 232 αφού πρώτα έχουμε δώσει τον ορισμό της μηχανικής ενέργειας.

Στη συνέχεια μπορούμε να μελετήσουμε θεωρητικά το θέμα προβάλλοντας τη διαφάνεια Α΄. Γ.Π.: 2.2,18.

Η δραστηριότητα 2 αν γίνει στην τάξη μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατασκευάζουν διαγράμματα, αλλά και να βγάζουν συμπεράσματα από αυτά.

Εργασίες για εμπέδωση

Προτείνεται να γίνει διαπραγμάτευση των ερωτήσεων 4, 8 και επίλυση των προβλημάτων 8, 13.

Διδακτική ενότητα 5η: Συντηρητικές (ή διατηρητικές δυνάμεις) (2.2.5). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

1. Να συμπεράνουν οι μαθητές ότι κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής το έργο του βάρους είναι μηδέν.
2. Να ορίσουν τις συντηρητικές δυνάμεις.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Προβάλλουμε τη διαφάνεια Α΄. Γ.Π.: 2.2,19 και ζητάμε από τους μαθητές να υπολογίσουν το έργο του βάρους τόσο κατά την κάθοδο, όσο και κατά την άνοδο της ελαστικής σφαίρας.

Στη συνέχεια τους ζητάμε να δώσουν ορισμό των συντηρητικών δυνάμεων (αφού εμείς τους πούμε, ότι δυνάμεις όπως το βάρος στο προηγούμενο παράδειγμα λέγονται συντηρητικές). Μπορούμε επίσης να συζητήσουμε για το αν η δύναμη στο ηλεκτρικό πεδίο είναι συντηρητική δύναμη. Στην προηγούμενη τάξη έχουν διδαχθεί τα σχετικά με το ηλεκτρικό πεδίο.

Οι εφαρμογές των σελίδων 234 και 235 θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση των συντηρητικών δυνάμεων.

Εργασίες για εμπέδωση

Προτείνεται να γίνει διαπραγμάτευση των ερωτήσεων 13, 17, 20 και επίλυση των προβλημάτων 6, 19.

Εργαστηριακή άσκηση 9: Μελέτη και έλεγχος της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας στην ελεύθερη πτώση σώματος. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Ενδεικτικές τιμές

Στην αρχική θέση:

$$U = 0,76J$$

$$K = 0$$

$$U + K = 0,76J$$

ΠΙΝΑΚΑΣ

Θέση σφαίρας	Απόσταση y (cm)	Μετατόπιση Δy cm (m)		Χρόνος Δt (s)	Ταχύτητα v (m/s)
10	19,6	-	-	-	
11	23,8	4,2	$4,2 \cdot 10^{-2}$	0,2	
12	28,4	4,5	$4,5 \cdot 10^{-2}$	0,2	
13	33,2	4,8	$4,8 \cdot 10^{-2}$	0,2	
14	38,4	5,2	$5,2 \cdot 10^{-2}$	0,2	
15	44,2	5,8	$5,8 \cdot 10^{-2}$	0,2	

Διδακτική ενότητα 6η: Η ισχύς (2.2.6). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

1. Να ορίσουν οι μαθητές την έννοια της ισχύος.
2. Να ορίσουν τις μονάδες ισχύος.
3. Να υπολογίσουν την ισχύ στην περίπτωση σώματος κινούμενου με σταθερή ταχύτητα.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για τον ορισμό της ισχύος μπορούμε να προβάλλουμε τη διαφά-

νεια Α'. Γ.Π.: 2.2,20.

Για την επίτευξη των υπολοίπων στόχων μπορούμε να ακολουθήσουμε τη σειρά του βιβλίου.

Η διαπραγμάτευση της δραστηριότητας της σελίδας 237 θα βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα την έννοια της ισχύος

Εργασίες για εμπέδωση

Προτείνεται να γίνει διαπραγμάτευση των ερωτήσεων 7, 18, 23 και επίλυση των προβλημάτων 7, 10, 20.

Διδακτική ενότητα 7η: Η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας στην οριζόντια βολή (2.2.7). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

1. Να υπολογίσουν οι μαθητές με τη βοήθεια των εξισώσεων της κίνησης την ταχύτητα με την οποία, ένα σώμα που βάλλεται οριζοντίως, φθάνει στο έδαφος.
2. Να υπολογίσουν την ίδια ταχύτητα εφαρμόζοντας τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας.
3. Να συγκρίνουν τους δύο τρόπους προσέγγισης του θέματος.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Ο υπολογισμός με τη βοήθεια των εξισώσεων της κίνησης δυσκολεύει πολύ τους μαθητές γιατί έχουν να επιλύσουν αλγεβρικό σύστημα στο οποίο χρησιμοποιούνται μόνο σύμβολα.

Το δεύτερο μέρος της ενότητας αποτελεί απλή εφαρμογή της παραγράφου 2.2.8.

Διδακτική ενότητα 8η: Η τριβή και η μηχανική ενέργεια (2.2.8). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

1. Να συμπεράνουν οι μαθητές ότι η μηχανική ενέργεια δε διατηρείται όταν υπάρχουν τριβές ή αντιστάσεις του αέρα.
2. Να συγκρίνουν τις συντηρητικές με τις μη συντηρητικές δυνάμεις.
3. Να συμπεράνουν ότι η διατήρηση της ορμής ισχύει και όταν οι δυνάμεις που ενεργούν είναι μη συντηρητικές.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Μπορούμε να προβάλλουμε τη διαφάνεια Α'. Γ.Π.: 2.2,21, οι

μαθητές εύκολα διαπιστώνουν ότι η μηχανική ενέργεια δε διατηρείται. Αντί διαφάνειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί απλό εκκρεμές οπότε η παρατήρηση είναι άμεση. Γι' αυτό είναι προτιμότερη η χρήση του εκκρεμούς.

Οι μαθητές μπορούν να συζητήσουν για τις συντηρητικές και μη συντηρητικές δυνάμεις.

Εργασίες για εμπέδωση

Προτείνεται να γίνει διαπραγμάτευση των ερωτήσεων 20,28 και επίλυση των προβλημάτων 21, 22.

Εργαστηριακή άσκηση 7η: Επιταχυνόμενη κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο: Προσδιορισμός συντελεστή τριβής ολίσθησης, δύναμη τριβής ολίσθησης και του έργου της. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Η άσκηση είναι σύντομη και μπορεί να ολοκληρωθεί άνετα μέσα σε μία διδακτική ώρα.

Ενδεικτικές τιμές για τη περίπτωση ολίσθησης ξύλου επάνω σε ξύλο: $\varphi=22^\circ$ και $\eta=\varepsilon\varphi 22^\circ=0,4$. Μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να υπολογίσουν το συντελεστή τριβής και για άλλες περιπτώσεις υλικών, π.χ.

α) Σίδηρος πάνω σε ξύλο. Ως ολισθαίνον σώμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο οπλισμός των μαγνητών (πλάκα από μαλακό σίδηρο).

β) Πλαστικό πάνω σε ξύλο. Ως ολισθαίνον σώμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα πρίσμα ολικής ανάκλασης (τριγωνική πλάκα από διαφανές πλαστικό - ΟΠ 065.0)

Συνθετική εργασία: Ενέργεια: Ο ρόλος της στην Τεχνολογία και την Κοινωνία

Βιβλιογραφία: Επιστημονική βιβλιοθήκη LIFE (τόμοι Ενέργεια, Μηχανές), “Η επιστήμη στην Ιστορία”, J.D. Bernal τόμοι 1 - 3, Εκδόσεις Ι. Ζαχαρόπουλος, Λήμματα από την Τεχνική Εγκυκλοπαίδεια, Harman P. (1994), Ενέργεια, δύναμη και ύλη, Η εννοιολογική εξέλιξη της Φυσικής κατά τον 19^ο αιώνα, Απόδοση στα Ελληνικά Τ. Τσιαντούλας, Επιμέλεια Γ. Ξηροπαίδης, Επιστημονική επιμέλεια Κ. Γαθρόγλου, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Σχολικά εγχειρίδια Ιστορίας, ειδικές εκδόσεις κρατικών φορέων όπως η ΔΕΗ, η Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, κλπ. για την ενέργεια και την ενεργειακή πολιτική, κ.ά.

Φύλλο αξιολόγησης

Αντικείμενο: Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας (2.2)

Χρόνος εξέτασης: 45 λεπτά.

Θέμα 1ο, (8 μονάδες)

α. Ερωτήσεις του τύπου σωστό/λάθος.

1. α. Το έργο του βάρους είναι πάντοτε μηδέν.
β. Το αλγεβρικό άθροισμα των έργων των δυνάμεων που ασκούνται σ' ένα σώμα είναι μηδέν, αν η ταχύτητα του σώματος είναι σταθερή ή μηδέν.
γ. Το έργο μεταβλητής δύναμης έχει σταθερή τιμή.
δ. Το έργο της τριβής ολίσθησης είναι πάντοτε αρνητικό.
ε. Το έργο της κεντρομόλου δύναμης είναι μηδέν.

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

(3 μονάδες)

2. α. Ένα αντικείμενο που είναι ακίνητο δεν μπορεί να έχει ενέργεια.
β. Μια δύναμη παράγει έργο, ακόμη κι αν δεν μετατοπίζεται το σώμα στο οποίο ασκείται.
γ. Το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας ισχύει για συντηρητικές και για μη συντηρητικές δυνάμεις.
δ. Η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας ενός συστήματος ισχύει μόνο αν διατηρείται και η ορμή του συστήματος.

(3 μονάδες)

3. Η μηχανική ενέργεια ενός συστήματος διατηρείται, αν στο σύστημα ασκούνται:
α. Μόνο συντηρητικές δυνάμεις.
β. Συντηρητικές και μη συντηρητικές δυνάμεις.
γ. Εξωτερικές δυνάμεις.
δ. Εσωτερικές δυνάμεις.

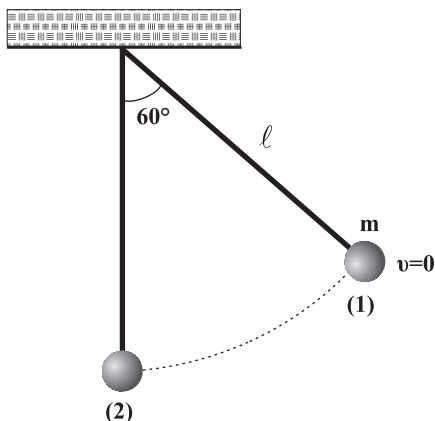
(2 μονάδες)

Θέμα 2ο

Ένα σώμα πέφτει ελεύθερα από ύψος h . Να αποδείξετε στην περίπτωση αυτή το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας και να αναφέρετε τη γενίκευσή του σε περιπτώσεις άσκησης πολλών δυνάμεων σ' ένα σώμα.

(4 μονάδες)**Θέμα 3ο**

Ένα εκκρεμές αποτελείται από μικρή σφαίρα μάζας 100 g , δεμένη σε νήμα μήκους $\ell = 1\text{ m}$. Αν εκτρέψουμε το εκκρεμές έτσι ώστε το νήμα να σχηματίζει γωνία 60° με την κατακόρυφο, όπως φαίνεται στην εικόνα, και κατόπιν το αφήσουμε ελεύθερο:



- α) Να υπολογίσετε την ταχύτητα της σφαίρας στη θέση (2).
- β) Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στη σφαίρα και να υπολογίσετε το έργο τους κατά τη μετακίνηση από τη θέση (1) μέχρι τη θέση (2).
- γ) Να υπολογίσετε το μέγιστο ύψος που θα φτάσει η σφαίρα κινούμενη προς τα αριστερά.

Δίνονται: $\sin 60^\circ = \frac{1}{2}$, $g = 10\text{ m/s}^2$.

(8 μονάδες)

2.3 Διατήρηση της ολικής ενέργειας

Διδακτικοί στόχοι κεφαλαίου

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα, οι στόχοι για το κεφάλαιο αυτό είναι οι εξής:

1. Ο μαθητής να συνδέει ποιοτικά τη μοριακή κίνηση με την πίεση και τη θερμοκρασία.
2. Να διακρίνει την εσωτερική ενέργεια από τη θερμότητα και να διατυπώνει το νόμο διατήρησης της ολικής ενέργειας.
3. Να διακρίνει ότι, κατά τις ενεργειακές μετατροπές, ένα μέρος της ενέργειας αποβάλλεται πάντοτε στο περιβάλλον ως θερμότητα.
4. Να διακρίνει ότι έργο και θερμότητα αποτελούν δύο τρόπους ανταλλαγής ενέργειας.
5. Να προσδιορίζει ποιοτικά τι σημαίνει ισχύς και τι απόδοση σε συνήθεις μηχανές (αυτοκινήτου κ.τ.λ.) .
6. Να αναφέρει φαινόμενα υποδάθμισης της ενέργειας.

Προτεινόμενος χρονικός προγραμματισμός

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ
1 ^η . Η κινητική θεωρία της ύλης και η θερμότητα (2.3.1).	1
2 ^η . Ιδιότητες των αερίων (2.3.2).	1
3 ^η . Εσωτερική ενέργεια (2.3.3). Θερμότητα και διατήρηση της ολικής ενέργειας (2.3.4).	1
4 ^η . Η θερμότητα και η μηχανική ενέργεια (2.3.5). Μηχανές και ενέργεια (2.3.6).	1
Εργαστηριακή άσκηση 10. Μετατροπή μηχανικού έργου σε θερμότητα.	1
5 ^η . Η απόδοση της μηχανής (2.3.7). Η υποδάθμιση της ενέργειας (2.3.8).	1
Εργαστηριακή άσκηση 11. Πείραμα χρονικής εξέλιξης των θερμοκρασιών δύο υγρών σε θερμική αλληλεπίδραση μέχρι την επίτευξη θερμικής ισορροπίας.	1
ΣΥΝΟΛΟ ΩΡΩΝ	7

Διδακτική ενότητα 1η: Η κινητική θεωρία της ύλης και η θερμότητα (2.3.1). (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να αναφέρουν τις δύο βασικές ιδιότητες των ατόμων και των μορίων: ότι κινούνται (δηλαδή έχουν κινητική ενέργεια) και ότι αλληλεπιδρούν με ελκτικές ή απωστικές δυνάμεις (δηλαδή έχουν δυναμική ενέργεια).
2. Να περιγράψουν τα σωματιδιακά μοντέλα των τριών καταστάσεων της ύλης.
3. Να δικαιολογήσουν, γιατί στα αραιά αέρια τα μόρια τους έχουν μόνο κινητική ενέργεια.
4. Να δώσουν μια απλή ερμηνεία των αλλαγών φυσικής κατάστασης ενός υλικού (π.χ. νερού).

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Πολλοί μαθητές συναντούν δυσκολίες στην κατανόηση των σχηματικών αναπαραστάσεων των σωματιδιακών μοντέλων των τριών καταστάσεων της ύλης. Πολλές φορές φθάνουν σε παρανοήσεις, όπως π.χ., ότι το χρώμα, το σχήμα και το μέγεθος των σφαιριδίων που παριστάνουν τα μόρια αντιπροσωπεύουν το χρώμα, το σχήμα και το μέγεθος των μορίων.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Θέτουμε στους μαθητές την ερώτηση: «Κατά τη μετατροπή με θέρμανση ενός κομματιού πάγου (στερεό σώμα) σε νερό (υγρό) και έπειτα σε υδρατμό (αέριο) μεταβάλλεται η χημική σύσταση του σώματος; Αν όχι, τι μεταβολές συμβαίνουν κατά τις μετατροπές αυτές;
2. Προβάλλουμε τη διαφάνεια Α΄. Γ.Π.: 2.3,22. Με βάση την εικόνα αυτή να γίνει περιγραφή των σωματιδιακών μοντέλων των τριών καταστάσεων της ύλης.
3. Προβάλλουμε τη διαφάνεια Α΄. Γ.Π.: 2.3,23. Με τη βοήθεια της εικόνας αυτής να ερμηνευθούν οι μεταβολές από τη μία κατάσταση στην άλλη με βάση τα σωματιδιακά μοντέλα των στερεών, των υγρών και των αερίων.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 1 και 19.

**Διδακτική ενότητα 2η: Ιδιότητες των αερίων (2.3.2).
(Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).****Διδακτικοί στόχοι**

Οι μαθητές:

1. Να εξηγήσουν, με βάση το μοριακό μοντέλο των αερίων, την ιδιότητα που έχουν τα αέρια να είναι συμπιεστά.
2. Να ερμηνεύσουν την πίεση ενός αερίου σε μια επιφάνεια ως το αποτέλεσμα των κρούσεων των μορίων του επάνω στην επιφάνεια αυτή.
3. Να διατυπώσουν την ποιοτική σχέση μεταξύ πίεσης και όγκου ορισμένης μάζας αερίου, όταν η θερμοκρασία παραμένει σταθερή (όσο ελαττώνεται ο όγκος τόσο αυξάνεται η πίεση) και να ερμηνεύσουν τη σχέση αυτή με χρήση του σωματιδιακού μοντέλου του αερίου.
4. Να διατυπώσουν την ποιοτική σχέση μεταξύ πίεσης και θερμοκρασίας ορισμένης μάζας αερίου, όταν ο όγκος παραμένει σταθερός (όσο αυξάνεται η θερμοκρασία τόσο αυξάνεται και η πίεση) και να ερμηνεύσουν τη σχέση αυτή με χρήση του σωματιδιακού μοντέλου του αερίου.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

- Πολλοί μαθητές ταυτίζουν την πίεση με τη δύναμη. Θεωρούν ότι είναι το ίδιο πράγμα.
- Μερικοί μαθητές πιστεύουν, ότι τα αέρια είναι δυνατό να συμπιεστούν μέχρις ότου ο όγκος τους γίνει μηδέν.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

1. Πραγματοποιούμε με τη βοήθεια μιας αντλίας (τρόμπας) ποδηλάτου το πείραμα της εικόνας 2.3.4. Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι ο αέρας είναι συμπιεστός. Καλούμε τους μαθητές να ερμηνεύσουν τη συμπιεστότητα του αέρα (και γενικά όλων των αερίων) με βάση το σωματιδιακό μοντέλο των αερίων.
2. Προβάλλουμε τη διαφάνεια Α΄. Γ.Π.: 2.3,24 και θέτουμε το ερώτημα: «πως ένα τόσο αραιό σώμα όπως ο αέρας μπορεί να στηρίξει το βάρος του εμβόλου;». Χρησιμοποιούμε την εικόνα 2.3.5 και ζητάμε από τους μαθητές να εξηγήσουν την προέλευση της πίεσης

του αερίου με βάση το σωματιδιακό μοντέλο του αερίου.

3. Με το πείραμα της εικόνας 2.3.4 εύκολα βρίσκουμε την ποιοτική σχέση μεταξύ πίεσης και όγκου. Ζητάμε από τους μαθητές να εξηγήσουν, με βάση το σωματιδιακό μοντέλο των αερίων, τη σχέση αυτή.
4. Βεβαιωνόμαστε ότι οι μαθητές έχουν αντίληψη της διαφοράς μεταξύ πίεσης και δύναμης.
5. Την ποιοτική σχέση μεταξύ πίεσης και θερμοκρασίας μπορούμε να δείξουμε με το εξής απλό πείραμα: Ρίχνουμε λίγο νερό σε γυάλινο μπουκάλι (μέχρι το 1/4 περίπου του ύψους του). Βάζουμε στο μπουκάλι ένα καλαμάκι αναψυκτικού, έτσι που το κάτω άκρο του να είναι βυθισμένο στο νερό. Κλείνουμε με πλαστελίνη το στόμιο του μπουκαλιού, ώστε να μη μπορεί να φύγει αέρας από μέσα. Κρατάμε το μπουκάλι με τα χέρια μας, για να ζεστάνουμε τον αέρα που είναι μέσα του. Με τη θέρμανση του αέρα που περιέχεται στο μπουκάλι, αυξάνεται η πίεσή του, με αποτέλεσμα να ανεβαίνει σιγά σιγά το νερό μέσα στο καλαμάκι.
6. Ζητάμε από τους μαθητές να ερμηνεύσουν με τη βοήθεια του σωματιδιακού μοντέλου των αερίων την αύξηση της πίεσης με τη θερμοκρασία. (Τους καθοδηγούμε να συσχετίσουν την αύξηση της θερμοκρασίας με την αύξηση της ταχύτητας των μορίων).

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 2, 3, 4, 5.

Διδακτική ενότητα 3η: Εσωτερική ενέργεια 2.3.3 **θερμότητα και διατήρηση της ολικής ενέργειας 2.3.4.** **(Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).**

Διδακτικοί στόχοι

1. Να ορίσουν τις έννοιες της μέσης κινητικής ενέργειας \bar{K} και της εσωτερικής ενέργειας U των μορίων (ιδανικού) αερίου.
2. Να περιγράψουν την αλληλεπίδραση δύο σωμάτων διαφορετικής θερμοκρασίας, κατά την οποία γίνεται ανακατανομή στις εσωτερικές ενέργειες τους με μεταφορά ενέργειας (θερμότητας) μέχρις ότου αποκτήσουν και τα δύο ίδια θερμοκρασία (θερμική ισορροπία).
3. Να διατυπώσουν με σύμβολα και με λόγια το νόμο διατήρησης της (ολικής) ενέργειας.
4. Να αναγνωρίσουν τη διαφορά ανάμεσα: α) στην έννοια μεταβιβαζόμενη ενέργεια η οποία μπορεί να είναι είτε έργο είτε θερμότητα και β) στην έννοια ενέργεια που περιέχεται σε ένα σύστημα.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Συνήθεις λανθασμένες αντιλήψεις μαθητών είναι οι εξής:

- Η θερμότητα και η θερμοκρασία είναι το ίδιο πράγμα.
- Η θερμότητα και το ψύχος ρέουν από ένα σώμα σε άλλο σαν υγρά.
- Η ενέργεια καταστρέφεται κατά τις μετατροπές της από τη μια μορφή στην άλλη.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Θεωρούμε μια ποσότητα αερίου που αποτελείται από N μόρια, τα οποία έχουν κινητικές ενέργειες K_1, K_2, \dots, K_N . Ζητάμε από τους μαθητές να υπολογίσουν τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων, εργαζόμενοι όπως όταν βρίσκουν το βαθμό προόδου τους από το μέσο όρο των βαθμών όλων των μαθημάτων. Ζητάμε κατόπιν να υπολογίσουν από τη μέση κινητική ενέργεια και το πλήθος N , τη συνολική κινητική ενέργεια όλων των μορίων (εσωτερική ενέργεια U).
2. Πραγματοποιούμε το πείραμα της εικόνας 2.3.9, για να παρατηρήσουν οι μαθητές τη θερμική αλληλεπίδραση δύο σωμάτων. Για το πείραμα αυτό θα χρειαστούμε δύο θερμομέτρα, ένα μεταλλικό δοχείο (π.χ., ένα άδειο κουτί αναψυκτικού) στο οποίο θα βάλουμε ζεστό νερό και ένα μεγάλο γυάλινο ή πλαστικό ποτήρι στο οποίο θα βάλουμε κρύο νερό. Τα δύο θερμομέτρα μπορούμε να τα στηρίξουμε με ορθοστάτη που φέρει δύο λαβίδες.
3. Προβάλλουμε τη διαφάνεια Α'. Γ.Π.: 2.3,25. Ζητάμε από τους μαθητές να εξετάσουν ενεργειακά το αέριο από τη σκοπιά του μικρόκοσμου και να δρουν τη σχέση μεταξύ της προσφερόμενης θερμότητας και της αύξησης της εσωτερικής ενέργειας του αερίου και για τις δύο περιπτώσεις. Οδηγούμε έτσι τους μαθητές στη διατύπωση του 1ου θερμοδυναμικού νόμου.
4. Καθοδηγούμε τους μαθητές να παραλληλίσουν τη θερμότητα με το έργο: Το έργο μετράει την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο λόγω άσκησης δύναμης. Η θερμότητα τι μετράει;

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 και τα προβλήματα 1, 2.

Διδακτική ενότητα 4η: Η θερμότητα και η μηχανική ενέργεια 2.3.5. Μηχανές και ενέργεια 2.3.6. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να περιγράψουν συνοπτικά την πειραματική διάταξη Joule, με τη βοήθεια της οποίας δρίσκεται η σχέση θερμότητας και μηχανικής ενέργειας (ισοδύναμα: η σχέση cal και Joule).
2. Να περιγράψουν ποιοτικά τις μετατροπές ενέργειας που συντελούνται μέσω μιας μηχανής (π.χ. ηλεκτρικού κινητήρα).

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Αρκετοί μαθητές έχουν την λανθασμένη αντίληψη, ότι μηχανική ενέργεια και θερμική ενέργεια είναι διαφορετικά φυσικά μεγέθη εφ' όσον η πρώτη μετράται σε Joule και η δεύτερη σε cal.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Είναι γνωστό ότι η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική με την τριβή (μπορούμε να αναφέρουμε παραδείγματα από την εμπειρία ή να πραγματοποιήσουμε το πείραμα με τη συσκευή Tyndall, δλ. “Πειράματα Φυσικής” Π. Κόκκοτα κ.α.). Θέτουμε στους μαθητές το ερώτημα: “Ποια είναι άραγε η ποσοτική σχέση μεταξύ μηχανικής ενέργειας και θερμικής ενέργειας;”
2. Προβάλλουμε τη διαφάνεια Α΄. Γ.Π.: 2.3,26 και ακολουθεί σύντομη περιγραφή του πειράματος Joule.
3. Προβάλλουμε τη διαφάνεια Α΄. Γ.Π.: 2.3,27 και ακολουθεί συζήτηση για τις μετατροπές μέσω της μηχανής (εδώ, ηλεκτρικός κινητήρας) ενέργειας μιας μορφής σε ενέργεια άλλης μορφής και σε θερμότητα.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 25, 29, 30 και το πρόβλημα 5

Εργαστηριακή άσκηση 10: Μετατροπή μηχανικού έργου σε θερμότητα. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Χρησιμοποιούμε τυποποιημένη συσκευή μηχανικού έργου σε θερμότητα (LEYBOLD 38800, 38801, 38805, 38824).

Ενδεικτικές τιμές:

$d=50\text{mm}=5\text{cm}$

$m_2=100\text{g}$

$m_1=64\text{g}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

	1	2	3	4	5
Αριθμός στροφών	0	50	100	150	200
Θερμοκρασία °C	21	22,5	23,5	24,5	25,5

$W=770\text{J}$, $Q=182\text{cal}$

**Διδακτική ενότητα 5η: Η απόδοση της μηχανής (2.3.7).
Η υποδάθμιση της ενέργειας (2.3.8). (Προτεινόμενος
χρόνος 1 ώρα).**

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να προσδιορίσουν και να συγκρίνουν την απόδοση συνήθων μηχανών ή συσκευών (αυτοκινήτου, λαμπτήρα κ.τ.λ.).
2. Να προσδιορίσουν τον όρο «υποδάθμιση της ενέργειας».
3. Να υπολογίσει ο καθένας τις ενεργειακές ανάγκες του σε Kcal για μια συνηθισμένη ημέρα σε συνάρτηση με τη μάζα (βάρος) του.

Δυσκολίες, μαθησιακά εμπόδια

Συνήθεις λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών είναι οι εξής:

- Η ενέργεια δαπανάται (ξοδεύεται ή τελειώνει).
- Η ενέργεια μπορεί να ανακυκλωθεί.
- Μερικές φορές γίνεται σύγχυση μεταξύ της ισχύος μιας μηχανής και της απόδοσης της.

Διδακτικές ενέργειες – Μαθησιακά έργα

Για την επίτευξη των στόχων, προτείνουμε τις παρακάτω ενέργειες και μαθησιακά έργα.

1. Θέτουμε στους μαθητές το ερώτημα: «Γιατί η ΔΕΗ προτείνει να αντικατασταθούν οι λαμπτήρες πυράκτωσης με λαμπτήρες φθορισμού»;
2. Θεωρούμε το παράδειγμα του ηλεκτρικού κινητήρα που ανυψώνει ένα κιβώτιο. Ρωτάμε τους μαθητές να εξηγήσουν, γιατί η ενέργεια που αποδίδεται (ωφέλιμη ενέργεια) είναι μικρότερη από

την ενέργεια που απορροφάται (δαπανάται); Μετά τον ορισμό της απόδοσης αναφέρουμε την απόδοση ενός τυπικού λαμπτήρα και ζητάμε από τους μαθητές να εξηγήσουν τον αριθμό αυτό.

3. Ζητάμε από τους μαθητές να πραγματοποιήσουν τη δραστηριότητα της σελίδας 275.
4. Να τονιστεί ότι κατά τη λειτουργία των μηχανών δεν χάνεται ενέργεια. Απλώς ένα μέρος της αρχικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα, η οποία δεν μπορεί να αξιοποιηθεί. Το γεγονός αυτό χαρακτηρίζεται ως υποδάθμιση της ενέργειας.
5. Η δραστηριότητα της σελίδας 277 να πραγματοποιηθεί στο σπίτι.

Εργασίες για εμπέδωση

Η εμπέδωση των γνώσεων της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας υποστηρίζεται από τις ερωτήσεις 15, 16.

Συνθετικές εργασίες

Προτείνονται μερικοί ενδεικτικοί τίτλοι εργασιών για επεξεργασία από τους μαθητές που θα το επιθυμούσαν. Σε καμιά περίπτωση οι τίτλοι δεν είναι δεσμευτικοί για το διδάσκοντα.

1. Η ιστορία της ατμομηχανής. Η συμβολή της στη βιομηχανική επανάσταση και στις κοινωνικές αλλαγές.
2. Ο Ήλιος ως πρωταρχική και η σημαντικότερη πηγή ενέργειας για τη Γη. Η ενέργεια, που μεταφέρεται με ακτινοβολία από τον Ήλιο στη Γη, δημιουργεί ανέμους, προκαλεί εξάτμιση του νερού, συντελεί στη φωτοσύνθεση (και στην παραγωγή οργανογενών καυσίμων).
3. Η ενεργειακή κρίση. Η εξάντληση των χημικών καυσίμων (πετρελαίου, φυσικού αερίου, γαιανθράκων) και του σχάσιμου υλικού των πυρηνικών αντιδραστήρων. Η αντιμετώπιση του προβλήματος με νέες πηγές ενέργειας: φωτοβολταϊκά στοιχεία, βιομάζα, αιολική ενέργεια, ενέργεια των κυμάτων, υδατοπτώσεις, γεωθερμική ενέργεια.

Εργαστηριακή άσκηση 11: Θερμική αλληλεπίδραση και θερμική ισορροπία. (Προτεινόμενος χρόνος 1 ώρα).

Η εργαστηριακή άσκηση θα πραγματοποιηθεί μετά την ολοκλήρωση του 7ου Κεφαλαίου: «Διατήρηση της ολικής ενέργειας και υποδάθμιση της».

Τη γυάλινη ή πλαστική λεκάνη με τους δύο θαλάμους που χωρίζονται με μεταλλικό έλασμα μπορούμε να την παραγγείλουμε σε κατάσταση κατασκευής ενυδρείων. Η θερμική μόνωση είναι προϋπόθεση για την επιτυχία του πειράματος, για το λόγο αυτό δεν πρέπει να παραλειφθεί η κάλυψη της λεκάνης με υαλοδάμπακα ή άλλο θερμομονωτικό.

Φύλλο αξιολόγησης

Αντικείμενο: Διατήρηση της ολικής ενέργειας (2.3)
Χρόνος εξέτασης: 45 λεπτά.

Θέμα 1ο, (9 μονάδες)

α. Ερωτήσεις του τύπου σωστό/λάθος.

1. α. Θερμότητα είναι το ποσό ενέργειας που περιέχει ένα σώμα.
β. Τα μόρια των αραιών αερίων έχουν κινητική και δυναμική ενέργεια.
γ. Αν, δύο σώματα, που βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία, έλθουν σε επαφή, τότε ποσό θερμότητας ρέει από το ένα στο άλλο, έως ότου αποκτήσουν ίδια θερμοκρασία.
δ. Μια ποσότητα ενέργειας μπορεί να μετατραπεί από μια μορφή σε άλλη και, ταυτόχρονα, να υποβαθμιστεί.

(3 μονάδες)

2. α. Το μεταλλικό πόδι ενός θρανίου στην τάξη έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από το ξύλινο μέρος του.
β. Η θερμοκρασία όλων των μερών του θρανίου είναι ίδια με του περιβάλλοντος.

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

(3 μονάδες)

3. α. Η εσωτερική ενέργεια μιας ποσότητας αερίου είναι το άθροισμα των κινητικών και των δυναμικών ενεργειών των μορίων του.
β. Η σχέση $Q = W + \Delta U$, αποτελεί την αρχή διατήρησης της ενέργειας για τις μεταβολές που υφίσταται ένα αέριο.

(3 μονάδες)

Θέμα 2ο

1. Πώς ορίζεται η απόδοση μιας μηχανής; Τι εννοούμε όταν λέμε, για παράδειγμα, ότι μια μηχανή έχει απόδοση 70%;
2. Πώς σχετίζονται τα μεγέθη θερμότητα και εσωτερική ενέργεια;

(3 μονάδες)

Θέμα 3ο

Ένα αυτοκίνητο έχει μάζα 1.200 kg και κινείται σε ανηφορικό

δρόμο γωνίας φ $\left(\eta\mu\varphi = \frac{1}{10}\right)$ με σταθερή ταχύτητα $v = 72 \text{ km/h}$.

Η συνολική αντίσταση που δέχεται το αυτοκίνητο είναι 200 N.

α) Πόση είναι η συνολική δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση του αυτοκινήτου;

β) Πόση είναι η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου;

γ) Πόση ενέργεια απαιτείται για να διανύσει το αυτοκίνητο 500 m με την ταχύτητα αυτή;

δ) Αν ο κινητήρας του αυτοκινήτου έχει απόδοση 30% και ένα λίτρο βενζίνης αποδίδει $3 \cdot 10^7 \text{ J}$ όταν καεί, πόση βενζίνη απαιτείται για να διανύσει τα 500 m;

(8 μονάδες)

Παράρτημα

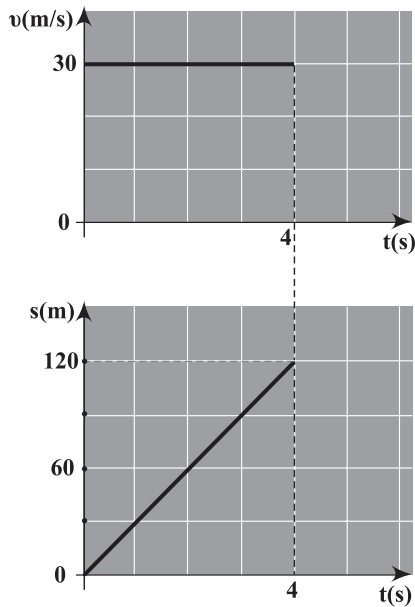
Λύσεις ασκήσεων και προβλημάτων

Κεφάλαιο 1.1

1. Επειδή η κίνηση του αυτοκινήτου είναι ομαλή, ισχύει:

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{ή} \quad v = \frac{120}{4} \text{ m/s} \quad \text{ή} \quad v = 30 \text{ m/s.}$$

Για τα αντίστοιχα διαγράμματα έχουμε:



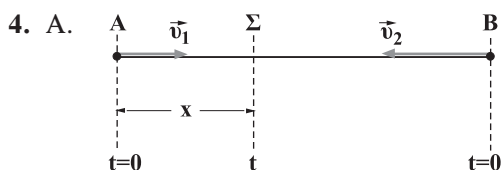
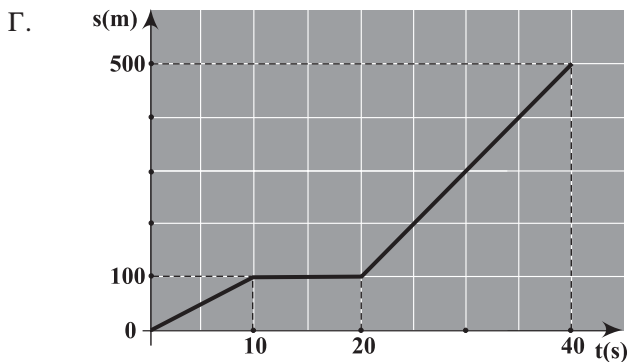
2. Το τρένο βρίσκεται πάνω στη γέφυρα για χρόνο t , ο οποίος είναι:

$$v = \frac{s + \ell}{t} \quad \text{ή} \quad t = \frac{s + \ell}{v} \quad \text{ή} \quad t = \frac{1.980 + 20}{10} \text{ s} \quad \text{ή} \quad t = 200 \text{ s}$$

3. Α. Το ζητούμενο διάστημα υπολογίζεται από το άθροισμα των αντίστοιχων εμβαδών:

$$S = E_1 + E_2 \quad \text{ή} \quad S = 10 \cdot 10 \text{ m} + 20 \cdot 20 \text{ m} \quad \text{ή} \quad S = 500 \text{ m.}$$

B. $\bar{v} = \frac{s}{t} \quad \text{ή} \quad \bar{v} = \frac{50}{4} \quad \text{ή} \quad \bar{v} = 12,5 \text{ m/s}$



Αυτοκίνητο (Α): $v_1 = \frac{x}{t}$ ή $x = v_1 t$ (1)

Αυτοκίνητο (Β): $v_2 = \frac{s-x}{t}$ ή $s-x = v_2 t$ (2)

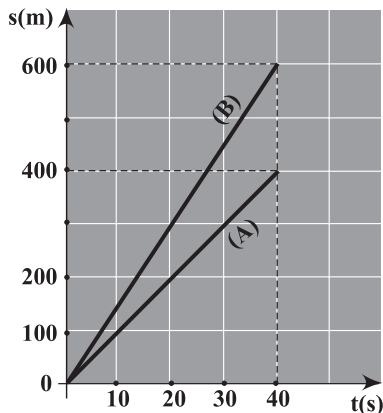
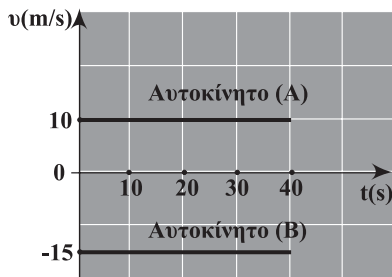
Προσθέτω κατά μέλη τις (1) και (2) και βρίσκω:

$$x + s - x = v_1 t + v_2 t \text{ ή } s = (v_1 + v_2)t \text{ ή } t = \frac{s}{v_1 + v_2} = \frac{1000}{10 + 15} \text{ s ή } t = 40 \text{ s}$$

Η συνάντηση των δύο αυτοκινήτων γίνεται στο σημείο Σ_1 που απέχει από το Α απόσταση x για την οποία ισχύει:

$$x = v_1 t \text{ ή } x = 10 \cdot 40 \text{ m ή } x = 400 \text{ m.}$$

Β. Τα ζητούμενα διαγράμματα είναι:



5. Α. Αν ο ζητούμενος χρόνος είναι t , ο μοτοσυκλετιστής και το περιπολικό διανύουν μέχρι την συνάντησή τους διάστημα:

$$S_{\pi} = v_{\pi} t \text{ και } S_{\mu} = v_{\mu} t \text{ αντίστοιχα.}$$

Με την αφαίρεση των σχέσεων αυτών κατά μέλη έχω:

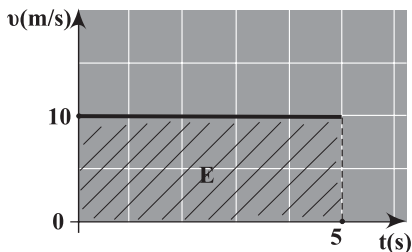
$$S_{\pi} - S_{\mu} = (v_{\pi} - v_{\mu})t \text{ ή } d = (v_{\pi} - v_{\mu})t$$

$$\text{ή } t = \frac{d}{v_{\pi} - v_{\mu}} = \frac{500}{30 - 20} \text{ s ή } t = 50 \text{ s}$$

- Β. Το ζητούμενο διάστημα είναι: $S_{\pi} = v_{\pi} t = 30 \cdot 50 \text{ m ή } S_{\pi} = 1.500 \text{ m.}$

6. Από τη σύγκριση της σχέσης $x = 10t$ με την εξίσωση της κίνησης $x = vt$ της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης, συμπεραίνουμε ότι ο ποδηλάτης κινείται ευθύγραμμα και ομαλά με ταχύτητα $v = 10 \text{ m/s.}$

Έτσι το ζητούμενο διάγραμμα είναι:



Το ζητούμενο διάστημα είναι ίσο με: $s = vt = 10 \cdot 5 \text{ m ή } s = 50 \text{ m,}$
δηλαδή ίσο με το αντίστοιχο εμβαδόν Ε.

7. Α. Η αρχική ταχύτητα είναι $v_0 = 0$ και έτσι ισχύει:

$$v = at \text{ ή } v = 2 \cdot 15 \text{ m/s ή } v = 30 \text{ m/s.}$$

- Β. Η απόσταση που διανύει ο μοτοσυκλετιστής είναι:

$$s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 15^2 \text{ m ή } s = 225 \text{ m.}$$

8. Α. Το ζητούμενο διάστημα είναι ίσο με το αντίστοιχο εμβαδό.

$$\text{Δηλαδή: } s = E = \frac{1}{2} 10 \cdot 20 \text{ m ή } s = 100 \text{ m.}$$

- Β. Από το διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη, χωρίς αρχική ταχύτητα, με επιτάχυνση

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20}{10} \text{ m/s}^2 \text{ ή } a = 2 \text{ m/s}^2.$$

Έτσι το ζητούμενο διάστημα s , είναι:

$$s = s_2 - s_1 = \frac{1}{2}at_2^2 - \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2^2 \text{ m} - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1^2 \text{ m} \quad \text{ή} \quad s = 3\text{m}.$$

9. Α. Το ζητούμενο διάστημα είναι ίσο με το εμβαδόν του τραπεζίου. Δηλαδή: $s = \frac{30+10}{2} \cdot 20\text{m}$ ή $s = 400\text{m}$.

Β. Η μέση ταχύτητα \bar{v} είναι: $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{400}{30} \text{ m/s}$ ή $\bar{v} = \frac{40}{3} \text{ m/s}$.

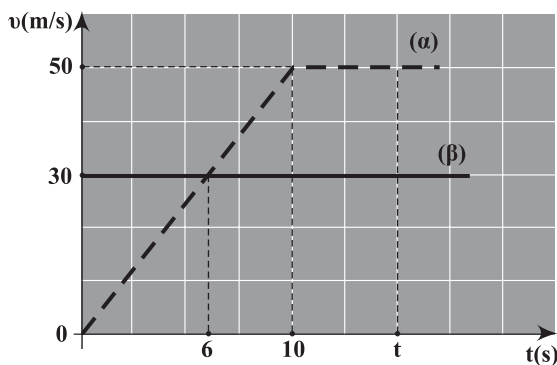
10. Από τη σύγκριση της σχέσης $v = 8 + 2t$ με την εξίσωση $v = v_0 + at$, συμπεραίνουμε ότι η κίνηση του αυτοκινήτου είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη με αρχική ταχύτητα $v_0 = 8\text{m/s}$ και επιτάχυνση $a = 2\text{m/s}^2$. Έτσι για το ζητούμενο διάστημα έχουμε:

$$s = s_4 - s_2 = v_0 t_4 + \frac{1}{2}at_4^2 - v_0 t_2 - \frac{1}{2}at_2^2$$

$$\text{ή} \quad s = v_0(t_4 - t_2) + \frac{1}{2}a(t_4^2 - t_2^2) \quad \text{ή} \quad s = \left(8(4 - 2) + \frac{1}{2} \cdot 2(16 - 4)\right)\text{m}$$

$$\text{ή} \quad s = 28\text{m}$$

11.



Α. Η κοινή ταχύτητα προσδιορίζεται ως το σημείο τομής των δύο γραφικών παραστάσεων $v = v(t)$ για τα δύο κινητά. Έτσι βλέπουμε ότι τη χρονική στιγμή $t = 6\text{s}$ η κοινή ταχύτητα των δύο κινητών είναι $v = 30\text{m/s}$.

Β. Το διάστημα που διένυσε το κινητό (α) σε 10s δίνεται και από το εμβαδόν του αντίστοιχου τριγώνου.

$$\text{Δηλαδή: } s_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 50\text{m} \quad \text{ή} \quad s_1 = 250\text{m}.$$

Αντίστοιχα το διάστημα που διένυσε το κινητό (β) σε 10s δίνεται και από το εμβαδόν του αντίστοιχου παραλληλόγραμμου.

Δηλαδή: $s_2 = 10 \cdot 30\text{m}$ ή $s_2 = 300\text{m}$.

Άρα το κινητό (β) προηγείται του κινητού (α) τη χρονική στιγμή $t = 10\text{s}$ κατά $s = 300\text{m} - 250\text{m}$ ή $s = 50\text{m}$.

Γ. Έστω t η χρονική στιγμή κατά την οποία συναντώνται τα δύο κινητά. Προφανώς τότε θα έχουν διανύσει ίσα διαστήματα, δη-

λαδή θα γίνει: $\frac{t + (t - 10)}{2} \cdot 50 = 30t$ ή $10t - 50 = 6t$ ή $t = 12,5\text{s}$.

12. Η κίνηση του αυτοκινήτου από το Α έως το Β είναι ομαλά επιταχυνόμενη με αρχική ταχύτητα v_A .

Έτσι θα ισχύει:

$$v_B = v_A + at \text{ ή } 30 = v_A + 10a \quad (\alpha) \text{ και}$$

$$AB = v_A t + \frac{1}{2} at^2 \text{ ή } 200 = v_A \cdot 10 + \frac{1}{2} a \cdot 100 \quad (\beta)$$

Οι εξισώσεις (α) και (β) αποτελούν σύστημα δύο εξισώσεων από την επίλυση του οποίου βρίσκονται η επιτάχυνση a και η ταχύτητα v_A .

Η (α) μπορεί να γραφεί: $v_A = 30 - 10a$ (γ)

και με αντικατάσταση στη (β) έχουμε:

$$200 = (30 - 10a) 10 + 50a \text{ ή } a = 2\text{m/s}^2.$$

Αντικαθιστώντας την επιτάχυνση a στη σχέση (γ) βρίσκουμε:

$$v_A = (30 - 10 \cdot 2)\text{m/s} \text{ ή } v_A = 10\text{m/s}.$$

13. Το κινητό θα κινηθεί επί 0,7s με την ταχύτητα v_0 που εκκινείτο στην αρχή, διανύοντας διάστημα $s_1 = v_0 t_1 = 20 \cdot 0,7\text{m}$ ή $s_1 = 14\text{m}$.

Έτσι μέχρι το εμπόδιο υπάρχει διάστημα $s = (50 - 14)\text{m}$ ή $s = 36\text{m}$.

Το διάστημα που θα διανύσει το αυτοκίνητο μέχρι να μηδενιστεί η ταχύτητά του μπορεί να είναι:

$$s_{\max} = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{20^2}{2 \cdot 10} \text{m} \text{ ή } s_{\max} = 20\text{m}.$$

Επειδή $s_{\max} < s$ θα αποφευχθεί η σύγκρουση του αυτοκινήτου με το εμπόδιο.

14. Για να περάσει ολόκληρο το τρένο πάνω από τη γέφυρα πρέπει να κινηθεί κατά $(\ell + s)\text{m}$. Το διάστημα αυτό το τρένο θα το διανύσει επιταχυνόμενο με επιτάχυνση $a = 2\text{m/s}^2$, έχοντας αρχική ταχύτητα

$v_0 = 20\text{m/s}$. Έτσι θα ισχύει: $(\ell + s) = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ ή $70 + 55 = 20t + \frac{1}{2} \cdot 2t^2$.

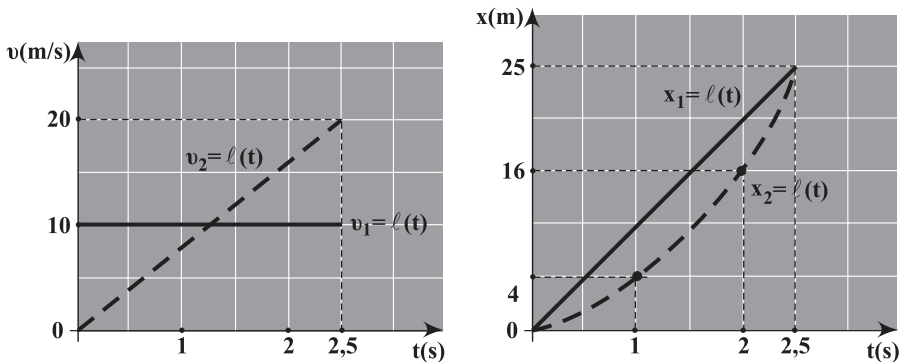
Από την επίλυση της δευτεροβάθμιας εξίσωσης βρίσκουμε $t_1 = -25s$ που απορρίπτεται και $t_2 = 5s$ που είναι η δεκτή λύση.

15. Α. Όταν τα κινητά συναντηθούν θα έχουν διανύσει ίσα διαστήματα.

$$\Delta\eta\lambda\alpha\delta\acute{\eta}: x_1 = x_2 \text{ ή } 10t = 4t^2 \text{ ή } 4t = 10 \text{ ή } t = 2,5s.$$

- Β. Από τις εξισώσεις κίνησης συμπεραίνουμε ότι το πρώτο όχημα κάνει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με σταθερή ταχύτητα $v_1 = 10m/s$, ενώ το δέντρο ομαλά επιταχυνόμενη με $v_0 = 0$ και $\alpha = 8m/s^2$.

Έτσι τα ζητούμενα διαγράμματα είναι:



16. Α. Στη διάρκεια των 11s ο δρομέας διανύει διάστημα

$$S_{ολ} = \left(\frac{1}{2} 3 \cdot 9 + 5 \cdot 9 + \frac{9+6}{2} \cdot 3 \right) m \text{ ή } S_{ολ} = 81m.$$

Έτσι η μέση ταχύτητα του είναι:

$$\bar{v} = \frac{S_{ολ}}{t} = \frac{81}{11} m/s \text{ ή } \bar{v} = 7,36m/s.$$

- Β. Για τα πρώτα 3s ο δρομέας επιταχύνεται με επιτάχυνση

$$\alpha_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{9-0}{3} m/s^2 \text{ ή } \alpha_1 = 3m/s^2, \text{ ενώ τα τελευταία 3s επι-}$$

$$\beta\rho\alpha\delta\upsilon\nu\epsilon\tau\alpha\text{ι με επιβράδυνση } \alpha_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3}{3} m/s^2 \text{ ή } \alpha_2 = 1m/s^2.$$

17. Α. Από τις εξισώσεις της επιβραδυνόμενης κίνησης έχουμε:

$$v = v_0 - \alpha t \text{ ή } \frac{v_0}{2} = v_0 - \alpha t \text{ ή } 5 = 10 - 2t \text{ ή } t = 2,5s$$

$$\text{και } s = v_0 t - \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad \text{ή} \quad s = \left(10 \cdot 2,5 - \frac{1}{2} 2 \cdot 2,5^2 \right) \text{m} \quad \text{ή} \quad s = 18,75 \text{m}.$$

Β. Από τη σχέση $v = v_0 - \alpha t$ θέτοντας $v = 0$ βρίσκουμε για το ζητού-

$$\text{μενο χρόνο: } 0 = v_0 - \alpha t \quad \text{ή} \quad t = \frac{v_0}{\alpha} = \frac{10}{2} \text{s} \quad \text{ή} \quad t = 5 \text{s}.$$

Για το ζητούμενο διάστημα (μέγιστο) έχουμε:

$$s_{\max} = \frac{v_0^2}{2\alpha} = \frac{10^2}{2 \cdot 2} \text{m} \quad \text{ή} \quad s_{\max} = 25 \text{m}.$$

18. Α. Αν μέχρι τη συνάντηση το αυτοκίνητο κινήθηκε κατά t_s , ο μοτοσυκλετιστής χρειάστηκε για να το φτάσει χρόνο $(t - 4)s$ διανύοντας προφανώς το ίδιο διάστημα. Έτσι έχουμε:

$$s_\alpha = \frac{1}{2} \alpha_1 t^2 \quad \text{και} \quad s_\mu = \frac{1}{2} \alpha_2 (t - 4)^2.$$

Αλλά $s_\alpha = s_\mu$, δηλαδή:

$$\frac{1}{2} \alpha_1 t^2 = \frac{1}{2} \alpha_2 (t - 4)^2 \quad \text{ή} \quad 1,6t^2 = 2,5(t^2 + 16 - 8t) \quad \text{από την επί-}$$

λυση της οποίας βρίσκουμε για το ζητούμενο χρόνο $t = 20s$
και $\frac{4}{1,8}s$ που απορρίπτεται ως μικρότερος του $4s$. Επίσης

$$s = s_\mu = s_\alpha = \frac{1}{2} 1,6 \cdot 20^2 \text{m} \quad \text{ή} \quad s = 320 \text{m}.$$

Β. Για τις ταχύτητες του αυτοκινήτου και του μοτοσυκλετιστή έχουμε:

$$v_\alpha = \alpha_1 t = 1,6 \cdot 20 \text{m/s} \quad \text{ή} \quad v_\alpha = 32 \text{m/s} \quad \text{και}$$

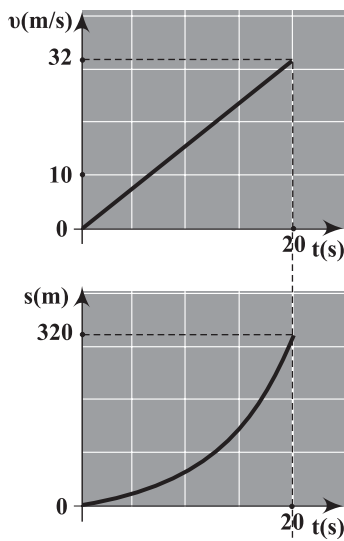
$$v_\mu = \alpha_2 (t - 4) = 2,5 (20 - 4) \text{m/s} \quad \text{ή}$$

$$v_\mu = 40 \text{m/s}. \quad \text{Για τη ζητούμενη μέση}$$

ταχύτητα \bar{v} του αυτοκινήτου έχου-

$$\text{με: } \bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{320}{20} \text{m/s} \quad \text{ή} \quad \bar{v} = 16 \text{m/s}.$$

Γ. Τα διαγράμματα $v = f(t)$ και $s = f(t)$ είναι:



19. Α. Στο χρονικό διάστημα: $0 \leq t \leq 5\text{s}$ η κίνηση που εκτελεί το κινητό είναι ομαλά επιταχυνόμενη με αρχική ταχύτητα $v_0 = 10\text{m/s}$.

Στο χρονικό διάστημα: $5\text{s} < t \leq 15\text{s}$ η κίνηση είναι ομαλή με σταθερή ταχύτητα $v = 20\text{m/s}$.

Στο χρονικό διάστημα: $15\text{s} < t \leq 20\text{s}$ η κίνηση που εκτελεί το κινητό είναι ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη με επιβρά-

δυνση $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 4\text{m/s}^2$ μέχρι μηδενισμού της ταχύτητάς του.

Κατόπιν το κινητό αλλάζει φορά κίνησης και επιταχύνεται

με την ίδια επιτάχυνση $a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 4\text{m/s}^2$.

Β. Η επιτάχυνση του κινητού στο χρονικό διάστημα $0 \leq t \leq 5\text{s}$ είναι:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_1 - v_A}{t_1 - t_A} = \frac{20 - 10}{5 - 0} \text{m/s}^2 = 2\text{m/s}^2.$$

Γ. Το διάστημα που διανύει το κινητό προσδιορίζεται από το εμβαδόν που περικλείεται από τη γραφική παράσταση και τον άξονα των χρόνων.

$$s = \left(\frac{10+20}{2} \cdot 5 + 10 \cdot 20 + \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 20 \right) \text{m} = (75 + 200 + 50 + 50) \text{m} = 375 \text{m}$$

Η μετακίνηση του κινητού είναι:

$$\Delta x = (75 + 200 + 50 - 50) \text{m} \quad \text{ή} \quad \Delta x = 25 \text{m}.$$

Προσέξτε τη διαφορά μεταξύ του διαστήματος και της μετακίνησης.

Δ. Η μέση ταχύτητα του κινητού είναι: $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{375}{25} \text{m/s} \quad \text{ή} \quad \bar{v} = 15 \text{m/s}.$

Κεφάλαιο 1.2

1. Στην πρώτη περίπτωση οι δυνάμεις έχουν την ίδια κατεύθυνση και έτσι η συνισταμένη τους είναι:

$$F = F_1 + F_2 = (80 + 60)\text{N} \text{ ή } F = 140\text{N} \text{ ίδιας κατεύθυνσης.}$$

Στη δεύτερη περίπτωση οι δυνάμεις έχουν αντίθετη κατεύθυνση και έτσι η συνισταμένη τους έχει την κατεύθυνση της μεγαλύτερης και τιμή: $F = F_1 - F_2 = (80 - 60)\text{N} \text{ ή } F = 20\text{N}.$

2. Και στις τρεις περιπτώσεις η συνισταμένη F έχει φορά προς τα δεξιά και η τιμή της είναι:

$$F = (20 + 10)\text{N} - 5\text{N} \text{ ή } F = 25\text{N}$$

$$F = 20\text{N} - (10 + 5)\text{N} \text{ ή } F = 5\text{N}$$

$$F = (20 + 10 + 5)\text{N} \text{ ή } F = 35\text{N}$$

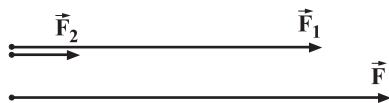
3. Α. Για τις συγγραμμικές και ομόρροπες δυνάμεις γνωρίζουμε ότι η συνισταμένη τους είναι συγγραμμική και ομόρροπη με τις συνιστώσες και έχει τιμή που δίνεται από τη σχέση

$$F = F_1 + F_2.$$

$$\text{Έτσι } F = 4F_2 + F_2 \text{ ή } F_2 = 2\text{N}$$

$$\text{και } F_1 = 4F_2 \text{ ή } F_1 = 8\text{N}.$$

Η ζητούμενη ανάλυση φαίνεται στην εικόνα α.



Εικόνα α

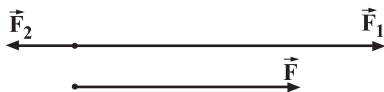
Β. Για τις συγγραμμικές και αντίρροπες δυνάμεις γνωρίζουμε ότι η συνισταμένη τους είναι συγγραμμική και ομόρροπη με τη συνιστώσα δύναμη μεγαλύτερης τιμής και δίνεται από τη σχέση

$$F = F_1 - F_2.$$

$$\text{Έτσι } F = 3F_2 - F_2 \text{ ή } F_2 = 5\text{N}$$

$$\text{και } F_1 = 3F_2 \text{ ή } F_1 = 15\text{N}$$

Η ζητούμενη ανάλυση φαίνεται στην εικόνα β.



Εικόνα β

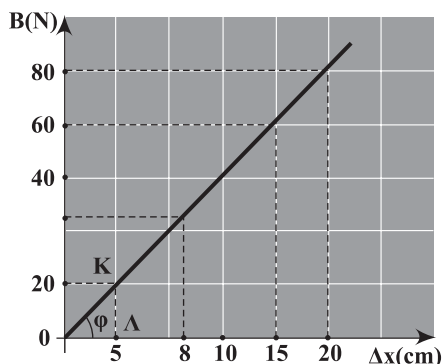
4. Α. Από το νόμο του Hooke έχουμε: $F = K\Delta x$. Αντικαθιστώντας το γνωστό ζευγάρι τιμών $\Delta x = 20\text{cm}$ και $F = 80\text{N}$ έχουμε:

$$80\text{N} = K \cdot 20\text{cm} \text{ ή } K = \frac{80}{20} \frac{\text{N}}{\text{cm}} \text{ ή } K = 4 \frac{\text{N}}{\text{cm}}.$$

Άρα, αν χρησιμοποιήσουμε τη σχέση $B = K\Delta x$ ο πίνακας συμπληρώνεται ως εξής:

Επιμήκυνση (cm)	5	8	10	15	20
Βάρος (N)	20	32	40	60	80

Β. Από τον πίνακα κατασκευάζουμε το διάγραμμα ως εξής:



Γ. Η κλίση της γραφικής παράστασης ισούται με την εφαπτομένη της γωνίας φ και ισχύει: $\epsilon\varphi\varphi = \frac{K\Delta}{O\Lambda} = \frac{20N}{5cm} = 4N/cm$, δηλαδή δίνει τη σταθερά του ελατηρίου K .

5. Επειδή το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα, δηλαδή $a = 0$, όπως προκύπτει από το νόμο του Νεύτωνα $\Sigma F = ma$, πρέπει να είναι $\Sigma F = 0$. Αυτό σημαίνει ότι στο σώμα ασκείται δύναμη F_3 ίδιας κατεύθυνσης με τη μικρότερη δύναμη F_2 , έτσι ώστε να ισχύει:

$$F_1 - F_2 - F_3 = 0 \quad \text{ή} \quad F_3 = F_1 - F_2 = (22 - 7)N \quad \text{ή} \quad F_3 = 15N.$$

6. Επειδή το πιθηκάκι ισορροπεί, θα πρέπει να δέχεται από το κλαδί δύναμη F , ώστε η συνισταμένη της F και το βάρος B να είναι ίση με μηδέν. Δηλαδή: $F - B = 0$ ή $F = B$ ή $F = 200N$ αντίρροπη του βάρους του.

7. Η συνισταμένη δύναμη ΣF έχει και στις τέσσερις περιπτώσεις την ίδια τιμή $\Sigma F = 20N$ με φορά προς τ' αριστερά, εκτός της περίπτωσης Β που η φορά είναι προς τα δεξιά. Έτσι στις περιπτώσεις Α, Γ και Δ έχουμε την ίδια επιτάχυνση που είναι αντίθετη της επιτάχυνσης του σώματος στην περίπτωση Β.

8. Από τη σχέση $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ βρίσκουμε την επιβράδυνση a που είναι:

$$a = \frac{5}{2} \text{ m/s}^2 = 2,5 \text{ m/s}^2.$$

Έτσι η ζητούμενη δύναμη είναι: $F = m a = 10 \cdot 2,5 \text{ N}$ ή $F = 25 \text{ N}$.

9. Από τη σύγκριση της σχέσης $v = 4t$ με τη σχέση $v = at$ προκύπτει πως το σώμα εκτελεί ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με επιτάχυνση $a = 4 \text{ m/s}^2$. Έτσι η συνισταμένη δύναμη για το σώμα είναι:

$$\Sigma F = m a = 1,4 \text{ N} \text{ ή } \Sigma F = 4 \text{ N}.$$

10. Από τον ορισμό της επιτάχυνσης έχουμε:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{14 - 10}{2} \text{ m/s}^2 \text{ ή } a = 2 \text{ m/s}^2.$$

Έτσι από τον νόμο του Νεύτωνα έχουμε: $F = m a = 10 \cdot 2 \text{ N}$ ή $F = 20 \text{ N}$.

11. Α. Για την επιτάχυνση κάθε σώματος έχουμε:

$$a_1 = \frac{F_1}{m_1} = \frac{4}{1} \text{ m/s}^2 \text{ ή } a_1 = 4 \text{ m/s}^2 \text{ και}$$

$$a_2 = \frac{F_2}{m_2} = \frac{15}{3} \text{ m/s}^2 \text{ ή } a_2 = 5 \text{ m/s}^2.$$

Β. Αν τα δύο σώματα απέχουν κατά 18 m μετά από χρόνο t στον οποίο έχουν διανύσει αντίστοιχο διάστημα S_1 και S_2 θα πρέπει να ισχύει: $S_2 - S_1 = (18 - 10) \text{ m}$ ή $S_2 - S_1 = 8 \text{ m}$. Έτσι έχουμε:

$$\frac{1}{2} a_2 t^2 - \frac{1}{2} a_1 t^2 = 8 \text{ ή } \frac{1}{2} 5 t^2 - \frac{1}{2} 4 t^2 = 8$$

$$\text{ή } 2,5 t^2 - 2 t^2 = 8 \text{ ή } t^2 = 16 \text{ ή } t = 4 \text{ s}.$$

12. Α. Αρχικά το σώμα επιταχύνεται με επιτάχυνση

$$a_1 = \frac{F_1}{m} = \frac{20}{20} \text{ m/s}^2 \text{ ή } a_1 = 1 \text{ m/s}^2 \text{ για χρόνο έστω } t_1, \text{ στον}$$

οποίο αποκτά ταχύτητα v_0 διανύοντας διάστημα S_1 . Προφανώς για την κίνηση αυτή ισχύει:

$$S_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 \text{ ή } S_1 = \frac{1}{2} t_1^2 \quad (\alpha)$$

$$\text{και } v_0 = a_1 t_1 \text{ ή } v_0 = t_1 \quad (\beta)$$

Κατόπιν το σώμα επιβραδύνεται με επιβράδυνση

$$a_2 = \frac{F_2}{m} = \frac{5}{20} \text{ m/s}^2 \quad \text{ή} \quad a_2 = 0,25 \text{ m/s}^2$$

Τελικά το σώμα κινείται ακόμη μέχρι να σταματήσει στιγ-

$$\text{μαία για χρόνο } t_2 = \frac{v_0}{a_2} = \frac{t_1}{a_2} \quad (\gamma)$$

$$\text{Στο χρόνο αυτό διανύει διάστημα } s_2 = \frac{v_0^2}{2a_2} = \frac{t_1^2}{2a_2} \quad (\delta)$$

$$\text{Αλλά } s_1 + s_2 = s_{\text{ολ}} \quad \text{ή} \quad \frac{1}{2} t_1^2 + \frac{t_1^2}{2a_2} = s_{\text{ολ}} \quad \text{ή}$$

$$\frac{1}{2} t_1^2 + 2 t_1^2 = 40 \quad \text{ή} \quad t_1 = 4 \text{ s.}$$

Άρα η δύναμη F_2 άρχισε να ενεργεί μετά από διαδρομή

$$s_1 = \frac{1}{2} t_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 4^2 \text{ s} \quad \text{ή} \quad s_1 = 8 \text{ m.}$$

B. Η συνολική διάρκεια κίνησης του σώματος είναι:

$$t_{\text{ολ}} = t_1 + t_2 = t_1 + \frac{t_1}{a_2} = \left(4 + \frac{4}{0,25} \right) \text{ s} \quad \text{ή} \quad t_{\text{ολ}} = 20 \text{ s.}$$

13. A. Από την εξίσωση της κίνησης για την ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση έχουμε:

$$s = \frac{1}{2} a t^2 \quad \text{ή} \quad a = \frac{2s}{t^2} = \frac{48}{16} \text{ m/s}^2 \quad \text{ή} \quad a = 3 \text{ m/s}^2.$$

B. Αντικαθιστώντας στην εξίσωση $\Sigma F = m a$ όπου $\Sigma F = F_1 + F_2 - F_3$ έχουμε: $F_1 + F_2 - F_3 = m a$ ή $6 + 2 - F_3 = 1 \cdot 3$ ή $F_3 = 5 \text{ N.}$

14. Στην πρώτη περίπτωση η $\Sigma F = F_1 - F_2 = 40 \text{ N} - 20 \text{ N}$ ή $\Sigma F = 20 \text{ N.}$

Άρα η $\Sigma F = m a$ δίνει για τη μάζα $m = \frac{20}{0,3} \text{ kg.}$

Έτσι στη δεύτερη περίπτωση η επιτάχυνση του σώματος είναι:

$$\Sigma F' = m a' \quad \text{ή} \quad a' = \frac{\Sigma F'}{m} = \frac{40}{\frac{20}{0,3}} \text{ m/s}^2 \quad \text{ή} \quad a' = 0,6 \text{ m/s}^2.$$

Την τιμή αυτή την αναμένουμε, αφού διπλάσια δύναμη στο ίδιο σώμα, προκαλεί διπλάσια επιτάχυνση.

15. Από την εξίσωση του διαστήματος για την ελεύθερη πτώση έχουμε:

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{ή} \quad t^2 = \frac{2h}{g} \quad \text{ή} \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

και με αντικατάσταση βρίσκουμε $t = 2\text{s}$.

16. Αν το πρώτο σώμα φτάνει στον πυθμένα σε χρόνο t , ισχύει:

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{ή} \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \text{και με αντικατάσταση } t = 6\text{s}.$$

Το δεύτερο σώμα έχει κινηθεί για χρόνο t' που είναι:

$$t' = t - \Delta t \quad \text{ή} \quad t' = (6 - 1)\text{s} = 5\text{s}.$$

Στο χρόνο αυτό έχει διανύσει διάστημα

$$h' = \frac{1}{2} g t'^2 = \frac{1}{2} 10 \cdot 5^2 \text{ m} \quad \text{ή} \quad h' = 125\text{m}.$$

Κατά συνέπεια η ζητούμενη απόσταση Δh είναι:

$$\Delta h = h - h' = (180 - 125)\text{m} \quad \text{ή} \quad \Delta h = 55\text{m}.$$

17. Α. Η επιτάχυνση που αποκτά το αυτοκίνητο θα είναι:

$$F = m a \quad \text{ή} \quad a = \frac{F}{m} = \frac{2 \cdot 10^4}{4.000} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2.$$

Όμως το διάστημα μέχρι να σταματήσει είναι:

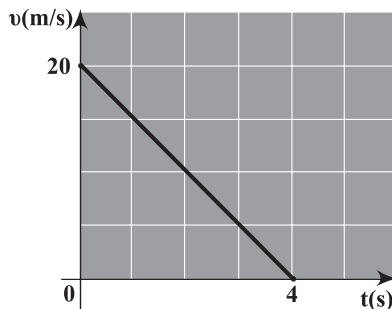
$$S = \frac{v_0^2}{2a} \quad \text{ή} \quad v_0^2 = 2a s \quad \text{ή} \quad v_0 = \sqrt{2a s}$$

και με αντικατάσταση $v_0 = 20\text{m/s}$.

Β. Η χρονική διάρκεια της επιβραδυνόμενης κίνησης είναι:

$$t_{\text{ολ}} = \frac{v_0}{a} = \frac{20}{5} \text{ s} \quad \text{ή} \quad t_{\text{ολ}} = 4\text{s}.$$

Γ. Τέλος το ζητούμενο διάγραμμα είναι:



18. Α. Έστω ότι το πρώτο σώμα φτάνει στο έδαφος σε χρόνο t .

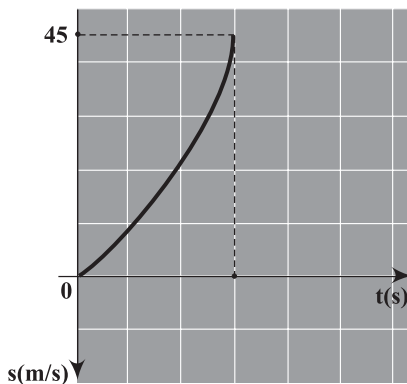
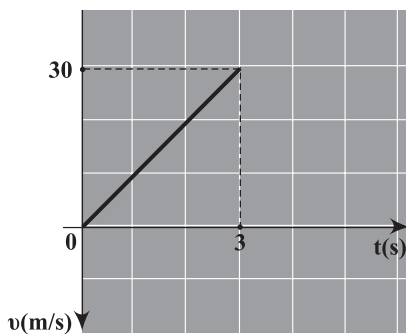
Ισχύει ότι: $h = \frac{1}{2} g t^2$ ή $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ και με αντικατάσταση

$t = 3\text{s}$. Επειδή το δεύτερο σώμα ρίχνεται μετά από ένα δευτερόλεπτο και φτάνει στο έδαφος ταυτόχρονα με το πρώτο, πρέπει να κινείται για χρόνο $t' = t - \Delta t$ ή $t' = (3 - 1)\text{s}$ ή $t' = 2\text{s}$. Έτσι για το δεύτερο σώμα έχουμε:

$$h = v_0 t' + \frac{1}{2} g t'^2 \quad \text{ή} \quad v_0 = \frac{h - \frac{1}{2} g t'^2}{t'} \quad \text{ή}$$

$$v_0 = \frac{45 - 5 \cdot 2^2}{2} \text{ m/s} \quad \text{ή} \quad v_0 = 12,5 \text{ m/s}.$$

Β. Τα ζητούμενα διαγράμματα είναι:



Κεφάλαιο 1.3

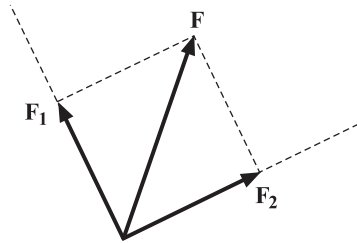
1. Με βάση τα δεδομένα το παραλληλόγραμμο των δυνάμεων θα είναι τετράγωνο.

Έτσι έχουμε:

$$F^2 = F_1^2 + F_2^2 = 2F_1^2 \quad \text{ή} \quad F_1 = \sqrt{\frac{F^2}{2}}$$

και με αντικατάσταση

$$F_1 = F_2 = \sqrt{50} \text{ N} \quad \text{ή} \quad F_1 = F_2 = 5\sqrt{2} \text{ N}$$



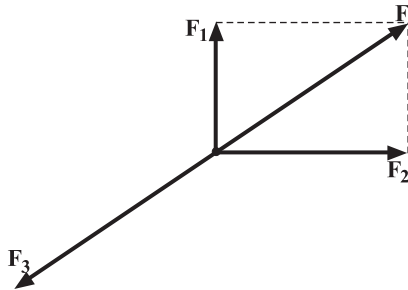
2. Η συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2 είναι:

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

και με αντικατάσταση $F = \sqrt{41} \text{ N}$.

Για να ισορροπεί το σώματι πρέπει να του ασκείται δύναμη F_3 αντίθετη της F .

$$\text{Δηλαδή } F_3 = F = \sqrt{41} \text{ N}.$$



3. Η συνισταμένη F των δύο δυνάμεων F_1 , F_2 δίνεται από τη σχέση:

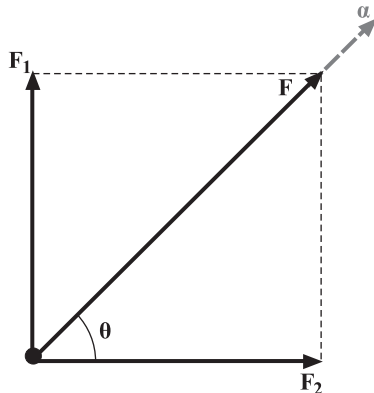
$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \quad \text{και με αντικατάσταση}$$

$F = 10 \text{ N}$. Άρα η επιτάχυνση που αποκτά το σώμα είναι:

$$a = \frac{F}{m} \quad \text{ή} \quad a = \frac{10}{1} \text{ m/s}^2 \quad \text{ή} \quad a = 10 \text{ m/s}^2$$

Η επιτάχυνση a έχει την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης F δηλαδή σχηματίζει με τη δύναμη F_2 γωνία $\hat{\theta}$ για την οποία ισχύει:

$$\varepsilon\varphi\theta = \frac{F_1}{F_2} = \frac{6}{8} \quad \text{ή} \quad \varepsilon\varphi\theta = \frac{3}{4}.$$



4. Α. Από την εξίσωση της ελεύθερης πτώσης έχουμε:

$$h = \frac{1}{2} g_{\Sigma} t^2 \quad \text{ή} \quad g_{\Sigma} = \frac{2h}{t^2} \quad \text{και με αντικατάσταση}$$

$$g_{\Sigma} = \frac{2 \cdot 7,2}{3^2} \text{ m/s}^2 \quad \text{ή} \quad g_{\Sigma} = 1,6 \text{ m/s}^2.$$

- Β. α) Ο χρόνος που χρειάζεται το σώμα για να φθάσει στο έδαφος σύμφωνα με την αρχή επαλληλίας των κινήσεων, είναι πάλι 3s.
 β) Για την οριζόντια κίνηση έχουμε: $x = v t$ ή $x = 12 \cdot 3 \text{ m}$ $x = 36 \text{ m}$.

5. Α. Οι ζητούμενες εξισώσεις για τις δύο κινήσεις της δόμβας στους άξονες x και y είναι αντίστοιχα:

$$x = v t \quad (\alpha) \quad \text{και} \quad y = \frac{1}{2} g t^2 \quad (\gamma)$$

$$v_x = v_0 \quad (\beta) \quad v_y = g t \quad (\delta)$$

- Β. Από τη (γ) έχουμε:

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{ή} \quad g = \frac{2y}{t^2} \quad \text{ή} \quad g = \frac{2 \cdot 500}{10^2} \text{ m/s}^2 \quad \text{ή} \quad g = 10 \text{ m/s}^2.$$

- Γ. Επειδή η ταχύτητα v_x της δόμβας είναι ίση με την ταχύτητα (v_0) του αεροπλάνου, δόμδα και αεροπλάνο διανύουν κάθε στιγμή την ίδια απόσταση x . Έτσι τη στιγμή που η δόμδα φτάνει στο έδαφος, το αεροπλάνο βρίσκεται ακριβώς πάνω από το σημείο πρόκρουσης, έχοντας μετατοπιστεί από το σημείο που άφησε τη δόμδα κατά $x = v_0 t = 150 \cdot 10 \text{ m}$ ή $x = 1.500 \text{ m}$.

6. Α. Στα σώματα ασκούνται τα δάρη τους και οι τάσεις $T_1 = T_2 = T$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Εφαρμόζω για κάθε σώμα το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής:

$$B_1 - T = m_1 \alpha \quad (1) \quad \text{και}$$

$$T - B_2 = m_2 \alpha \quad (2).$$

Β. Προσθέτοντας τις σχέσεις (1) και (2) κατά μέλη έχουμε:

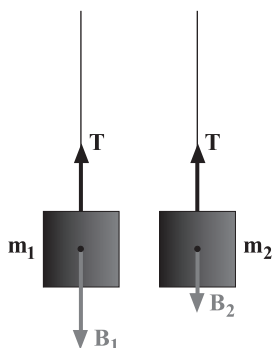
$$B_1 - T + T - B_2 = m_1 \alpha + m_2 \alpha \quad \text{ή}$$

$$B_1 - B_2 = (m_1 + m_2) \alpha \quad \text{ή}$$

$$\alpha = \frac{m_1 g - m_2 g}{m_1 + m_2} \quad \text{ή} \quad \alpha = \frac{30 - 10}{4} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \text{ή} \quad \alpha = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Γ. Αντικαθιστούμε την τιμή της επιτάχυνσης σε μια από τις αρχικές σχέσεις, π.χ. στην (1) και έχουμε:

$$T = B_1 - m_1 \alpha \quad \text{ή} \quad T = (3 \cdot 10 - 3 \cdot 5) \text{ N} \quad \text{ή} \quad T = 15 \text{ N}.$$



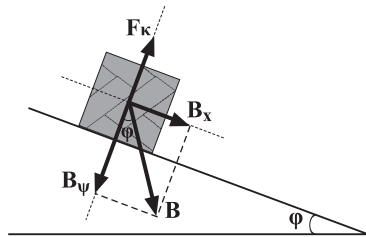
7. Α. Οι δυνάμεις στο σώμα είναι το βάρος του Β και η δύναμη F_K λόγω της άμεσης επαφής του με το κεκλιμένο επίπεδο.

Αναλύουμε το βάρος Β στις συνιστώσες B_x και B_y , οπότε ο θεμελιώδης νόμος γράφεται:

$$\Sigma F = m a \quad \text{ή} \quad B_x = m a \quad (1).$$

- Β. Αντικαθιστώντας στη σχέση (1) βρίσκουμε:

$$m g \eta \mu \varphi = m a \quad \text{ή} \quad a = g \eta \mu \varphi \quad \text{ή} \quad a = \frac{g}{2}.$$



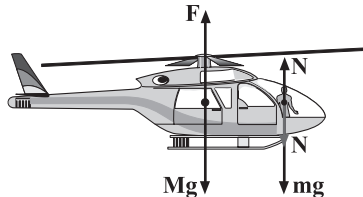
8. Α. Στον πιλότο ασκείται το βάρος του mg και η δύναμη N από το κάθισμα. Στο ελικόπτερο ασκείται το βάρος του Mg , η ανυψωτική δύναμη F και η εσωτερική δύναμη N που ασκεί ο πιλότος λόγω άμεσης επαφής.

- Β. Από το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής για το σύστημα έχουμε:

$$F - Mg - mg = (M + m) a \quad \text{ή}$$

$$F = [(1.920 + 80) \cdot 2 + 1.920 \cdot 10 + 80 \cdot 10] \text{N}$$

$$\text{ή} \quad F = 24.000 \text{N}.$$



- Γ. Ο ίδιος νόμος για τον πιλότο δίνει:

$$N - mg = ma \quad \text{ή} \quad N = ma + mg \quad \text{ή} \quad N = (80 \cdot 2 + 80 \cdot 10) \text{N} \quad \text{ή} \quad N = 960 \text{N}.$$

9. Α. Η κίνηση του σώματος είναι ομαλά επιταχυνόμενη χωρίς

αρχική και κατά συνέπεια ισχύει: $s = \frac{1}{2} a t^2$ και $v = a t$. Από

τις εξισώσεις αυτές αντικαθιστώντας το χρόνο t από τη δεύτερη εξίσωση στην πρώτη έχουμε:

$$s = \frac{1}{2} a \frac{v^2}{a^2} \quad \text{ή} \quad s = \frac{v^2}{2a} \quad \text{ή} \quad a = \frac{v^2}{2s} \quad \text{ή}$$

$$a = \frac{10^2}{2 \cdot 10} \text{m/s}^2 \quad \text{ή} \quad a = 5 \text{m/s}^2.$$

- Β. Από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα βρίσκουμε ότι:

$\Sigma F = m a$ ή $\Sigma F = 5 \cdot 5 \text{N}$ ή $\Sigma F = 25 \text{N}$. Επειδή $\Sigma F > F$ σημαίνει ότι υπάρχει τριβή T έτσι ώστε:

$$\Sigma F = F - T \quad \text{ή} \quad T = F - \Sigma F = (30 - 25) \text{N} \quad \text{ή} \quad T = 5 \text{N}.$$

- Γ. Για το συντελεστή τριβής ολίσθησης βρίσκουμε:

$$T = \mu F_K = \mu mg \quad \text{ή} \quad \mu = \frac{T}{mg} \quad \text{ή} \quad \mu = \frac{5}{5 \cdot 10} \quad \text{ή} \quad \mu = 0,1.$$

10. Α. Δεχόμαστε ότι κατά την επιβράδυνσή του ο οδηγός δέχεται μόνο τη δύναμη F από τη ζώνη, και ότι αυτή είναι σταθερή. Από την εξίσωση που δίνει το μέγιστο διάστημα στην επιβραδυνόμενη κίνηση έχουμε:

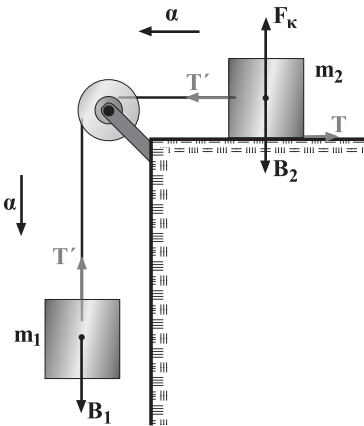
$$s_{\max} = \frac{v^2}{2a} \quad \text{ή} \quad a = \frac{v^2}{2s_{\max}} \quad \text{ή} \quad a = \frac{30^2}{2 \cdot 0,2} \text{ m/s}^2 \quad \text{ή} \quad a = 2.250 \text{ m/s}^2.$$

- Β. Η δύναμη από τη ζώνη ασφαλείας που προκαλεί την παραπάνω επιβράδυνση είναι: $F = m a = 60 \cdot 2.250 \text{ N}$ ή $F = 135.000 \text{ N}$.

11. Α. Επειδή η ταχύτητα της ντουλάπας είναι σταθερή ισχύει $a = 0$, δηλαδή $\Sigma F = 0$ ή $F - T = 0$ ή $T = F$ ή $T = 120 \text{ N}$.

$$\text{Αλλά } T = \mu F_k \quad \text{ή} \quad \mu = \frac{120}{250} \quad \text{ή} \quad \mu = 0,48.$$

- Β. Η ελάττωση του βάρους της ντουλάπας ελαττώνει την τριβή σε μια νέα τιμή $T' = \mu B = 0,48 \cdot 160 \text{ N}$ ή $T' = 76,8 \text{ N}$. Για να έχουμε πάλι σταθερή ταχύτητα η οριζόντια δύναμη F' θα πρέπει να είναι: $F' = T'$ ή $F = 76,8 \text{ N}$.



12. Α. Οι δυνάμεις σε κάθε σώμα φαίνονται στην εικόνα.

- Β. Για κάθε σώμα ο θεμελιώδης νόμος γράφεται:

$$B_1 - T' = m_1 a \quad (1) \quad \text{και}$$

$$T' - T = m_2 a \quad (2)$$

- Γ. Προσθέτοντας κατά μέλη τις εξισώσεις (1) και (2) έχουμε

$$B_1 - T = (m_1 + m_2) a \quad \text{και επειδή}$$

$$T = \mu F_k = \mu m_2 g \quad \text{προκύπτει:}$$

$$m_1 g - \mu m_2 g = (m_1 + m_2) a \quad \text{ή}$$

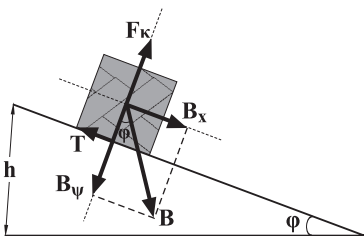
$$a = \frac{8 \cdot 10 - 0,25 \cdot 12 \cdot 10}{12 + 8} \text{ m/s}^2 \quad \text{ή}$$

$$a = 2,5 \text{ m/s}^2.$$

13. Α. Οι δυνάμεις φαίνονται στην εικόνα.

- Β. Για την τριβή έχουμε: $T = \mu F_k$ και επειδή $F_k = B_y = mg \sin \phi$, η τριβή είναι: $T = \mu mg \sin \phi$ ή

$$T = \frac{\sqrt{3}}{6} 1 \cdot 10 \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ N} \quad \text{ή} \quad T = 2,5 \text{ N}.$$



Γ. Από το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής έχουμε:

$$\Sigma F = m\alpha \text{ ή } B_x - T = m\alpha \text{ ή } mg\eta\mu\varphi - T = m\alpha \text{ ή } \alpha = \frac{1 \cdot 10 \frac{1}{2} - 2,5}{1} \text{ m/s}^2$$

ή $\alpha = 2,5 \text{ m/s}^2$. Έτσι το ζητούμενο διάστημα είναι:

$$s = \frac{1}{2} \alpha t^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 1 \text{ m} \text{ ή } s = 1,25 \text{ m}.$$

14. Η γραμμική ταχύτητα για κάθε σημείο του πλέγματος του τροχού είναι ίση με τη μεταφορική ταχύτητα του αυτοκινήτου.

Δηλαδή $v = 35 \text{ m/s}$. Για την κεντρομόλο επιτάχυνση έχουμε: $\alpha_\kappa = \frac{v^2}{R}$,

όπου $R = \frac{\delta}{2} = \frac{0,8}{2} \text{ m} \text{ ή } R = 0,4 \text{ m}.$

Έτσι $\alpha_\kappa = \frac{35^2}{0,4} \text{ m/s}^2 \text{ ή } \alpha_\kappa = 3.062,5 \text{ m/s}^2.$

15. Από τη σχέση $v = \omega R$, αν θέσουμε $\omega = \frac{2\pi}{T}$ βρίσκουμε για τη ζητούμενη ταχύτητα: $\omega = \frac{2\pi}{T} \cdot R = \frac{2 \cdot 3,14}{24 \cdot 3.600} \cdot 6.380 \cdot 10^3 \text{ m/s} \text{ ή }$

$v = 463 \text{ m/s}$. Για την κεντρομόλο επιτάχυνση έχουμε: $\alpha_\kappa = \frac{v^2}{R} = \frac{463^2}{6.380 \cdot 10^3}$
ή $\alpha_\kappa = 0,034 \text{ m/s}^2.$

16. Για την ταχύτητα έχουμε:

$$v = \omega R = 2\pi f \frac{\delta}{2} = 2 \cdot 3,14 \cdot 8,5 \frac{13,8 \cdot 10^3}{2} \text{ m/s} \text{ ή } v = 368 \cdot 10^3 \text{ m/s}.$$

Η ζητούμενη κεντρομόλος επιτάχυνση είναι:

$$\alpha_\kappa = \frac{v^2}{R} = \frac{(368 \cdot 10^3)^2}{\frac{13,8 \cdot 10^3}{2}} \text{ m/s}^2 \text{ ή } \alpha_\kappa = 19,6 \cdot 10^6 \text{ m/s}^2.$$

17. Η συχνότητα περιστροφής του κάδου είναι:

$$f = \frac{780}{60} \text{ Hz} \text{ ή } f = 13 \text{ Hz}.$$

Έτσι βρίσκουμε: $v = \omega R = 2\pi fR$ ή

$$v = 2\pi f \frac{\delta}{2} = 2 \cdot 3,14 \cdot 13 \cdot \frac{0,66}{2} \text{ m/s} \quad \text{ή}$$

$$v = 26,9 \text{ m/s} \quad \text{και} \quad a_x = \frac{v^2}{R} = \frac{26,9^2}{0,33} \text{ m/s}^2 \quad \text{ή} \quad a_x = 2.193 \text{ m/s}^2.$$

18. Η τιμή της τριβής, δηλαδή η κεντρομόλος δύναμη, δεν μπορεί να υπερβαίνει το 25% του βάρους του αυτοκινήτου.

$$\text{Δηλαδή: } F_{\kappa(\max)} = 0,25B \quad \text{ή} \quad F_{\kappa(\max)} = 0,25mg.$$

$$\text{Όμως } F_{\kappa(\max)} = \frac{mv_{\max}^2}{R} \quad \text{ή} \quad 0,25mg = \frac{mv_{\max}^2}{R} \quad \text{ή}$$

$$v_{\max} = \sqrt{0,25gR} \quad \text{και με αντικατάσταση } v_{\max} = 13 \text{ m/s}.$$

19. Για την περίοδο του ωροδείκτη και του λεπτοδείκτη βρίσκουμε: $T_{\Omega} = 12\text{h} = 12 \cdot 3.600\text{s}$ ή $T_{\Omega} = 43.200\text{s}$ και $T_{\Lambda} = 1\text{h} = 1 \cdot 3.600$ ή $T_{\Lambda} = 3.600\text{s}$.

Έστω ότι οι δείκτες σχηματίζουν για πρώτη φορά γωνία $\frac{\pi}{3}$ μετά από

$$\text{χρόνο } t. \text{ Ο λεπτοδείκτης έχει διαγράψει γωνία } \varphi_{\Lambda} = \omega_{\Lambda} t = \frac{2\pi}{T_{\Lambda}} t \quad (1)$$

Αντίστοιχα ο ωροδείκτης θα έχει διαγράψει γωνία

$$\varphi_{\Omega} = \omega_{\Omega} t = \frac{2\pi}{T_{\Omega}} t \quad (2). \quad \text{Όμως } \varphi_{\Lambda} - \varphi_{\Omega} = \frac{\pi}{3} \quad \text{οπότε αντικαθιστούμε τις}$$

$$(1) \text{ και } (2) \text{ και έχουμε } \frac{2\pi}{T_{\Lambda}} t - \frac{2\pi}{T_{\Omega}} t = \frac{\pi}{3} \quad \text{ή}$$

$$2t \left(\frac{1}{T_{\Lambda}} - \frac{1}{T_{\Omega}} \right) = \frac{1}{3} \quad \text{ή} \quad 2t \left(\frac{1}{3.600} - \frac{1}{43.200} \right) = \frac{1}{3} \quad \text{ή} \quad t = 10,9 \text{ min}.$$

20. Το δλήμα κινούμενο ομαλά χρειάζεται χρόνο t για να φθάσει στο δίσκο, ο οποίος είναι: $t = \frac{d}{v} = \frac{2}{400} \text{ s}$ ή $t = 0,005\text{s}$. Στον ίδιο χρό-

νο t ο δίσκος περιστρέφεται κατά γωνία $\frac{\pi}{4}$.

$$\text{Επομένως βρίσκουμε ότι: } \omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{\frac{\pi}{4} \text{ rad}}{0,005\text{s}} = \frac{\pi}{0,02} \text{ rad/s} \quad \text{ή} \quad \omega = 50\pi \text{ rad/s}.$$

21. Α. Για την ταχύτητα του δορυφόρου βρίσκουμε:

$$v = \omega(R + h) = \frac{2\pi}{T}(R + h) \quad \text{ή}$$

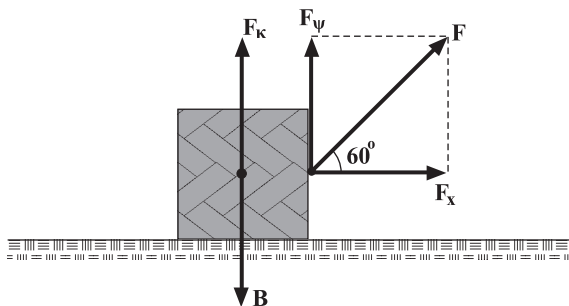
$$v = \frac{2 \cdot 3,14}{4 \cdot 3.600} (6.400 \cdot 10^3 + 6.400 \cdot 10^3) \text{ m/s} \quad \text{ή} \quad v = 5.581 \text{ m/s.}$$

- Β. Για τη γωνιακή ταχύτητα του δορυφόρου έχουμε:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \cdot 3,14}{4 \cdot 3.600} \text{ rad/s} \quad \text{ή} \quad \omega = 4,36 \cdot 10^{-4} \text{ rad/s.}$$

22. Α. Από την ισορροπία του σώματος στον κατακόρυφο άξονα έχουμε: $F_K + F_Y = B$ ή $F_K = m \cdot g - F_{\eta\mu 60}$

$$F_K = \left(10 \cdot 10 - 40 \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{ N} \quad \text{ή} \quad F_K = (100 - 20\sqrt{3}) \text{ N} \quad \text{ή} \quad F_K = 65,36 \text{ N.}$$



- Β. Η ταχύτητα μετά από 5s θα είναι $v = at$, όπου a η επιτάχυνση με την οποία θα κινηθεί το σώμα.

$$\text{Αλλά } F_X = m a \quad \text{ή} \quad a = \frac{F_X}{m} = \frac{F \sin 60}{m} = \frac{40 \frac{1}{2}}{10} \text{ m/s}^2 \quad \text{ή} \quad a = 2 \text{ m/s}^2.$$

Έτσι $v = at = 2 \cdot 5 \text{ m/s}$ ή $v = 10 \text{ m/s}$.

- Γ. Κατά τη διάρκεια του πέμπτου δευτερολέπτου το σώμα διανύει διάστημα:

$$S = S_5 - S_4 = \frac{1}{2} a t_5^2 - \frac{1}{2} a t_4^2 \quad \text{ή}$$

$$S = \frac{1}{2} a (t_5^2 - t_4^2) = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (5^2 - 4^2) \text{ m} \quad \text{ή} \quad S = 9 \text{ m.}$$

23. Α. Για να κινηθεί το σώμα απαιτείται δύναμη $F \geq T$.

Άρα η ζητούμενη μικρότερη δύναμη είναι $F = T$ ή

$$F = \mu F_k \text{ ή } F = \mu B = 0,2 \cdot 1.000 \text{ N ή } F = 200 \text{ N.}$$

Β. Η ζητούμενη επιτάχυνση είναι:

$$a = \frac{F' - T}{m} = \frac{(F' - T)g}{B} \text{ ή } a = \frac{(500 - 200)10}{1.000} \text{ m/s}^2 \text{ ή } a = 3 \text{ m/s}^2.$$

Γ. Η κίνηση του κιβωτίου είναι ομαλά επιταχυνόμενη χωρίς αρχική

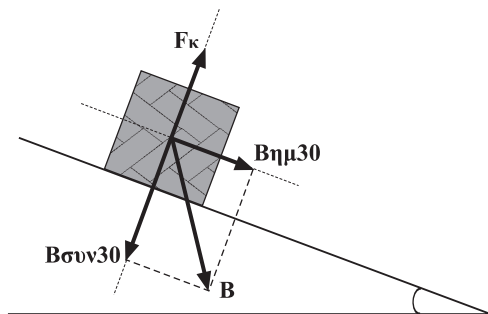
ταχύτητα. Έτσι: $s = \frac{1}{2} a t^2$ ή $t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$ και με αντικατάσταση

$t = 4 \text{ s}$. Για τη ζητούμενη ταχύτητα έχουμε:

$$v = a t = 3 \cdot 4 \text{ m/s ή } v = 12 \text{ m/s.}$$

24. Α. Από την ισορροπία του σώματος στον άξονα y έχουμε:

$$F_k - B \sin 30 = 0 \text{ ή } F_k = m g \sin 30 = 1 \cdot 10 \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ N ή } F_k = 5\sqrt{3} \text{ N.}$$



Β. Για την επιτάχυνση του σώματος έχουμε:

$$B \sin 30 = m a \text{ ή } a = \frac{m g \sin 30}{m} \text{ ή } a = g \sin 30 \text{ ή } a = 5 \text{ m/s}^2.$$

Γ. Η κίνηση του σώματος είναι ομαλά επιταχυνόμενη με $v_0 = 0$,

οπότε: $S = \frac{1}{2} a t^2$ ή $\frac{h}{\sin 30^\circ} = \frac{1}{2} a t^2$ ή $t = \sqrt{\frac{2h}{a \sin 30}}$ και με αντικατάσταση $t = 2 \text{ s}$.

Επίσης $v = a t = 5 \cdot 2 \text{ m/s ή } v = 10 \text{ m/s}$.

Δ. Στην περίπτωση αυτή το σώμα επιταχύνεται με επιτάχυνση

$a' = g \sin 45$ και διανύει διάστημα $S' = \frac{h}{\sin 45}$. Έτσι ο χρόνος κίνησης του είναι

$t' = \sqrt{\frac{2h}{g \sin^2 45}}$ και η ζητούμενη ταχύτητα

$$v = \alpha' t' = g \eta \mu 45 \sqrt{\frac{2h}{g \eta \mu^2 45}} = \sqrt{2gh}. \text{ Δηλαδή η ταχύτητα είναι ανε-}$$

ξάρτητη από τη γωνία του κεκλιμένου επιπέδου και αφού το ύψος h παραμένει το ίδιο, το σώμα φτάνει στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου με την ίδια ταχύτητα $v = 10 \text{ m/s}$.

25. Α. Από το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής για κάθε σώμα έχουμε: $F - T = m_1 \alpha$ (1) και

$$T = m_2 \alpha \quad (2)$$

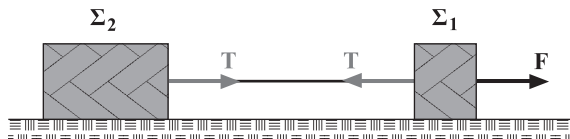
Από την πρόσθεση των εξισώσεων (1) και (2) κατά μέλη βρίσκουμε:

$$F = (m_1 + m_2) \alpha = \frac{B_1 + B_2}{g} \alpha = \frac{B_1 + B_2}{g} \frac{g}{8}$$

$$F = \frac{200 + 500}{8} \text{ N} \quad \text{ή} \quad F = 87,5 \text{ N}.$$

- Β. Με αντικατάσταση της τιμής της F στην εξίσωση (2) βρίσκουμε:

$$T = m_2 \alpha = \frac{B_2}{g} \cdot \frac{g}{8} = \frac{B_2}{8} \quad \text{ή} \quad T = 62,5 \text{ N}.$$



Κεφάλαιο 1.4

1. Από το νόμο της παγκόσμιας έλξης έχουμε:

$$F = G \frac{m_p \cdot m_p}{R^2} = G \frac{m_p^2}{4r_p^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{(1,67 \cdot 10^{-27})^2}{4 \cdot (10^{-15})^2} \text{ N} \quad \text{ή}$$

$$F = 4,65 \cdot 10^{-35} \text{ N}.$$

2. Α. Η επιτάχυνση στην επιφάνεια του αστεροειδούς είναι:

$$g = G \frac{m}{R^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{7 \cdot 10^{20}}{(5,5 \cdot 10^5)^2} \text{ m/s}^2 \quad \text{ή} \quad g = 1,54 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}^2.$$

Β. Το σώμα έλκεται από τον αστεροειδή με δύναμη:

$$F = m g = 100 \cdot 1,54 \cdot 10^{-1} \text{ N} \quad \text{ή} \quad F = 15,4 \text{ N}.$$

3. Από τη σχέση

$$B = F_z \quad \text{ή} \quad G \frac{M_\Gamma m}{(R_\Gamma + h)^2} = \frac{m v^2}{(R_\Gamma + h)} \quad \text{έχουμε:}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM_\Gamma}{R_\Gamma + h}}. \quad \text{Αλλά} \quad GM_\Gamma = g_0 R_\Gamma^2, \quad \text{οπότε:}$$

$$v = \sqrt{\frac{g_0 R_\Gamma^2}{4R_\Gamma}} \quad \text{ή} \quad v = \sqrt{\frac{g_0 R_\Gamma}{4}}.$$

4. Για την επιτάχυνση στη Γη και στη Σελήνη έχουμε:

$$g_{0(\Gamma)} = \frac{GM_\Gamma}{R_\Gamma^2} \quad \text{και} \quad g_{0(\Sigma)} = \frac{GM_\Sigma}{R_\Sigma^2}$$

Έτσι, διαιρώντας τις σχέσεις κατά μέλη βρίσκουμε:

$$\frac{g_{0(\Gamma)}}{g_{0(\Sigma)}} = \frac{M_\Gamma R_\Sigma^2}{M_\Sigma R_\Gamma^2} \quad \text{ή} \quad g_{0(\Sigma)} = g_{0(\Gamma)} \frac{M_\Sigma R_\Gamma^2}{M_\Gamma R_\Sigma^2} \quad \text{ή}$$

$$g_{0(\Sigma)} = g_{0(\Gamma)} \frac{M_\Sigma 16R_\Sigma^2}{81M_\Sigma R_\Sigma^2} \quad \text{ή} \quad g_{0(\Sigma)} = g_{0(\Gamma)} \frac{16}{81}$$

5. Από τη σχέση $v = \omega r$ έχουμε:

$$\sqrt{\frac{G M_{\Gamma}}{2 R_{\Gamma}}} = \frac{2\pi}{T} 2R_{\Gamma} \quad \text{ή} \quad T = \frac{4\pi R_{\Gamma}}{\sqrt{G M_{\Gamma}}} \sqrt{2R_{\Gamma}} \quad \text{ή}$$

$$T = \sqrt{\frac{32\pi^2 R_{\Gamma}^3}{G M_{\Gamma}}} = \sqrt{\frac{32\pi^2 R_{\Gamma}^3}{g_0 R_{\Gamma}^2}} \quad \text{ή} \quad T = 4\pi \sqrt{\frac{2 R_{\Gamma}}{g_0}}.$$

6. Πρέπει να είναι $F_1 = F_2$, δηλαδή:

$$G \frac{9 \cdot 1}{(15 - x)^2} = G \frac{4 \cdot 1}{x^2} \quad \text{ή}$$

$$9x^2 = 4(225 + x^2 - 30x) \quad \text{ή} \quad x = 6\text{m}.$$

7. Πρέπει να ισχύει:

$$g_{\Gamma} = g_{\Sigma} \quad \text{ή} \quad G \frac{M_{\Gamma}}{x_1^2} = G \frac{M_{\Sigma}}{x_2^2} \quad \text{ή}$$

$$\frac{M_{\Sigma}}{M_{\Gamma}} = \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^2 = \left(\frac{4 \cdot 10^4}{36 \cdot 10^4}\right)^2 \quad \text{ή} \quad \frac{M_{\Sigma}}{M_{\Gamma}} = \frac{1}{81}.$$

8. Α. Από τη σχέση $F_g = F_k$ έχουμε:

$$\frac{G M m}{r^2} = \frac{m v^2}{r} \quad \text{ή} \quad \frac{G M}{r} = \omega^2 r^2 \quad \text{ή} \quad \omega = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{G M}{r}},$$

δηλαδή η γωνιακή ταχύτητα είναι ανεξάρτητη από τη μάζα m του πλανήτη.

- Β. Για ακτίνα περιφοράς $r' = 4r$ έχουμε:

$$\omega' = \frac{1}{4r} \sqrt{\frac{G M}{4r}} = \frac{1}{8r} \sqrt{\frac{G M}{r}}, \quad \text{δηλαδή} \quad \omega' = \frac{1}{8} \omega.$$

9. Το βάρος του δορυφόρου στο ύψος h και στην επιφάνεια της

Γης, είναι αντίστοιχα: $B_h = G \frac{M_{\Gamma} m}{(3R_{\Gamma})^2}$ και $B_0 = G \frac{M_{\Gamma} m}{R_{\Gamma}^2}.$

Έτσι διαιρώντας κατά μέλη βρίσκουμε:

$$\frac{B_h}{B_0} = \frac{R_{\Gamma}^2}{9R_{\Gamma}^2} = \frac{1}{9} \quad \text{ή} \quad B_h = B_0 \frac{1}{9}, \quad \text{δηλαδή} \quad B_h = 10\text{N}.$$

10. Για τη δύναμη στο ύψος h ισχύει:

$$F_h = G \frac{M_\Gamma m}{\left(\frac{3R_\Gamma}{2}\right)^2} \quad \text{ή} \quad F_h = G \frac{4M_\Gamma m}{9R_\Gamma^2} \quad (\alpha)$$

$$\text{Αλλά} \quad F_0 = G \frac{M_\Gamma m'}{R_\Gamma^2} \quad \text{ή} \quad G \frac{M_\Gamma}{R_\Gamma^2} = \frac{F_0}{m'} \quad (6)$$

$$\text{Έτσι} \quad F_h = \frac{F_0}{m'} \frac{4m}{9} \quad \text{ή} \quad F_h = \frac{10}{1} \cdot \frac{4 \cdot 200\text{N}}{9} \quad \text{ή} \quad F_h = 888,9\text{N}.$$

11. Α. Η ζητούμενη κινητική ενέργεια K είναι:

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \left(\sqrt{\frac{GM_\Gamma}{5R_\Gamma}} \right)^2 \quad \text{ή}$$

$$K = \frac{1}{2} m \frac{GM_\Gamma}{5R_\Gamma} = \frac{1}{2} m \frac{g_0 R_\Gamma^2}{5R_\Gamma} \quad \text{ή} \quad K = \frac{mg_0 R_\Gamma}{10}$$

Β. Όχι, αφού η ταχύτητα και η ορμή είναι μεγέθη διανυσματικά, των οποίων η διεύθυνση συνεχώς μεταβάλλεται.

Γ. Είναι μηδέν, αφού η βαρυτική έλξη είναι συνεχώς κάθετη στην τροχιά του δορυφόρου.

$$12. \text{ Α. Έχουμε } \sqrt{\frac{g_0 R_\Gamma}{3}} = \sqrt{\frac{GM_\Gamma}{R_\Gamma + h}} \quad \text{ή} \quad \frac{g_0 R_\Gamma}{3} = \frac{g_0 R_\Gamma^2}{R_\Gamma + h} \quad \text{ή} \quad h = 2R_\Gamma.$$

$$\text{Β. Από τη σχέση } v = \sqrt{\frac{GM_\Gamma}{R_\Gamma + h}}$$

προκύπτει ότι σε μικρότερο ύψος έχουμε αύξηση και όχι ελάττωση της ταχύτητας. Επίσης από τη σχέση $v = \omega (R_\Gamma + h) = \frac{2\pi}{T} (R_\Gamma + h)$,

προκύπτει ότι $T = \frac{R_\Gamma + h}{v} \cdot 2\pi$, δηλαδή πράγματι η ελάττωση του ύψους προκαλεί ελάττωση στην περίοδο περιστροφής του δορυφόρου.

13. Α. Από τη σχέση $g_h = \frac{1}{4} g_0$ βρίσκουμε:

$$\frac{GM_\Gamma}{(R_\Gamma + h)^2} = \frac{1}{4} \frac{GM_\Gamma}{R_\Gamma^2} \quad \text{ή} \quad (R_\Gamma + h)^2 = 4R_\Gamma^2 \quad \text{ή} \quad h = R_\Gamma.$$

Β. $K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \left(\sqrt{\frac{GM_\Gamma}{2R_\Gamma}} \right)^2 \quad \text{ή}$

$$K = \frac{1}{2} m \frac{GM_\Gamma}{2R_\Gamma} = \frac{1}{2} m \frac{g_0 R_\Gamma^2}{2R_\Gamma} \quad \text{ή} \quad K = \frac{1}{4} m g_0 R_\Gamma.$$

Κεφάλαιο 2.1

1. Η ορμή του λεωφορείου είναι:

$$P = m v, \text{ όπου } v = 72 \text{ km / h} = \frac{72.000}{3.600} \text{ m / s} = 20 \text{ m / s.}$$

$$\text{Έτσι } p = 2.500 \cdot 20 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ ή } \Pi = 5 \cdot 10^4 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

2. Η ταχύτητα του αεροπλάνου είναι $v_0 = \frac{216.000}{3.600} \text{ m / s} = 60 \text{ m / s.}$

Από την εξίσωση της ταχύτητας στην ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση

$$\text{έχουμε: } v = v_0 - \alpha t \text{ ή } 0 = v_0 - \alpha t \text{ ή } \alpha = \frac{v_0}{t} = \frac{60}{120} \text{ m / s}^2 \text{ ή } \alpha = 0,5 \text{ m/s}^2.$$

$$\text{Αλλά } F = m \alpha \text{ ή } F = 10^5 \cdot 0,5 \text{ N ή } F = 5 \cdot 10^4 \text{ N.}$$

3. Από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα έχουμε:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv_{\text{τελ}} - mv_{\text{αρχ}}}{\Delta t} = \frac{mv_{\text{τελ}}}{\Delta t} \text{ ή } F = \frac{0,5 \cdot 24}{0,03} \text{ N ή } F = 400 \text{ N.}$$

4. Ο ρυθμός μεταβολής της ορμής είναι:

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \Sigma F \text{ ή } \frac{\Delta p}{\Delta t} = B = m g = 90 \cdot 10 \text{ N ή } \frac{\Delta p}{\Delta t} = 900 \text{ N.}$$

Επειδή ο αλεξιπτωτιστής θεωρούμε ότι κάνει ελεύθερη πτώση έχουμε:

$$v = g t = 10 \cdot 1 \text{ m/s ή } v = 10 \text{ m/s.}$$

5. Α. Θεωρώντας ως θετική φορά στον κατακόρυφο άξονα τη φορά από κάτω προς τα πάνω έχουμε:

$$\vec{\Delta p} = \vec{p}_{\text{τελ}} - \vec{p}_{\text{αρχ}} \text{ ή } \Delta p = p_{\text{τελ}} - (-p_{\text{αρχ}}) \text{ ή}$$

$$\Delta p = m v_2 + m v_1 = (0,5 \cdot 30 + 0,5 \cdot 10) \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ ή}$$

$$\Delta p = 20 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$\text{Β. Για τη ζητούμενη μέση δύναμη έχουμε: } F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{20}{0,25} \text{ N ή } F = 80 \text{ N.}$$

6. Α. Για τη μεταβολή της ορμής βρούμε:

$$\Delta p = p_{\text{τελ}} - p_{\text{αρχ}} = m v_{\text{τελ}} - 0 \quad \text{ή}$$

$$\Delta p = 1.600 \frac{90 \cdot 10^3}{3.600} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ή} \quad \Delta p = 4 \cdot 10^4 \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

- Β. Η ζητούμενη δύναμη υπολογίζεται από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα.

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{4 \cdot 10^4}{5} \text{ N} \quad \text{ή} \quad F = 8 \cdot 10^3 \text{ N}.$$

7. Α. Για κάθε σταγόνα η μεταβολή της ορμής, αφού η τελική ταχύτητά τους είναι μηδέν, έχει τιμή:

$$\Delta p = (m v - 0) = m v \quad \text{ή}$$

$$\Delta p = 3 \cdot 10^{-5} \cdot 17 \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ή} \quad \Delta p = 51 \cdot 10^{-5} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

- Β. Για τη μέση δύναμη βρούμε:

$$F = \frac{\Delta p_{\text{ολ}}}{\Delta t} = \frac{500 \cdot 51 \cdot 10^{-5}}{1} \text{ N} \quad \text{ή} \quad F = 255 \cdot 10^{-3} \text{ N}.$$

8. Α. Για την ελάχιστη ορμή του σώματος έχουμε:

$$p_{\text{min}} = m v_{\text{min}} \quad \text{ή} \quad v_{\text{min}} = \frac{p_{\text{min}}}{m} = \frac{2}{1} \text{ m/s} \quad \text{ή} \quad v_{\text{min}} = 2 \text{ m/s}.$$

Αντίστοιχα για τη μέγιστη έχουμε:

$$p_{\text{max}} = m v_{\text{max}} \quad \text{ή} \quad v_{\text{max}} = \frac{p_{\text{max}}}{m} = \frac{4}{1} \text{ m/s} \quad \text{ή} \quad v_{\text{max}} = 4 \text{ m/s}.$$

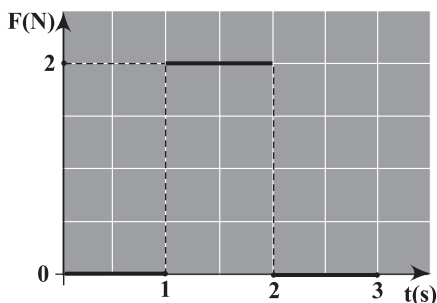
- Β. Η συνισταμένη δύναμη όπως προκύπτει από τη σχέση $\Sigma F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

είναι μηδέν για τα χρονικά διαστήματα 0s έως 1s και 2s έως 3s.

Αντίθετα κατά το χρονικό διάστημα 1s έως 2s η κλίση της ευθείας είναι σταθερή και κατά συνέπεια η δύναμη έχει σταθερή τιμή

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{4 - 2}{1} \text{ N} \quad \text{ή} \quad F = 2 \text{ N}.$$

Έτσι έχουμε:



9. Το σώμα επιταχύνεται με την επίδραση της δύναμης F και της τριβής T για την οποία βρίσκουμε:

$$T = \mu F_k = \mu m g = 0,1 \cdot 200 \cdot 10 \text{ N} \quad \text{ή} \quad T = 200 \text{ N}.$$

Έτσι από το θεμελιώδη νόμο της μηχανικής έχουμε:

$$\Sigma F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad \text{ή} \quad F - T = \frac{m v - 0}{\Delta t} \quad \text{ή}$$

$$v = \frac{(F - T)\Delta t}{m} = \frac{(500 - 200)4}{200} \text{ m/s} \quad \text{ή} \quad v = 6 \text{ m/s}.$$

$$10. \text{ A. } p_{\pi\alpha\iota\nu} = m v_1 = 0,1 \cdot 10 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ή} \quad p_{\pi\alpha\iota\nu} = 1 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$p_{\mu\epsilon\tau\acute{\alpha}} = m v_2 = 0,1 \cdot 8 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ή} \quad p_{\mu\epsilon\tau\acute{\alpha}} = 0,8 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

B. Για τη ζητούμενη μεταβολή της ορμής, θεωρώντας τη φορά της v_1 ως θετική έχουμε:

$$\Delta p = p_{\mu\epsilon\tau\acute{\alpha}} - p_{\pi\alpha\iota\nu} = (-0,8 - 1) \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ή} \quad \Delta p = -1,8 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Γ. Η δύναμη που δέχτηκε από τον τοίχο το μπαλάκι είναι:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-1,8}{0,1} \text{ N} \quad \text{ή} \quad F = -18 \text{ N}.$$

Προφανώς η κατεύθυνση της F είναι αντίθετη από αυτή της ταχύτητας v_1 .

11. A. Από την αρχή διατήρησης της ορμής έχουμε:

$$0 = m v_0 + M V \quad \text{ή} \quad V = -\frac{m v_0}{N} \quad \text{ή} \quad V = -\frac{1 \cdot 1.000}{1.000} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ή} \quad V = -1 \text{ m/s}.$$

(Το μείον δηλώνει ότι η φορά της ταχύτητας V είναι αντίθετη της ταχύτητας v_0).

B. Από το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής έχουμε:

$$\Sigma F = \frac{\Delta p}{\Delta t}, \quad \text{όπου } \Sigma F \text{ είναι μόνο η τριβή } T.$$

$$\text{Έτσι βρίσκουμε: } T = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad \text{ή} \quad \mu M g = \frac{0 - M V}{\Delta t} \quad \text{ή} \quad \mu g = \frac{-V}{\Delta t} \quad \text{ή}$$

$$\Delta t = \frac{-V}{\mu g} = \frac{-(-1)}{0,05 \cdot 10} \text{ s} \quad \text{ή} \quad \Delta t = 2 \text{ s}.$$

12. Α. Από τη σχέση $\vec{p}_{ολ} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$ για κάθε μια περίπτωση έχουμε:

$$p_{ολ} = p_1 + p_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad \text{ή} \quad p_{ολ} = (2 \cdot 10 + 4 \cdot 6) \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ή}$$

$$p_{ολ} = 44 \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{και}$$

$$p_{ολ} = p_1 - p_2 = m_1 v_1 - m_2 v_2 = (2 \cdot 10 - 4 \cdot 6) \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{ή} \quad p_{ολ} = -4 \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad \text{με κατεύθυνση αυτή της ταχύτητας } v_2 \text{ την οποία θεωρήσαμε ως αρνητική.}$$

Β. Για την πλαστική κρούση ισχύει η αρχή διατήρησης της ορμής.

$$\text{Έτσι: } m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) V \quad \text{ή} \quad V = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{-4}{6} \text{ m/s} \quad \text{ή}$$

$$V = -\frac{2}{3} \text{ m/s.} \quad \text{Δηλαδή το συσσωμάτωμα μετά την κρούση έχει}$$

$$\text{ταχύτητα } \frac{2}{3} \text{ m/s, ίδιας κατεύθυνσης με αυτή της ταχύτητας } v_2.$$

13. Προφανώς θεωρούμε το κιβώτιο ακίνητο για το μικρό χρονικό διάστημα που διέρχεται το βλήμα. Έτσι:

$$\text{Α. } m_1 v_1 + 0 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad \text{ή}$$

$$v_2' = \frac{m_1 (v_1 - v_1')}{m_2} \quad \text{ή} \quad v_2' = \frac{0,1(400 - 100)}{2} \text{ m/s} \quad \text{ή} \quad v_2' = 15 \text{ m/s.}$$

Β. Η ζητούμενη μέση δύναμη F είναι:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m_2 v_2 - 0}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 15}{0,1} \text{ N} \quad \text{ή} \quad F = 300 \text{ N.}$$

14. Από την αρχή διατήρησης της ορμής αμέσως πριν και μετά τη διάσπαση έχουμε:

$$Mv = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad \text{ή} \quad Mv = m_1 v_1 + (M - m_1) v_2 \quad \text{ή}$$

$$v_2 = \frac{Mv - m_1 v_1}{M - m_1} = \frac{1000 \cdot 500 - 800 \cdot 1000}{200} \text{ m/s} \quad \text{ή} \quad v_2 = -1500 \text{ m/s.}$$

Δηλαδή το κομμάτι m_2 αποκτά ταχύτητα 1500 m/s αντίθετης κατεύθυνσης από αυτή της ταχύτητας v του πυραύλου την οποία θεωρήσαμε ως θετική.

15. Α. Αν θεωρήσουμε ότι στη μάζα $M = 1.200\text{kg}$ του πρώτου αυτοκινήτου συμπεριλαμβάνεται και η σχετικά μικρή μάζα του μαθητή, μπορούμε να βρούμε την ορμή p_2 του δεύτερου αυτοκινήτου με την αρχή διατήρησης της ορμής. Πράγματι αφού η ορμή διατηρείται και η τελική ορμή του συσσωματώματος των δύο αυτοκινήτων είναι μηδέν, έχουμε:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_{\text{ολ}} \quad \text{ή}$$

$$p_1 - p_2 = 0 \quad \text{ή} \quad p_2 = p_1 \quad \text{ή} \quad p_2 = Mv = 1.200 \frac{72.000}{3.600} \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ή}$$

$$p_2 = 24.000 \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

- Β. Ο μαθητής έχει αρχικά την ταχύτητα του πρώτου αυτοκινήτου, δηλαδή $v = 20\text{m/s}$. Έτσι από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, η δύναμη F που του ασκεί η ζώνη για να τον ακινητοποιήσει τελικά είναι:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{p_{\text{τελ}} - p_{\text{αρχ}}}{\Delta t} = \frac{0 - mv}{\Delta t} \quad \text{ή} \quad F = \frac{0 - 60 \cdot 20}{0,12} \text{N} \quad \text{ή} \quad F = -10.000\text{N}.$$

Μπορείτε να διαπιστώσετε, ότι η δύναμη αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη από το βάρος $B = mg = 60 \cdot 10\text{N}$ ή $B = 600\text{N}$.

16. Α. Από την αρχή διατήρησης της ορμής έχουμε:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_{\text{ολ}} \quad \text{ή} \quad m_1 v_1 + 0 = (m_1 + m_2)V \quad \text{ή}$$

$$v_1 = \frac{(m_1 + m_2)V}{m_1} = \frac{(2.000 + 1.000)4}{2.000} \text{m/s} \quad \text{ή} \quad v_1 = 6\text{m/s}.$$

- Β. Για τη μεταβολή Δp του δεύτερου οχήματος έχουμε:

$$\vec{\Delta p} = \vec{p}_{\text{τελ}} - \vec{p}_{\text{αρχ}} \quad \text{ή} \quad \Delta p = m_2 V - 0 \quad \text{ή}$$

$$\Delta p = 1.000 \cdot 4\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ή} \quad \Delta p = 4.000\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

- Γ. Για το πρώτο όχημα βρίσκουμε:

$$\vec{\Delta p} = \vec{p}_{\text{τελ}} - \vec{p}_{\text{αρχ}} \quad \text{ή} \quad \Delta p = m_1 V - m_1 v_1 = m_1(V - v_1) \quad \text{ή}$$

$$\Delta p = 2.000(4 - 6)\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ή} \quad \Delta p = -4.000\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Δηλαδή όπως αναμέναμε, η ελάττωση της ορμής του πρώτου οχήματος είναι ίση ακριβώς με την αύξηση της ορμής του δεύτερου.

17. Α. Η ταχύτητα V του συσσωματώματος είναι:

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) V \quad \text{ή}$$

$$V = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2} \quad \text{ή} \quad V = \frac{0,4 \cdot 20 - 0,6 \cdot 5}{0,4 + 0,4} \text{ m/s} \quad \text{ή} \quad V = 5 \text{ m/s},$$

δηλαδή ίδιας κατεύθυνσης με την κατεύθυνση του πρώτου σώματος την οποία θεωρήσαμε ως θετική.

- Β. Στην πλαστική κρούση η κινητική ενέργεια δε διατηρείται και συγκεκριμένα μειώνεται. Έτσι έχουμε:

$$\Delta K = K_{\alphaρχ} - K_{τελ} \quad \text{ή}$$

$$\Delta K = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2 \quad \text{ή}$$

$$\Delta K = \left(\frac{1}{2} 0,4 \cdot 20^2 + \frac{1}{2} 0,6 \cdot 5^2 - \frac{1}{2} (0,4 + 0,6) 5^2 \right) \text{ J} \quad \text{ή} \quad \Delta K = 75 \text{ J}.$$

- Γ. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας βρίσκουμε για το ζητούμενο διάστημα:

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2 - T s = 0 \quad \text{ή}$$

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2 - \mu (m_1 + m_2) g s = 0 \quad \text{ή}$$

$$S = \frac{\frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2}{\mu (m_1 + m_2) g} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 5^2}{0,2 \cdot 10} \text{ m} \quad \text{ή} \quad S = 6,25 \text{ m}$$

Κεφάλαιο 2.2

1. Η αντίσταση του αέρα λόγω της σταθερής ταχύτητας ανά σταθερή δύναμη και κατά συνέπεια το έργο της είναι:

$$W = Ax = 4v \cdot x \quad \text{ή} \quad W = 4 \cdot 30 \cdot 50 \text{ J} \quad \text{ή} \quad W = 6000 \text{ J}$$

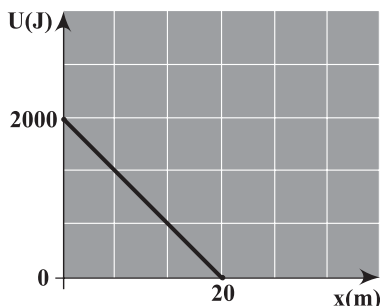
2. Α. Η δυναμική ενέργεια του σώματος είναι:

$$U = mgh = 10 \cdot 10 \cdot 20 \text{ J} \quad \text{ή} \quad U = 2.000 \text{ J}.$$

Β. Η δυναμική ενέργεια μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$U = mgh$$

Έτσι το ζητούμενο διάγραμμα είναι το παρακάτω:



3. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας βρίσκουμε:

$$\frac{1}{2}mv^2 - W_T = 0 \quad \text{ή} \quad \frac{1}{2}mv_0^2 = T \cdot x \quad \text{ή}$$

$$x = \frac{\frac{1}{2}mv_0^2}{T} \quad \text{ή} \quad x = \frac{\frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 15^2}{7500} \text{ m} \quad \text{ή} \quad x = 15 \text{ m}$$

4. Το σώμα κινείται μόνο με την επίδραση του βάρους του. Έτσι βρίσκουμε:

$$0 + W_B = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{ή} \quad mgh = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{ή}$$

$$v = \sqrt{2gh} \quad \text{και με αντικατάσταση } v = 20 \text{ m/s}$$

Στο ύψος h το σώμα είχε μόνο δυναμική ενέργεια η οποία μετατρέπεται αρχικά σε κινητική ενέργεια και τελικά σε θερμότητα.

5. Επειδή ο γερανός ανεβάζει το κιβώτιο με σταθερή ταχύτητα, πρέπει να ασκεί δύναμη

$$F = B \text{ ή } F = mg \quad (\alpha)$$

Επίσης για τη σταθερή ταχύτητα ανόδου έχουμε:

$$v = \frac{s}{t} \text{ ή } v = \frac{h}{t} \quad (\beta)$$

Έτσι η ζητούμενη ισχύς είναι $P = Fv$ που με τη βοήθεια των (α) και (β) γίνεται:

$$P = mg \frac{h}{t} = 2000 \cdot 10 \frac{60}{120} \text{ W ή } P = 10.000 \text{ W}$$

6. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας βρίσκουμε:

$$0 + W_B - W_T = \frac{1}{2} mv^2 \text{ ή } mgh - T(AG) = \frac{1}{2} mv^2 \text{ ή}$$

$$mg(AG)\eta_{\mu 30} - \mu mg \cdot (AG) = \frac{1}{2} mv^2 \text{ ή}$$

$$2g(AG)\eta_{\mu 30} - 2\mu g(AG) = v^2 \text{ και με αντικατάσταση: } v = 6 \text{ m/s.}$$

7. Α. Επειδή το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα είναι $T = F$ και κατά συνέπεια:

$$W_T = W_F = F \cdot x = 40 \cdot 5 \text{ J ή } W_T = 200 \text{ J.}$$

Β. Ο ζητούμενος ρυθμός αφού η εμφανιζόμενη θερμότητα εκφράζεται από το έργο της τριβής είναι:

$$\frac{W_T}{t} \text{ που επειδή } t = \frac{x}{v} \text{ γίνεται:}$$

$$\frac{W_T}{t} = \frac{W_T \cdot v}{x} = \frac{200 \cdot 4}{5} \text{ J/s ή } W_T = 160 \text{ J/s}$$

8. Η διατήρηση της ενέργειας για την αρχική και την τελική θέση της μπάλας μας επιτρέπει να υπολογίσουμε την εμφανιζόμενη θερμότητα Q ως εξής:

$$mgh_1 + 0 = mgh_2 + 0 + Q \text{ ή}$$

$$Q = mg(h_1 - h_2) = 2 \cdot 10 (20 - 18) \text{ J ή } Q = 40 \text{ J}$$

Έτσι το ζητούμενο ποσοστό είναι:

$$\frac{Q}{mgh_1} \cdot 100 = \frac{40}{400} \cdot 100 = 10\%$$

9. Η οριζόντια δύναμη F που ασκεί ο μαθητής είναι ίση με την τριβή T , ώστε το κιβώτιο να κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Δηλαδή: $F = T = \mu mg = 0,5 \cdot 100 \cdot 10 \text{ N}$ ή

$$F = 500 \text{ N}$$

Η προσφερόμενη ενέργεια είναι ίση με το έργο της δύναμης F .
Έτσι βρίσκουμε:

$$\text{Προσφερόμενη ενέργεια} = W_F = F \cdot x = 500 \cdot 10 \text{ J} = 5.000 \text{ J}.$$

10. Α. Το έργο του βάρους το οποίο είναι δύναμη συντηρητική εξαρτάται από την κατακόρυφη απόσταση της αρχικής και της τελικής θέσης και όχι από τη διαδρομή.

Έτσι βρίσκουμε:

$$W_B = Bh = mgh = 80 \cdot 10 \cdot 300 \cdot 0,2 \text{ J} \text{ ή}$$

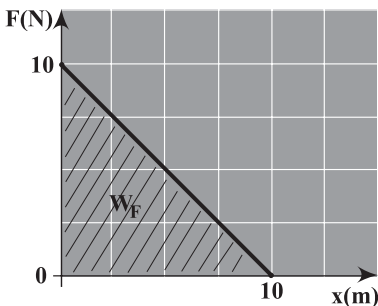
$$W_B = 48000 \text{ J}.$$

Β. Ο ζητούμενος ρυθμός είναι:

$$\frac{W_B}{t} = \frac{48000}{10 \cdot 60} \text{ J/s} \text{ ή } \frac{W_B}{t} = 80 \text{ J/s}$$

11. Α. Επειδή η δύναμη είναι σταθερή έχουμε:

$$W_F = F \cdot x = 4 \cdot 10 \text{ J} \text{ ή } W_F = 40 \text{ J}.$$



Β. Στην περίπτωση αυτή το έργο της δύναμης υπολογίζεται γραφικά από το διάγραμμα $F-x$.

$$\text{Έτσι } W_F = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 10 \text{ J} \text{ ή } W_F = 50 \text{ J}$$

12. Α. Το έργο της F είναι ίσο με το έργο της παράλληλης προς την κίνηση συνιστώσας της F_x .

$$\text{Δηλαδή: } W_F = W_{F_x} = F \cdot \sin 60^\circ \cdot x = 50 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ J} \text{ ή } W_F = 250 \text{ J}$$

Β. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας έχουμε:

$$0 + W_F = \frac{1}{2} m v^2 \text{ ή } v = \sqrt{\frac{2W_F}{m}} \text{ και με αντικατάσταση βρίσκουμε:}$$

$$v = 5 \text{ m/s}.$$

13. Α. Από την εξίσωση της κινηματικής $h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}$ βρίσκουμε για

την αρχική ταχύτητα v_0 της πέτρας:

$$v_0 = \sqrt{2gh_{\max}} \quad \text{ή} \quad v_0 = \sqrt{800} \text{ m/s.}$$

Από τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας έχουμε:

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgx \quad \text{ή} \quad \frac{1}{4}mv_0^2 = mgx$$

$$\text{ή} \quad x = \frac{\frac{1}{4}800}{10} \text{ m} \quad \text{ή} \quad x = 20 \text{ m}$$

- Β. Στο ζητούμενο ύψος x' το σώμα έχει ταχύτητα v , ώστε

$$mv = \frac{1}{2}mv_0 \quad \text{ή} \quad v = \frac{1}{2}\sqrt{800} \text{ m/s.}$$

Έτσι από τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας έχουμε:

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + 0 = \frac{1}{2}mv^2 + mgx' \quad \text{ή}$$

$$x' = \frac{v_0^2 - v^2}{2g} = \frac{800 - 200}{20} \text{ m} \quad \text{ή} \quad x' = 30 \text{ m}$$

14. Α. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας βρίσκουμε:

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - F \cdot x = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{ή}$$

$$v = \sqrt{\frac{mv_0^2 - 2F_x}{m}} \quad \text{και με αντικατάσταση } v=8 \text{ m/s.}$$

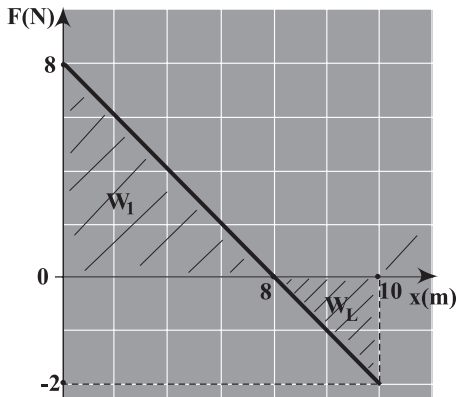
- Β. Για τη ζητούμενη απόσταση έχουμε:

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - F \cdot x = 0 \quad \text{ή} \quad x = \frac{\frac{1}{2}mv_0^2}{F} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 10^2}{10} \text{ m} \quad \text{ή} \quad x=20 \text{ m}$$

15. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας έχουμε:

$$0 + W_F = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\alpha)$$

Το έργο της μεταβλητής δύναμης F υπολογίζεται γραφικά:



F	X
8	0
0	8
-2	10

$$W_F = W_1 - W_2 = \left(\frac{1}{2} 8 \cdot 8 - \frac{1}{2} 2 \cdot 2 \right) \text{J} \quad \text{ή} \quad W_F = 30 \text{J}.$$

Έτσι από τη σχέση (α) βρίσκουμε:

$$m = \frac{2W_F}{v^2} = \frac{2 \cdot 30}{4} \text{kg} \quad \text{ή} \quad m = 15 \text{kg}$$

16. Το σώμα επιταχύνεται προς τα επάνω με την επίδραση των δυνάμεων $F \sin \theta$, T και $mg \mu \theta$. Για την τριβή T βρίσκουμε:

$$T = \mu F_{\kappa} \quad \text{ή}$$

$$T = \mu (F \eta \mu \theta + mg \sin \theta) = 0,4 (100 \cdot 0,6 + 5 \cdot 100,8) \text{N} \quad \text{ή}$$

$$T = 40 \text{N}$$

Έτσι από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας έχουμε:

$$0 + F \sin \theta \cdot x - T \cdot x - mg \mu \theta x = \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{ή}$$

$$v = \sqrt{\frac{2F \sin \theta \cdot x - 2T \cdot x - 2mg \mu \theta \cdot x}{m}}$$

και με αντικατάσταση βρίσκουμε: $v = \sqrt{20} \text{m/s}$

17. Α. Η μπάλα κινείται μόνο με την επίδραση του βάρους, οπότε:

$$0 + mgH = \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{ή} \quad v = \sqrt{2gH} \quad \text{ή} \quad v = 20 \text{m/s}$$

Β. Έχουμε ότι:

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{W_B}{\Delta t} = P_B = B \cdot v = mgv.$$

Αλλά η μπάλα κάνει ελεύθερη πτώση, οπότε: $v = gt$.

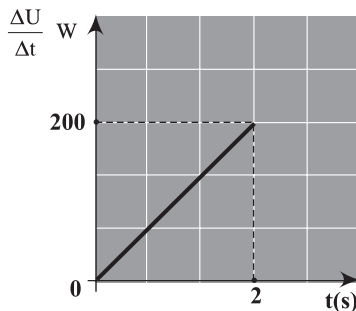
Έτσι καταλήγουμε στη σχέση:

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = mg \cdot gt = mg^2 t \quad \text{ή} \quad \frac{\Delta U}{\Delta t} = 100t \quad (\alpha)$$

Από τη σχέση $H = \frac{1}{2}gt^2$ βρίσκουμε ότι ο χρόνος κίνησης της μπάλας

$$\text{είναι: } t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad \text{ή} \quad t = 2\text{s}.$$

Έτσι το ζητούμενο διάγραμμα (σχέση α) είναι:



18. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας έχουμε:

$$0 + W_F = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\alpha)$$

Το έργο της μεταβλητής δύναμης F υπολογίζεται από το αντίστοιχο εμβαδό. Έτσι:

$$W_F = \frac{4+2}{2} \cdot 10\text{J} \quad \text{ή} \quad W_F = 30\text{J}.$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (α) βρίσκουμε:

$$v = \sqrt{\frac{2W_F}{m}} \quad \text{ή} \quad v = \sqrt{30}\text{m/s}$$

19. Α. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας μεταξύ των σημείων Γ και Δ έχουμε:

$$\frac{1}{2}mv_\Gamma^2 - W_T = 0 \quad \text{ή} \quad \frac{1}{2}mv_\Gamma^2 - \mu mgx = 0 \quad \text{ή}$$

$$v_\Gamma = \sqrt{2\mu gx} \quad \text{και με αντικατάσταση } v_\Gamma = \sqrt{60}\text{m/s}.$$

- B. Αρκεί να φέρουμε το σώμα στο σημείο A με μηδενική ταχύτητα. Αυτό σημαίνει ότι η απαιτούμενη ενέργεια είναι ίση με τη δυναμική ενέργεια του σώματος στο σημείο A και το έργο της τριβής W_T από το Δ έως το Γ. Δηλαδή:

$$W_{\text{απαιτ}} = U_A + W_T.$$

$$\text{Αλλά } U_A = \frac{1}{2}mv_{\Gamma}^2 \text{ όπως και } W_T = \frac{1}{2}mv_{\Gamma}^2.$$

$$\text{Έτσι: } W_{\text{απαιτ}} = 2 \cdot \frac{1}{2}mv_{\Gamma}^2 = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 60\text{J}$$

$$W_{\text{απαιτ}} = 120\text{J}$$

20. A. Για τη ζητούμενη κινητική ενέργεια έχουμε:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 65 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{32 \cdot 10^3}{3600}\right)^2 \text{ J ή}$$

$$K = 2,57 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

- B. Η ωφέλιμη ισχύς είναι το 50% της αποδιδόμενης, δηλαδή:

$$P = 22 \cdot 10^3 \text{ HP} = 22 \cdot 745,7 \cdot 10^3 \text{ W ή}$$

$$P = 16405 \cdot 10^3 \text{ W.}$$

Όμως η ωφέλιμη ενέργεια που αποδίδουν οι μηχανές μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του κρουαζερόπλοιου. Έτσι:

$$P = \frac{K}{t} \text{ ή } t = \frac{K}{P} = \frac{2,57 \cdot 10^{10}}{16405 \cdot 10^3} \text{ s ή}$$

$$t = 1,57 \cdot 10^3 \text{ s ή } t = 26 \text{ min}$$

21. A. Το σώμα θα εγκαταλείψει το οριζόντιο επίπεδο όταν η κατακόρυφη συνιστώσα της F γίνει ίση με το βάρος του, οπότε $F_{\chi} = 0$.

Δηλαδή όταν:

$$F_{\eta\mu\theta} = mg \text{ ή } (10 + 5x)0,8 = 20, \text{ από την οποία βρίσκουμε } x = 3\text{m.}$$

- B. Γράφουμε το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας για τη διαδρομή των 3m και έχουμε:

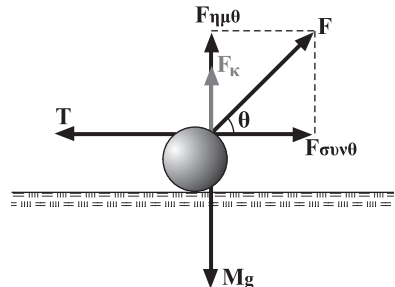
$$0 + W_{F_{\text{συν}\theta}} - W_T = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\alpha)$$

Για την τριβή T έχουμε:

$$T = \mu F_{\chi} = \mu(mg - F_{\eta\mu\theta}) \text{ ή}$$

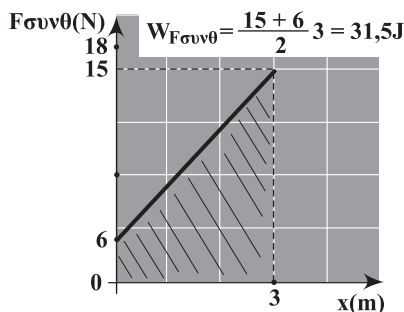
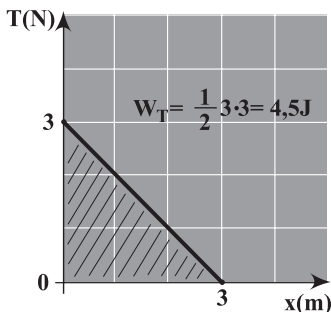
$$T = 0,25[20 - (10 + 5x)0,8] \text{ ή}$$

$$T = 3 - x$$



Επίσης $F_{\text{συνθ}} = (10 + 5x)0,6$ ή $F_{\text{συνθ}} = 6 + 3x$.

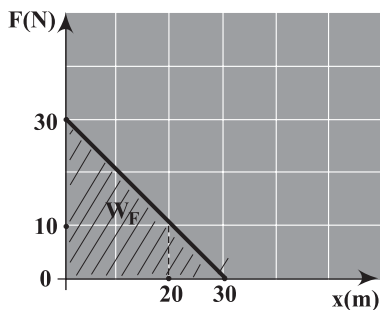
Από τα αντίστοιχα διαγράμματα βρίσκουμε το έργο της T και της $F_{\text{συνθ}}$.



Αντικαθιστούμε στην (α) και βρίσκουμε:

$$v = \sqrt{\frac{2W_{F_{\text{συνθ}}} - 2W_T}{m}} \quad \text{ή} \quad v = 3\sqrt{3} \text{ m/s}$$

22. Α. Το ζητούμενο έργο υπολογίζεται γραφικά:



$$W_F = \frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 30 \text{ J} \quad \text{ή} \quad W_F = 450 \text{ J}$$

Β. Το σώμα αποκτά μέγιστη ταχύτητα, όταν:

$$\Sigma F = 0 \quad \text{ή} \quad mg = 30 - x \quad \text{ή} \quad x = 20 \text{ m.}$$

Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας για τη διαδρομή x έχουμε:

$$0 + W_F - mgx = \frac{1}{2} mv^2 \quad \text{ή}$$

$$\frac{30 + 10}{2} 20 - 10 \cdot 20 = \frac{1}{2} 1v^2 \quad \text{ή} \quad v = 20 \text{ m/s}$$

Γ. Μέγιστη ανύψωση x_μ έχουμε όταν η ταχύτητα γίνει μηδέν.

$$0 + W_F - mgx_\mu = 0 \quad \text{ή}$$

$$x_\mu = \frac{W_F}{mg} = \frac{\frac{1}{2} 30 \cdot 30}{1 \cdot 10} \text{ m} \quad \text{ή} \quad x_\mu = 45 \text{ m}$$

Δ. Το σώμα επιστρέφει εκτελώντας ελεύθερη πτώση από ύψος x_μ .
Έτσι:

$$0 + mgx_\mu = \frac{1}{2} mv'^2 \quad \text{ή} \quad v' = \sqrt{2gx_\mu} \quad \text{ή}$$

$$v' = 30 \text{ m/s}.$$

Κεφάλαιο 2.3

1. Από τη γνωστή σχέση $Q = \Delta U + W$ βρίσκουμε:

$$\Delta U = Q - W = (80 - 30)\text{J} \quad \text{ή} \quad \Delta U = 50\text{J}.$$

2. Έχουμε $Q = \Delta U + W$ οπότε:

$$Q = (30 + 50)\text{J} \quad \text{ή} \quad Q = 80\text{J}.$$

3. Στη σχέση $Q = \Delta U + W$ έχουμε $\Delta U = 0$.

$$\text{Έτσι: } Q = 0 + W \quad \text{ή} \quad Q = 50\text{J}.$$

4. Από τη σχέση $Q = \Delta U + W$ βρίσκουμε πως το παραγόμενο από το αέριο έργο είναι:

$$W = Q - \Delta U = (400 - 250)\text{J} \quad \text{ή} \quad W = 150\text{J}.$$

$$\text{Αλλά } W = F \Delta x \quad \text{ή} \quad \Delta x = \frac{W}{F} = \frac{150}{1.500} \text{m} \quad \text{ή} \quad \Delta x = 0,1\text{m}.$$

5. Το σώμα αρχικά έχει δυναμική ενέργεια, η οποία μετατρέπεται κατά την πτώση του, σε κινητική και τελικά σε εσωτερική ενέργεια του σώματος.

$$\text{Δηλαδή: } \Delta U = mgh = 0,8 \cdot 10 \cdot 3\text{J} \quad \text{ή} \quad \Delta U = 24\text{J}.$$

6. Καθημερινά το ποσοστό των θερμίδων είναι ελαττωμένο κατά 350kcal. Για να διατηρείται η ίδια δραστηριότητα, οι θερμίδες αυτές αναπληρώνονται από την καύση του λίπους του οργανισμού.

Συγκεκριμένα για κάθε ημέρα πρέπει ο οργανισμός να μειώνει το λίπος κατά $\frac{350}{9,5}$ gr. Έτσι προκειμένου να καούν 2kg, δηλαδή 2.000gr

$$\text{απαιτούνται } \frac{2.000}{\frac{350}{9,5}} \text{ ημέρες} \quad \text{ή} \quad \frac{2.000 \cdot 9,5}{350} = 54,28 \text{ ημέρες}.$$

7. Α. Για την κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου που η ταχύτητα του είναι

$$v = \frac{108 \cdot 10^3}{3.600} \text{m/s} = 30\text{m/s}, \quad \text{βρίσκουμε:}$$

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.000 \cdot 30^2 \text{J} \quad \text{ή} \quad K = 4,5 \cdot 10^5 \text{J}.$$

- Β. Για να διατηρείται η ταχύτητα σταθερή, απαιτείται ενέργεια ίση με αυτή που γίνεται θερμότητα, μέσω του έργου της δύναμης F η οποία αντιστέκεται στην κίνηση.

$$\text{Δηλαδή } E = W_F = F x = 450 \cdot 1.000 \text{ J} \text{ ή } E = 4,5 \cdot 10^5 \text{ J}.$$

- Γ. Από την καύση ενός λίτρου βενζίνης προκύπτει ενέργεια $3 \cdot 10^7 \text{ J}$ από την οποία ωφέλιμη είναι το 30%, δηλαδή $0,9 \cdot 10^7 \text{ J}$. Τόση ακριβώς ενέργεια γίνεται θερμότητα μέσω του έργου της F , αφού η ταχύτητα εξακολουθεί να παραμένει σταθερή.

$$\text{Δηλαδή } E_{\omega\phi} = F x' \text{ ή } x' = \frac{E_{\omega\phi}}{F} = \frac{0,9 \cdot 10^7}{450} \text{ m} \text{ ή } x' = 2 \cdot 10^4 \text{ m}.$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Επιστημολογία των Φυσικών Επιστημών

Κάλφας Β.: (1997) *Επιστημονική Πρόοδος και Ορθολογικότητα*, Εκδόσεις Νήσος.

Περί κατασκευής: Πρακτικά εργαστηρίου της ΕΜΕΑ Εκδόσεις Νήσος 1996

Bondi H.: (1990) *Σχετικότητα και Κοινή Λογική*, Εκδόσεις Τροχαλία.

Born Max: (1993) *Το Πείραμα και η Θεωρία στη Φυσική*, Εκδόσεις Τροχαλία

Brown H.: (1994) *Η Σοφία της Επιστήμης*, Εκδόσεις Διάυλος.

Brown H. I.: (1993) *Αντίληψη, Θεωρία και Δέσμευση*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Carnap R.: (1975), *Φιλοσοφία και λογική σύνταξη Μετάφραση* Ιωάννα Γόρδου. Επιμ. Ν. Αυγελής, Εκδόσεις Εγνατία

Einstein A., Infeld L.: (1978) *Η Εξέλιξη των Ιδεών στη Φυσική*, Μετάφραση - Συμπλήρωμα Ε. Μπιτσάκης, Εκδόσεις Δωδώνη.

Feyerabend P.: (1982) *Ενάντια στη Μέθοδο*, Μετάφραση Γρ. Κανκαλάς, Γ. Κουνταρούλης, Εκδόσεις Σύγχρονα Θέματα.

Foucault M.: (1986) *Οι λέξεις και τα πράγματα* *Μια αρχαιολογία των επιστημών του ανθρώπου* Μετάφραση Κωστής Παπαγιώργης Εκδόσεις "Γνώση"

Kraft V.: (1986) *Ο Κύκλος της Βιέννης και η Γέννηση του Νεοθετικισμού* *Schlick Wittgenstein Carnap Popper* Μετάφραση Γιάννη Μανάνκου "Γνώση"

Kuhn T.: (1987). *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων* Μετάφραση Β. Κάλφας Σύγχρονα Θέματα

Lakatos I.: (1986) *Μεθοδολογία των Επιστημονικών Προγραμμάτων* *Επιστημονικής Έρευνας* Μετάφραση Αιμ. Μεταξόπουλος Εκδόσεις Σύγχρονα Θέματα

Rae Alastair: (1987) *Κβαντομηχανική: πλάνη ή πραγματικότητα*, Εκδόσεις Κάτοπτρο.

Ιστορία των Φυσικών Επιστημών

Αριστοτέλους: *Φυσικής Ακρόαις (Τα φυσικά)*, Μετάφραση Κ.Δ. Γεωργούλη, Εκδόσεις Παπαδήμα. (1972)

Κέντρο Νεοελληνικών Ερευνών: *Οι Επιστήμες στον Ελληνικό Χώρο* (Πρακτικά συνεδρίου, Ιούνιος 1995), Εκδόσεις Τροχαλία.

Φάρρινγκτον Β.: (1969) *Η Επιστήμη στην Αρχαία Ελλάδα*, Μετάφραση Ραΐσης Ν., Εκδόσεις Κάλδος.

Asimov I.: (1998) *Το Χρονικό των Επιστημονικών Ανακαλύψεων*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Dampier W.C.: (1979) *A history of Science and its relations with Philosophy & Religion*, Cambridge University Press.

Grant E.: (1993) *Οι Φυσικές Επιστήμες τον Μεσαίωνα*. Μετ. Σαρκίας Ζ. Παν. Εκδόσεις Κρήτης.

Harman M. P.: (1993) *Ενέργεια, Δύναμη και Ύλη Η εννοιολογική εξέλιξη της Φυσικής τον 19ο αιώνα* Επιστημονική επιμέλεια Κ. Γαβρόγλου Μετάφραση Τ. Τσιαντούλας Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

Leicester H.: (1993), *Ιστορία της Χημείας*, Εκδόσεις Τροχαλία.

Narlikar J.: (1999) *Η Ελαφρότητα της Βαρύτητας*, Εκδόσεις Τροχαλία

Prigogine Ilya: (1997), *Το τέλος της θεβαιότητας*, Εκδόσεις Κάτοπτρο.

Prigozin I., Stengers I.: (1986) «Τάξη μέσα από το Χάος» Μετάφραση Μ. Λογιωτάτου. Εκδόσεις Κέδρος.

Schrodinger E.: *Η φύση και οι Έλληνες. Ο κόσμος και η φυσική*. Πρώτη δημοσίευση 1954. Σχόλια και επεκτάσεις Michel Bitbol. 1992. Εκδόσεις Π. Τραυλός, Κωσταράκη Ε., 1995.

Weisskopf V.: (1994) *Η Κβαντική Επανάσταση*, Εκδόσεις Κάτοπτρο.

Παιδαγωγικά- Διδακτική

Κόκκοτας Π.: (2000) (Επιμ.) *Διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες-Σύγχρονοι προβληματισμοί* Εκδόσεις τυπωθήτω.

Κόκκοτας Π.: (1998) *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. – Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*.

Κόκκοτας Π.: (1998) *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* Εκδόσεις Γρηγόρη .

Κουλαϊδής Β.: (1995) (Επιμ.) *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου* Εκδόσεις Gutenberg

Ματσαγγούρας Η.: (1995) (Επιμ.) *Η εξέλιξη της διδακτικής. Επιστημολογική θεώρηση* Εκδόσεις Gutenberg

Πατάπης Σ.: (1995) *Μεθοδολογία της διδασκαλίας της Φυσικής Β'* Έκδοση

Σταυρίδου Ε.: (1995) *Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης* Εκδόσεις Σαββάλας

Τσαπαρλής Γ.: (1991) *Θέματα διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη Μέση Εκπαίδευση* Εκδόσεις Γρηγόρης

Arons A. B.: (1992) *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής* Μετάφραση Βαλαδάκης Ανδρέας Εκδόσεις Τροχαλία

Bernstein B.: (1991) *Παιδαγωγικοί κώδικες και Κοινωνικός έλεγχος* Εισαγωγή -Μετάφραση -Σημειώσεις Ιωσήφ Σολομών Εκδόσεις Αλεξάνδρεια

Bertrand Y.: (1994) *Σύγχρονες Εκπαιδευτικές θεωρίες* Μετ. Σιπητάνου Α., Λινάρδου Ε. Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα

Driver R., Guesne E., Timberghien A.: (Eds) *Οι ιδέες των παιδιών στη Φυσική* Μετάφραση Κρητικός Θ., Σπηλιωτοπούλου-Παπαντωνίου Β., Σταυρόπουλος Α. ΕΝΩΣΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ, ΤΡΟΧΑΛΙΑ 1993

Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V.: (1999). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών- Μια Παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών* Επιμ. Π. Κόκκοτας, Μετ. Μ. Χατζή, Εκδόσεις τυπωθήτω

Hayes N.: (1993) *Εισαγωγή στις Γνωστικές Λειτουργίες* Επιμ. Α. Κωσταράκου-Ευκλείδη Εκδόσεις ελληνικά γράμματα

Lemeignan G., Weil-Barais A.: (1997) *Η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική-Η διδασκαλία της μηχανικής* Επιμ.-Μεταφ. Δαπόντες Ν. Δημητράκοπούλου Α., Εκδόσεις τυπωθήτω

Maturana H., Varela F.: (1992) *Το δέντρο της γνώσης. Οι βιολογικές ρίζες της ανθρώπινης νόησης* Εκδόσεις Κατοπτρο

Φυσική

Αλεξανδρόπουλος Ν. Γ., Θεοδωρίδου - Καραδήμα Ε., συνεργασία Κώτση Κ. Θ.: (1996) *Συμπυκνωμένη Ύλη και Ακτίνες Χ*, Ιωάννινα.

Αλεξόπουλος Κ.Δ., Μαρίνος Δ. Ι.: (1998) *Νεώτερα από τη Φυσική*, Εκδόσεις Σαββάλας.

Αλεξόπουλος Κ.Δ., Μαρίνος Δ.Ι.: (1980) *Φυσική, τόμοι Α'-Β'*, Αθήνα.

Αλεξόπουλος Κ.Δ.: (1966) *Γενική Φυσική, τόμοι 1-5*. Αθήνα.

Βαρώτσος Π., Αλεξόπουλος Κ. Δ.: (1995) *Φυσική Στερεάς Κατάστασης*, Εκδόσεις Σαββάλας.

Βλάχος Ι.: (1990) *Μαθησιακές δραστηριότητες για την πρώτη Λυκείου: Γενικού-Πολυκλαδικού*, Εκδόσεις "Η έκφραση".

Βλάχος Ι., Ζάχος Κ., Κόκκοτας Π., Τιμοθέου Γ.: (1998) *Φυσική Γ' Λυκείου* Ο.Ε.Δ.Β.

Δανέξης Μ., Θεοδοσίου Σ.: (1999) *Το Σύμπαν που Αγάπησα- Εισαγωγή στην Αστροφυσική*, τόμοι Α', Β', Εκδόσεις Διάυλος.

Κόκκοτας Π., Κρέμος Δ.: (1995) *Φυσική Α' Λυκείου*, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β.

Μαυρίκης Χ., Τιμοθέου Γ.: (1982) *Μεθοδολογία ασκήσεων Μηχανικής*, Εκδόσεις Αναστασάκη.

Μπότσης Κ., Περιστερόπουλος Π., Σφαρνάς Ν.: (1993) *Εγχειρίδιο Φυσικής Γ' Λυκείου*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Οικονόμου Ε. Ν.: (1985) *Συμβίωση χωρίς μέλλον - Πυρηνικά Όπλα και Ανθρώπινοι Πολιτισμοί*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Οικονόμου Ε. Ν.: (1991) *Η Φυσική Σήμερα (Οι Δέκα Κλίμακες της Ύλης)*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Περιστερόπουλος Π., Σκιαθίτης Εμ.: (1983) *Οδηγίες για τη διδασκαλία της Φυσικής στη Β' Λυκείου*.

Τιμοθέου Γ.: (1986) *Φυσική Γ' Λυκείου*, Εκδόσεις Παπαδημητρώπουλου.

Abbott A.: (1982) *Ordinary Level Physics*, Heinemann Ed. Books, third Edition.

Avison J.: (1989) *The World of Physics*, Nelson.

Bausor J. et al.: (1978) *Advanced Physics project for Independent Learning* (APPIL) Units 1-10, John Murray (Publishers).

Born M.: (1951) *The restless Universe*, Dover Publications.

Breithaupt J.: (1994) *Physics*, Stanley Thornes (publishers) Ltd.

Breithaupt J.: (1997) *Key Science: Physics* (new edition), Stanley Thornes (publishers) Ltd.

Dorn F., Bader F.: (1985) *Φυσική*, τόμοι 1-4, Εκδόσεις Κτίστη, Αθήνα, (συνοδεύεται από βιβλίο για τον καθηγητή).

Epstein L.C.: (1989) *Thinking Physics - Practical lessons in critical thinking* (second edition), Insight Press.

Feynman R.: (1990) *Ο Χαρακτήρας του Φυσικού Νόμου*, Μετάφραση Ελένη Πιπίνη, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Gamow G. and Cleveland J.M.: (1978) *Physics: foundations and frontiers* (third edition) Prentice-Hall of India.

Haber-Schaim U., Dodge J., Walter J.: (1990) *P.S.S.C Φυσική*, Μετάφραση Θ. Κωστίκας, Εκδόσεις Ίδρυμα Ευγενίδου.

Halliday D. Resnick R.: (1976) *Φυσική*, Μετάφραση Γ. Πνευματικός, Γ. Πεπονίδης τόμοι 1-2, Εκδόσεις Γ.Α. Πνευματικός.

Hecht E.: (1998) *Physics: Algebra/Trig* Vol. I & II., Brooks/Cole Publishing Company.

Hewitt P.: (1992) *Οι Έννοιες της Φυσικής*, Μετάφραση Ε. Σηφάκη, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Hey I., Walters P.: (1992) *Το Κβαντικό σύμπαν*, Μετάφραση Νίκος Διλής, Εκδόσεις Κάτοπτρο.

Holton G.: (1985) *Introduction to concepts and theories in Physical Science*, revised by Brush S. (second edition), Princeton University Press.

Johnson K.: (1996) *Physics for you*, New National Curriculum Edition for GCSE. Stanley Thornes (publishers) Ltd.

Landau L., Kitaigorodsky A.: (1980) *Physics for Everyone* vol. *Physical bodies*, (second edition), MIR Publishers Moscow.

Landau L.D., and Kitagorodsky A.I.: (1980) *Physics for everyone*, vol. *Molecules* (second edition) MIR Publishers Moscow.

Landau L.D., and Kitagorodsky A.I.: (1981) *Physics for everyone*, vol. *Electrons*, MIR Publishes Moscow.

MacDemmont L. C.: (1996) *Physics by Inquiry*, volumes 1-2, J. Willy & Sons.

March R.: (1996) *Φυσική για Ποιητές*, Μετάφραση Κ. Μεργιά, Εκδόσεις Δίαυλος.

Ohanian H.: (1991) *Φυσική*, τόμοι 1-2, Μετάφραση Α. Φίλιππα, Εκδόσεις Συμμετρία.

Pople S.: (1989) *Physics, Coordinated Science*, Oxford University Press.

Rogers E.M.: (1977) *Physics for the inquiring mind: the methods, nature and philosophy of physical science* (twelfth edition) Princeton University Press.

Rutherford F., Holton G., Watson F.: (1981) Harvard Project Physics, Εκδότες Holt, Rinehart, Winston Publishers.

Sang D.: (1995) *Nuclear and Particle Physics*, Nelson.

Serway R.: (1990) *Physics for Scientists and Engineers*, Μετάφραση Α. Ρεσδάνης, τόμος IV.

Serway R.: (1991) *Φυσική*, τόμοι 1-4, Έκδοση Α. Ρεσδάνη, Αθήνα.

Silberberg M.: (1996) *Chemistry: the molecular nature of matter and change*, Mosby.

Skinner B.J. and Porter P.C.: (1987) *Physical Geology*, John Wiley & Sons.

Tillery B.W.: (1996) *Physical Science* (third edition), W.C.M. Publishers.

Wenham E., Dorling G., Snell J., Taylor B.: (1972) *Physics, Concepts and Models*, Addison – Wesley Publishers limited.

Whelan P., Hodgson M.: (1979) *Questions on Principles of Physics*, John Murray.

Young H.: (1994) *Φυσική*, τόμοι 1-2, Μετάφραση Ε. Αναστασάκης, Σ. Δ. Π. Βλασσόπουλος, Ε. Δρης, Η. Σ. Ζουμπούλης, Η. Κ. Κατσούφης, Γ. Κουρούκλης, Ε. Μάνεσης, Κ. Ε. Παρασκευαΐδης, Μ. Πιλάνας, Κ. Χριστοδουλίδης, Εκδόσεις Παπαζήση.

Zitsewits P.W. et. al.: (1995) *Merril Physics, Principles and Problems*, Glencoe/Mc Graw Hill.

Εργαστήριο-Πειράματα

Καρυώτογλου Π. κ.ά.: (1989) *Το Κυκλικό Εργαστήριο*, τόμοι Α-Β, Εκδόσεις Γ. Πνευματικός.

Καραπαναγιώτης Β., Παπασταματίου Ν., Φέρτης Α., Χαλέτσος Χ.: *Εργαστηριακός Οδηγός Β' Γυμνασίου*, Ο.Ε.Δ.Β

Καραπαναγιώτης Β.: (1989) *Το Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών*, Εκδόσεις Γρηγόρη.

Κόκκοτας Π., Καραπαναγιώτης Β. κ.ά.: (1998) *Πειράματα Φυσικής*, Εκδόσεις Γρηγόρη.

Κόκκοτας Π., Καραπαναγιώτης Β., Αρναουτάκης Ι., Καρανίκας Ι.,

- Κουρέλης Ι.:** *Πειράματα Φυσικής*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Μπουρούτης Ι., Μητσιάδης Σ., Βρέτταρος Γ.:** *Ο Καθοδικός Παλμογράφος*, Εκδόσεις ΥΠΕΠΘ.
- Μπουρούτης Ι.:** (1988) *Πειράματα Φυσικής*, τόμοι Α-Β, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β. (γ' έκδοση 1993).
- Μπουρούτης Ι.:** *Πειράματα Φυσικής*, τόμοι Α-Β, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β
- Ορφανουδάκης Γ.:** *Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσικής*, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.
- Παπασταματίου Ν.:** *Εργαστηριακές Ασκήσεις Β' και Γ' Γυμνασίου*, Αθήνα.
- Armitage E.:** *Practical Physics in SI*, J. Murray, Hong Kong.
- Avison J.:** *The World of Physics*, Nelson, Hong Kong.
- Freier G. - Anderson F.:** *A Demonstration Handbook for Physics*, American Association of Physics Teachers, N. York.
- Haber-Schaim U. et al.:** *Φυσική PSSC Εργαστηριακός Οδηγός* (Μετάφραση Ν. Παπασταματίου), Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Leybold - Heraus :** *Physics Catalogue of Experiments*, Kuln, Germany.
- Moss G.:** *Ordinary Level Practical Physics*, Heinemann, London.
- Murphy J. - Doyle J.:** *Laboratory Physics*, C.E. Merrill, Columbus Ohio.
- Tillery Bill W.:** *Laboratory Manual in Conceptual Physics*, W.C. Brown Boston, Chicago, London.
- Tyler F.:** *A Laboratory Manual of Physics*, E. Arnold, London.
- Unesco:** (1994) *Οδηγός του Εκπαιδευτικού*, Μετάφραση Α. Βεκιάρη - Ε. Παπαγκίκα, Επιμ. Ι. Αντωνίου κ.α., Εκδόσεις UNESCO/RED - T - POINT.
- Unesco:** *New Unesco Source Book for Science Teaching*, Unesco, Paris.
- Williams J. et. al.:** *Excercises and Experiments in Physics*, Holt Reinhart and Winston.

Κατάλογοι οργάνων

- Μητσιάδης Σ:** Εικονογραφημένος Κατάλογος Εποπτικών Μέσων Διδασκαλίας, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β.
- Colatex Didactic:** *Physic Technik Hauptkatalog*, Lehrmittelhaus, Innsbruck.
- Leybold - Heraus:** *Physics Apparatus for Teaching Purposes*, Koln Germany "Επιστημονικά Όργανα", Σολωμού 16, Αθήνα.
- Philip Harris:** *Physical Science, Life Science, Technologie*, Staffordshire England, "Νορμ Ηλεκτρονική ΕΠΕ", Βουλής 18, Αθήνα.
- PHYWE:** *Physics - Main Catalogue*, Göttingen, Germany, anno α.ε., Λεωφ. Συγγρού 44, Αθήνα.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Στις επόμενες σελίδες υπάρχει χώρος όπου μπορείτε να καταγράψετε σχόλια, να κρατήσετε σημειώσεις ή απλά να σημειώσετε “τι να μην ξεχάσω” την επόμενη φορά που διδάξετε τις διάφορες διδακτικές ενότητες.

1.1 Ευθύγραμμη κίνηση

Διδακτική ενότητα 1η: Ύλη και κίνηση (1.1.1), Ο προσδιορισμός της θέσης ενός σωματίου (1.1.2), Οι έννοιες της χρονικής στιγμής, του συμβάντος και της χρονικής διάρκειας (1.1.3), Η μετατόπιση σωματίου πάνω σε άξονα (1.1.4).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Διδακτική ενότητα 2η: Η έννοια της ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (1.1.5). Η έννοια της μέσης ταχύτητας (1.1.6)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Διδακτική ενότητα 3η: Η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας (1.1.7). Η έννοια της επιτάχυνσης στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση (1.1.8).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....

Διδακτική ενότητα 4η: Οι εξισώσεις προσδιορισμού της ταχύτητας και της θέσης ενός κινητού στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση (1.1.9).

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

1.2 Δυναμική σε μία διάσταση

Διδακτική ενότητα 1η: Η έννοια της δύναμης (1.2.1), Σύνθεση συγγραμικών δυνάμεων (1.2.2).

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

Διδακτική ενότητα 2η: Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα (1.2.3), Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα ή θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής (1.2.4).

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

Διδακτική ενότητα 3η: Η έννοια του βάρους (1.2.5), Η έννοια της μάζας (1.2.6).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Διδακτική ενότητα 4η: Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων (1.2.7),
Σύγχρονοι τρόποι μελέτης των κινήσεων (1.2.8).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.3 Δυναμική στο επίπεδο

Διδακτική ενότητα 1η: Τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Νόμος δράσης –
αντίδρασης (1.3.1). Δυνάμεις από επαφή και από απόσταση (1.3.2).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Διδακτική ενότητα 2η: Σύνθεση δυνάμεων στο επίπεδο (1.3.3), Ανά-
λυση δύναμης σε συνιστώσες (1.3.4).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Διδακτική ενότητα 3η: Σύνθεση πολλών ομοεπιπέδων δυνάμεων (1.3.5).
Ισορροπία ομοεπιπέδων δυνάμεων (1.3.6).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Διδακτική ενότητα 4η: Νόμος της τριβής (1.3.7).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Διδακτική ενότητα 5η: Οριζόντια βολή (1.3.8).

.....

.....

.....

Διδακτική ενότητα 6η: Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα σε διανυσματική και αλγεβρική μορφή (1.3.9).

Διδακτική ενότητα 7η: Ομαλή κυκλική κίνηση (1.3.10).

Διδακτική ενότητα 8η: Κεντρομόλος δύναμη (1.3.11).

[illegible]

Διδακτική ενότητα 9η: Μερικές περιπτώσεις κεντρομόλου δύναμης (1.3.12).

[illegible]

1.4 Η βαρύτητα

Διαδακτική ενότητα 1η: Νόμος της παγκόσμιας έλξης. Πεδίο βαρύτητας (1.4.1).

[illegible]

Διαδακτική ενότητα 2η: Η ένταση στο βαρυτικό πεδίο της Γης (1.4.2), Το πεδίο βαρύτητας κοντά στη Γη (1.4.3).

[illegible]

[illegible][illegible][illegible]

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

Διδακτική ενότητα 3η: Η αρχή διατήρησης της ορμής (2.1.5), Μεγέθη που δεν διατηρούνται στην κρούση (2.1.6), Εφαρμογές της διατήρησης της ορμής (2.1.7).

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

2.2 Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας

Διδακτική ενότητα 1η: Η έννοια του έργου (2.2.1).

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

Διδακτική ενότητα 2η: Έργο δάρους και μεταβολή της κινητικής ενέργειας (2.2.2).

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

Διδακτική ενότητα 3η: Η δυναμική ενέργεια (2.2.3).

Διδακτική ενότητα 4η: Η μηχανική ενέργεια (2.2.4).

Διδακτική ενότητα 5η: Συντηρητικές (ή διατηρητικές δυνάμεις) (2.2.5).

Διδακτική ενότητα 6η: Η ισχύς (2.2.6).

Διδακτική ενότητα 7η: Η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας στην οριζόντια βολή (2.2.7).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Διδακτική ενότητα 8η: Η τριβή και η μηχανική ενέργεια (2.2.8).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.3 Διατήρηση της ολικής ενέργειας

Διδακτική ενότητα 1η: Η κινητική θεωρία της ύλης και η θερμότητα (2.3.1).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Διδακτική ενότητα 2η: Ιδιότητες των αερίων (2.3.2).

.....

.....

.....

.....

.....

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

Διδακτική ενότητα 3η: Εσωτερική ενέργεια (2.3.3) Θερμότητα και διατήρηση της ολικής ενέργειας (2.3.4).

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

Διδακτική ενότητα 4η: Η θερμότητα και η μηχανική ενέργεια (2.3.5). Μηχανές και ενέργεια (2.3.6).

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

Διδακτική ενότητα 5η: Η απόδοση της μηχανής (2.3.7), Η υποβάθμιση της ενέργειας (2.3.8).

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

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