

Βιβλίο του καθηγητή

Φυσική Θετικής & Τεχνολογικής
κατεύθυνσης

Β' τάξη
Ενιαίου Λυκείου

**Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και
Θρησκευμάτων
Παιδαγωγικό Ινστιτούτο**

**ΑΛΕΚΟΣ ΙΩΑΝΝΟΥ - ΓΙΑΝΝΗΣ ΝΤΑΝΟΣ
ΑΓΓΕΛΟΣ ΠΗΤΤΑΣ - ΣΤΑΥΡΟΣ ΡΑΠΤΗΣ**

Βιβλίο του καθηγητή
**Φυσική Θετικής & Τεχνολογικής
κατεύθυνσης**

**Β' τάξη
Ενιαίου Λυκείου**

**ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ 2000**

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 κυβέρνησεως τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το “βιβλίο του καθηγητή” είναι αναπόσπαστο τμήμα ενός ευρύτερου συνόλου που περιλαμβάνει το αντίστοιχο βιβλίο του μαθητή και τον εργαστηριακό οδηγό.

Γράφοντας αυτό το βιβλίο νιώσαμε πολλές φορές αμήχανοι. Απευθύνεται σε συνάδελφους που γνωρίζουν καλά το επιστημονικό αντικείμενο που διαπραγματεύεται το βιβλίο και έχουν μεγάλη εμπειρία στη διδασκαλία της φυσικής.

Στο πρώτο μέρος του, το βιβλίο παρακολουθεί τη διδακτέα ύλη ανά κεφάλαιο και – λεπτομερέστερα- ανά διδακτική ενότητα. Σε κάθε κεφάλαιο προτάσσονται αυτούσια, με διαφορετικούς χαρακτήρες, οι στόχοι διδασκαλίας, όπως έχουν καταγραφεί στα «Προγράμματα Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης – Φυσικές επιστήμες». Ακολουθούν επιμέρους στόχοι που πρέπει να υπηρετηθούν κατά τη διδασκαλία, σύμφωνα με τη δική μας άποψη.

Στη συνέχεια παρατίθεται ένας πίνακας με μικρό αριθμό ασκήσεων ή προβλημάτων που κατά τη γνώμη μας αντιπροσωπεύουν το κεφάλαιο και είναι σκόπιμο να λυθούν στην τάξη.

Ακολουθούν για κάθε διδακτική ενότητα επισημάνσεις, παρατηρήσεις και σχόλια. Συχνά προτείνονται απλά πειράματα επίδειξης που ίσως διευκολύνουν την κατανόηση κάποιων εννοιών.

Στο τέλος κάθε ενότητας αναφέρονται οι διαφάνειες που αντιστοιχούν σ’ αυτήν. Οι διαφάνειες περιέχονται στο CD-ROM που συνοδεύει το βιβλίο και, σύμφωνα με τις οδηγίες του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, πρέπει να εκτυπωθούν από τον καθηγητή. Οι διαφάνειες που έχουν τον ίδιο αύξοντα αριθμό και διακρίνονται μεταξύ τους από ένα γράμμα (π.χ B -1.1α, B -1.1β, ...) αφορούν στο ίδιο θέμα και αν προβληθούν διαδοχικά, η μια πάνω στην άλλη, δείχνουν την εξέλιξη κάποιου φαινομένου.

Οι διαφάνειες είναι αρχεία .Cdr. (CorelDraw 6 ή ανώτερο) και .tiff (οποιοδήποτε πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας). Εάν οι υπολογιστές του σχολείου δεν έχουν τα κατάλληλα προγράμματα οι διαφάνειες μπορούν να εισαχθούν σε αρχεία του word με τη διαδικασία Menu – Insert picture – from file και να τυπωθούν ως αρχεία .doc του word.

Τέλος, σημειώνονται οι συνθήκες υπό τις οποίες πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα του εργαστηριακού οδηγού και οι δυσκολίες που συναντήσαμε στην πραγματοποίησή τους.

Στο δεύτερο μέρος του, το βιβλίο περιέχει τις λύσεις των ασκήσεων που περιέχονται στο βιβλίο του μαθητή.

Η πίεση του χρόνου δε μας επέτρεψε να επεξεργαστούμε τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των ασκήσεων και των προβλημάτων όσον αφορά στα σημαντικά ψηφία. Ζητάμε την κατανόησή σας. Η επόμενη έκδοση του βιβλίου θα είναι απαλλαγμένη από αυτή την ατέλεια.

Θέλουμε να διευκρινίσουμε ότι η διδακτέα ύλη και ο συμβολισμός που ακολουθήσαμε δεν αποτέλεσε επιλογή μας και δεν αισθανόμαστε υπόλογοι γι' αυτά. Αντίθετα, μας ανήκει ολόκληρη η ευθύνη για τον τρόπο με τον οποίο διαπραγματευτήκαμε τη διδακτέα ύλη.

Οι δικές σας παρατηρήσεις, που τις περιμένουμε στην ηλεκτρονική διεύθυνση aiioanno@otenet.gr, θα επιτρέψουν να βελτιωθεί το βιβλίο σε επόμενη έκδοσή του.

Οι συγγραφείς

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ *

	Κεφάλαιο	Διδακτικές ώρες	Υποχρεωτικές εργαστηριακές ασκήσεις
1	Κινητική θεωρία των ιδανικών αερίων	5	Πειραματική επιβεβαίωση της καταστατικής εξίσωσης των ιδανικών αερίων.
2	Θερμοδυναμική	9	Μέτρηση του λόγου $\gamma = C_p/C_v$.
3	Ηλεκτρικό πεδίο	8	Μέτρηση του ειδικού φορτίου ηλεκτρονίων με τη μέθοδο Thomson.
4	Μαγνητικό πεδίο	8	Μέτρηση δύναμης Laplace.
5	Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή	10	Μέτρηση του συντελεστή αυτεπαγωγής πηνίου.
			Σχεδιασμός και μελέτη ψηφιακών κυκλωμάτων συνδυαστικής λογικής.
	ΣΥΝΟΛΟ	40	

Στο βιβλίο του μαθητή, στην αρχή κάθε ενότητας, αναπτύσσονται μερικές βασικές έννοιες, γνωστές στους μαθητές από τα μαθήματα των προηγούμενων τάξεων. Οι έννοιες αυτές αποτελούν προαπαιτούμενο για την κατανόηση της αντίστοιχης ύλης. Αν ο διδάσκων διαπιστώσει ότι οι μαθητές γνωρίζουν τις έννοιες αυτές σε ικανοποιητικό βαθμό μπορεί να παραλείψει τη διδασκαλία τους.

Στη διάρκεια των μαθημάτων αυτής της τάξης οι μαθητές προβλέπεται να εκτελέσουν στο εργαστήριο έξι υποχρεωτικές ασκήσεις. Οι πέντε από αυτές αναφέρονται στις συγκεκριμένες διδακτικές ενότητες που φαίνονται στον πίνακα. Η έκτη, με τίτλο "σχεδιασμός και μελέτη ψηφιακών κυκλωμάτων συνδυαστικής λογικής", δεν αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη διδακτική ενότητα και ο διδάσκων πρέπει να την προγραμματίσει ανεξάρτητα από το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η διδασκαλία, πάντως κατά προτίμηση προς το τέλος του διδακτικού έτους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

* Η κατανομή του διδακτικού χρόνου ανά κεφάλαιο έγινε από την επιτροπή σύνταξης των προγραμμάτων σπουδών.

Η ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Στόχοι:

Σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών, επιδιώκεται να μπορεί ο μαθητής:

- Να διακρίνει το μοντέλο του ιδανικού αερίου από το πραγματικό αέριο και να αναφέρει τις σημαντικότερες προσεγγίσεις.
- Να ερμηνεύει ποιοτικά και ποσοτικά την πίεση και τη θερμοκρασία με βάση τη μηχανική του ιδανικού αερίου.
- Να περιγράφει με λόγια και με τύπους το νόμο των ιδανικών αερίων και να τον χρησιμοποιεί σε φυσικά προβλήματα.
- Να επιβεβαιώνει το νόμο των ιδανικών αερίων, χρησιμοποιώντας πειραματικά δεδομένα.
- Να διακρίνει τις προβλέψεις του μοντέλου και να ελέγχει αν ισχύουν σε πραγματικά αέρια.

Ειδικότερα, κατά τη δική μας γνώμη, μετά τη διδασκαλία αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής πρέπει:

- Να διακρίνει τη μακροσκοπική από τη μικροσκοπική εξέταση ενός αερίου.
- Να κατανοήσει ότι η μικροσκοπική εξέταση ενός αερίου δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένα μόρια του αερίου αλλά είναι μελέτη στατιστική.
- Να ορίζει το ιδανικό αέριο μακροσκοπικά και μικροσκοπικά και να διακρίνει τις συνθήκες υπό τις οποίες τα πραγματικά αέρια υπακούουν στους νόμους που προέκυψαν για τα ιδανικά αέρια.
- Να μπορεί να γράφει τις εξισώσεις που περιγράφουν τις μεταβολές των ιδανικών αερίων καθώς και την καταστατική εξίσωσή τους.
- Να μπορεί να αποδίδει τις μεταβολές των ιδανικών αερίων σε διαγράμματα με άξονες p - V , p - T και V - T .
- Να γνωρίζει τις βασικές παραδοχές της κινητικής θεωρίας των αερίων.
- Να ερμηνεύει την πίεση ενός αερίου ως αποτέλεσμα των κρούσεων των μορίων του με τα τοιχώματα.
- Να γνωρίζει τη σχέση που συνδέει τη θερμοκρασία του αερίου με τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων του.
- Να κατανοήσει ότι τα μόρια των αερίων δεν έχουν την ίδια ταχύτητα.
- Να γνωρίζει τον τρόπο με τον οποίο κατανέμονται τα μόρια του αερίου στις διάφορες ταχύτητες.

- Να επεκτείνει τα συμπεράσματα της κινητικής θεωρίας για να ερμηνεύει ποιοτικά την εξαερίωση των υγρών.

Πίνακας προτεινόμενων ασκήσεων - προβλημάτων

<i>Ενότητα</i>	<i>Προτεινόμενες ασκήσεις</i>	<i>Προτεινόμενα προβλήματα</i>
1. Μακροσκοπική και μικροσκοπική μελέτη Οι νόμοι των αερίων Η καταστατική εξίσωση των ιδανικών Αερίων	1.18 1.21 1.22 1.23 1.26	1.31 1.33 1.34 1.35
2. Η κινητική θεωρία Τα πρώτα σημαντικά αποτελέσματα	1.27 1.28	

Ενότητα 1

Μακροσκοπική και μικροσκοπική μελέτη - Οι νόμοι των αερίων – Η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων

α. Η ενότητα αυτή μπορεί να ξεκινήσει με τη διάκριση μεταξύ αερίων – υγρών - στερεών, με βάση τη σταθερότητα του σχήματος και του όγκου και με βάση τις αποστάσεις μεταξύ των μορίων τους και να τονιστεί ότι το ίδιο σύστημα μπορεί να περιγραφεί είτε μακροσκοπικά είτε μικροσκοπικά.

β. Οι νόμοι των αερίων είναι αποτέλεσμα μακροσκοπικής εξέτασης. Η μικροσκοπική μελέτη που ακολούθησε επαλήθευσε την ισχύ αυτών των νόμων και έδωσε τη θεωρητική ερμηνεία τους.

Στο βιβλίο επιχειρείται μια σαφής διάκριση της μακροσκοπικής από τη μικροσκοπική μελέτη των αερίων. Οι παράγραφοι 1.1, 1.2 και 1.3 αφορούν στη μακροσκοπική μελέτη του αερίου ενώ στη συνέχεια το αέριο εξετάζεται μικροσκοπικά.

γ. Καλό είναι κάθε μεταβολή που αναφέρεται στην ενότητα αυτή να αποδίδεται σε άξονες p - V , p - T και V - T . Στην εξοικείωση του μαθητή με τις γραφικές παραστάσεις μπορεί να βοηθήσει το παράδειγμα 1-3, που μπορεί να δοθεί ως άσκηση για το σπίτι.

δ. Στα διαγράμματα των σχημάτων 1.2β και 1.3β, που αφορούν στην ισόχωρη και την ισοβαρή μεταβολή, οι αντίστοιχες ευθείες από κάποια

θερμοκρασία και κάτω είναι διακεκομμένες. Τα διαγράμματα αυτά αναφέρονται σε πραγματικά αέρια, τα οποία σε χαμηλές θερμοκρασίες παύουν να συμπεριφέρονται σαν ιδανικά. Στο μοντέλο του ιδανικού αερίου οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις θα ήταν συνεχείς γραμμές για όλες τις τιμές της θερμοκρασίας.

ε. Τα μεγέθη V και T είναι κατανοητά από τους μαθητές, δε συμβαίνει όμως το ίδιο και με την πίεση. Το μέγεθος αυτό ορίζεται στην §1.5, ίσως όμως είναι σκόπιμο, αφού η πίεση αναφέρεται στους νόμους των αερίων, να γίνει και στο σημείο αυτό σχετική συζήτηση.

στ. Η συσκευή που προτείνεται στον εργαστηριακό οδηγό για την πειραματική επαλήθευση των νόμων των αερίων προσφέρεται και για απλά πειράματα επίδειξης στην τάξη.

ζ. Ένας εύκολος τρόπος να δείξουμε τη μεταβολή της πίεσης ενός αερίου του οποίου μεταβάλλεται ο όγκος είναι να βυθίσουμε ένα ανεστραμμένο σωλήνα μέσα σε δοχείο που περιέχει νερό. Το νερό, τότε, σχηματίζει μέσα στο σωλήνα στήλη που έχει ύψος y , πολύ μικρότερο από το μήκος L του σωλήνα.

Οι μαθητές πρέπει να εξηγήσουν γιατί η στάθμη του νερού δε βρίσκεται στο ίδιο ύψος μέσα και έξω από το σωλήνα και στη συνέχεια να υπολογίσουν την πίεση και τον όγκο του αέρα που είναι κλεισμένος στο σωλήνα και να ελέγξουν αν ικανοποιείται η σχέση $pV = \text{σταθ.}$

Το πείραμα προσφέρεται για πρόχειρη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης.

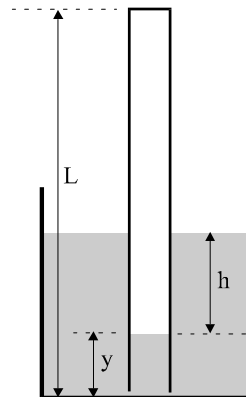
Πράγματι, ισχύει:

$$p_{atm} AL = (p_{atm} + \varepsilon h)(L - y)A \quad \text{ή} \quad p_{atm} = \frac{\varepsilon h(L - y)}{y}$$

Επομένως η μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης συνίσταται στη μέτρηση των μηκών L (μήκος του σωλήνα), y (το ύψος της στήλης του υγρού στο σωλήνα) και h (η υψομετρική διαφορά ανάμεσα στη στάθμη του υγρού στο δοχείο και στο σωλήνα).

η. Είναι σκόπιμο να ανατεθεί στους μαθητές η επαλήθευση του νόμου του Boyle με τον τρόπο που υποδεικνύεται στη δραστηριότητα 1.

θ. Είναι επίσης σκόπιμο να ανατεθεί στους μαθητές να επαληθεύσουν το νόμο της ισοβαρούς μεταβολής με τον τρόπο που υποδεικνύεται στη



δραστηριότητα 2. Εδώ πρέπει να τονιστεί στους μαθητές ότι για να εγκλωβιστεί στο καλαμάκι η στήλη αέρα που αναφέρεται το καλαμάκι πρέπει να έχει διατομή μικρότερη από τη διατομή της φλέβας του νερού που πέφτει σε αυτό. Αν δεν μπορούν να εγκλωβίσουν μέσα στο καλαμάκι αέρα με τον τρόπο που περιγράφηκε, μπορούν να δοκιμάσουν να βάλουν το καλαμάκι ανοικτό στα δυο άκρα του μέσα στο νερό, να κλείσουν το επάνω μέρος του και στη συνέχεια να το σηκώσουν. Όταν το αναποδογυρίσουν, μπορούν να ρυθμίσουν το ύψος της στήλης του εγκλωβισμένου αέρα ανοίγοντας σιγά σιγά το κάτω μέρος του.

ι. Μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας της ενότητας αυτής μπορεί να προγραμματιστεί η εργαστηριακή άσκηση 1 (επαλήθευση των νόμων των ιδανικών αερίων).

Έχει προταθεί ήδη να χρησιμοποιηθεί η πειραματική διάταξη με την οποία γίνεται η επαλήθευση των νόμων για απλά πειράματα επίδειξης μέσα στην τάξη. Αυτό, εκτός των άλλων, θα βοηθήσει τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν σωστά την πειραματική διάταξη.

Η συσκευή περιέχει ατμοσφαιρικό αέρα που βρίσκεται μέσα σε δοχείο με διαθερμικά τοιχώματα, έχει επομένως τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Κάθε φορά που μετακινούμε το έμβολο της σύριγγας διαταράσσουμε την ισορροπία του συστήματος και, για να είναι οι μετρήσεις ακριβείς, περιμένουμε να αποκατασταθεί θερμική ισορροπία μεταξύ συστήματος και περιβάλλοντος ώστε η θερμοκρασία του αέρα μέσα στη συσκευή να παραμένει σταθερή.

Οι μετρήσεις στο νόμο του Boyle γίνονται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αν θέλουμε να ελέγξουμε την ισχύ του νόμου σε άλλη θερμοκρασία μπορούμε να βυθίσουμε τη συσκευή σε λουτρό νερού του οποίου η θερμοκρασία διατηρείται στην τιμή που επιθυμούμε.

Σε κάθε επιμέρους τμήμα αυτής της άσκησης ζητείται από τους μαθητές να ελέγξουν αν επαληθεύεται ο αντίστοιχος νόμος και να δικαιολογήσουν την ενδεχόμενη απόκλιση. Αν και τα αποτελέσματα των μετρήσεων επιβεβαιώνουν με ικανοποιητική προσέγγιση τους νόμους των αερίων, στην ουσία ζητείται από τους μαθητές να θυμηθούν τα σφάλματα που γίνονται κατά τη μέτρηση των φυσικών μεγεθών. Είναι σκόπιμο να ανατρέξουν στην εισαγωγή του εργαστηριακού αγωγού, όπου γίνεται εκτεταμένη αναφορά στα σφάλματα των μετρήσεων.

Στη στήλη “ελέγξτε τις γνώσεις σας” ζητείται από τους μαθητές να υπολογίσουν πόσα mol αέρα περιέχει η συσκευή, με δεδομένο ότι η μέση γραμμομοριακή μάζα του αέρα είναι 29. Οι μαθητές γνωρίζουν από τα μαθήματα της χημείας τις έννοιες γραμμομοριακή μάζα και mol για την περίπτωση ενός καθαρού σώματος. Είναι ίσως απαραίτητο να τους πληροφορήσουμε ότι η έκφραση “η μέση γραμμομοριακή μάζα του αέρα είναι 29” σημαίνει ότι 1mol αέρα (δηλαδή συνολικά $6,023 \times 10^{23}$ μόρια όλων των

συστατικών του) ζυγίζει 29g.

Στη δεύτερη ερώτηση ζητείται να υποδειχθεί ένας τρόπος για να πραγματοποιηθεί αδιαβατική μεταβολή. Τέτοια μεταβολή μπορεί να πραγματοποιηθεί αν ο αέρας συμπιεστεί ή εκτονωθεί πολύ γρήγορα. Επειδή όμως οι μαθητές δε γνωρίζουν τον όρο "αδιαβατική μεταβολή", αν η άσκηση πραγματοποιηθεί στο πρώτο κεφάλαιο όπως προτείνεται είναι προτιμότερο το ερώτημα αυτό να παραληφθεί.

ια. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες

B1.1α,β,γ Νόμος του Boyle

B1.2αβ,γ Νόμος του Charles

B1.3αβ,γ Νόμος των Gay – Lussac

Ενότητα 2

Η κινητική θεωρία - τα πρώτα σημαντικά αποτελέσματα

α. Το βασικό στην ενότητα αυτή είναι να κατανοήσουν οι μαθητές τις βασικές παραδοχές της κινητικής θεωρίας και να μπορούν να συσχετίζουν τη θερμοκρασία και την πίεση με τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων τους.

β. Η απόδειξη της σχέσης $p = \frac{1}{3} \frac{N}{V} \overline{mv^2}$ είναι γραμμένη με

μικρότερα στοιχεία. Αυτό δε σημαίνει ότι η ενότητα αυτή είναι έξω από τη διδακτέα ύλη αλλά ότι σε πρώτη ανάγνωση μπορεί να παραλειφθεί. Πάντως πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η έννοια της ελαστικής κρούσης δεν είναι γνωστή στους μαθητές αυτής της τάξης.

γ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες

B1.4 Μόριο μέσα σε δοχείο που έχει σχήμα κύβου.

B1.5 Η ταχύτητα ενός μορίου που κινείται αναλύεται σε τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων.

B1.6 Η κίνηση ενός μορίου στο επίπεδο xy

Ενότητα 3

Κατανομή των μοριακών ταχυτήτων – Κατανομή Maxwell - Boltzmann.

- α. Οι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν ότι:
- Δεν έχουν όλα τα μόρια των αερίων την ίδια ταχύτητα.
 - Όταν λέμε ότι τα μόρια του αερίου Α έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα από τα μόρια του αερίου Β αναφερόμαστε στις ενεργές τιμές τους.

β. Επειδή η έννοια «συνάρτηση κατανομής των ταχυτήτων» δύσκολα μπορεί να γίνει κατανοητή, θεωρήθηκε σκόπιμο να προηγηθεί η περιγραφή του πειράματος Zartman και να δοθεί ως παράδειγμα ένας πίνακας με τιμές ταχύτητας που μετρήθηκαν σε ένα αντίστοιχο πείραμα. Με βάση αυτές τις τιμές Δv και ΔN προτείνεται να γίνει συζήτηση για το ποιος είναι ο καταλληλότερος τρόπος να επεξεργαστούμε αυτά τα στοιχεία, ώστε να γίνει κατανοητό γιατί στον άξονα των τεταγμένων υπάρχει το πηλίκο $\Delta N / \Delta v$.

Για πληρέστερη κατανόηση μπορεί να δοθεί και το παράδειγμα της στατιστικής μελέτης των γεννήσεων σε μια μικρή κομόπολη. Το χρονικό εύρος Δt (π.χ. ενός μήνα) στο οποίο αναφέρεται ο αριθμός των γεννήσεων δε μπορεί να είναι σταθερό, αφού είναι πιθανό στη διάρκεια ενός μήνα να μην έχουμε γεννήσεις. Επομένως το χρονικό εύρος Δt πρέπει να κυμαίνεται και η επεξεργασία πρέπει να γίνεται με βάση το πηλίκο ΔN (αριθμός γεννήσεων) προς Δt .

γ. Με βάση τον πίνακα κατασκευάστηκε το διάγραμμα 1.11 στο οποίο ο άξονας των τετμημένων δείχνει ταχύτητες και ο άξονας των τεταγμένων το πηλίκο του αριθμού των μορίων που οι ταχύτητές τους περιέχονται ανάμεσα στην τιμή v και την τιμή $v + \Delta v$, με το Δv .

Ο πίνακας και το διάγραμμα δίνονται σε διαφάνειες.

- δ. Στο διάγραμμα του σχ. 1.12 οι μαθητές πρέπει να προσέξουν ότι:
- η πιο πιθανή ταχύτητα δε συμπίπτει με τη μέση ταχύτητα των μορίων του αερίου.
 - αν αυξηθεί η θερμοκρασία του αερίου η καμπύλη μετατοπίζεται προς τα δεξιά.
 - το εμβαδόν που περικλείεται από το διάγραμμα και τον άξονα των ταχυτήτων δείχνει τον αριθμό των μορίων του αερίου.

ε. Στο ένθετο αυτής της ενότητας οι μαθητές μπορούν να δουν πώς σχετίζεται η ενεργός ταχύτητα των μορίων ενός αερίου με τη μοριακή μάζα του και ποια είναι η κατανομή των ταχυτήτων των μορίων κάθε στοιχείου σε ένα μίγμα αερίων.

στ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες

B1.7α,β Το πείραμα του Zartman

B1.8 Πειραματικά δεδομένα από καταμέτρηση ταχυτήτων μορίων αερίου

B1.9α,β Το διάγραμμα κατανομής των ταχυτήτων αερίου όπως προκύπτει από δεδομένα του πειράματος.

B1.10α,β,γ Κατανομή Maxwell - Boltzmann

Ενότητα 4

Τα αποτελέσματα της κινητικής θεωρίας έχουν ευρύτερη εφαρμογή

α. Θεωρήσαμε ότι ο όρος «εξαερίωση των υγρών» αποδίδει καλύτερα το φαινόμενο της μετάβασης ενός σώματος από την υγρή στην αέρια φάση του από τον καθιερωμένο όρο «εξάερωση».

β. Η κινητική θεωρία διατυπώθηκε για να ερμηνεύσει τη συμπεριφορά των ιδανικών αερίων, ωστόσο μπορεί να ερμηνεύσει ποιοτικά και μερικές από τις ιδιότητες των υγρών, όπως είναι η εξαερίωση των υγρών.

γ. Οι έννοιες που αναπτύσσονται σε αυτή την ενότητα είναι ήδη γνωστές στους μαθητές, ωστόσο είναι σημαντικό να επισημανθούν οι διαφορές ανάμεσα στην εξάτμιση και το βρασμό καθώς και η δυναμική ισορροπία που αποκαθίσταται μεταξύ του υγρού και των ατμών του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Στόχοι:

Σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών, με τη διδασκαλία αυτού του κεφαλαίου, ο μαθητής πρέπει να μπορεί:

- Να σχεδιάζει αντιστρεπτές θερμικές μεταβολές σε τυπικά διαγράμματα και να διακρίνει τις αντιστρεπτές από τις μη αντιστρεπτές μεταβολές
- Να υπολογίζει το έργο που παράγει ένα αέριο κατά την εκτόνωση και να το συνδυάζει με τεχνολογικές εφαρμογές
- Να διατυπώνει με λόγια και με τύπους το 1ο θερμοδυναμικό αξίωμα και να το εφαρμόζει σε φυσικά προβλήματα.
- Να βρίσκει πειραματικά και φορμαλιστικά τις ειδικές θερμότητες των αερίων και να τις ερμηνεύει με βάση τη μηχανική του ιδανικού αερίου.
- Να περιγράφει μια τυπική μηχανή Carnot και να υπολογίζει την απόδοσή της.
- Να χρησιμοποιεί την έννοια της εντροπίας και το 2ο θερμοδυναμικό αξίωμα στην περιγραφή θερμικών φαινομένων.

Ειδικότερα, κατά τη δική μας γνώμη, μετά τη διδασκαλία αυτού του κεφαλαίου πρέπει:

- Να κατανοήσει ο μαθητής την έννοια του θερμοδυναμικού συστήματος και τη σημασία του όρου «θερμοδυναμική ισορροπία».
- Να διακρίνει τις αντιστρεπτές από τις μη αντιστρεπτές μεταβολές ενός απλού θερμοδυναμικού συστήματος και να αποδίδει γραφικά τις αντιστρεπτές μεταβολές ενός αερίου.
- Να μπορεί να υπολογίζει το έργο ενός αερίου στη διάρκεια απλών αντιστρεπτών μεταβολών.
- Να διακρίνει τα μεγέθη θερμότητα και θερμοκρασία.
- Να κατανοήσει τα μεγέθη «εσωτερική ενέργεια» και «εντροπία» και να υπολογίζει τις μεταβολές τους στη διάρκεια απλών αντιστρεπτών μεταβολών.
- Να διατυπώνει τους δυο θερμοδυναμικούς νόμους και να τους εφαρμόζει στη λύση προβλημάτων.
- Να περιγράφει μια θερμική μηχανή και να αναγνωρίζει τις θερμικές μηχανές που συναντάει στην καθημερινή ζωή του.

- Να περιγράφει μια μηχανή Carnot, να υπολογίζει την απόδοσή της και να συγκρίνει την απόδοση αυτής της μηχανής με την απόδοση των άλλων θερμικών μηχανών.
- Να μπορεί να συνδέει την ικανότητα ενός συστήματος να παράγει έργο με την εντροπία του συστήματος.

Πίνακας προτεινόμενων ασκήσεων - προβλημάτων

<i>Ενότητα</i>	<i>Προτεινόμενες ασκήσεις</i>	<i>Προτεινόμενα προβλήματα</i>
3. Θερμοδυναμικά συστήματα Ισορροπία θερμοδυναμικού συστήματος. Αντιστρεπτές μεταβολές.		
4. Έργο που παράγει ένα αέριο Θερμότητα - Εσωτερική ενέργεια	2.41	2.57
5. Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος Εφαρμογές	2.42 2.43	2.58 2.63
6. Οι ειδικές γραμμομοριακές θερμότητες των αερίων	2.50	2.65 2.67
7. Ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος Θερμικές μηχανές	2.52 2.54	2.69 2.71
8. Η εντροπία Υπολογισμός της μεταβολής της σε αντιστρεπτές και μη αντιστρεπτές μεταβολές	2.55 2.56	

Ενότητα 1

Θερμοδυναμικά συστήματα - Ισορροπία θερμοδυναμικού συστήματος - Αντιστρεπτές μεταβολές

α. Η θερμοδυναμική μελέτη μακροσκοπικά ένα σύστημα. Δεν κάνει υποθέσεις για τη δομή της ύλης και, ως εκ τούτου, τα συμπεράσματα της είναι εξαιρετικά ισχυρά. Μια γενική εισαγωγή στη θερμοδυναμική, το αντικείμενο και τις εφαρμογές της θα διευκολύνει την κατανόηση των πολύ σημαντικών εννοιών που περιλαμβάνει αυτό το κεφάλαιο.

β. Χρειάζεται να αποσαφηνιστεί η έννοια του συστήματος, να εξειδικευτεί η έννοια στα θερμοδυναμικά συστήματα και να τονιστεί ότι τα θερμοδυναμικά συστήματα που εξετάζονται στο κεφάλαιο αυτό περιορίζονται στα αέρια, χωρίς

αυτό να σημαίνει ότι όλα τα θερμοδυναμικά συστήματα είναι συστήματα που περιέχουν αέρια.

γ. Οι έννοιες της ισορροπίας ενός θερμοδυναμικού συστήματος καθώς και των αντιστρεπτών και μη αντιστρεπτών μεταβολών είναι βασικές για την ανάπτυξη αυτού του κεφαλαίου

δ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B2.1α,β Μη αντιστρεπτή μεταβολή.

B2.2 Αντιστρεπτή μεταβολή.

Ενότητα 2

Έργο που παράγει ένα αέριο - Θερμότητα - Εσωτερική ενέργεια

α. Θα πρέπει οι μαθητές ανάλογα με το αν ο όγκος ενός αερίου αυξάνεται, μένει σταθερός ή μειώνεται να βγάζουν συμπέρασμα για το πρόσημο του έργου του αερίου.

β. Έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές συγχέουν τις έννοιες θερμότητα και θερμοκρασία. Θα πρέπει να επιμείνουμε ώστε να γίνει κατανοητό ότι πρόκειται για διαφορετικές έννοιες.

γ. Η θερμότητα είναι ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο όταν έχουν διαφορά θερμοκρασίας. Επομένως η έκφραση: “ το σώμα έχει θερμότητα...” δεν είναι ορθή.

δ. Η θερμότητα που προσφέρεται στο αέριο και το έργο του αερίου εξαρτώνται από το είδος της μεταβολής. Αντίθετα, η εσωτερική ενέργεια του συστήματος αποτελεί καταστατικό μέγεθος, δεν εξαρτάται δηλαδή από τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα έφτασε στη συγκεκριμένη κατάσταση αλλά από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται.

ε. Οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν ότι σε οποιαδήποτε μεταβολή ενός ιδανικού αερίου η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία, αύξηση της θερμοκρασίας ενός αερίου σημαίνει ότι η εσωτερική ενέργεια του αερίου αυξάνεται και αντίστροφα.

στ. Στα ιδανικά αέρια το μόρια αλληλεπιδρούν μόνο στη διάρκεια των μεταξύ τους κρούσεων. Αυτό σημαίνει ότι τα μόρια των ιδανικών αερίων έχουν

μόνο κινητική ενέργεια και επομένως η εσωτερική ενέργεια ορισμένης ποσότητας αερίου εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία.

Αντίθετα, τα μόρια των πραγματικών αερίων, λόγω της αλληλεπίδρασης τους, έχουν δυναμική ενέργεια. Επομένως, η εσωτερική ενέργεια ορισμένης ποσότητας πραγματικού αερίου εξαρτάται και από τη θερμοκρασία- που καθορίζει την κινητική ενέργεια των μορίων του- αλλά και από τον όγκο του – που καθορίζει τις αποστάσεις μεταξύ των μορίων και επομένως και τη δυναμική τους ενέργεια.

Ενότητα 3

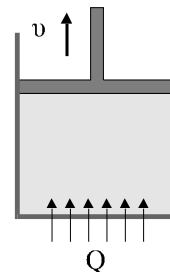
Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος - Εφαρμογές.

α. Έχει επικρατήσει να αναφέρεται ως 1ος θερμοδυναμικός νόμος. Στην ελληνική βιβλιογραφία αναφερόταν συχνά και ως 1ο θερμοδυναμικό αξίωμα .

β. Οι μαθητές πρέπει να αντιλαμβάνονται τον 1ο θερμοδυναμικό νόμο ως ειδική διατύπωση της αρχής διατήρησης της ενέργειας στα θερμοδυναμικά συστήματα.

γ. Οι μαθητές δύσκολα μπορούν να καταλάβουν ότι είναι δυνατό να διατηρείται σταθερή –ή ακόμη και να μειώνεται- η θερμοκρασία ενός αερίου στο οποίο προσφέρουμε θερμότητα. Πρέπει να προσπαθήσουμε να διαλυθεί αυτή η σύγχυση.

Η διάταξη που φαίνεται στο διπλανό σχήμα επιτρέπει να προσφέρουμε θερμότητα στο αέριο και, ταυτόχρονα να μετακινούμε το έμβολο που κλείνει το δοχείο. Μεταβάλλοντας την ταχύτητα με την οποία κινείται το έμβολο μπορούμε να επιτύχουμε αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας του αερίου μέσα στο δοχείο.



δ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχεί η διαφάνεια:

B2.3 Μηχανικό ισοδύναμο του πρώτου θερμοδυναμικού νόμου.

Ενότητα 4:

Οι ειδικές γραμμομοριακές θερμότητες των αερίων

α. Όταν σε ένα αέριο προσφέρεται ορισμένο ποσό θερμότητας η αύξηση της εσωτερικής του ενέργειας, άρα και της θερμοκρασίας του, εξαρτάται από το έργο που παράγεται κατά τη θέρμανση. Αυτό σημαίνει ότι, θεωρητικά, η τελική θερμοκρασία του αερίου, για ορισμένο ποσό προσφερόμενης θερμότητας, μπορεί να πάρει άπειρες τιμές. Άπειρες είναι επομένως και οι τιμές που μπορεί να πάρει η ειδική γραμμομοριακή θερμότητα του αερίου.

Η ειδική γραμμομοριακή θερμότητα με σταθερό όγκο (C_v) και η ειδική γραμμομοριακή θερμότητα υπό σταθερή πίεση (C_p) είναι οι ειδικές γραμμομοριακές θερμότητες των αερίων με ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

β. Τα ιδανικά αέρια, από τον ορισμό τους, δεν έχουν δομή. Επομένως ο λόγος C_p/C_v έχει για όλες τις θερμοκρασίες την τιμή 5/3. Στα πραγματικά αέρια όμως ο λόγος C_p/C_v εξαρτάται από την ατομικότητα και τη θερμοκρασία (γενικά αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται μείωση του λόγου αυτού).

γ. Στον πίνακα που ακολουθεί περιλαμβάνονται οι σχέσεις που συνδέουν σε κάθε μεταβολή τα μεγέθη p , V , T και οι σχέσεις με τις οποίες υπολογίζονται τα μεγέθη Q , W και ΔU σε κάθε μια από αυτές.

Είδος Μεταβολής	Εξισώσεις που ισχύουν	Q	ΔU	W
Ισόχωρη	$V=\sigma\tau$, $p/T=\sigma\tau$	$nC_v(T_2-T_1)$	$nC_v(T_2-T_1)$	0
Ισόθερμη	$T=\sigma\tau$, $pV=\sigma\tau$	$nRT\ln(V_2/V_1)$	0	$nRT\ln(V_2/V_1)$
Ισοβαρής	$p=\sigma\tau$, $V/T=\sigma\tau$	$nC_p(T_2-T_1)$	$nC_v(T_2-T_1)$	$p\Delta V$ ή $nR\Delta T$
Αδιαβατική	$pV^\gamma=\sigma\tau$, $pV/T=\sigma\tau$	0	$nC_v(T_2-T_1)$	$\frac{p_2V_2 - p_1V_1}{1-\gamma}$ $nC_v(T_1-T_2)$
Κυκλική		$Q=W$	0	$W=Q$

δ. Στις υποχρεωτικές εργαστηριακές ασκήσεις αυτής της τάξης συμπεριλαμβάνεται η «μέτρηση του λόγου C_p/C_v για τον αέρα»

Η μέτρηση γίνεται με τη μέθοδο Clement- Desormes, που βασίζεται στην πραγματοποίηση μιας αδιαβατικής και μιας ισόχωρης μεταβολής ορισμένης ποσότητας αέρα και τη μέτρηση της πίεσης (της υψομετρικής διαφοράς του υγρού στα δυο σκέλη ανοικτού μανόμετρου) πριν και μετά την εκτόνωση του αέρα.

Επειδή τα τοιχώματα της γυάλινης φιάλης που χρησιμοποιείται δεν είναι θερμομονωτικά η εκτόνωση του αέρα, όταν ανοίγουμε το πώμα της φιάλης δεν είναι στην πραγματικότητα αδιαβατική. Το σφάλμα περιορίζεται αν χρησιμοποιήσουμε φιάλη που βρίσκεται μέσα σε μονωτικό υλικό (π.χ. πριονίδια ή φελιζόλ). Περιορίζεται επίσης αν η εκτόνωση διαρκεί λίγο (γι αυτό κλείνουμε αμέσως σχεδόν τη φιάλη) ή αν χρησιμοποιήσουμε μεγάλη ποσότητα αέρα (αυτό επιβάλλει τη χρησιμοποίηση φιάλης μεγάλης χωρητικότητας).

Το ανοικτό μανόμετρο που χρησιμοποιείται στην άσκηση περιέχει διάλυμα KMnO_4 . Η χρήση Hg είναι απαγορευμένη στο σχολικό εργαστήριο, στην περίπτωση μας όμως θα ήταν και άσκοπη, δεδομένου ότι η υψομετρική διαφορά που μετράμε στα δυο σκέλη του μανόμετρου είναι μερικά cm στήλης νερού και θα ήταν δυσδιάκριτη στην περίπτωση που το μανόμετρο θα περιείχε Hg .

Επειδή η τιμή του γ επηρεάζεται από την παρουσία υδρατμών τοποθετούμε μέσα στη φιάλη μικρή ποσότητα πυκνού θειικού οξέος. Λόγω της απειρίας των μαθητών στη διαχείριση επικίνδυνων χημικών ουσιών είναι σκόπιμο η εργασία αυτή να γίνεται από τον διδάσκοντα. Πρέπει να ενημερωθούν οι μαθητές ότι η προσθήκη νερού σε πυκνό θειικό οξύ μπορεί να προκαλέσει έκρηξη.

Η τιμή του γ που βρέθηκε με τη μέθοδο αυτή ήταν 1,28. Αν δεχτούμε ότι ο αέρας αποτελείται μόνο από οξυγόνο και άζωτο θα περιμέναμε για το γ την τιμή 1,4.

Η απόκλιση μπορεί να αποδοθεί πρώτα στην παρουσία και άλλων αερίων (υδρατμών, CO_2) στον αέρα καθώς και στο γεγονός ότι, στις συνθήκες του πειράματος, η εκτόνωση του αέρα δεν ήταν αδιαβατική.

Ενότητα 5

Ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος - Θερμικές μηχανές

α. Στην παράγραφο 2-11 γίνεται μια λεπτομερής αναφορά στην ατμομηχανή και με βάση αυτή επιχειρείται η γενίκευση της έννοιας "θερμική μηχανή". Προτιμήθηκε η αναφορά στις ατμομηχανές και όχι στις μηχανές εσωτερικής καύσης, γιατί στις τελευταίες οι δεξαμενές θερμότητας είναι δυσδιάκριτες και η κυκλική μεταβολή του μέσου δεν είναι φανερή.

β. Ο συντελεστής απόδοσης της θερμικής μηχανής ορίζεται σύμφωνα με τον γενικό ορισμό του συντελεστή απόδοσης μιας μηχανής, δηλαδή ως το πηλίκο της ωφέλιμης ενέργειας που δίνει η μηχανή προς την ενέργεια που δαπανάται για τη λειτουργία της. Στην περίπτωση της θερμικής μηχανής η ωφέλιμη ενέργεια είναι το έργο που παράγει η μηχανή και δαπανώμενη ενέργεια η θερμότητα που προσφέρει η θερμή δεξαμενή.

γ. Ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος αναφέρεται σε κυκλικές μεταβολές. Στη διάρκεια μιας απλής μεταβολής η θερμότητα μπορεί να μετατραπεί εξ

ολοκλήρου σε έργο (Αυτό συμβαίνει λ.χ. στη διάρκεια μιας ισόθερμης μεταβολής).

Υπολογισμός του συντελεστή απόδοσης της μηχανής Carnot:

Μεταβολή	Εξισώσεις	Q	ΔU	W
A-B (Ισόθερμη εκτόνωση)	$T=T_h$ $p_A V_A = p_B V_B$	$nRT_h \ln(V_B/V_A)$	0	$nRT_h \ln(V_B/V_A)$
B-Γ (Αδιαβατική εκτόνωση)	$p_B V_B^\gamma = p_\Gamma V_\Gamma^\gamma$ $T_h V_B^{\gamma-1} = T_c V_\Gamma^{\gamma-1}$	0	$nC_v(T_c - T_h)$	$nC_v(T_h - T_c)$
Γ-Δ (Ισόθερμη συμπίεση)	$T=T_c$ $p_\Gamma V_\Gamma = p_\Delta V_\Delta$	$nRT_c \ln(V_\Delta/V_\Gamma)$	0	$nRT_c \ln(V_\Delta/V_\Gamma)$
Δ-A (Αδιαβατική συμπίεση)	$p_\Delta V_\Delta^\gamma = p_A V_A^\gamma$ $T_h V_A^{\gamma-1} = T_c V_\Delta^{\gamma-1}$	0	$nC_v(T_h - T_c)$	$nC_v(T_c - T_h)$

Ο συντελεστής απόδοσης θα είναι

$$e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} \quad \text{ή} \quad e = 1 - \frac{nRT_c \ln \frac{V_\Delta}{V_\Gamma}}{nRT_h \ln \frac{V_B}{V_A}} = 1 - \frac{nRT_c \ln \frac{V_\Gamma}{V_\Delta}}{nRT_h \ln \frac{V_B}{V_A}} \quad (1)$$

Διαιρώντας κατά μέλη τις σχέσεις $T_h V_B^{\gamma-1} = T_c V_\Gamma^{\gamma-1}$ και $T_h V_A^{\gamma-1} = T_c V_\Delta^{\gamma-1}$ βρίσκουμε:

$$\left(\frac{V_B}{V_A} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_\Gamma}{V_\Delta} \right)^{\gamma-1} \quad \text{ή} \quad \frac{V_B}{V_A} = \frac{V_\Gamma}{V_\Delta} \quad (2)$$

Η (1), λόγω της (2) γίνεται
$$e = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

δ. Στην ενότητα αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B2.4 Αρχή λειτουργίας της ατμομηχανής.

B2.5 Οι φάσεις λειτουργίας της ατμομηχανής.

B2.6 Κύκλος βενζινοκινητήρα τεσσάρων χρόνων.

B2.7 Αρχή λειτουργίας θερμικής μηχανής.

B2.8α,β Κύκλος Carnot.

Ενότητα 6

Η εντροπία - Υπολογισμός της μεταβολής της σε αντιστρεπτές και μη αντιστρεπτές μεταβολές.

α. Η εντροπία ενός συστήματος είναι μέγεθος καταστατικό. Δεν εξαρτάται δηλαδή από το πώς έφτασε το σύστημα σε μία κατάσταση αλλά από το ποια είναι η κατάσταση αυτή.

β. Η εντροπία προσεγγίζεται από δύο δρόμους: ι) μακροσκοπικά, ως το μέγεθος που δείχνει την ικανότητα ενός συστήματος να παράγει (ωφέλιμο) έργο και ιι) μικροσκοπικά, ως το μέγεθος που σχετίζεται με την αταξία του συστήματος.

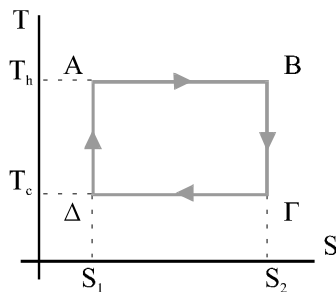
γ. Η πρόταση «η εντροπία ενός απομονωμένου συστήματος πάντοτε αυξάνεται» είναι στην ουσία μια άλλη διατύπωση του δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου. Επομένως, ο έλεγχος της εντροπίας του συστήματος στην αρχική και την τελική του κατάσταση επιτρέπει να προβλέψουμε αν το φαινόμενο που περιγράφεται είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί ή όχι.

δ. Από ενεργειακή άποψη, η αύξηση της εντροπίας του συστήματος οδηγεί στη μείωση της ικανότητας του συστήματος να παράγει ωφέλιμο έργο. Όταν το σύστημα πάψει να έχει την ικανότητα να παράγει έργο η εντροπία του έχει πάρει τη μέγιστη τιμή της.

ε. Στη μικροσκοπική προσέγγιση της εντροπίας περιοριστήκαμε να αναφέρουμε ότι η εντροπία του συστήματος συνδέεται με την αταξία των δομικών του λίθων. Η αναφορά σε περισσότερες λεπτομέρειες μόνο σύγχυση μπορεί να προκαλέσει τους μαθητές.

στ. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα διαγράμματα με άξονες τη θερμοκρασία και την εντροπία του συστήματος. Σε ένα τέτοιο διάγραμμα η ισόθερμη μεταβολή παριστάνεται με ευθεία παράλληλη στον άξονα των εντροπιών και η αδιαβατική (που είναι ισοεντροπική) με ευθεία παράλληλη με τον άξονα των θερμοκρασιών. Το εμβαδόν που ορίζεται από το διάγραμμα και τον άξονα των εντροπιών θα δείχνει το ποσό της θερμότητας που ανταλλάσσει το σύστημα με το περιβάλλον.

Στο σχήμα φαίνεται το διάγραμμα T-S για ένα κύκλο Carnot. Το εμβαδόν του παραλληλογράμμου ABΓΔ δείχνει το καθαρό ποσό της θερμότητας που πήρε το σύστημα στην κυκλική μεταβολή –δηλαδή το έργο που αποδίδεται σε ένα κύκλο- ενώ το εμβαδόν κάτω από την AB δείχνει το ποσό της θερμότητας που απορρόφησε το σύστημα.



Από το διάγραμμα υπολογίζεται εύκολα ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής Carnot. Πράγματι,

$$e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} \quad \text{ή} \quad e = \frac{(T_h - T_c) \Delta S}{T_h \Delta S} \quad \text{ή} \quad e = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

ζ. Στην ενότητα αντιστοιχεί η διαφάνεια:

B2.9 Κινητήρας που λειτουργεί με τη διαφορά δυναμικού που δημιουργείται σε δύο χάλκινα ελάσματα όταν βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία. Όταν το σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία (οπότε η εντροπία του είναι μέγιστη) ο κινητήρας δε λειτουργεί. Όταν η εντροπία του συστήματος είναι μικρότερη ο κινητήρας λειτουργεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Στόχοι:

Σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών, η διδασκαλία αυτού του κεφαλαίου στοχεύει να καταστήσει ικανό το μαθητή:

- Να διατυπώνει το νόμο του Gauss και να τον εφαρμόζει σε συμμετρικά πεδία.
- Να χρησιμοποιεί την ενέργεια φορτισμένων σωματιδίων στην επίλυση προβλημάτων.
- Να εκφράζει την έννοια του ηλεκτρικού δυναμικού και να διατυπώνει τη σχέση του με την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου
- Να διατυπώνει τις ομοιότητες και διαφορές μεταξύ σημειακών ηλεκτρικών και βαρυτικών πεδίων.
- Να περιγράφει τους πυκνωτές, να διατυπώνει τις σχέσεις τους και να απαριθμεί τις χρήσεις τους
- Να περιγράφει με λόγια και με τύπους την κίνηση των φορτισμένων σωματιδίων μέσα σε ηλεκτρικά πεδία.
- Να σχεδιάζει και να εκτελεί πειραματικές διαδικασίες για την επιβεβαίωση / ανακάλυψη της θεωρίας μέσω του πειραματικού προσδιορισμού φυσικών ποσοτήτων
- Να χειρίζεται τον παλμογράφο ως ένα χρήσιμο πολυόργανο

Ειδικότερα, κατά τη δική μας γνώμη, μετά τη διδασκαλία αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής πρέπει:

- Να ορίζει την έννοια του ηλεκτρικού πεδίου και να περιγράφει το ηλεκτροστατικό πεδίο με την ένταση και το δυναμικό του.
- Να ορίζει τη διαφορά δυναμικού ανάμεσα σε δυο σημεία ηλεκτροστατικού πεδίου και να βρίσκει τη σχέση της με την ένταση στο ομογενές πεδίο.
- Να υπολογίζει την ηλεκτρική ροή που περνάει από μια επιφάνεια και να τη συσχετίζει με το φορτίο που περικλείει η επιφάνεια αυτή.
- Να χρησιμοποιεί το νόμο του Gauss για να υπολογίζει την ένταση ηλεκτρικών πεδίων που οφείλονται σε ηλεκτρικά φορτία συμμετρικά κατανεμημένα.
- Να αναγνωρίζει τα διατηρητικά πεδία δυνάμεων.
- Να ορίζει την ένταση και το δυναμικό στο πεδίο βαρύτητας.

Πίνακας προτεινόμενων ασκήσεων - προβλημάτων

Ενότητα	Προτεινόμενες ασκήσεις	Προτεινόμενα προβλήματα
9. Ένταση ηλεκτρικού πεδίου Ο νόμος του Gauss	3.45, 3.46, 3.49	
10. Δυναμικό- Διαφορά δυναμικού Δυναμική ενέργεια συστήματος ηλεκτρικών φορτίων Σχέση της έντασης ηλεκτρικού πεδίου με τη διαφορά δυναμικού	3.55, 3.57	3.90 3.93 3.95 3.96 3.98
11. Κίνηση φορτισμένων σωματιδίων σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.	3.59, 3.63	3.100 3.103
4. Καθοδικός σωλήνας – παλμογράφος		3.105
5. Πυκνωτές και διηλεκτρικά	3.70, 3.72, 3.74	3.110 3.111
6. Βαρυτικό πεδίο Το βαρυτικό πεδίο της Γης Ταχύτητα διαφυγής	3.77, 3.78, 3.82	3.113

Ενότητα 1

Ένταση ηλεκτρικού πεδίου - Ο νόμος του Gauss - Εφαρμογές

α. Έχει προηγηθεί η ανάπτυξη των εννοιών ηλεκτρικό πεδίο και ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο μάθημα γενικής παιδείας. Έτσι ο διδάσκων θα περιοριστεί στην υπόμνηση αυτών των εννοιών.

β. Η έννοια - κλειδί σε αυτή την ενότητα είναι η έννοια της ηλεκτρικής ροής.

Η έννοια της ροής χρησιμοποιείται για κάθε διανυσματική συνάρτηση. Μιλάμε για ροή –ηλεκτρικού πεδίου – βαρυτικού πεδίου – μαγνητικού πεδίου. Πρέπει να τονιστεί ότι η ροή που περνάει από μια επιφάνεια μπορεί να είναι θετική ή αρνητική.

γ. Η απλότητα του νόμου του Gauss οφείλεται στη μορφή του βασικού νόμου της ηλεκτροστατικής, του νόμου του Coulomb, σύμφωνα με τον οποίο οι ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις είναι αντίστροφα ανάλογες του r^2 . Αν η μορφή του νόμου ήταν διαφορετική δεν θα γινόταν η απλοποίηση στη σχέση 3.3 και η ηλεκτρική ροή θα εξαρτιόταν όχι μόνο από το φορτίο που εγκλείεται στην επιφάνεια αλλά και από τη μορφή της επιφάνειας που θα επιλέγαμε κάθε φορά. Ο νόμος του Gauss είναι συνέπεια του νόμου του αντίστροφου τετραγώνου και της επαλληλίας των ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων. Με αυτή την έννοια ισοδυναμεί με το νόμο του Coulomb και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βασικός νόμος της ηλεκτροστατικής.

Άλλες δυνάμεις που υπακούουν στο νόμο του αντίστροφου τετραγώνου, όπως οι βαρυτικές δυνάμεις, θα υπακούουν στους δικούς τους "νόμους του Gauss".

δ. Ο νόμος του Gauss μάς επιτρέπει να υπολογίζουμε εύκολα ηλεκτρικά πεδία που οφείλονται σε συμμετρικές κατανομές ηλεκτρικών φορτίων. Το κλειδί για τη λύση τέτοιων προβλημάτων είναι η κατάλληλη επιλογή της επιφάνειας στην οποία εφαρμόζουμε το νόμο του Gauss (επιφάνεια Gauss). Τα λυμένα παραδείγματα καθώς και οι ασκήσεις που προτείνονται στην ενότητα αυτή προσφέρονται να κατανοήσουν οι μαθητές τα χαρακτηριστικά των επιφανειών που είναι κατάλληλες για την εφαρμογή του νόμου.

ε. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

- B3.1α,β Ηλεκτρική ροή που διέρχεται από επίπεδη επιφάνεια τοποθετημένη μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.
- B3.2 Ηλεκτρική ροή που διέρχεται από κλειστή επιφάνεια που βρίσκεται μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο.
- B3.3 Πεδίο σημειακού φορτίου απεικονισμένο με νήματα στην επιφάνεια λαδιού.
- B3.4 Η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από κλειστή επιφάνεια που περικλείει σημειακό φορτίο είναι ανεξάρτητη του σχήματος της επιφάνειας.

Ενότητα 2

Δυναμικό - Διαφορά δυναμικού –

Δυναμική ενέργεια συστήματος ηλεκτρικών φορτίων –

Σχέση της έντασης ηλεκτρικού πεδίου με τη διαφορά δυναμικού

α. Παρόλο που η έννοια “δυναμικό ηλεκτρικού πεδίου” είναι ήδη γνωστή στους μαθητές, η σπουδαιότητά της δικαιολογεί τη λεπτομερή ανάπτυξή της και στην ενότητα αυτή.

Προσπαθήσαμε να ορίσουμε το μέγεθος δυναμικό ως μια συνάρτηση χρήσιμη για τον υπολογισμό του έργου στα διατηρητικά πεδία.

Παρόλο που και στο μαγνητικό πεδίο ορίζεται δυναμικό (διανυσματικό δυναμικό), μόνο στα διατηρητικά πεδία το δυναμικό έχει ένα απλό φυσικό περιεχόμενο εκφράζει δηλαδή το έργο ανά μονάδα υποθέματος.

β. Το δυναμικό ορίζεται με βάση κάποιο σημείο αναφοράς. Για το επίπεδο της τάξης στην οποία πρόκειται να διδαχτεί το βιβλίο κρίναμε σκόπιμο να μην αναφερθούμε στο σημείο αναφοράς με βάση το οποίο ορίζεται το δυναμικό.

γ. Αποφύγαμε να συσχετίσουμε το μέγεθος δυναμικό με τη δυναμική ενέργεια. Υιοθετήσαμε την άποψη, που συναντάται σε μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας, ότι μπορούμε να μιλάμε μόνο για ενέργεια συστήματος φορτίων ή για ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου. Με αυτόν τον τρόπο αντιμετώπισης ελπίζουμε ότι θα αποφευχθούν λάθη όπως το να υπολογίζεται η ενέργεια συστήματος δύο σημειακών φορτίων διπλάσια από την πραγματική της τιμή. Τα προβλήματα που αφορούν στην κίνηση φορτίου μέσα σε ηλεκτροστατικό πεδίο θα αντιμετωπίζονται με το θεώρημα έργου ενέργειας.

δ. Ένα θετικό φορτίο, όταν αφεθεί σε ένα σημείο του ηλεκτρικού πεδίου θα κινηθεί προς την κατεύθυνση στην οποία ελαττώνεται το δυναμικό. Αν το πεδίο είναι ανομοιογενές, το φορτίο θα κινηθεί προς την κατεύθυνση στην οποία τα δυναμικά μειώνονται πιο απότομα.

Το μηχανικό ανάλογο αυτού είναι η κίνηση μιας σφαίρας που έχει τοποθετηθεί σε κυρτή επιφάνεια. Η σφαίρα κινείται προς την κατεύθυνση με τη μεγαλύτερη κλίση, στην κατεύθυνση δηλαδή στην οποία το ύψος μειώνεται πιο απότομα.

ε. Τα ηλεκτρικά φορτία αλληλεπιδρούν, επομένως έχουν δυναμική ενέργεια. Η δυναμική ενέργεια αναφέρεται στο σύστημα των φορτίων και όχι στο κάθε φορτίο ξεχωριστά. Ωστόσο αν έχουμε ένα σύστημα φορτίων όπου

μόνο το ένα φορτίο έχει τη δυνατότητα να κινείται, το αποτέλεσμα των υπολογισμών μας θα είναι το ίδιο κι αν θεωρήσουμε ότι η δυναμική ενέργεια του συστήματος ανήκει εξ ολοκλήρου στο σωματίδιο που κινείται.

Έτσι π.χ. στην περίπτωση του ατόμου του υδρογόνου επειδή η μάζα του πυρήνα - η μάζα του πρωτονίου δηλαδή- είναι πολύ μεγαλύτερη (περίπου 1840 φορές) από τη μάζα του ηλεκτρονίου μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ο πυρήνας είναι πρακτικά ακίνητος και για τους υπολογισμούς μας να αποδώσουμε στο ηλεκτρόνιο ολόκληρη τη δυναμική ενέργεια του ατόμου

στ. Η δυναμική ενέργεια συστήματος δυο ή περισσότερων φορτίων μπορεί να είναι θετική ή αρνητική.

Οι αυθόρμητες μεταβολές του συστήματος των φορτίων γίνονται πάντα προς την κατεύθυνση στην οποία ελαττώνεται η δυναμική του ενέργεια.

ζ. Η απόσταση x που αναφέρεται στη σχέση 3.29 είναι η απόσταση δύο σημείων του ηλεκτρικού πεδίου μετρημένη στη διεύθυνση της έντασης του πεδίου, δηλαδή κατά μήκος μιας δυναμικής γραμμής του πεδίου. Μπορούμε στο σημείο αυτό να υπενθυμίσουμε ότι και το έργο του βάρους ενός σώματος εξαρτάται από την απόσταση της αρχικής και τελικής θέσης του, μετρημένη στη διεύθυνση του βάρους, δηλαδή από την κατακόρυφη απόστασή τους.

η. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχεί η διαφάνεια:
B3.5 Ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Ενότητα 3

Κίνηση φορτισμένων σωματιδίων σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

α. Η ενότητα μπορεί να χρησιμεύσει ως αφορμή να ξαναθυμηθούν οι μαθητές την αρχή της επαλληλίας των κινήσεων.

β. Είναι ενδιαφέρον να δοθούν οι αριθμητικές τιμές των μεγεθών που επηρεάζουν την κίνηση ενός ηλεκτρικού φορτίου (τάση, απόσταση μεταξύ των οπλισμών, φορτίο, μάζα σωματιδίου) και να ζητηθεί από τους μαθητές να υπολογίσουν την επιτάχυνση που αποκτάει το σωματίδιο, την τελική ταχύτητα και το χρόνο μέσα στον οποίο καλύπτουν ορισμένη απόσταση, προκειμένου να εκτιμήσουν την τάξη μεγέθους αυτών.

γ. Έχει, επίσης, ενδιαφέρον να ζητηθεί από τους μαθητές να συγκρίνουν τη μέγιστη απόκλιση από την αρχική διεύθυνση για δυο ισότοπα ιόντα που

μπαίνουν στο πεδίο, κάθετα στις δυναμικές του γραμμές, α) με την ίδια ταχύτητα και β) με την ίδια ενέργεια. Η σύγκριση των αποκλίσεων στην περίπτωση β' δικαιολογεί γιατί το ομογενές ηλεκτρικό πεδίο δε χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των ισοτόπων ιόντων, όπως γίνεται στο φασματογράφο των μαζών.

δ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχεί η διαφάνεια:

B3.6 Η διάταξη του παραδείγματος 3.7

Ενότητα 4

Καθοδικός σωλήνας – παλμογράφος

α. Η διδασκαλία αυτής της ενότητας θα είναι πιο αποδοτική αν γίνει στο χώρο του εργαστηρίου. Μπορεί να συνδυαστεί με την εργαστηριακή άσκηση 6 (γνωριμία με τον παλμογράφο).

β. Τη δομή και λειτουργία του καθοδικού σωλήνα μπορούν να την αντιληφθούν πιο εύκολα οι μαθητές αν τους δείξουμε τον καθοδικό σωλήνα που χρησιμοποιείται στη μέτρηση του ειδικού φορτίου του ηλεκτρονίου (εργαστηριακή άσκηση 3), στον οποίο φαίνεται το θερμαινόμενο νήμα της καθόδου. Φαίνεται επίσης ότι στον καθοδικό σωλήνα, σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει στον παλμογράφο, δεν υπάρχει εσωτερική σάρωση. Επομένως στον καθοδικό σωλήνα δε μπορούμε να παρατηρήσουμε την κυματομορφή μιας τάσης

γ. Οι μαθητές πρέπει να εξοικειωθούν με τη χρήση των διαφόρων ρυθμιστών (κουμπιών) του παλμογράφου και την παρατήρηση κυματομορφών στην οθόνη του.

Πρέπει να αντιληφθούν ότι ο παλμογράφος αποτελεί ένα χρήσιμο όργανο με τη βοήθεια του οποίου μπορούμε όχι μόνο να παρατηρήσουμε μια κυματομορφή αλλά και να πραγματοποιήσουμε μετρήσεις (π.χ να μετρήσουμε τάσεις).

δ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχεί η διαφάνεια:

B3.7 Ο καθοδικός σωλήνας.

Πυκνωτές και διηλεκτρικά

α. Η απόδειξη της σχέσης που δίνει την ενέργεια φορτισμένου πυκνωτή – στην αντίστοιχη ενότητα του βιβλίου χρησιμοποιήθηκαν μικρότερα στοιχεία – σε πρώτη ανάγνωση μπορεί να παραλειφθεί.

β. Η εισαγωγή διηλεκτρικού στο εσωτερικό του πυκνωτή αυξάνει ταυτόχρονα τη χωρητικότητά του και τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της τάσης μεταξύ των οπλισμών του, επομένως αυξάνει το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο του πυκνωτή. Η άσκηση 3.75 προσφέρεται για την επαλήθευση αυτής της πρότασης.

γ. Πριν αναφερθούμε στη πόλωση του διηλεκτρικού, είναι χρήσιμο να αναφερθούμε στο ηλεκτρικό δίπολο και στην τάση του να προσανατολίζεται στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

δ. Το ηλεκτρικό πεδίο επιδρά με δύο τρόπους στα άτομα και τα μόρια του διηλεκτρικού και προκαλεί την πόλωση του: τα επιμηκύνει και τα περιστρέφει.

Αν ένα άτομο διηλεκτρικού τοποθετηθεί μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο, ο πυρήνας ωθείται προς την κατεύθυνση του πεδίου και τα ηλεκτρόνια προς την αντίθετη. Αν το πεδίο είναι αρκετά ισχυρό μπορεί να αποσπάσει ηλεκτρόνια από το άτομο και να το ιονίσει (τότε το υλικό γίνεται αγωγός). Αν το πεδίο δεν είναι αρκετά ισχυρό αποκαθίσταται μια ισορροπία στην οποία ο πυρήνας δεν βρίσκεται πια στο κέντρο του ηλεκτρονικού νέφους. Σε αυτή την κατάσταση ισορροπίας η εξωτερική δύναμη που τείνει να διαχωρίσει τον πυρήνα από τα ηλεκτρόνια του εξισορροπείται από την έλξη μεταξύ πυρήνα και ηλεκτρονικού νέφους.

Στα μόρια η κατάσταση δεν είναι τόσο απλή επειδή πολώνονται περισσότερο σε κάποιες κατευθύνσεις παρά σε άλλες.

Στα μόρια που από τη φύση τους εμφανίζουν κάποια πολικότητα το εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο τα στρέφει τείνοντας να ευθυγραμμίσει τη διπολική τους ροπή με τη διεύθυνσή του. Την ευθυγράμμιση αυτή αντιστρατεύεται η θερμική κίνηση. Οι συνεχείς συγκρούσεις μεταξύ των μορίων καταστρέφουν την πλήρη ευθυγράμμιση, γι αυτό και η ευθυγράμμιση παύει να υφίσταται μόλις το εξωτερικό πεδίο μηδενιστεί.

ε. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες

B3.8 Τύποι πυκνωτών.

B3.9 Πυκνωτής σάντουιτς και πυκνωτής μεταβλητής χωρητικότητας.

- B3.10 Προσανατολισμός διπολικών μορίων μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο.
- B3.11 Η πόλωση του διηλεκτρικού.
- B3.12 Ηλεκτρικός σπινθήρας στον αέρα.
- B3.13 Κατάρρευση διηλεκτρικού.

Ενότητα 6

Βαρυτικό πεδίο - Το βαρυτικό πεδίο της Γης - Ταχύτητα διαφυγής

α. Το βαρυτικό πεδίο είναι διατηρητικό. Αυτό κάνει χρήσιμη μια συνάρτηση δυναμικού, που δίνει το έργο του πεδίου ανά μονάδα μάζας.

β. Η δυναμική ενέργεια του συστήματος δυο μαζών είναι πάντοτε αρνητική. Αυτό σημαίνει ότι για να απομακρύνουμε τις δυο μάζες- εφόσον αυτές βρίσκονται έξω από την επίδραση του βαρυτικού πεδίου της Γης ή άλλου ουράνιου σώματος- πρέπει να προσφέρουμε ενέργεια.

γ. Το βαρυτικό πεδίο της Γης δεν είναι ομογενές. Εντούτοις, όταν περιοριζόμαστε σε μια μικρή περιοχή του μπορούμε να θεωρούμε σταθερή την έντασή του.

δ. Οι σχέσεις 3.59 και 3.60 δίνουν, αντίστοιχα, την ένταση και το δυναμικό του βαρυτικού πεδίου της Γης σε σημεία που βρίσκονται έξω από αυτή.

ε. Δεν έχει γίνει ειδική αναφορά στην κίνηση των δορυφόρων. Οι μαθητές, όποτε χρειάζεται, πρέπει, από τη σχέση που δίνει την κεντρομόλο δύναμη, να βρίσκουν την ταχύτητά και την περίοδό τους

στ. Είναι σκόπιμο να τονιστεί ότι η ταχύτητα διαφυγής από τη Γη είναι ίδια για όλα τα σώματα και εξαρτάται από το ύψος στο οποίο βρίσκόμαστε. Στο σημείο αυτό δίνεται ευκαιρία να παραπέμπουμε τους μαθητές στο ένθετο του 1ου κεφαλαίου (σελ. 33), στο οποίο ερμηνεύεται η απουσία υδρογόνου στην ατμόσφαιρα της Γης.

ζ. Για να γίνει μαύρη τρύπα ένα ουράνιο σώμα θα πρέπει η μάζα του να είναι μεγαλύτερη από κάποιο όριο. Αν παραβλέψουμε αυτό το γεγονός, μπορούμε, για να αποκτήσουν οι μαθητές μια αίσθηση της πυκνότητας της ύλης σε μια μαύρη τρύπα, να τους ζητήσουμε να υπολογίσουν την ακτίνα που θα

έπρεπε να έχει ο Ήλιος ή η Γη για να περιπέσουν σε κατάσταση μαύρης τρύπας. Πρέπει να δοθούν οι μάζες του Ήλιου $M_H = 2,23 \times 10^{30}$ kg και της Γης $M_I = 5,98 \times 10^{24}$ kg. Την τιμή του G θα την βρουν στον πίνακα σταθερών του βιβλίου του μαθητή.

η. Στα προβλήματα, δίνεται συνήθως η τιμή του g στην επιφάνεια της Γης (g_0) και η ακτίνα της Γης. Στην περίπτωση αυτή μπορούμε να θέσουμε το μονώνυμο $g_0 R_I^2$ αντί του μονωνύμου GM_I .

θ. Στις δραστηριότητες αυτού του κεφαλαίου προτείνεται να ανατεθεί στους μαθητές μια σύντομη εργασία σχετικά με το φαινόμενο της παλίρροιας. Μερικές πηγές από τις οποίες μπορούν να αντληθούν πληροφορίες σχετικές με το πρόβλημα είναι:

1. <http://co-ops.nos.noaa.gov/about2.html>
2. <http://www.sfgate.com/getoutside/1996/jun/tides.html>
3. <http://www.britannica.com/bcom/eb/article/idxref/9/0,5716,210843,00.html>

Επίσης πλούσια βιβλιογραφία μπορεί κανείς να βρει στη βιβλιοθήκη του Ιδρύματος Ευγενίδου (Λεωφ. Συγγρού 387 Αμφιθέα Τ.Κ 17564 Τηλ. 9411181 εσωτ.67).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Στόχοι:

Σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών, η διδασκαλία αυτού του κεφαλαίου στοχεύει να καταστήσει ικανό το μαθητή:

- Να διατυπώνει το νόμο των *Biot – Savart* και να τον εφαρμόζει σε περιπτώσεις συμμετρικών ρευματοφόρων αγωγών
- Να χρησιμοποιεί τη δύναμη *Lorentz* στην περιγραφή φυσικών φαινομένων και στη λύση προβλημάτων.
- Να διατυπώνει και να ερμηνεύει τη δύναμη *Laplace* και τη δύναμη μεταξύ δυο παράλληλων ρευματοφόρων αγωγών.
- Να διατυπώνει το νόμο του *Ampere* και να τον εφαρμόζει σε περιπτώσεις συμμετρικών ρευματοφόρων συστημάτων.
- Να σχεδιάζει, να περιγράφει και να εκτελεί βασικές πειραματικές διαδικασίες για την επιβεβαίωση / ανακάλυψη της συσχέτισης μαγνητικού πεδίου και κίνησης φορτίων.

Ειδικότερα, κατά τη δική μας γνώμη, μετά τη διδασκαλία αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής πρέπει:

- Να διατυπώνει και να χρησιμοποιεί στη λύση προβλημάτων τους νόμους των *Biot - Savart* και *Ampere*.
- Να διατυπώνει το νόμο του *Gauss* για το μαγνητικό πεδίο.
- Να αντιλαμβάνεται τις διαφορές ανάμεσα στο μαγνητικό και στο ηλεκτροστατικό πεδίο.
- Να περιγράφει την κίνηση φορτισμένων σωματιδίων μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο.
- Να προσδιορίζει τη δύναμη που ασκείται μεταξύ ρευματοφόρων αγωγών.
- Να ορίζει τις μονάδες 1 T και 1 A .
- Να αναφέρει την αρχή λειτουργίας του φασματογράφου μάζας.

Πίνακας προτεινόμενων ασκήσεων- προβλημάτων

Ενότητα	Προτεινόμενες ασκήσεις	Προτεινόμενα προβλήματα
12. Ο νόμος των Biot και Savart και οι εφαρμογές του	4.38	4.63 4.64
13. Ο νόμος του Ampere Εφαρμογές του νόμου του Ampere Ο νόμος του Gauss στο μαγνητισμό	4.39	
14. Δυνάμεις που ασκεί το μαγνητικό πεδίο σε κινούμενο φορτίο Κίνηση φορτισμένων σωματιδίων σε μαγνητικό πεδίο Επιλογέας ταχυτήτων Το πείραμα Thomson Φασματογράφος μάζας	4.44 4.47	
4. Δύναμη Laplace	4.50	
Δύναμη μεταξύ παράλληλων αγωγών	4.53	

Ενότητα 1

Ο νόμος των Biot και Savart και οι εφαρμογές του

α. Είναι σημαντικό να καταλάβουν οι μαθητές πώς εφαρμόζουμε τον κανόνα του δεξιού χεριού για να βρούμε τη φορά του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ένα στοιχειώδες τμήμα του αγωγού.

β. Το πεδίο που δημιουργεί ένας αγωγός είναι το άθροισμα των πεδίων που δημιουργούν τα στοιχειώδη τμήματά του. Πρέπει να τονιστεί ότι οι προσθετέοι αυτού του αθροίσματος είναι διανύσματα και γι αυτό η πρόσθεση είναι διανυσματική. Οι μαθηματικές γνώσεις των μαθητών αυτής της τάξης δεν επαρκούν για τον υπολογισμό αυτού του αθροίσματος σε όλες τις περιπτώσεις.

γ. Η αισθητοποίηση του μαγνητικού πεδίου ρευματοφόρου αγωγού με τα ρινίσματα σιδήρου, όπως δείχνει η εικόνα 4.3 είναι μάλλον δύσκολο να πραγματοποιηθεί αφού απαιτεί πολύ ισχυρό ρεύμα. Αντίθετα, αν στο εργαστήριο υπάρχει μαγνητόμετρο, μπορούμε, τοποθετώντας τον αισθητήρα του σε σημεία που βρίσκονται σε επίπεδο κάθετο στον ευθύγραμμο αγωγό και

απέχουν σταθερή απόσταση από αυτόν, να επαληθεύσουμε το νόμο των Biot - Savart για τον ευθύγραμμο αγωγό.

δ. Για το μαγνητικό πεδίο του κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν είναι ομογενές και ότι η σχέση $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi I}{r}$ ισχύει μόνο για το κέντρο του.

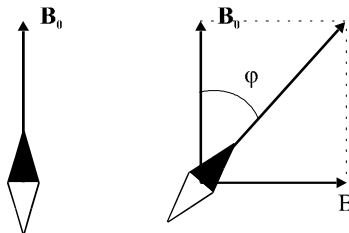
ε. Για την αισθητοποίηση του μαγνητικού πεδίου του κυκλικού αγωγού ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στο εδάφιο δ. Και στην περίπτωση αυτή το μαγνητόμετρο θα μας επιτρέψει να επαληθεύσουμε το νόμο των Biot - Savart.

στ. Η δραστηριότητα 1 προσφέρεται για να δείξουμε τη δημιουργία μαγνητικού πεδίου από ρευματοφόρο πλαίσιο και να βρούμε τη σχέση μεταξύ του πεδίου και του αριθμού των σπειρών του.

Η δραστηριότητα αναφέρεται στη διάταξη που είναι γνωστή ως «πυξίδα των εφαπτομένων». Αν τοποθετήσουμε την πυξίδα με τέτοιο τρόπο ώστε ο άξονας περιστροφής της να βρίσκεται στο κέντρο του πλαισίου και το πλαίσιο να έχει τον προσανατολισμό της μαγνητικής βελόνας (το επίπεδό του συμπίπτει με το μαγνητικό μεσημβρινό του τόπου) η βελόνα τελικά θα ισορροπήσει στη διεύθυνση του αθροίσματος των διανυσμάτων B_0 (οριζόντια συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου της Γης) και B (πεδίου που δημιουργεί το πλαίσιο).

Επομένως, η εφαπτομένη της γωνίας που σχηματίζει ο άξονας της βελόνας με την αρχική διεύθυνση είναι ανάλογη με το B , δηλαδή είναι ανάλογη με τον αριθμό των σπειρών του πλαισίου.

ζ. Πρέπει να τονιστεί ότι η παρουσία αγωγού δεν είναι αναγκαία προϋπόθεση δημιουργίας μαγνητικού πεδίου. Μια δέσμη φορτισμένων σωματιδίων που κινούνται ευθύγραμμα ή ένα ηλεκτρόνιο που περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα συμπεριφέρονται όπως ένας ευθύγραμμος ή κυκλικός αγωγός, αντίστοιχα



- η. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:
 B4.1 Φορά του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός.
 B4.2 Το μαγνητικό πεδίο δακτυλίου που διαρρέεται από ρεύμα.

Ενότητα 2

Ο νόμος του Ampere - Εφαρμογές του νόμου του Ampere

Ο νόμος του Gauss στο μαγνητισμό

α. Ο νόμος του Ampere επιτρέπει τον υπολογισμό των πεδίων που δημιουργούν ρευματοφόροι αγωγοί με ορισμένη συμμετρία.

β. Η απόδειξη της σχέσης $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{εγκ}}$ στην περίπτωση ευθύγραμμου αγωγού, έγινε με βάση το νόμο των Biot - Savart. Επομένως ο υπολογισμός του μαγνητικού πεδίου ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού με το νόμο του Ampere αποτελεί ταυτολογία. Ωστόσο, αν δεχτούμε την ισχύ του νόμου του Ampere η χρησιμοποίησή του για τον υπολογισμό του πεδίου του ευθύγραμμου αγωγού (εφαρμογή 4-1) είναι μια καλή ευκαιρία να διαπιστώσουν οι μαθητές πόσο απλοποιούνται οι υπολογισμοί μας.

γ. Ο νόμος του Ampere προσφέρεται για τον υπολογισμό του πεδίου που οφείλεται σωληνοειδές απείρου μήκους. Η εφαρμογή 4-2, που αφορά στον υπολογισμό του πεδίου σωληνοειδούς απείρου μήκους καλό είναι να αναπτυχθεί στην τάξη, δεδομένου ότι οι μαθητές, στα επόμενα κεφάλαια, θα χρησιμοποιήσουν τη σχέση που δίνει το μαγνητικό πεδίο του σωληνοειδούς.

δ. Είναι σκόπιμο να ζητηθεί από τους μαθητές να ανακαλέσουν στη μνήμη τους την έννοια της ηλεκτρικής ροής και, βασισμένη σ' αυτή να ορίσουν την έννοια της μαγνητικής ροής που περνάει από ορισμένη επιφάνεια.

ε. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

- B4.3 Το μαγνητικό πεδίο πηνίου που διαρρέεται από ρεύμα
 B4.4 Πηνίο για την εφαρμογή του νόμου του Ampere.

Δυνάμεις που ασκεί το μαγνητικό πεδίο σε κινούμενο φορτίο
Κίνηση φορτισμένων σωματιδίων σε μαγνητικό πεδίο

α. Η εκτροπή που υφίσταται μια δέσμη κινούμενων φορτισμένων σωματιδίων μπορεί να καταδειχτεί με διάφορους τρόπους. Μεταξύ αυτών:

1. Πλησιάζουμε ένα μαγνήτη στην οθόνη του παλμογράφου και παρατηρούμε την παραμόρφωση της εικόνας.
2. Χρησιμοποιούμε ένα καθοδικό σωλήνα που περιέχει αραιωμένο αέριο και είναι εφοδιασμένος με φθορίζον διάφραγμα (ΗΛ630.0). Όταν τροφοδοτήσουμε το σωλήνα από το δευτερεύον του πηνίου Ruhmkorff σχηματίζεται καθοδική δέσμη η οποία αφήνει το ίχνος της στο φθορίζον διάφραγμα.. Όταν τοποθετήσουμε κατάλληλα ένα πεταλοειδή μαγνήτη παρατηρούμε ότι η δέσμη καμπυλώνεται. Όταν αντιστρέψουμε τη φορά της έντασης του μαγνητικού πεδίου (αντιστρέφοντας την πολικότητα του μαγνήτη) η δέσμη εκτρέπεται προς την αντίθετη κατεύθυνση. Το πείραμα δίνει τη δυνατότητα να επαληθεύσουμε τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού.
3. Χρησιμοποιούμε ένα σωλήνα De la Rive (ΗΛ 640.0), τον οποίο τροφοδοτούμε με το δευτερεύον του πηνίου Ruhmkorff. Παρατηρούμε ότι δημιουργείται μια φωτεινή γραμμή, αποτέλεσμα της διέγερσης των ατόμων του αερίου από τα ιόντα που κινούνται μέσα στο σωλήνα. Όταν τροφοδοτήσουμε με συνεχή τάση 8V το πηνίο στην προέκταση του πυρήνα του οποίου εδράζεται ο σωλήνας, παρατηρούμε ότι η φωτεινή γραμμή στρέφεται . Αυτό οφείλεται στη δύναμη που δέχονται τα ιόντα από το μαγνητικό πεδίο. Η δύναμη αυτή είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν οι δυναμικές γραμμές του πεδίου και η ταχύτητα των ιόντων.

β. Είναι η πρώτη φορά που οι μαθητές συναντούν την περίπτωση δύναμης που δεν έχει τη διεύθυνση της έντασης του πεδίου αλλά είναι κάθετη σε αυτή. Αυτό αποτελεί σημαντική διαφορά ανάμεσα στο μαγνητικό και το ηλεκτρικό πεδίο και πρέπει να επισημανθεί.

γ. Η κίνηση που κάνει ένα φορτισμένο σωματίδιο μέσα στο μαγνητικό πεδίο εξαρτάται από τη γωνία που σχηματίζει η ταχύτητά του με τις δυναμικές γραμμές.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν δυο περιπτώσεις κίνησης φορτισμένων σωματιδίων σε ομογενές μαγνητικό πεδίο: Η κυκλική κίνηση που κάνει όταν η ταχύτητά του είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές, η περίοδος της οποίας είναι

ανεξάρτητη από την αρχική ταχύτητά του- η περίοδος αυτή αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως «κυκλοτρονική» συχνότητα- και η ελικοειδής κίνηση που κάνει όταν η ταχύτητά του σχηματίζει πολύ μικρή γωνία με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου, το βήμα της οποίας είναι ανεξάρτητο από τη γωνία.

Η πρώτη περίπτωση βρίσκει εφαρμογή στο κύκλοτρο και το φασματογράφο των μαζών, η δεύτερη στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

δ. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει και η κίνηση των φορτισμένων σωματιδίων μέσα σε ανομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο, ειδικότερα στην περίπτωση που το πεδίο έχει τη μορφή που περιγράφει το σχήμα 4.18 (μαγνητική φιάλη). Όσα αναφέρονται στην παράγραφο 4-8δ έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφού ερμηνεύουν φαινόμενα γνωστά στους μαθητές (όπως είναι το βόρειο σέλας) αλλά και προσπάθειες να παγιδευτεί μεγάλη ποσότητα πλάσματος. Η παγίδευση του πλάσματος είναι ένας από τους κύριους στόχους της έρευνας γύρω από τον έλεγχο της διαδικασίας της θερμοπυρηνικής σύντηξης.

ε. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B4.5 Δέσμη ηλεκτρονίων που παράγεται μέσα σε σωλήνα εκτρέπεται από την πορεία της όταν πλησιάζουμε μαγνήτη.

B4.6α,β Η δύναμη Lorentz σε κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο.

B4.7 Κίνηση ηλεκτρικού φορτίου κάθετα στις δυναμικές γραμμές μαγνητικού πεδίου.

B4.8 Πειραματική διάταξη για τη μελέτη της κίνησης δέσμης ηλεκτρονίων που κινείται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου.

B4.9 Τρία ηλεκτρόνια βάλλονται από το ίδιο σημείο κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου.

B4.10 Ελικοειδής κίνηση φορτισμένου σωματιδίου μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο.

B4.11 Μαγνητική φιάλη.

B4.12 Το μαγνητικό πεδίο της Γης και η κίνηση των φορτισμένων σωματιδίων που είναι εγκλωβισμένα σε αυτό.

B4.13 Βόρειο σέλας.

B4.14 Το βόρειο σέλας όπως φαίνεται από το διάστημα.

Ενότητα 4

Επιλογέας ταχυτήτων - Το πείραμα Thomson - Φασματογράφος μάζας

α. Από τις εφαρμογές της κίνησης φορτισμένων σωματιδίων στο μαγνητικό και το ηλεκτρικό πεδίο περιοριστήκαμε - για λόγους οικονομίας χρόνου - να αναφέρουμε τον επιλογέα ταχυτήτων και το φασματογράφο μάζας.

β. Για διδακτικούς λόγους στην περίπτωση του επιλογέα ταχυτήτων έχει παρασταθεί η τροχιά μιας δέσμης θετικών ιόντων που ικανοποιούν τη συνθήκη $v=E/B$ και γι αυτό κινούνται ευθύγραμμα.

γ. Είναι σκόπιμο να ζητηθεί από τους μαθητές να δικαιολογήσουν γιατί τα σωματίδια που ικανοποιούν τη συνθήκη $v=E/B$, ανεξάρτητα από το πρόσημο του φορτίου τους, κινούνται ευθύγραμμα.

δ. Το πείραμα Thomson που περιγράφεται στην ενότητα αυτή δεν είναι η ακριβέστερη μέθοδος για τη μέτρηση του ειδικού φορτίου του ηλεκτρονίου έχει όμως ιστορική σημασία γιατί με το πείραμα αυτό διαπιστώθηκε για πρώτη φορά ότι οι καθοδικές ακτίνες αποτελούνται από κινούμενα ηλεκτρόνια.

ε. Στο φασματογράφο μάζας του Bainbridge, που περιγράφεται στο βιβλίο του μαθητή, τα ιόντα μπαίνουν στο μαγνητικό πεδίο με την ίδια ταχύτητα και διαγράφουν τροχιές διαφορετικών ακτίνων. Σε άλλους τύπους φασματογράφων μάζας τα ιόντα μπαίνουν στο μαγνητικό πεδίο με την ίδια ενέργεια.

στ. Στις υποχρεωτικές εργαστηριακές ασκήσεις για αυτή την τάξη περιλαμβάνεται και η άσκηση "μέτρηση του ειδικού φορτίου του ηλεκτρονίου", που μπορεί να γίνει στο τέλος αυτής της ενότητας. Το πρόγραμμα σπουδών προβλέπει ως μέθοδο τη μέθοδο Thomson προτιμήθηκε όμως η μέτρηση του με τη βοήθεια του ενός καθοδικού σωλήνα που βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο.

Η άσκηση απαιτεί καλή θεωρητική προετοιμασία των μαθητών.

Το αποτέλεσμα που μπορεί να δώσει ή άσκηση απέχει πολύ από τη πραγματική τιμή του ειδικού φορτίου του ηλεκτρονίου, κυρίως λόγω της παρουσίας του μαγνητικού πεδίου της Γης. Η επίδραση του γήινου μαγνητικού πεδίου περιορίζεται αν προσανατολίσουμε τον άξονα του καθοδικού σωλήνα στη διεύθυνση του γήινου μαγνητικού πεδίου.

Η προτροπή να συγκρίνουν οι μαθητές την τιμή που βρήκανε με την τιμή που δίνει η βιβλιογραφία αποσκοπεί απλώς στην ενημέρωσή τους για την ακρίβεια με την οποία γίνονται οι μετρήσεις σε ένα σύγχρονο εργαστήριο.

Για διευκόλυνση των μαθητών έχει δοθεί ότι το μαγνητικό πεδίο του πηνίου δίνεται από τη σχέση $B=0,6 \times 10^{-3} \text{ T}$ (SI), που βρέθηκε με τη βοήθεια μαγνητομέτρου.

Στη στήλη “ελέγξτε τις γνώσεις σας” οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν στα ερωτήματα:

α) Πώς μπορούμε να ελέγξουμε πιο από τα ζεύγη των πλακιδίων είναι πιο κοντά στην οθόνη;

Αν έχουν μελετήσει το λυμένο παράδειγμα 3-7, στη σελίδα 99 του βιβλίου του μαθητή, θα γνωρίζουν ότι η απόκλιση που παρατηρείται στην οθόνη εξαρτάται από την απόσταση που διανύουν τα ηλεκτρόνια από τη στιγμή που βγαίνουν από το πεδίο μέχρι την πρόσπτωση τους στην οθόνη. Επομένως το ζεύγος των πλακιδίων για το οποίο παρατηρείται μεγαλύτερη απόκλιση της δέσμης –για την ίδια τάση μεταξύ των οπλισμών- απέχει περισσότερο από την οθόνη.

β) Πώς μπορούμε να μετρήσουμε την ακτίνα της τροχιάς των ηλεκτρονίων, όταν το πεδίο έχει πάρει τη μέγιστη τιμή του;

Αυτό που μετράμε στο πείραμα είναι η τιμή του πεδίου – σωστότερα της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο- ώστε το στίγμα της δέσμης να σχηματιστεί σε διεύθυνση κάθετη στη διεύθυνση στην οποία εκτρέπεται η δέσμη με την επίδραση μόνο του ηλεκτρικού πεδίου. Επομένως η απόσταση A_2O (σχ. 3.4 του εργαστηριακού οδηγού) είναι η διάμετρος της τροχιάς των ηλεκτρονίων.

γ) Τι κίνηση θα έκαναν τα ηλεκτρόνια μέσα στο μαγνητικό πεδίο, αν δεν υπήρχε το ηλεκτρικό πεδίο;

Αν δεν υπήρχε το ηλεκτρικό πεδίο η ταχύτητα των ηλεκτρονίων θα ήταν παράλληλη με τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου και επομένως θα έκαναν ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

ζ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B4.15 Το πείραμα του Thomson.

B4.16 Φασματογράφος μάζας.

Δύναμη Laplace - Δύναμη μεταξύ παράλληλων αγωγών

α. Η διδασκαλία της ενότητας μπορεί να ξεκινήσει με τη δραστηριότητα 2. Χρησιμοποιούμε μια λεπτή λωρίδα από αλουμινόχαρτο και τη συνδέουμε στους πόλους μιας μπαταρίας. Όταν πλησιάσουμε τον ένα πόλο ευθύγραμμου μαγνήτη το αλουμινόχαρτο μετακινείται. Η μετακίνηση γίνεται ορατή από όλη την τάξη αν το πείραμα γίνει στην επιφάνεια του διαφανοσκοπίου (overhead).

β. Η επίδραση του μαγνητικού πεδίου είναι άμεσα παρατηρήσιμη αν αντί ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού χρησιμοποιήσουμε το αιωρούμενο πλαίσιο ΗΛ 190.1. Το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από ένα πεταλοειδή μαγνήτη.

Παρατηρούμε ότι η φορά κατά την οποία εκτρέπεται το πλαίσιο και η ταχύτητα με την οποία εκτινάσσεται εξαρτάται από τον προσανατολισμό του μαγνήτη.

γ. Οι μαθητές θα έχουν την ευκαιρία να προσδιορίσουν τους παράγοντες που καθορίζουν το μέτρο της δύναμης Laplace με την πραγματοποίηση της εργαστηριακής 4.

δ. Η θεωρητική απόδειξη της σχέσης $F=Bil\mu\phi$ σε πρώτη ανάγνωση μπορεί να παραλειφθεί.

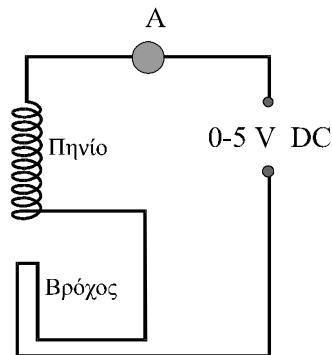
ε. Είναι σκόπιμο να ζητηθεί από τους μαθητές να προσδιορίσουν τη φορά της δύναμης που ασκείται μεταξύ παράλληλων ρευματοφόρων αγωγών άπειρου μήκους και να βρουν τη σχέση που δίνει το μέτρο αυτής της δύναμης.

στ. Την εξάρτηση της δύναμης Laplace από το ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό και το μαγνητικό πεδίο μπορούν να διαπιστώσουν οι μαθητές με την εργαστηριακή άσκηση "μέτρηση της δύναμης Laplace με το μαγνητικό ζυγό", η οποία πρέπει να γίνει μετά την ολοκλήρωση αυτής της ενότητας. Στην άσκηση γίνονται μετρήσεις της δύναμης Laplace για διάφορες τιμές του ρεύματος που διαρρέει το αγωγό και για διάφορες τιμές της έντασης του μαγνητικού πεδίου. Από τις γραφικές παραστάσεις των σχέσεων $\kappa=f(I)$, όπου κ ο αριθμός των "σταθμών" που απαιτούνται για να ισορροπήσει ο ζυγός προκύπτει με καλή προσέγγιση ότι η δύναμη Laplace είναι ανάλογη με το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο.

Η τοποθέτηση ή η αφαίρεση “σταθμών” στο ζυγό γίνεται με εργαστηριακή λαβίδα, που και αυτή πρέπει να υπάρχει στο τραπέζι στο οποίο πραγματοποιείται η μέτρηση.

Στη στήλη “ελέγξτε τις γνώσεις σας” οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν στα ερωτήματα:

α) Να σχεδιάσουν ένα κύκλωμα στο οποίο ο βρόχος και το πηνίο συνδέονται σε σειρά και να βρουν τι σχέση θα είχε, στην περίπτωση αυτή, η δύναμη Laplace με την ένταση του ρεύματος. Το κύκλωμα φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Με δεδομένο ότι το μαγνητικό πεδίο είναι της μορφής $B=aI$, η δύναμη Laplace θα είναι της μορφής $F=a I^2 L$.



β) Με ποια προϋπόθεση το βάρος των σταθμών συμπίπτει με τη δύναμη Laplace; Εδώ πρέπει να τους βοηθήσουμε να κατανοήσουν ότι ο ζυγός ισορροπεί όταν η ροπή της δύναμης είναι αντίθετη με τη ροπή του βάρους των “σταθμών” και επομένως το βάρος των σταθμών δείχνει τη δύναμη Laplace αν το τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε τα μέσα τους να απέχουν από τον άξονα περιστροφής του ζυγού όσο απέχει και το ευθύγραμμο τμήμα στο οποίο ασκείται η δύναμη Laplace.

γ Πώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ο ζυγός για τη μέτρηση του μαγνητικού πεδίου;

Εδώ, πρέπει να διευκρινιστεί ότι η μέτρηση του B είναι δυνατή μόνο σε ομογενή πεδία, στα οποία βρίσκεται όλο το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος του βρόχου, κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Στην περίπτωση αυτή, το μέτρο του πεδίου θα είναι $B = \frac{F_L}{IL}$, δηλαδή συνίσταται στη μέτρηση του

βάρους των “σταθμών” που απαιτούνται για να ισορροπήσει ο ζυγός όταν διαρρέεται από ρεύμα I .

ζ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B4.17 Διάταξη επίδειξης της δύναμης Laplace.

B4.18 Δύναμη Laplace.

B4.19 Διάταξη επίδειξης των δυνάμεων που ασκούνται ανάμεσα παράλληλους ρευματοφόρους αγωγούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

Στόχοι:

Σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών, η διδασκαλία αυτού του κεφαλαίου στοχεύει να καταστήσει ικανό το μαθητή:

- Να μοντελοποιεί τις κινήσεις των ηλεκτρονίων απλού αγωγού μέσα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο.
- Να διατυπώνει με λόγια και με τύπους το νόμο του Faraday και να το χρησιμοποιεί σε τυπικές περιπτώσεις. Να περιγράφει μια τυπική γεννήτρια ρεύματος.
- Να γνωρίζει τα βασικά μεγέθη του εναλλασσόμενου ρεύματος και τις σχέσεις που αυτά ικανοποιούν.
- Να περιγράφει έναν τυπικό ηλεκτρικό κινητήρα.
- Να περιγράφει με λόγια και με τύπους το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.
- Να διατυπώνει ποιοτικά και ποσοτικά το φαινόμενο της αμοιβαίας επαγωγής και της αυτεπαγωγής.

Ειδικότερα, με τη διδασκαλία αυτού του κεφαλαίου, ο μαθητής πρέπει να μπορεί:

- Να σχεδιάζει και να εκτελεί απλά πειράματα ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.
- Να περιγράφει τις ενεργειακές μετατροπές που συντελούνται κατά το φαινόμενο της επαγωγής.
- Να διατυπώνει τον κανόνα του Lenz και να τον χρησιμοποιεί για τον προσδιορισμό της φοράς του επαγωγικού ρεύματος.
- Να περιγράφει τη λειτουργία μιας απλής γεννήτριας και ενός απλού ηλεκτρικού κινητήρα.
- Να κατανοεί τι είναι ενεργός ένταση και τι ενεργός τάση και να γνωρίζει τις σχέσεις με τις οποίες υπολογίζονται τα μεγέθη αυτά.
- Να διακρίνει τη μέση από τη στιγμιαία ισχύ και να γνωρίζει τη σχέση που δίνει τη μέση ισχύ που καταναλώνει αντιστάτης όταν διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα.
- Να περιγράφει ποιοτικά και ποσοτικά το φαινόμενο της αμοιβαίας επαγωγής και να αναγνωρίζει τους παράγοντες που καθορίζουν την τιμή του συντελεστή αμοιβαίας επαγωγής.

- Να περιγράφει ποιοτικά και ποσοτικά το φαινόμενο της αυτεπαγωγής ενός κυκλώματος.
- Να συσχετίζει το φαινόμενο της αυτεπαγωγής με την “αδράνεια” των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Πίνακας προτεινόμενων ασκήσεων - προβλημάτων

Ενότητα	Προτεινόμενες ασκήσεις	Προτεινόμενα προβλήματα
15. Η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.	5.34 5.36	5.60 5.61 5.64 5.66 5.67
16. Κίνηση ευθύγραμμου αγωγού σε ομογενές μαγνητικό πεδίο	5.39 5.41 5.42 5.44	
17. Ο κανόνας του Lenz και η αρχή διατήρησης της ενέργειας στο φαινόμενο της επαγωγής		
18. Πλαίσιο που περιστρέφεται σε μαγνητικό πεδίο	5.47	
Η εναλλασσόμενη τάση	5.48	
Το εναλλασσόμενο ρεύμα	5.50	
Ενεργός τάση και ενεργός ένταση	5.53	
Μέση ισχύς του εναλλασσόμενου ρεύματος		
19. Γεννήτριες εναλλασσόμενης και συνεχούς τάσης		
Ηλεκτροκινητήρες		
6. Ανόρθωση εναλλασσόμενης τάσης		
7. Αμοιβαία επαγωγή	5.57	
Αυτεπαγωγή		

Ενότητα 1

Η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή

α. Το κεφάλαιο θα μπορούσε να ξεκινήσει με την πραγματοποίηση των δύο πειραμάτων που αναφέρονται στο βιβλίο του μαθητή. Την παραγόμενη επαγωγική τάση μπορούμε να τη διαπιστώσουμε είτε με ένα «γαλβανόμετρο του μηδενός» είτε με τον καθοδικό παλμογράφο (στην τελευταία περίπτωση καταργούμε την εσωτερική σάρωση, θέτοντας το αντίστοιχο κουμπί στη θέση OFF).

β. Με την καθοδήγηση του καθηγητή οι μαθητές θα μπορούσαν να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι το κοινό στα δύο πειράματα ήταν ότι μεταβλήθηκε η μαγνητική ροή που περνάει από την επιφάνεια που ορίζουν οι αγωγοί με το σχήμα τους και να ζητηθεί από τους μαθητές να υποδείξουν και άλλους τρόπους για να επιτύχουμε μεταβολή της ροής.

γ. Μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να αναφέρουν από ποιες μορφές ενέργειας νομίζουν ότι παίρνουμε την ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιούμε.

δ. Η τάση από επαγωγή δεν ταυτίζεται με την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή.

ε. Είναι σκόπιμο να λυθεί στην τάξη το παράδειγμα 5-1, και να τονιστεί ότι το ηλεκτρικό φορτίο που περνάει από μια διατομή του αγωγού κατά τη διάρκεια του φαινομένου της επαγωγής εξαρτάται από τη μεταβολή της ροής και όχι από το ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται αυτή.

στ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B5.1 Επίδειξη του φαινομένου της επαγωγής.

B5.2 Το φαινόμενο της επαγωγής όταν μαγνήτης πλησιάζει δακτύλιο.

B5.3 Το φαινόμενο της επαγωγής με δύο πηνία σε σύζευξη.

Ενότητα 2

Κίνηση ευθύγραμμου αγωγού σε ομογενές μαγνητικό πεδίο

α. Η σχέση $E=BLv$ δίνει την ηλεκτρεγερτική δύναμη που δημιουργείται σε αγωγό όταν τα B , L και v είναι κάθετα μεταξύ τους. Αν η ταχύτητα δεν είναι κάθετη στον αγωγό ή αν το B δεν είναι κάθετο στο επίπεδο που ορίζεται από την ταχύτητα και τον αγωγό αναλύουμε το αντίστοιχο διάνυσμα σε συνιστώσες κάθετες μεταξύ τους και λαμβάνουμε υπόψη εκείνη που ανταποκρίνεται στον αρχικό μας περιορισμό.

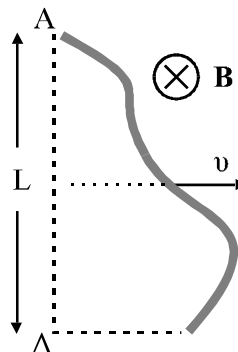
β. Στην περίπτωση αγωγού που στέφεται κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου η σχέση που δίνει την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή μπορεί να πάρει τη μορφή $E_{επ}=Bv_kL$, όπου v_k η ταχύτητα με την οποία κινείται το μέσον του. Αν ο άξονας περιστροφής περνάει από το μέσον του, επομένως $v_k=0$, η τάση μεταξύ των άκρων του αγωγού είναι μηδέν, όμως η τάση μεταξύ του μέσου του και ενός από τα άκρα του είναι διαφορετική από το μηδέν. Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση του στρεφόμενου αγωγίμου δίσκου, που μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αποτελείται από μεγάλο πλήθος στρεφόμενων ευθύγραμμων αγωγών.

Ένας τέτοιος στρεφόμενος δίσκος χρησιμοποιήθηκε από τον Faraday για την κατασκευή της πρώτης γεννήτριας. Απομίμηση μιας τέτοιας γεννήτριας, όπως αναφέρεται, αποτελεί η γεννήτρια που προτείνεται να κατασκευαστεί στη δραστηριότητα 1. Η κατασκευή μπορεί να ανατεθεί σε μια ομάδα μαθητών και να παρουσιαστεί στην τάξη κατά τη διδασκαλία της ενότητας αυτής.

γ. Η σχέση $E_{επ}=Bv_kL$ δίνει την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή και στην περίπτωση ενός αγωγού που κάνει σύνθετη κίνηση. Στην περίπτωση αυτή η v_k είναι η συνιστώσα της στιγμιαίας ταχύτητας του μέσου του αγωγού που είναι κάθετη στον αγωγό και στο πεδίο.

δ. Όταν ένας κλειστός αγωγίμος βρόχος μεταφέρεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, επειδή η ροή που περνάει από αυτόν μένει σταθερή, δεν αναπτύσσεται σε αυτόν ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή.

ε. Αν πρόκειται για αγωγό που δεν είναι ευθύγραμμος, στη θέση του L πρέπει να βάλουμε την προβολή του αγωγού σε διεύθυνση που είναι κάθετη στην ταχύτητα του αγωγού. Η αλήθεια της πρότασης αυτής φαίνεται εύκολα αν λάβουμε υπόψη ότι κατά τη μετακίνηση του κλειστού βρόχου μέσα στο ομογενές πεδίο η ηλεκτρεγερτική δύναμη στο βρόχο είναι ίση με μηδέν. Στο βρόχο όμως υπάρχουν δύο πηγές, που συνδέονται με την ίδια πολικότητα, μία που αντιστοιχεί στον αρχικό αγωγό και μία που αντιστοιχεί στον ευθύγραμμο αγωγό ΑΔ. Οι δυο πηγές έχουν ίδια ηλεκτρεγερτική δύναμη.



Σχ. 3.3

στ. Είναι σκόπιμο οι διδάσκοντες να παρουσιάσουν στην τάξη τα λυμένα παραδείγματα. Στο πρόγραμμα σπουδών δεν προβλέπεται η διδασκαλία του δεύτερου κανόνα του Kirchhoff. Στη σημείωση της σελίδας 190 αναφέρεται με ποιόν τρόπο αντιμετωπίζεται η περίπτωση δύο πηγών σε κύκλωμα.

ζ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B5.5 Το φαινόμενο της επαγωγής σε περιστρεφόμενο δίσκο.

B5.6 Ο δίσκος του Faraday

Ενότητα 3

Ο κανόνας του Lenz και η αρχή διατήρησης της ενέργειας στο φαινόμενο της επαγωγής

α. Ο κανόνας του Lenz θα μπορούσε να προκύψει από ορισμένα πειράματα επίδειξης.

i. Κρεμάμε με ένα λεπτό νήμα ένα μεταλλικό δακτύλιο - από χαλκό ή αλουμίνιο, που είναι διαμαγνητικά υλικά - και πλησιάζουμε σε αυτό το βόρειο πόλο ενός ραβδόμορφου μαγνήτη, με τον άξονα του μαγνήτη κάθετο στο επίπεδο του δακτυλίου. Παρατηρούμε ότι ο δακτύλιος απωθείται και εκτρέπεται από την κατακόρυφη θέση του. Αν απομακρύνουμε το μαγνήτη θα παρατηρήσουμε ότι ο δακτύλιος αυτή τη φορά εκτρέπεται προς το μέρος του μαγνήτη.

ii. Με τους δακτυλίους που αναπηδούν:

Στο ένα σκέλος του πυρήνα λυόμενου μετασχηματιστή, που έχει σχήμα U, βιδώνουμε τον μακρύ πυρήνα. Στο σκέλος αυτό βάζουμε ένα πηνίο των 300 σπειρών. Πάνω από το πηνίο τοποθετούμε ένα δακτύλιο από αλουμίνιο ή χαλκό. Ο πυρήνας διατηρείται κατακόρυφος. Όταν συνδέσουμε το πηνίο σε τάση 110 V (την παίρνουμε από τον πολλαπλό μετασχηματιστή) παρατηρούμε ότι ο δακτύλιος εκτινάσσεται.

Μερικά ερωτήματα που μπορούμε να θέσουμε στην τάξη για συζήτηση:

- Ποια δύναμη έκανε το δακτύλιο να εκτοξευθεί;
- Τι θα συμβεί αν αντί του πλήρους δακτυλίου τοποθετήσουμε ένα δακτύλιο με εγκοπή;
- Το επαγωγικό ρεύμα στον δακτύλιο είναι ομόρροπο ή αντίρροπο με το ρεύμα στο πηνίο;
- Ο δακτύλιος θα φτάσει σε μικρότερο ή μεγαλύτερο ύψος αν αντικαταστήσουμε το πηνίο των 300 σπειρών με ένα πηνίο 600 σπειρών;

Η ορθότητα των απαντήσεων των μαθητών ελέγχεται με το αντίστοιχο πείραμα.

β. Οι μαθητές πρέπει όχι μόνο να διατυπώνουν τον κανόνα του Lenz αλλά και να τον εφαρμόζουν για να βρίσκουν τη φορά του επαγωγικού ρεύματος και – κατ' επέκταση - της πολικότητας της πηγής που προκύπτει.

Στην περίπτωση ενός ευθύγραμμου αγωγού που κινείται στο μαγνητικό πεδίο, είναι προτιμότερο η πολικότητα της ηλεκτρεγερτικής δύναμης (και κατά συνέπεια η φορά του ρεύματος από επαγωγή) να βρίσκεται με βάση τη δύναμη Lorentz που ασκεί το μαγνητικό πεδίο στα ελεύθερα ηλεκτρόνια και όχι με τον κανόνα του Lenz.

γ. Ο κανόνας του Lenz αποτελεί διατύπωση της αρχής διατήρησης της ενέργειας στο φαινόμενο της επαγωγής.

Ποσοτικά, η ισχύς της αρχής διατήρησης της ενέργειας μπορεί να δοθεί στην περίπτωση του ευθύγραμμου αγωγού που μεταφέρεται μέσα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο, όπως αναφέρεται στο δεύτερο μέρος της παραγράφου 5-4. Όμως, μπορεί να δοθεί μεγάλος αριθμός παραδειγμάτων στα οποία φαίνεται ποιοτικά ότι αν το ρεύμα είχε φορά αντίθετη από αυτή που προβλέπει ο κανόνας του Lenz θα παραβιαζόταν η αρχή διατήρησης της ενέργειας.

δ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B5.7 Εφαρμογή του κανόνα του Lenz σε μαγνήτη που πλησιάζει το πηνίο.

B5.8 Εφαρμογή του κανόνα του Lenz σε μαγνήτη που απομακρύνεται ή πλησιάζει σε δακτύλιο.

Πλαίσιο που περιστρέφεται σε μαγνητικό πεδίο - Η εναλλασσόμενη τάση - Το εναλλασσόμενο ρεύμα - Ενεργός τάση και ενεργός ένταση - Μέση ισχύς του εναλλασσόμενου ρεύματος

α. Αν τη χρονική στιγμή $t=0$ το πλαίσιο είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, τη στιγμή t θα έχει στραφεί κατά $\theta=\omega t$ και η μαγνητική ροή που περνάει από την επιφάνειά του θα είναι της μορφής $\Phi=BAN\sigma\omega t$.

Είναι σκόπιμο, πριν αναφερθεί η σχέση $E_{επ}=\omega BAN \eta\mu\omega t$ να ζητηθεί από τους μαθητές να κάνουν το διάγραμμα ροής - χρόνου και να δουν ποιες χρονικές στιγμές η κλίση της καμπύλης $\Phi - t$ (δηλαδή η επαγωγική τάση) μηδενίζεται και ποιες στιγμές παίρνει τη μέγιστη τιμή της. Έτσι θα οδηγηθούν ποιοτικά στο συμπέρασμα ότι η τάση στα άκρα του πλαισίου είναι ημιτονοειδής συνάρτηση του χρόνου.

β. Αν, τη στιγμή $t=0$, η κάθετη στο πλαίσιο σχηματίζει με τις δυναμικές γραμμές γωνία φ_0 η τάση στα άκρα του πλαισίου θα είναι της μορφής $v=V\eta\mu(\omega t+\varphi_0)$, θα έχει δηλαδή αρχική φάση φ_0 .

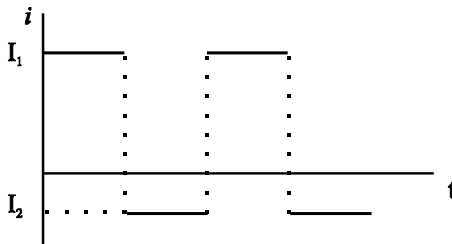
γ. Οι μαθητές πρέπει να γνωρίζουν το πλάτος και τη συχνότητα της τάσης στο κύκλωμα της πόλης και να είναι σε θέση να γράφουν την εξίσωσή της.

δ. Συνδέοντας στους ακροδέκτες του παλμογράφου τα άκρα μιας γεννήτριας μπορούμε να παρακολουθήσουμε στην οθόνη του τη μορφή μιας εναλλασσόμενης τάσης και να δείξουμε (ποιοτικά) ότι η αύξηση της συχνότητας περιστροφής του ρότορα επηρεάζει και τη συχνότητα και το πλάτος της παραγόμενης τάσης.

ε. Στο βιβλίο του μαθητή, ανταποκρινόμενοι στο Πρόγραμμα Σπουδών, περιοριστήκαμε σε κυκλώματα εναλλασσόμενου που έχουν μόνο ωμικούς καταναλωτές. Πρέπει να τονιστεί στους μαθητές ότι μόνο στην περίπτωση αυτή το ρεύμα είναι συμφασικό με την τάση.

στ. Η έννοια της ενεργού έντασης του ρεύματος γίνεται ευκολότερα κατανοητή στην περίπτωση περιοδικών ρευμάτων της μορφής του σχήματος. Είναι χρήσιμο να ζητήσουμε από τους μαθητές να υπολογίσουν πόση θερμότητα παράγει σε μια περίοδο το μεταβλητό ρεύμα και στη συνέχεια να υπολογίσουν την ένταση του σταθερού ρεύματος που θα έδινε στο χρόνο αυτό το ίδιο ποσό θερμότητας. Μετά τον υπολογισμό μπορούμε να τονίσουμε ότι αυτή την τιμή που βρήκανε τη λένε «ενεργό ένταση».

Η ενεργός ένταση (ή τάση) είναι γνωστή και ως *r.m.s* τιμή της έντασης (ή της τάσης).

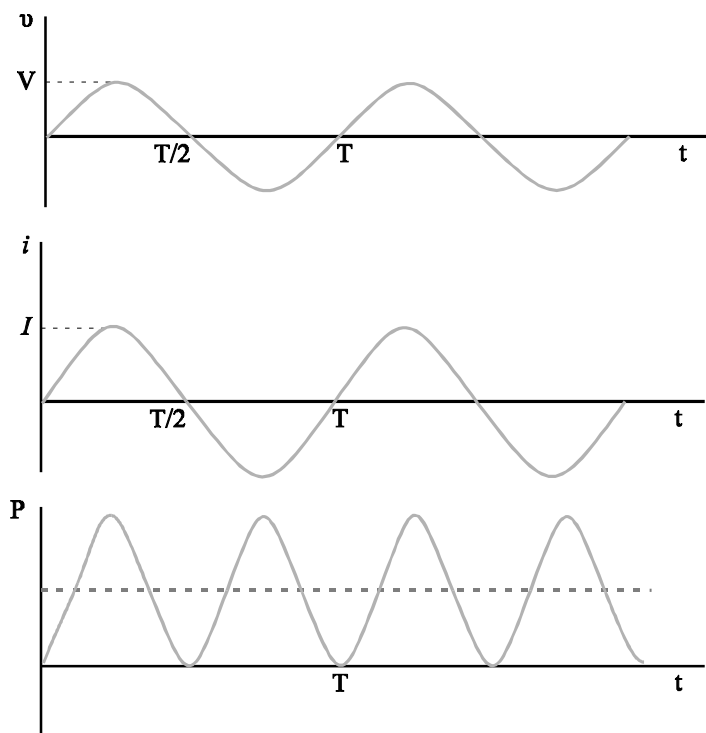


ζ. Οι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν ότι οι τιμές της τάσης και της έντασης του ρεύματος που αναφέρονται στο εναλλασσόμενο ρεύμα - αν δεν δηλώνεται αλλιώς - είναι ενεργές τιμές. Έτσι, π.χ. μια ασφάλεια των 6 A διακόπτει το κύκλωμα όταν η ενεργός τιμή του ρεύματος υπερβεί τα 6 A.

η. Βοηθάει στην κατανόηση της έννοιας «μέση ισχύς» η κατασκευή του διαγράμματος $P-t$ στην περίπτωση κυκλώματος με ωμικό καταναλωτή. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι η ισχύς στον αντιστάτη δεν είναι σταθερή.

Μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να βρουν τι παριστάνει το εμβαδόν που ορίζεται από το διάγραμμα και τον άξονα των χρόνων και να χαράξουν μια γραμμή παράλληλη με τον άξονα των t με τέτοιο τρόπο ώστε το εμβαδόν του παραλληλογράμμου που θα σχηματιστεί να είναι ίσο με το εμβαδόν που σχηματίζεται από την αρχική καμπύλη.

Η γραμμή που χάραξαν με αυτό τον τρόπο αντιστοιχεί στη μέση ισχύ του εναλλασσόμενου ρεύματος



θ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B5.9α,β Παραγωγή εναλλασσόμενης τάσης.

B5.10 Το δυναμό του ποδηλάτου.

Ενότητα 5

Γεννήτριες εναλλασσόμενης και συνεχούς τάσης- Ηλεκτροκινητήρες

α. Οι μαθητές γνωρίζουν ήδη (παράγραφος 5-6) τον τρόπο με τον οποίο παράγεται η εναλλασσόμενη τάση και τους παράγοντες που καθορίζουν τα χαρακτηριστικά της μεγέθη. Στην ενότητα αυτή η προσοχή εστιάζεται στο πώς γίνεται στην πράξη εφικτό να περιστρέφεται το πλαίσιο μέσα στο μαγνητικό πεδίο, πώς δημιουργείται το μαγνητικό πεδίο και πώς η παραγόμενη επαγωγική τάση εφαρμόζεται στο εξωτερικό κύκλωμα.

β. Η διαφορά μεταξύ της γεννήτριας εναλλασσόμενης τάσης και της γεννήτριας συνεχούς τάσης είναι μόνο στο σύστημα του συλλέκτη.

γ. Η γεννήτρια που υπάρχει στο σχολικό εργαστήριο ή το δυναμό ενός ποδηλάτου (ή αυτοκινήτου) προσφέρονται για να δείξουμε στους μαθητές τα μέρη από τα οποία αποτελείται μια γεννήτρια.

δ. Είναι εύκολο να δείξουμε στην οθόνη του παλμογράφου τη μορφή της τάσης που δίνει η γεννήτρια του εργαστηρίου.

ε. Η γεννήτρια μπορεί να λειτουργήσει και αντίστροφα, ως κινητήρας.

στ. Στη δεύτερη δραστηριότητα αυτού του κεφαλαίου προτείνεται η κατασκευή ενός απλού κινητήρα. Αν και το αποτέλεσμα δεν είναι πάντα θεαματικό, αξίζει τον κόπο να προσπαθήσουν οι μαθητές να κατασκευάσουν τον κινητήρα. Το κόστος για την απόκτηση των υλικών είναι μηδαμινό. Το σύρμα που θα χρησιμοποιήσουν για την κατασκευή του πλαισίου πρέπει να έχει τέτοια διατομή ώστε να μπορεί να κρατάει το βάρος του πλαισίου χωρίς να κάμπτεται.

ζ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B5.11α,β Παραγωγή συνεχούς τάσης.

B5.12α,β Ημιανόρθωση της εναλλασσόμενης τάσης.

B5.13α,β Πλήρης ανόρθωση της εναλλασσόμενης τάσης.

B5.14α,β Εξομάλυνση.

Ενότητα 6

Ανόρθωση εναλλασσόμενης τάσης

α. Προτείνεται η διδασκαλία της ενότητας αυτής να γίνει στο εργαστήριο. Είναι εύκολο να φανεί στην οθόνη του παλμογράφου η κυματομορφή μιας αρμονικής εναλλασσόμενης τάσης, η μορφή που θα έχει αυτή μετά την ημιανόρθωσή της, μια πλήρως ανορθωμένη τάση και μια τάση μετά την εξομάλυνση. Αυτό που μένει στον καθηγητή είναι, κάθε φορά, να εξηγήσει σύντομα την αρχή λειτουργίας της κάθε διάταξης.

β. Στο βιβλίο του μαθητή, στην αρχή της παραγράφου 5-11, αναφέρεται ότι η εναλλασσόμενη τάση παρουσιάζει πλεονεκτήματα έναντι της συνεχούς. Αν και δεν είναι του παρόντος, μπορεί να αναφερθεί ότι τα πλεονεκτήματα της εναλλασσόμενης τάσης σχετίζονται με τη δυνατότητά της να μετασχηματίζεται -

κάτι που επιτρέπει τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας με μικρές απώλειες - και να ανορθώνεται.

γ. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B5.15 Αρχή λειτουργίας του ηλεκτρικού κινητήρα.

B5.16 Πραγματικός ηλεκτροκινητήρας.

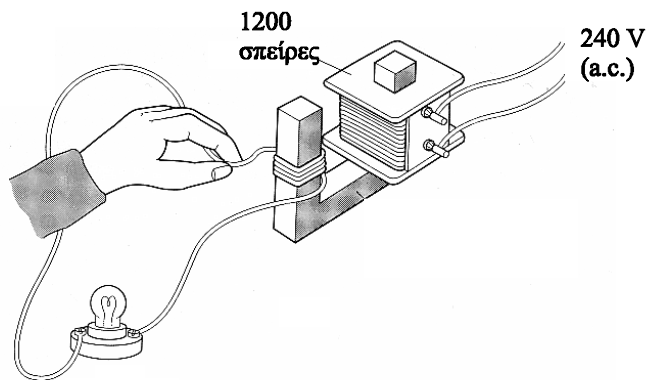
Ενότητα 7

Αμοιβαία επαγωγή - Αυτεπαγωγή

α. Η αμοιβαία επαγωγή, από ενεργειακή άποψη, συνίσταται στη μεταφορά ενέργειας από ένα κύκλωμα σε ένα άλλο μέσω του μαγνητικού πεδίου.

β. Μια σειρά πειραμάτων προσφέρονται για την επίδειξη του φαινομένου:

i. Στο ένα σκέλος του πυρήνα σχήματος U του λυόμενου μετασχηματιστή τοποθετείται πηνίο των 1200 σπειρών που συνδέεται στην τάση της πόλης. Στο άλλο σκέλος του πυρήνα τυλίγουμε συνεχώς ένα μονωμένο χάλκινο σύρμα, οι άκρες του οποίου είναι συνδεδεμένες σε μια λάμπα που λειτουργεί στα 6V. Κάποια στιγμή θα διαπιστώσουμε ότι η λάμπα φωτοβολεί.



ii. Η επίδειξη της λειτουργίας του πηνίου Ruhmkorff.

γ. Ο υπολογισμός του συντελεστή αμοιβαίας επαγωγής δύο πηνίων, καθώς και του συντελεστή αυτεπαγωγής ενός πηνίου μπορούν να δοθούν ως άσκηση στους μαθητές. Επιβάλλεται όμως να επισημανθεί ότι οι αντίστοιχες σχέσεις ισχύουν μόνο για πηνία και δεν αποτελούν σχέσεις ορισμού των αντίστοιχων μεγεθών. Στην περίπτωση του συντελεστή αμοιβαίας επαγωγής, αυτός, επηρεάζεται και από ποιοτικούς παράγοντες όπως είναι οι σχετικές θέσεις των δύο πηνίων.

δ. Το πείραμα που περιγράφεται στην παρ. 5-14, είναι και εύκολο να πραγματοποιηθεί και αρκετά διαφωτιστικό για το φαινόμενο της αυτεπαγωγής γι' αυτό καλό είναι να πραγματοποιηθεί στην τάξη.

ε. Στην ενότητα αυτή αντιστοιχούν οι διαφάνειες:

B5.17 Πηνία σε επαγωγική σύζευξη.

B5.18 Πηνία σε επαγωγική σύζευξη, τυλιγμένα γύρω από τον ίδιο πυρήνα μαλακού σιδήρου.

B5.19α,β Διάταξη επίδειξης του φαινομένου της αυτεπαγωγής.

B5.20α,β Εφαρμογή του κανόνα του Lenz στο φαινόμενο της αυτεπαγωγής.

B5.21α,β Κλείσιμο διακόπτη σε κύκλωμα RL

B5.22α,β Άνοιγμα του διακόπτη σε κύκλωμα RL

στ. Μετά τη διδασκαλία αυτής της ενότητας πρέπει να προγραμματιστεί η υποχρεωτική εργαστηριακή άσκηση «Μέτρηση του συντελεστή αυτεπαγωγής». Η μέτρηση του συντελεστή με τις μεθόδους που προτείνονται στον εργαστηριακό οδηγό δεν παρουσιάζει καμιά πρακτική δυσκολία, απαιτεί όμως καλή θεωρητική προετοιμασία των μαθητών, δεδομένου ότι οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται δεν περιέχονται στην ύλη που έχουν διδαχτεί.