

Η επίδραση του λογισμικού

"Φαινόμενα και μοντέλα
του φυσικού κόσμου"

στην κατανόηση και ερμηνεία
ηλεκτροστατικών φαινομένων
από μαθητές/ριες Γυμνασίου

της φοιτήτριας: Μαρίας Κολυμένου
Α.Μ.: 03005

Επιβλέπουσες καθηγήτριες: Ε. Σταυρίδου
Χ. Σολομωνίδου

ΒΟΛΟΣ 2006



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 5826/1
Ημερ. Εισ.: 11-09-2007
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
507
ΚΟΛ

**Η επίδραση του λογισμικού
«Φαινόμενα και μοντέλα
του φυσικού κόσμου»
στην κατανόηση και ερμηνεία
ηλεκτροστατικών φαινομένων
από μαθητές/ριες Γυμνασίου**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΘΕΩΡΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ	6
1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή	6
1.2 Εποικοδομητισμός και συνεργατική μάθηση	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ	11
2.1 Η μοντελοποίηση στις Φυσικές Επιστήμες	11
2.2 Η μοντελοποίηση στη διδασκαλία της Φυσικής	12
2.3 Η ενότητα της ηλεκτροστατικής στο Αναλυτικό Πρόγραμμα και στο εγχειρίδιο Φυσικής της Β' Γυμνασίου	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	18
3.1 Ιστορική αναδρομή της εξέλιξης των θεμελιωδών ιδεών της ηλεκτροστατικής	18
3.2 Οι ιδέες των παιδιών σχετικά με τα ηλεκτροστατικά φαινόμενα	22
3.3 Διδακτικές παρεμβάσεις στην ηλεκτροστατική	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΥΠΟΘΕΣΗ, ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	32
4.1 Υπόθεση – Σκοπός της έρευνας	32
4.2 Δείγμα – Διάρκεια διδασκαλίας	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	34
5.1 Αρχικό ερωτηματολόγιο	34
5.2 Διδακτική παρέμβαση	35
5.3 Τελικό ερωτηματολόγιο	39
5.4 Χρονική τοποθέτηση της έρευνας (στο πλαίσιο του σχολικού έτους)	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	41
6.1 Ερώτηση 1	41
6.2 Ερώτηση 2	44
6.3 Ερώτηση 3	47
6.4 Ερώτηση 4	50
6.5 Ερώτηση 5	54
6.6 Ερώτηση 6	63
6.7 Ερώτηση 7	67
6.8 Ερώτηση 8	73
6.9 Ερώτηση 9	78
6.10 Ερώτηση 10	84
6.11 Ερώτηση 11	88
6.12 Ερώτηση Α (τελικό ερωτηματολόγιο)	90
6.13 Ερώτηση Β (τελικό ερωτηματολόγιο)	93
6.14 Συζήτηση των αποτελεσμάτων	104
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	109
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	114
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – Ερωτηματολόγιο Α	119
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – Ερωτηματολόγιο Β	122
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – Φύλλο Εργασίας 1Α	126
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ – Φύλλο Εργασίας 2Α	127
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε – Φύλλο Εργασίας 1Β	129
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ – Φύλλο Εργασίας 2Β	133

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενότητα του ηλεκτρομαγνητισμού, κατά τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τόσο στο Γυμνάσιο αλλά και στο Λύκειο, είναι από τις πιο δύσκολες για τους μαθητές. Σε αντίθεση με τα φαινόμενα της μηχανικής, οι βαθύτερες εξηγήσεις και ερμηνείες που μπορούν να δοθούν στα ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα τοποθετούνται σχεδόν εξ' ολοκλήρου σε μικροσκοπικό επίπεδο, και αυτό το γεγονός τα κάνει ακόμη περισσότερο ασαφή και απροσπέλαστα. Επίσης, το γεγονός ότι το ηλεκτρικό φορτίο συνιστά μια ιδιότητα των σωμάτων, εμφανίζεται σε δύο μορφές και δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμο προκαλεί δυσκολίες κατά τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού (Jimenez Gomez & Fernandez Duran, 1998). Και τα υπόλοιπα φυσικά μεγέθη όμως που συνδέονται με τα φαινόμενα του ηλεκτρομαγνητισμού (ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, δυναμικό, διαφορά δυναμικού, ένταση ηλεκτρικού ρεύματος κ.λ.π.) εμφανίζουν επίσης υψηλό βαθμό αφαίρεσης και παρεμποδίζουν ακόμη περισσότερο την βαθύτερη κατανόησή τους από τους μαθητές (Arons, 1992· Haertel, 1993).

Στην παρούσα εργασία δίνεται έμφαση στην **ερμηνεία των τρόπων ηλεκτρίσης με αναφορά στην μικροσκοπική δομή της ύλης** δεδομένου ότι μια καλή κατανόηση της ηλεκτρικής φύσης της ύλης και της ηλεκτροστατικής επαγωγής είναι απαραίτητη για την περαιτέρω μελέτη και ερμηνεία των φαινομένων του ηλεκτρισμού. Αυτό απαιτεί φυσικά τη χρήση κατάλληλου μοντέλου, από τη μεριά των μαθητών, για την περιγραφή της μικροσκοπικής συμπεριφοράς των υλικών. Μετά από επισκόπηση της βιβλιογραφίας εντοπίστηκαν οι απόψεις των παιδιών σχετικά με τα ηλεκτροστατικά φαινόμενα και στη συνέχεια οργανώθηκε μια διδακτική παρέμβαση, για μαθητές της Β' Γυμνασίου, με τη χρήση του λογισμικού «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου» το οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με υπεύθυνη καθηγήτρια την Ε. Σταυρίδου (Σταυρίδου, 1999). Πριν από οποιαδήποτε διδασκαλία δόθηκαν αρχικά ερωτηματολόγια (Παράρτημα Α) προς διερεύνηση των αρχικών απόψεων των παιδιών, τα οποία επαναλήφθηκαν με την προσθήκη δύο ερωτήσεων (Παράρτημα Β) μία εβδομάδα μετά το τέλος των διδασκαλιών. Στην έρευνα συμμετείχαν δύο τμήματα της Β' Γυμνασίου, το πειραματικό τμήμα και ένα

τιμήμα ελέγχου. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων οδήγησε στη διατύπωση κάποιων παρατηρήσεων και συμπερασμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα εργασία είναι οργανωμένη σε επτά κεφάλαια. Στο 1^ο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη αναφορά στις σύγχρονες θεωρίες μάθησης και διδακτικές μεθοδολογίες, στο 2^ο κεφάλαιο συζητείται η διαδικασία της μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες ως κυρίαρχος τρόπος περιγραφής της πραγματικότητας, ενώ το 3^ο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα βιβλιογραφικά δεδομένα σχετικά με τη διδασκαλία της ηλεκτροστατικής, και πιο συγκεκριμένα τις ιδέες των παιδιών και διδακτικές παρεμβάσεις. Στο 4^ο κεφάλαιο διατυπώνεται και αναλύεται η υπόθεση και ο σκοπός της έρευνας, οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή του συγκεκριμένου θέματος και περιγράφεται το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε. Στο 5^ο κεφάλαιο περιγράφεται ο σχεδιασμός και η διεξαγωγή της έρευνας. Στο 6^ο κεφάλαιο περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα της έρευνας και τέλος, στο 7^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τελικά συμπεράσματα και οι προτάσεις που απορρέουν από την παρούσα εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΘΕΩΡΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Για να καταστούν σαφέστερες οι νεώτερες προσεγγίσεις στη διδακτική πράξη, θα γίνει αρχικά μια συνοπτική αναφορά στις θεωρίες μάθησης που κυριάρχησαν κατά το δεύτερο ήμισυ του εικοστού αιώνα ξεκινώντας από τον συμπεριφορισμό και φτάνοντας μέχρι τον κοινωνικό εποικοδομητισμό.

Ο συμπεριφορισμός (behaviorism) κυριάρχησε ως θεωρία μάθησης μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1950. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή είναι δυνατό να ερμηνευθεί η πολυπλοκότητα του φαινομένου της μάθησης με την παρατήρηση και την καταγραφή της συμπεριφοράς. Κατά τους συμπεριφοριστές η μάθηση είναι αλλαγή στη συμπεριφορά του υποκειμένου λόγω των εμπειριών που δοκιμάζει (Κόκκοτας, 1998).

Η θεώρηση αυτή αντιμετωπίζει τη μάθηση ως μια διαδικασία παθητική. Η γνώση είναι στατική και αντικειμενική και μεταδίδεται από τον δάσκαλο και το εγχειρίδιο στον μαθητή. Στην προσέγγιση αυτή δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ποσότητα της διδακτέας ύλης και στον έλεγχο της κατοχής του περιεχομένου. Τα αντίστοιχα διδακτικά μοντέλα είναι δασκαλοκεντρικά αφού η κεντρική ιδέα είναι ότι οι μαθητές διαθέτουν μια κενή «αποθήκη μνήμης» την οποία ο δάσκαλος-αυθεντία θα γεμίσει με μια ροή πληροφοριών. Αυτή η προσέγγιση θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «μάθηση εκ των έξω» (Shuell, 1987).

Η συμπεριφοριστική αντίληψη κυριάρχησε στην ψυχολογία και στην εκπαίδευση για πάνω από μισό αιώνα, ωστόσο τα αποτελέσματα από τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών παρέμεναν ανεπαρκή. Έτσι, εμφανίζονται νέα Προγράμματα Σπουδών στις Η.Π.Α. (Duit & Treagust, 1998) τα περισσότερα από τα οποία στηρίζονται στη θεωρία του Bruner που διατυπώθηκε στο έργο του «The process of Education» (1960). Σύμφωνα με τη θεώρηση αυτή (Σταυρίδου, 2000) η μάθηση ευνοείται και γίνεται αποτελεσματική αν η διδασκαλία επικεντρωθεί

περισσότερο στη «δομή της Επιστήμης» παρά στη μάθηση επιμέρους γεγονότων και τεχνικών, αν οι νέες ιδέες προσεγγίζονται σταδιακά και επανέρχονται εμπλουτισμένες σε επόμενες τάξεις (σπειροειδής διάταξη της ύλης), αν αξιοποιείται η έμπνευση και η αναλυτική σκέψη των μαθητών (ανακαλυπτική μέθοδος διδασκαλίας) και τέλος αν υπάρχει επιθυμία (κίνητρα) για μάθηση (Χριστιάς, 1992).

Υπό την επίδραση της θεωρίας του Bruner η διδακτική διαδικασία επικεντρώνεται στη δομή της επιστημονικής γνώσης και στην επιστημονική μέθοδο. Κυριαρχεί η ανακαλυπτική μέθοδος η οποία στηρίζεται στην άποψη ότι αν στα παιδιά δοθούν τα απαραίτητα μέσα και διατυπωθούν οι κατάλληλες ανοικτές ερωτήσεις τότε αυτά, καθοδηγούμενα με κατάλληλο τρόπο, θα ανακαλύψουν για τους εαυτούς τους τη γνώση. Το μάθημα μετατοπίζεται στη δραστηριοποίηση του μαθητή και στην αναγωγή των φαινομένων σε προβλήματα τα οποία οι μαθητές πρόκειται να αντιμετωπίσουν αυτόνομα. Η γνώση αποκτά δυναμικότητα και ζωντάνια με έμφαση στην εκμάθηση στρατηγικών, στην ερμηνεία και στην κατανόηση των φυσικών φαινομένων, δίνεται περισσότερη σημασία στον ποιοτικό χαρακτήρα της γνώσης και λιγότερο στην ποσοτική της διάσταση, όμως και πάλι τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των, ανακαλυπτικού τύπου, μεθόδων διδασκαλίας υπήρξαν φτωχά. Η εξήγηση που δόθηκε από τους ερευνητές ήταν το ότι μέχρι τότε είχαν αγνοηθεί η ανθρώπινη, πολιτισμική, κοινωνική και συναισθηματική διάσταση της Επιστήμης, καθώς και οι ιδιαιτερότητες (κοινωνικές, φυλετικές, συναισθηματικές κ.λ.π.) και οι ανάγκες των παιδιών που μαθαίνουν Φυσικές Επιστήμες (Lazarowitz & Hertz-Lazarowitz, 1998).

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960 ήρθαν στο προσκήνιο οι απόψεις του Piaget για τη νοητική ανάπτυξη του ανθρώπου και τα στάδια αυτής της ανάπτυξης. Επιχειρήθηκαν μάλιστα και ταξινομήσεις των εννοιών των Φυσικών Επιστημών ανάλογα με την ηλικία και τη νοητική ανάπτυξη των μαθητών, οι οποίες επηρέασαν και τη σύνταξη κάποιων Προγραμμάτων Σπουδών (Shayer & Adey, 1981). Στο πεδίο των ερευνών για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών συμπληρώνεται την ίδια εποχή και η θεώρηση του Αμερικανού ψυχολόγου της εκπαίδευσης Ausubel αντιπροσωπευτικά λόγια του οποίου είναι τα εξής: *«Ο πιο σπουδαίος και απλός παράγοντας που επηρεάζει τη μάθηση είναι αυτό που ο μαθητής ήδη γνωρίζει. Εξακρίβωσέ το και δίδαξέ τον σύμφωνα με αυτό.»* (Ausubel, 1968). Έρχεται δηλαδή

για πρώτη φορά στο προσκήνιο ο ίδιος ο μαθητής και το σύνολο των γνώσεων που ήδη κατέχει.

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες αρχίζει να ερευνάται από τη σκοπιά της γνωστικής ψυχολογίας και σε συνδυασμό με μια νέα θεώρηση που εμφανίζεται στους χώρους της ψυχολογίας και της παιδαγωγικής, την ιδέα της εποικοδόμησης της γνώσης. Αυτή την περίοδο γίνονται έρευνες σχετικά με το πώς κατανοούν οι μαθητές τις διάφορες έννοιες, τα φαινόμενα και τους νόμους των Φυσικών Επιστημών και έρχονται στο προσκήνιο οι λεγόμενες «εναλλακτικές ιδέες» ή «πρώιμες αντιλήψεις» των παιδιών. Αρχίζει να γίνεται αντιληπτό ότι η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και τίθενται προς απάντηση πληθώρα ερωτημάτων.

1.2 Εποικοδομητισμός και συνεργατική μάθηση

Στη δεκαετία του 1980 γίνεται προσπάθεια σύνθεσης των υπάρχουσών απόψεων. Σημαντικό είναι το έργο της Driver προς αυτή την κατεύθυνση, η οποία επεξεργάστηκε με συστηματικό τρόπο και διατύπωσε τις βασικές θέσεις της εποικοδομητικής θεωρίας για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (Driver & Oldham, 1986· Driver & Bell, 1986). Σύμφωνα μ' αυτές τις θέσεις, η νέα γνώση αφομοιώνεται από τον μαθητή αν είναι συμβατή με τις προϋπάρχουσες γνωστικές δομές του αλλιώς θα πρέπει να συμβεί μια προσαρμογή του γνωστικού συστήματος τέτοια ώστε να ενσωματωθούν τα νέα δεδομένα. Για να επιτευχθεί αυτό επιδιώκεται η λεγόμενη «γνωστική σύγκρουση», επιδιώκεται δηλαδή το να έρθει ο μαθητής αντιμέτωπος με την ανεπάρκεια των προηγούμενων απόψεών του. Μετά από αυτή την εμπειρία αναδιοργανώνεται η αρχική του γνωστική δομή (εννοιολογική αλλαγή) και επέρχεται νέα εξισορρόπηση. Σύμφωνα με την εποικοδομητική υπόθεση για τη μάθηση, το κάθε άτομο, μαθητής ή επιστήμονας, κατασκευάζει τη δική του προσωπική γνώση, ερμηνεύει δηλαδή την πραγματικότητα με έναν δικό του τρόπο, που εξαρτάται από τις ιδέες του και από τις νοητικές του δομές. Συνεπώς, η γνώση δεν «μεταβιβάζεται» ούτε γίνεται αποδεκτή παθητικά, αλλά «οικοδομείται» ενεργά από τα υποκείμενα. Για να κατανοήσει δηλαδή ο μαθητής την προσφερόμενη γνώση και να είναι σε θέση να τη μεταφέρει σε νέες καταστάσεις, πρέπει προσωπικά και μέσα από την ενεργό

εμπλοκή των ανώτερων λειτουργιών της νόησης να συσχετίσει τα νέα στοιχεία με την παλιά του γνώση κι έτσι να οικοδομήσει την καινούρια γνώση.

Η κριτική που ασκήθηκε μεταγενέστερα σε Προγράμματα Σπουδών εποικοδομητικού τύπου αφορούσε στον παραγκωνισμό της κοινωνικής διάστασης κατά την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης (Solomon 1987, 1994). Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η θεωρία του Vygotsky (1978 και Βυγκότσκι, 1988) η οποία αν και αναπτύχθηκε στη Σοβιετική Ένωση τη δεκαετία του 1930 ήρθε στο προσκήνιο της «δυτικής» σκέψης τη δεκαετία του 1960 και άσκησε σημαντική επίδραση μετέπειτα στις θεωρίες της μάθησης (Scott, 1998). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή οι ανώτερες νοητικές λειτουργίες του ατόμου προέρχονται από την κοινωνική ζωή. Ο Vygotsky υιοθέτησε την έννοια της Ζώνης Επικείμενης Εξέλιξης (Zone of Proximal Development) ως μία ζώνη δυνατοτήτων που το παιδί μπορεί να αναπτύξει, αν έχει την κατάλληλη βοήθεια από κάποιον ενήλικα ή πιο έμπειρο άτομο. Ο δάσκαλος δηλαδή παίζει το ρόλο του διαμεσολαβητή κατά τη διαδικασία της «αφομοίωσης» της δημόσιας γνώσης από το μαθητή. Μέσα σ' αυτό το περιβάλλον αρχίζει να διαμορφώνεται ο λεγόμενος κοινωνικός εποικοδομητισμός. Πρόκειται για μια εξέλιξη της εποικοδομητικής θεωρίας για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, όπου λαμβάνεται υπόψη το κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο.

Παράλληλα, συνειδητοποιείται η ανάγκη της συνεργασίας μεταξύ των μαθητών. Υπάρχουν έρευνες (Doise & Mugny, 1984) που έχουν δείξει ότι παιδιά που δουλεύουν κατά ζεύγη ή κατά ομάδες για την επίλυση προβλημάτων παράγουν περισσότερο επαρκείς λύσεις παρά όταν εργάζονται μόνα τους. Μέσα από την εργασία σε ομάδες ο καθένας μαθαίνει από τις ιδέες και τις δυνατότητες των άλλων. Επίσης, όταν ο μαθητής μιλάει στην ομάδα έχει κυρίως την ευκαιρία να διασαφηνίσει ο ίδιος τι ακριβώς σκέφτεται και κατά δεύτερο λόγο να πείσει τους άλλους. Με τη συζήτηση στην ομάδα μια αρχική ιδέα εμπλουτίζεται με νέα στοιχεία ή της αφαιρούνται κάποια ή αλλάζει κατεύθυνση, ώστε μ' αυτόν τον τρόπο να ενθαρρύνεται τελικά η εννοιολογική αλλαγή για κάθε μεμονωμένο μαθητή στην προσπάθεια αναζήτησης μιας κοινά αποδεκτής άποψης μέσα από την πρακτική έρευνα.

Στο πνεύμα του ευρύτερου προβληματισμού για τη σημασία του κοινωνικού πλαισίου στη διαδικασία της μάθησης εμφανίζεται και η άποψη ότι η μάθηση και η

γνώση εξαρτώνται από το πλαίσιο στο οποίο αυτές παράγονται και λειτουργούν (Brown et al., 1989). Επίσης, διατυπώνεται η άποψη ότι η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες είναι μια μορφή μύησης του μαθητή στην επιστημονική κουλτούρα η οποία πρέπει να γίνεται μέσα από αυθεντικές επιστημονικές δραστηριότητες (Roth, 1995).

Η μάθηση αρχίζει να αντιμετωπίζεται σαν ένα είδος μαθητείας όπου το παιδί μαθαίνει εντασσόμενο σε μια κατάσταση ισχυρής αλληλεπίδρασης και επικοινωνίας με τα μέλη μιας κοινότητας-ομάδας. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να προωθηθεί η εργασία των μαθητών σε ομάδες και γενικότερα οι συλλογικές δραστηριότητες. Ο ρόλος του δασκάλου σ' αυτή την κατάσταση είναι διαμεσολαβητικός ανάμεσα στην κοινότητα των παιδιών κι αυτή των επιστημόνων (Tobin, 1998). Να σημειωθεί επίσης ότι κατά τη συνεργατική μάθηση προωθείται κι ένα ευρύ φάσμα κοινωνικών δεξιοτήτων όπως: σεβασμός στον ομιλητή αλλά και στον ακροατή (αντίστροφα), συνεργατικότητα, διάθεση επικοινωνίας, αλληλοϋποστήριξη, αλληλοβοήθεια κ.λ.π.

Οι νέες αυτές αντιλήψεις επηρέασαν διεθνώς τόσο τη σύνταξη Προγραμμάτων Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες όσο και τις μεθόδους διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στην τάξη. Στη χώρα μας επιχειρήθηκε επίσης μια ανανέωση των διδακτικών εγχειριδίων καθώς και ο εκσυγχρονισμός της διδακτικής πράξης. Το εγχειρίδιο από το οποίο διδάσκονταν Φυσική οι μαθητές της Β' Γυμνασίου κατά τη διεξαγωγή της έρευνας έχει τίτλο: «Φυσική Β' Γυμνασίου» της συγγραφικής ομάδας των Αντωνίου Ν., Δημητριάδη Π., Παπαμιχάλη Κ. και Παπατσιμπα Λ. (2000), και στηρίχτηκε στο Αναλυτικό Πρόγραμμα του 1999. Το συγκεκριμένο εγχειρίδιο πρόκειται να αντικατασταθεί από νέο το οποίο γράφεται σύμφωνα με το νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα του 2003.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

2.1 Η μοντελοποίηση στις Φυσικές Επιστήμες

Η δημιουργία μοντέλων στην Επιστήμη είναι μια διαδικασία σύμφυτη με την ίδια την Επιστήμη. Όταν μιλάμε για την επιστήμη της Φυσικής, τι άλλο σημαίνει αυτό παρά την προσπάθεια τόσων ανθρώπων να κατασκευάσουν ένα μοντέλο της πραγματικότητας όσο το δυνατόν απλούστερο, κομψότερο και περιεκτικότερο; Οι μαθηματικές εκφράσεις με τις οποίες πολλοί άνθρωποι: μαθητές, ενήλικες αλλά και εκπαιδευτικοί, ταυτίζουν την πραγματικότητα, δεν είναι παρά μια μοντελοποίηση της πραγματικότητας, η οποία (πραγματικότητα) υφίσταται έτσι κι αλλιώς πέρα από τις δικές μας προσπάθειες για την περιγραφή της. Γι' αυτόν τον λόγο εξάλλου, το οικοδόμημα της Επιστήμης επιδέχεται συνεχώς αλλαγές και βελτιώσεις ώστε αυτό το μοντέλο της Φύσης που λέγεται Επιστήμη να την προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο.

Ο ορισμός του μοντέλου κατά την Drouin (1988) όπως αναφέρεται από την Σταυρίδου (1995, σελ.13) είναι ο εξής: *«το μοντέλο είναι «κάτι» (συγκεκριμένο αντικείμενο, σχηματική αναπαράσταση, σύστημα εξισώσεων, ...) που παίζει τον ρόλο υποκατάστατου μιας πραγματικότητας πολύ σύνθετης ή απρόσιτης στην εμπειρία και που επιτρέπει να κατανοήσουμε αυτήν την πραγματικότητα με τη βοήθεια κάποιου ενδιάμεσου πιο γνωστού ή πιο προσιτού στη γνώση.»* Οι βασικές λειτουργίες ενός μοντέλου, κατά τους Astolfi και Drouin (1992) είναι οι εξής: α) η αναπαράσταση ενός συστήματος (ως σύστημα θεωρείται ένα υποσύνολο της πραγματικότητας που συνίσταται από αλληλοσχετιζόμενα στοιχεία), β) η πρόβλεψη της εξέλιξης του συστήματος και των μεταβολών του, γ) η εξήγηση των προβλέψεων με την έννοια του προσδιορισμού διαφόρων μορφών αιτιότητας.

Εκείνο που πρέπει να έχει υπόψη του τόσο ο δημιουργός αλλά πολύ περισσότερο ο χρήστης ενός μοντέλου είναι το γεγονός ότι το μοντέλο έχει πάντα κάποια όρια εγκυρότητας. Κι ενώ ο δημιουργός του μοντέλου είναι υποχρεωμένος εκ των πραγμάτων, να λάβει υπόψη του τις πραγματικές περιστάσεις στις οποίες στηρίζεται και τα φαινόμενα που προσπαθεί να ερμηνεύσει, ο χρήστης διατρέχει

πάντα τον κίνδυνο να γενικεύσει λανθασμένα την εφαρμογή του (του μοντέλου). Ένα απλό παράδειγμα σχετικά με τα όρια εγκυρότητας των μοντέλων αναφέρεται από την Σταυρίδου (1995, σελ.18): «Ένα σωματιδιακό μοντέλο περιγράφει ικανοποιητικά ένα πεδίο αναφοράς που περιλαμβάνει φαινόμενα θερμικής διαστολής και συστολής σωμάτων και αλλαγές φυσικής κατάστασης. Αν διευρυνθεί το πεδίο αναφοράς, ώστε να περιλαμβάνει και χημικές αντιδράσεις, το προηγούμενο μοντέλο δεν είναι πλέον έγκυρο για να περιγράψει τα νέα φαινόμενα. Στην περίπτωση αυτή ένα απλό ατομικό μοντέλο (άτομα σαν μπάλες μπιλιάρδου), που περιγράφει τον σχηματισμό νέων ουσιών με όρους ανακατάταξης ατόμων που οδηγούν σε σχηματισμό νέων μορίων, μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά. Αν διευρυνθεί κι άλλο το πεδίο αναφοράς, ώστε να περιλάβει φαινόμενα σχετιζόμενα με ηλεκτρικές ιδιότητες της ύλης (στατικός ηλεκτρισμός, ηλεκτρόλυση), τότε χρειάζεται ένα νέο ατομικό μοντέλο πιο πλούσιο (πυρήνας, ηλεκτρόνια) για να περιγράψει το νέο πεδίο αναφοράς κ.ο.κ.».

2.2 Η μοντελοποίηση στη διδασκαλία της Φυσικής

«Η επιστημονική γνώση αποτελεί αυτό που η επιστημονική κοινότητα δέχεται σε μία δεδομένη χρονική στιγμή ως έγκυρο σώμα γνώσης» (Κόκκοτας, 1998, σελ.101). Όταν όμως μιλάμε για διδακτέα ύλη, τότε η επιστημονική γνώση θα πρέπει να υποστεί τους αναγκαίους διδακτικούς μετασχηματισμούς και όχι μια σκέτη «απλοποίηση» (Chevalard, 1985/1992). Με αυτή την προοπτική προσέγγισης της σχολικής γνώσης, η διδακτική αξιοποίηση των επιστημονικών μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης μπορεί να αποτελέσει έναν πολύ καθοριστικό παράγοντα για τη βελτίωση της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες (Σταυρίδου, 1995).

Από διδακτική άποψη, μια διαδικασία μοντελοποίησης έχει πάντα ως αφετηρία μια προβληματική κατάσταση, ένα ερώτημα το οποίο θα προσδώσει νόημα στην όλη διαδικασία. Η δημιουργία ενός μοντέλου σημαίνει τη δημιουργία μιας αναπαράστασης η οποία προσφέρει μια ικανοποιητική εξήγηση σε κάποιο πρόβλημα-ερώτημα. Όπως αναφέρεται από την Σταυρίδου (1995), οι κατευθύνσεις στις οποίες μπορεί να συμβάλλει η χρήση των μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης για τη βελτίωση της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες, είναι οι εξής:

- η ανάπτυξη παραστάσεων πιο λειτουργικών και πιο συμβατών με τις επιστημονικές απόψεις,

- η αύξηση της κατανόησης εννοιών και φαινομένων,
- η ικανοποίηση της περιέργειας (δίνονται εξηγήσεις),
- η ενοποίηση ενός εμπειρικού πεδίου αναφοράς,
- η καλλιέργεια της άποψης ότι η επιστημονική γνώση εξελίσσεται συνεχώς,
- η δημιουργία μιας πιο ρεαλιστικής αντίληψης για τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και προσέγγισης της πραγματικότητας.

Οι διαδικασίες μοντελοποίησης ή/και παρουσίασης-επεξεργασίας μοντέλων συνδέονται έμμεσα και άμεσα με τη χρήση των υπολογιστών. Η διδακτική και παιδαγωγική χρήση των υπολογιστών απασχόλησε τους επιστήμονες σχεδόν ταυτόχρονα με την εμφάνισή τους, ενώ σήμερα μπορεί να αναφερθεί κανείς σε σημαντικές εφαρμογές της τεχνολογίας της πληροφορίας και της επικοινωνίας, οι οποίες υπό το πρίσμα της εποικοδομητικής προσέγγισης, και προτείνοντας συχνά συνεργατικές δραστηριότητες, προωθούν τη διερεύνηση, την ανακάλυψη και την προσωπική οικοδόμηση της γνώσης (Κόμης et al., 2004).

Η εξοικείωση των μαθητών με διαδικασίες μοντελοποίησης μπορεί να ξεκινήσει από τις δύο τελευταίες τάξεις του Δημοτικού και να συνεχιστεί πιο συστηματικά στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Έννοιες σχετικά με τον στατικό ηλεκτρισμό, θέμα που μας απασχολεί και στην παρούσα εργασία, διδάσκονται με τη βοήθεια μοντέλων τόσο στο Δημοτικό όσο και στο Γυμνάσιο διεξοδικότερα. Παρακάτω θα γίνει αναλυτικότερη αναφορά στην ενότητα της ηλεκτροστατικής όπως αυτή παρουσιάζεται από το σχολικό εγχειρίδιο της Β' Γυμνασίου, καθώς και στα μοντέλα που χρησιμοποιούνται.

2.3 Η ενότητα της ηλεκτροστατικής στο Αναλυτικό Πρόγραμμα και στο εγχειρίδιο Φυσικής της Β' Γυμνασίου

Οι παράγραφοι της ηλεκτροστατικής, όπως αυτές παρουσιάζονται στο βιβλίο Φυσικής της Β' Γυμνασίου της συγγραφικής ομάδας των Αντωνίου Ν., Δημητριάδη Π., Παπαμιχάλη Κ. και Παπατσιμπα Λ. (2000), το οποίο διδάσκονταν κατά το σχολικό έτος 2005-06, οπότε διεξήχθη η παρούσα έρευνα, φαίνονται στον πίνακα 2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1

Αρ. παρ/φου	Τίτλος παραγράφου
4.4	Από το κεχριμπάρι στον ηλεκτρονικό υπολογιστή
4.5	Οι δύο αντίθετες καταστάσεις των ηλεκτρισμένων σωμάτων
4.6	Τρόποι ηλέκτρισης
4.7	Ένας κόσμος ηλεκτρισμένων σωματιδίων, ο Κόσμος μας! (Ερμηνεία της ηλέκτρισης)
4.8	Ένα χρήσιμο μέγεθος: το ηλεκτρικό φορτίο
4.9	Δύο σημαντικές ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου
4.10	Περισσότερα στοιχεία για την ηλεκτρική δύναμη (Νόμος του Coulomb)
4.11	Πώς περιγράφουμε την ηλεκτρική δύναμη; Το ηλεκτρικό πεδίο

Με την παρούσα έρευνα συνδέονται οι τέσσερις πρώτες παράγραφοι και κυρίως οι παράγραφοι 4.6 και 4.7. όπου περιγράφονται και ερμηνεύονται οι τρόποι ηλέκτρισης. Για τις προαναφερθείσες παραγράφους 4.4 – 4.7 οι αντίστοιχοι διδακτικοί στόχοι όπως δίνονται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα του 1999, βάσει του οποίου γράφτηκε το προαναφερθέν εγχειρίδιο, είναι οι εξής:

Ο μαθητής:

- να διαπιστώσει την ύπαρξη των ηλεκτρικών φορτίων,
- να παρατηρήσει και να περιγράψει τα είδη των ηλεκτρικών φορτίων από την αλληλεπίδρασή τους.

Οι αντίστοιχοι διδακτικοί στόχοι όπως δίνονται από το βιβλίο του δασκάλου είναι οι εξής:

Οι μαθητές:

- να διαπιστώσουν την ύπαρξη της ηλεκτρικής δύναμης που δρα από απόσταση,
- να γνωρίσουν τις βασικές ιδιότητες της ηλεκτρικής δύναμης,
- να γνωρίσουν τους τρόπους ηλέκτρισης και τον τρόπο χρήσης του ηλεκτροσκοπίου για την ανίχνευση των ηλεκτρισμένων σωμάτων,
- να κατανοήσουν ότι το ηλεκτρικό φορτίο αποτελεί ιδιότητα της ύλης σε μικροσκοπικό επίπεδο,
- να κατανοήσουν ότι η ηλέκτριση-φόρτιση προκύπτει σαν αποτέλεσμα διαχωρισμού και όχι παραγωγής ηλεκτρικών φορτίων,

- να περιγράφουν τις διαφορές μεταξύ αγωγών και μονωτών.

Με δεδομένο το γεγονός ότι το επίκεντρο της παρούσας έρευνας τοποθετείται στην ερμηνεία της ηλεκτρίσης των σωμάτων με αναφορά στη μικροσκοπική δομή της ύλης, θα ακολουθήσει μια πιο αναλυτική αναφορά σχετικά με το πώς πραγματεύεται το συγκεκριμένο ζήτημα το σχολικό εγχειρίδιο.

Στο κεφάλαιο της θερμότητας που προηγείται του κεφαλαίου του ηλεκτρομαγνητισμού, έχει γίνει αναφορά στα μόρια (για την ερμηνεία της μεταφοράς θερμότητας, διαστολής, συστολής) αλλά δεν έγινε αναφορά στο γεγονός ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα ούτε και στη δομή του ατόμου. Στο παρόν κεφάλαιο (Ηλεκτρομαγνητισμός) γίνεται αναφορά σε θετικά και αρνητικά φορτισμένα σωματίδια από τα οποία αποτελούνται τα μόρια, χωρίς να αναφέρονται οι όροι ηλεκτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια. Μέσα από το κείμενο του σχολικού βιβλίου οι μαθητές καλούνται να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι τα μόρια αποτελούνται από θετικά και αρνητικά ηλεκτρισμένα

σωματίδια, πραγματοποιώντας ιδεατούς διαδοχικούς τεμαχισμούς μιας μεταλλικής ράβδου που έχει ηλεκτριστεί με επαγωγή (η αντίστοιχη εικόνα 4.34 του σχολικού βιβλίου φαίνεται στο σχήμα 2.1). Ο συλλογισμός φαίνεται να είναι μάλλον επισφαλής, ενώ οι αναπαραστάσεις στην αντίστοιχη εικόνα (σχήμα 2.1) θυμίζουν έντονα τον ραβδόμορφο μαγνήτη και εμπεριέχουν τον κίνδυνο να παρουσιάσουν την ηλεκτρίση σαν μια διαδικασία προσανατολισμού και αναδιάταξης των ηλεκτρικών φορτίων που υπάρχουν μέσα στα στερεά σώματα, αντίστοιχη με τη διαδικασία της μαγνήτισης, παρανόηση η οποία συναντάται στις απαντήσεις των μαθητών. Στην ίδια εικόνα εμφανίζονται τα δύο μισά της μεταλλικής ράβδου, όντας αντίθετα φορτισμένα με ένα και μοναδικό είδος φορτίου το καθένα (κι όχι με πλεόνασμα κάποιου είδους όπως είναι το σωστό) και πάλι πρόκειται για τρόπο αναπαράστασης-παρανόηση που συναντούμε στις απαντήσεις των μαθητών. Τα σχήματα σχεδιάστηκαν με αυτόν τον



Εικόνα 4.34

Ηλεκτρίζουμε με επαγωγή μια μεταλλική ράβδο και κατόπιν την τεμαχίζουμε. Προκύπτουν δυο κομμάτια αντίθετα ηλεκτρισμένα μεταξύ τους.

Σχήμα 2.1

τρόπο, πιθανώς για λόγους απλούστευσης, όμως το ερώτημα είναι κατά πόσο τελικά διευκολύνονται οι μαθητές ή ενισχύονται οι λανθασμένες απόψεις τους.



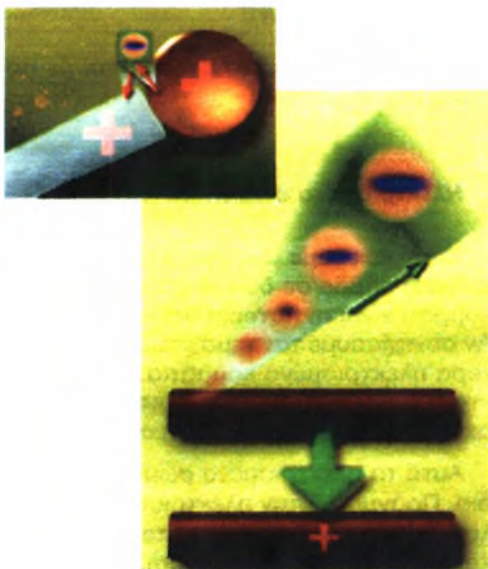
Εικόνα 4.35

Όταν τρίβουμε μια γυάλινη ράβδο με ένα μάλλινο ύφασμα, αρνητικά σωματίδια μετακινούνται από τη ράβδο στο ύφασμα.

Σχήμα 2.2

μορφή αναπαράστασης όπως σχολιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Αναφέρεται επίσης ότι: «...οι αγωγοί ηλεκτρίζονται σε όλη την έκτασή τους. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι στους αγωγούς τα αρνητικά σωματίδια κινούνται με ευκολία από μια περιοχή του αγωγού σε άλλη. Στους μονωτές δε συμβαίνει αυτό.» (σελ.142).

Σε επόμενη παράγραφο ερμηνεύεται η ηλεκτρίση μεταλλικής, αρχικά



Εικόνα 4.36

Όταν με μια θετικά ηλεκτρισμένη γυάλινη ράβδο αγγίξουμε μια ηλεκτρισμένη σφαίρα, αρνητικά σωματίδια μετακινούνται από τη σφαίρα στη ράβδο

Σχήμα 2.3

Αναφέρεται επίσης στο σχολικό βιβλίο ότι «...μόνο τα αρνητικά σωματίδια έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν από μια περιοχή ενός στερεού σώματος σε άλλη ή από ένα στερεό σώμα σε άλλο. Στα στερεά τα θετικά σωματίδια δεν μπορούν να κινηθούν ελεύθερα. Μπορούν μόνον να κάνουν μικρές κινήσεις γύρω από τις συγκεκριμένες θέσεις τους.» (σελ.141-142). Οι αντίστοιχες του παραπάνω ισχυρισμού εικόνες 4.35 και 4.36 φαίνονται στα σχήματα 2.2 και 2.3 αντίστοιχα. Κι εδώ διαπιστώνουμε την ίδια

αφόρτιστη, ράβδου με επαγωγή και αναπαρίσταται στην εικόνα 4.37 του σχολικού βιβλίου (σχήμα 2.4). Στην εικόνα αυτή φαίνεται η μοναδική αναπαράσταση του θετικού πλέγματος με μερικά κίτρινα



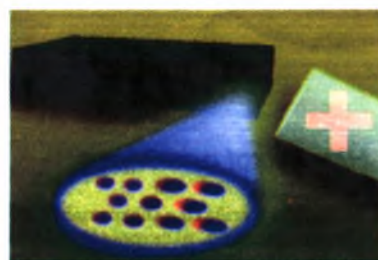
Εικόνα 4.37

Όταν στη μη ηλεκτρισμένη ράβδο πλησιάσουμε τη θετικά ηλεκτρισμένη σφαίρα τα αρνητικά σωματίδια της ράβδου έλκονται. Τα θετικά παραμένουν στη θέση τους.

Σχήμα 2.4

κυκλάκια τα οποία αντιπροσωπεύουν τα αρνητικά σωματίδια. Πρόκειται για την πλησιέστερη, στο μοντέλο του υλικού οικοδομήματος, αναπαράσταση που συναντάμε στο σχολικό εγχειρίδιο.

Στην ίδια παράγραφο αναφέρεται ότι στους μονωτές «...τα ηλεκτρισμένα σωματίδια δεν μετακινούνται. Τα μόρια του μονωτή περιέχουν και θετικά και αρνητικά σωματίδια. Έτσι, στρέφονται ώστε τα αρνητικά σωματίδιά τους να βρίσκονται πλησιέστερα προς το θετικά ηλεκτρισμένο σώμα και τα θετικά προς την αντίθετη κατεύθυνση.» (σελ.143). Αντίστοιχη αναπαράσταση υπάρχει στην εικόνα 4.38 του σχολικού βιβλίου (σχήμα 2.5). Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.5 τα «ωοειδή», εξαιτίας της ηλεκτρικής αλληλεπίδρασης, μόρια του μονωτή, χρωματισμένα κατά το ήμισυ μπλε και κατά το ήμισυ κόκκινα παραπέμπουν ισχυρά στα μαγνητικά δίπολα της προηγούμενης ενότητας. Η σύγχυση φαινομένων και συμβολισμών μεταξύ μαγνητισμού και ηλεκτροστατικής είναι άλλο ένα ζήτημα που προκύπτει από τις απαντήσεις των μαθητών όπως θα φανεί παρακάτω μέσα από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 4.38
Ερμηνεία της ηλεκτρίσης με επαγωγή
Σχήμα 2.5

Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι στο κυρίως κείμενο του σχολικού εγχειριδίου γίνεται αναφορά στη μικροσκοπική δομή της ύλης, η οποία θυμίζει το μοντέλο του υλικού οικοδομήματος (όπως θα περιγραφεί παρακάτω στην παράγραφο 3.3) αλλά χωρίς να υποστηρίζεται επαρκώς από αντίστοιχες οπτικές αναπαραστάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η προσέγγιση της ενότητας του ηλεκτρισμού ξεκινάει συνήθως στα Αναλυτικά Προγράμματα της Ελλάδας από την ηλεκτροστατική, αν και υφίσταται η άποψη ότι είναι ισοδύναμο το να ξεκινήσει κανείς τη μελέτη του ηλεκτρισμού από το ηλεκτρικό ρεύμα (Agons, 1992). Βέβαια, κατά την ιστορική εξέλιξη των γεγονότων σαφώς προηγήθηκε η ηλεκτροστατική.

Αν και στην διεθνή βιβλιογραφία οι περισσότερες έρευνες, σχετικά με τις ιδέες των παιδιών στην περιοχή του ηλεκτρισμού, αναφέρονται στα ηλεκτρικά κυκλώματα, εντούτοις, υπάρχουν και κάποιες σχετικά πρόσφατες έρευνες στην περιοχή της ηλεκτροστατικής (Σταυρίδου, 1995· Furio & Guisasola 1997· Viennot, 1999· Seroglou et al., 1998· Furio et al., 2000· Pocovi & Finley, 2003· Furio et al., 2004). Παρακάτω, θα ακολουθήσει μια επισκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τις απόψεις των παιδιών και τις διδακτικές παρεμβάσεις στην ηλεκτροστατική καθώς και μια σύντομη ιστορική αναδρομή της εξέλιξης των ιδεών στον συγκεκριμένο τομέα.

3.1 Ιστορική αναδρομή της εξέλιξης των θεμελιωδών ιδεών της ηλεκτροστατικής

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν στοιχεία που υποστηρίζουν την ιδέα ότι πολλά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές αναφορικά με την κατανόηση φυσικών εννοιών σχετίζονται με προβλήματα που είχαν και οι ίδιοι οι επιστήμονες στην προσπάθειά τους να εισάγουν τις διάφορες έννοιες (Jimenez Gomez & Fernandez Duran, 1998· Seroglou et al., 1998).

Ήδη από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα έχει εμφανιστεί η άποψη ότι οι ιδέες των επιστημόνων στα πρώιμα στάδια της επιστήμης «μοιάζουν» με τις ιδέες των μαθητών και κατά συνέπεια, η μελέτη της ιστορίας των Επιστημών μπορεί να βοηθήσει τους δασκάλους να προβλέψουν τις ιδέες των μαθητών τους. Αν και υπάρχουν τα αντεπιχειρήματα αυτής της άποψης όπου τονίζονται: α) τα διαφορετικά γνωστικά

σχήματα επιστημόνων και μαθητών, β) οι διαφορετικές αφητηρίες σκέψης και τα διαφορετικά γνωστικά υπόβαθρα, καθώς και γ) τα διαφορετικά περιβάλλοντα στα οποία κινούνται επιστήμονες και μαθητές (Tselfes, 1991), εντούτοις, υπάρχουν εργασίες όπου φαίνεται να επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι: α) μπορούμε να ανιχνεύσουμε πρώιμες αντιλήψεις των μαθητών στην ιστορία της επιστήμης και ειδικά στα πρώιμα στάδια, όταν οι επιστήμονες είχαν απόψεις διαφορετικές από τις σημερινές, και β) είναι δυνατό να ξεπεράσουν οι μαθητές τις εναλλακτικές τους ιδέες με πραγματοποίηση πειραμάτων τα οποία να βασίζονται σε πρώιμα πειράματα που είχαν εκτελέσει οι ίδιοι οι επιστήμονες στο παρελθόν ώστε να προσεγγίσουν τελικά τις σύγχρονες επιστημονικές απόψεις (Seroglou et al., 1998· Σέρογλου, 2000).

Επειδή αρκετές έρευνες για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με ζητήματα της ηλεκτροστατικής αλλά και κάποιες από τις προτεινόμενες διδακτικές παρεμβάσεις, λαμβάνουν υπόψη την ιστορική εξέλιξη των ιδεών σ' αυτή την περιοχή της Φυσικής (Furio et al., 2004· Seroglou et al., 1998· Binnie, 2001· Heering, 2000), θεωρούμε σκόπιμο να παρατεθεί μια σύντομη ιστορική αναδρομή της εξέλιξης της ηλεκτροστατικής μέχρι τη διατύπωση του Νόμου του Coulomb.

Οι Αρχαίοι Έλληνες ήταν οι πρώτοι που ανακάλυψαν ότι το ήλεκτρο (κεχριμπάρι) αρχικά, και αργότερα και άλλα υλικά, αποκτούν μετά από τριβή την ικανότητα να έλκουν μικρά αντικείμενα (σκόνη, τρίχες κ.ά.). Από την εποχή του Θαλή και μέχρι τον 16^ο αιώνα ωστόσο, ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα θεωρούνταν της ίδιας φύσης που οφείλονταν σε κοινή αιτία. Σύμφωνα με τον Θαλή (600 π.Χ.) το ήλεκτρο και ο μαγνήτης είχαν από τη φύση τους (από μόνα τους) τη δυνατότητα να έλκουν άλλα αντικείμενα.

Στα 1550, ο Gardano επισημαίνει ότι ο μαγνήτης και το ήλεκτρο δεν έλκουν κατά τον ίδιο τρόπο και συντάσσει ένα κατάλογο με πέντε διαφορές, στις οποίες αργότερα θα προσθέσει άλλες τέσσερις ο Gilbert, γύρω στα 1600, μετά από πειραματικές έρευνες πολλών χρόνων. Ύστερα και από τις μελέτες του τελευταίου διαχωρίζονται σαφώς οι ηλεκτροστατικές από τις μαγνητικές αλληλεπιδράσεις. Ο William Gilbert ασχολείται μεθοδικά με τα ηλεκτρικά φαινόμενα. Ελέγχει μια ποικιλία υλικών τα οποία μπορούν να φορτιστούν με τριβή και τα ονομάζει «ηλεκτρικά» (σημερινοί μονωτές). Στην προσπάθειά του να εξηγήσει τα φαινόμενα υιοθετεί την ιδέα ενός υλικού ρευστού που το ονομάζει «effluvia», το οποίο

απελευθερώνεται από κάποια σώματα μέσω της τριβής και στην «προσπάθειά» του να επιστρέψει στο σώμα συμπαρασύρει στο πέρασμά του μικρά αντικείμενα (π.χ. μικρά κομματάκια χαρτιού). Οι απωστικές δυνάμεις μεταξύ φορτισμένων σωμάτων παρατηρήθηκαν 26 χρόνια μετά τον θάνατο του Gilbert, στα 1629 από το Nicolo Cabeo.

Ο Stephen Gray ανακαλύπτει στα 1729 ότι ο ηλεκτρισμός μπορεί να διαδοθεί μέσα από κάποια υλικά, τα «μη ηλεκτρικά» υλικά κατά τον Gilbert (σημερινοί αγωγοί), ενώ από άλλα όχι, τα «ηλεκτρικά» υλικά (σημερινοί μονωτές). Έτσι ανακαλύπτεται και η ηλέκτριση με επαφή. Περίπου την ίδια εποχή ο Du Fay διεξάγει έρευνες σχετικά με το είδος των δυνάμεων (ελκτικές ή απωστικές) που αναπτύσσονται μεταξύ των ηλεκτρισμένων υλικών. Μάλιστα, είναι αυτός που παρατηρεί ότι οι ηλεκτρισμένες γυάλινες ράβδοι απωθούνται μεταξύ τους όπως και οι ηλεκτρισμένες ράβδοι από ήλεκτρο, ενώ μια ηλεκτρισμένη γυάλινη ράβδος έλκει μια ηλεκτρισμένη ράβδο από ήλεκτρο. Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές, ο Du Fay θεωρεί ότι υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρισμού, τα οποία προσδιορίζει ως «υαλώδη» και «ρητινώδη» ηλεκτρισμό (το σημερινό θετικό και αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο αντίστοιχα).

Στα μέσα του 18^{ου} αιώνα διεξάγονται πολλά πειράματα που βελτιώνουν τις μηχανές «παραγωγής» ηλεκτρικού φορτίου, ενώ στα 1745 ο Pieter van Musschenbroek ανακαλύπτει έναν τρόπο αποθήκευσης του ηλεκτρισμού, τη φιάλη του Leyden (πρόδρομο των σημερινών πυκνωτών).

Την εποχή εκείνη οι Du Fay και Franklin (Φραγκλίνος) μεταξύ άλλων, υιοθετούν για τον ηλεκτρισμό το μοντέλο ενός ηλεκτρικού ρευστού το οποίο αποτελείται από πολύ μικρά σώματα που κυκλοφορούν εύκολα δια μέσου της ύλης. Υποτέθηκε λοιπόν ότι τα σώματα αποτελούνται από τα «κοινά» σώματα της ύλης, τα οποία έλκονται μεταξύ τους, και τα «ηλεκτρικά» σώματα τα οποία απωθούνται. Ένα «ηλεκτρισμένο» σώμα (θετικά φορτισμένο) έχει πλεόνασμα ηλεκτρικού ρευστού και αναμένεται να δημιουργεί γύρω του μια ηλεκτρική ατμόσφαιρα η οποία όταν συγκρούεται με την ηλεκτρική ατμόσφαιρα ενός άλλου ηλεκτρισμένου σώματος προκαλεί την μεταξύ τους απωστική δύναμη. Δυστυχώς η παραπάνω ιδέα δεν εξηγεί την άπωση μεταξύ σωμάτων τα οποία δεν έχουν ηλεκτρικό ρευστό (αρνητικά φορτισμένα). Ο Φραγκλίνος, για να αντιμετωπίσει το πρόβλημα, θεώρησε ότι αυτό ακριβώς το γεγονός, δηλαδή η έλλειψη ηλεκτρικής ατμόσφαιρας γύρω από σώματα που στερούνται ηλεκτρικού ρευστού, είναι υπεύθυνο για την μεταξύ τους άπωση.

Στα τέλη του 18^{ου} αιώνα, ο Aepinus, από τους συνεχιστές του έργου του Φραγκλίνου, απορρίπτει την ιδέα της ηλεκτρικής ατμόσφαιρας, μιλάει για δυνάμεις μεταξύ ηλεκτρισμένων σωμάτων και δέχεται την ηλεκτρική άπωση σαν ένα εμπειρικό γεγονός. Ο J. Priestley, την ίδια εποχή, αποδεικνύει ότι δεν ασκούνται δυνάμεις στο εσωτερικό ενός κοίλου φορτισμένου μεταλλικού αγωγού και οδηγείται στο συμπέρασμα ότι και οι ηλεκτρικές δυνάμεις θα πρέπει να μεταβάλλονται με την απόσταση υπακούοντας σε κάποιο παγκόσμιο νόμο, όπως η βαρύτητα. Τέλος, με μια σειρά πειραμάτων, ο Coulomb καταφέρνει να μετρήσει για πρώτη φορά το ηλεκτρικό φορτίο μέσω των αλληλεπιδράσεων μεταξύ φορτισμένων σωμάτων, διατυπώνοντας τον γνωστό ομώνυμο νόμο.

Στον πίνακα 3.1 συνοψίζονται τα κύρια σημεία της ιστορικής εξέλιξης των ιδεών στην ηλεκτροστατική μέχρι τη διατύπωση του Νόμου του Coulomb.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

Κύρια σημεία της ιστορικής εξέλιξης της ηλεκτροστατικής (μέχρι τη διατύπωση του Νόμου του Coulomb)
• Πρώτες παρατηρήσεις ηλεκτρικών αλληλεπιδράσεων (Αρχαίοι Έλληνες – 6 ^{ος} αι. π.Χ.)
• Εμπειριστατωμένη μελέτη των διαφορών μεταξύ ηλεκτρικών και μαγνητικών αλληλεπιδράσεων (Gardano, Gilber – τέλη 16 ^{ου} αι. μ.Χ.)
• Ταξινόμηση υλικών σε «ηλεκτρικά» και «μη ηλεκτρικά» (Gilbert – αρχές 17 ^{ου} αι. μ.Χ.)
• Παρατηρείται έλξη και άπωση μεταξύ ηλεκτρισμένων σωμάτων (Cabeo – 1629 μ.Χ.)
• Ο ηλεκτρισμός διαδίδεται μέσω κάποιων υλικών, κυρίως μετάλλων (σημερινοί αγωγοί) και όχι μέσω κάποιων άλλων (σημερινοί μονωτές) (Gray – 1729 μ.Χ.)
• Διαχωρισμός σε «υαλώδη» και «ρητινώδη» ηλεκτρισμό, σημερινό θετικό και αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο αντίστοιχα. (Du Fay – πρώτο μισό του 18 ^{ου} αι. μ.Χ.)
• Ανακάλυψη της φιάλης του Leyden (Van Musschenbroek – 1745 μ.Χ.)
• Προτείνεται η ιδέα ενός ηλεκτρικού ρευστού (Franklin μέσα 18 ^{ου} αι. μ.Χ.)
• Αποδοχή της ελκτικής ή απωστικής δύναμη μεταξύ φορτισμένων σωμάτων ως εμπειρικό γεγονός (Aepinus – δεύτερο μισό 18 ^{ου} αι. μ.Χ.)
• Υποδεικνύεται η ύπαρξη ενός παγκόσμιου νόμου για τις ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις (Priestley – δεύτερο μισό 18 ^{ου} αι. μ.Χ.).
• Προτείνεται η ιδέα των δύο ηλεκτρικών ρευστών (θετικού και αρνητικού) (Symner, Coulomb – δεύτερο μισό 18 ^{ου} αι. μ.Χ.)
• Διατύπωση του Νόμου του Coulomb (δεύτερο μισό 18 ^{ου} αι. μ.Χ.)

3.2 Οι ιδέες των παιδιών σχετικά με τα ηλεκτροστατικά φαινόμενα

Μελετώντας την ιστορία της Επιστήμης μπορεί να διαπιστώσει κανείς ότι σε αρχικά στάδια οι μελετητές αδυνατούσαν να διαχωρίσουν τις ηλεκτρικές από τις μαγνητικές αλληλεπιδράσεις καθώς επίσης αδυνατούσαν να αντιληφθούν ότι έχουν κοινή βάση τα διάφορα είδη ηλεκτρισμού (κοινός-τριβή, βολταϊκός, ζωικός). Εκείνο που έχει ενδιαφέρον όμως είναι ότι βρέθηκε πως οι εναλλακτικές ιδέες των επιστημόνων εμφανίζουν μια αναλογία με τις εναλλακτικές απόψεις μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς και φοιτητών παιδαγωγικών τμημάτων (Seroglou et al., 1998· Σέρογλου, 2000). Στις προηγούμενες εργασίες αναφέρεται ότι η ενοποιημένη αντίληψη για τα ηλεκτροστατικά και τα μαγνητικά φαινόμενα εμφανίζεται σε ποσοστά της τάξης του 70-80% για μαθητές Α', Γ' Γυμνασίου και Β' Λυκείου και σε ποσοστό της τάξης του 50% σε φοιτητές παιδαγωγικού τμήματος.

Οι Guisasola et al. (2004) σε εργασία τους σχετικά με τις δυσκολίες κατανόησης της θεωρίας του μαγνητικού πεδίου διερευνούν μεταξύ άλλων και τις απόψεις μαθητών και φοιτητών για την αλληλεπίδραση μεταξύ μαγνητών και ηλεκτρικών φορτίων. Επί συνόλου 235 μαθητών-φοιτητών, της τελευταίας τάξης της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και των τριών πρώτων ετών πανεπιστημιακών τμημάτων μηχανικών και φυσικής, βρέθηκε ότι περίπου το 50% αυτών αναγνωρίζουν το ηλεκτρικό φορτίο, είτε βρίσκεται σε κίνηση (σωστά) είτε σε ηρεμία (λανθασμένα), ως πηγή μαγνητικού πεδίου θεωρούν τους μαγνήτες ως ηλεκτρισμένα σώματα, με αντίθετα φορτία στους δύο πόλους και συγχέουν το ηλεκτροστατικό με το μαγνητικό πεδίο.

Στην εργασία των Borges & Gilbert (1998) σχετικά με τα μοντέλα ερμηνείας των μαγνητικών φαινομένων αναδεικνύεται επίσης η τάση μαθητών και φοιτητών να ερμηνεύουν την μαγνητική έλξη σαν έλξη μεταξύ ετερόσημων φορτίων, υπεργενικεύοντας τον κανόνα: «τα ανόμοια έλκονται και τα όμοια απωθούνται». Στην ίδια εργασία αναφέρονται εξάλλου, φοιτητές κυρίως, οι οποίοι δεν παραμένουν σε μια επιφανειακή ερμηνεία του μαγνητισμού αποδίδοντάς τον στην ύπαρξη ηλεκτρικού φορτίου αλλά περνούν και σε μικροσκοπική περιγραφή, ταυτίζοντας απόλυτα τον μαγνήτη με ένα φορτισμένο σώμα, θεωρούν δηλαδή ότι ο μαγνήτης έχει

πλεόνασμα ή έλλειμμα ηλεκτρονίων. Στο ίδιο πνεύμα ερμηνείας του μαγνητισμού συγκαταλέγονται και οι απόψεις φοιτητών οι οποίοι αποδίδουν τις μαγνητικές ιδιότητες σε μια διαδικασία πόλωσης που συμβαίνει στον μαγνήτη.

Στην εργασία των Furio et al. (2004) διατυπώνεται η υπόθεση ότι οι ίδιες οντολογικές και επιστημολογικές δυσκολίες που είχαν συναντήσει οι επιστήμονες κατά τα πρώιμα στάδια της θεωρίας του ηλεκτρισμού, υφίστανται και σήμερα για τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και τους φοιτητές. Οι ερευνητές αναμένουν ότι οι μαθητές θα έχουν αντίστοιχες δυσκολίες στο να ερμηνεύσουν σωστά κάποια φαινόμενα του στατικού ηλεκτρισμού συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτροστατικής επαγωγής και της πόλωσης. Στην έρευνα αυτή έφεραν μαθητές και φοιτητές αντιμέτωπους με πέντε προβληματικές καταστάσεις για τις οποίες ζητήθηκαν αρχικά οι προβλέψεις τους, στη συνέχεια πραγματοποίησαν τις πειραματικές δραστηριότητες και τέλος θα έπρεπε να προβούν στις απαραίτητες ερμηνείες ώστε να συμφιλιώσουν οποιαδήποτε διαφορά μεταξύ πρόβλεψης και παρατήρησης. Δύο ερωτήσεις αφορούσαν στην ηλεκτρίση σώματος με τριβή, μία ερώτηση σε ηλεκτρίση σώματος με επαφή και δύο ερωτήσεις αναφέρονταν σε φαινόμενα επαγωγής. Οι απαντήσεις μαθητών και φοιτητών μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

1) Στην πρώτη κατηγορία, οι μαθητές θεωρούν ότι τα ουδέτερα σώματα δεν έχουν ηλεκτρικά φορτία αλλά αυτά δημιουργούνται μετά από την τριβή του σώματος με κάποιο άλλο σώμα (creationist). Αυτή η πεποίθηση παρεμποδίζει την επιστημονική ερμηνεία του φαινομένου της ηλεκτρίσης με τριβή. Επίσης, δεν λαμβάνουν υπόψη το φαινόμενο της ηλεκτρικής επαγωγής αφού πιστεύουν ότι ένα φορτισμένο σώμα δεν ασκεί καμία επίδραση σε ένα ουδέτερο σώμα (δεν έχει ηλεκτρικά φορτία).

2) Στην δεύτερη κατηγορία (halo effect), οι μαθητές χρειάζεται να επεκτείνουν κατά μία έννοια την επαφή μεταξύ φορτίων και σωμάτων για να εξηγήσουν την ηλεκτρική έλξη μεταξύ αυτών. Θεωρούν ότι θα πρέπει να υπάρχει κάποια μορφή επαφής ώστε να μπορεί να υπάρξει ηλεκτρική αλληλεπίδραση. Οι μαθητές αυτής της κατηγορίας δεν μπορούν να ερμηνεύσουν σωστά τα φαινόμενα της επαγωγής και της πόλωσης.

3) Στην κατηγορία του «ηλεκτρικού ρευστού» (electric fluid), οι μαθητές θεωρούν τον ηλεκτρισμό σαν ένα ρευστό το οποίο συντίθεται από σωματίδια που

μπορούν να διαδίδονται μέσω των αγωγών. Για να συμβεί μια ηλεκτρική αλληλεπίδραση, είναι απαραίτητο το ηλεκτρικό ρεύστο να περάσει από το ένα σώμα στο άλλο. Οι μαθητές αυτής της κατηγορίας δεν είναι σε θέση να εξηγούν επιστημονικά φαινόμενα που περιλαμβάνουν δράση από απόσταση, όπως η ηλεκτρική επαγωγή και η πόλωση της ύλης.

4) Οι μαθητές της «Νευτώνιας» κατηγορίας (Newtonian) είναι σε θέση να εξηγούν το φαινόμενο της ηλέκτρισης από απόσταση και συνεπώς να δώσουν μια επιστημονική εξήγηση στα φαινόμενα της επαγωγής και της πόλωσης.

Στην εργασία των Guruswamy et al. (1997) διερευνάται η κατανόηση των μαθητών σχετικά με τη μεταφορά ηλεκτρικού φορτίου μεταξύ δύο φορτισμένων αγωγών. Οι μαθητές τέθηκαν αντιμέτωποι με δύο προβληματικές καταστάσεις. Στην πρώτη από αυτές θεωρήθηκαν δύο μεταλλικές πανομοιότυπες σφαίρες, αρχικά φορτισμένες με γνωστό φορτίο, οι οποίες έρχονται σε επαφή για ικανό χρονικό διάστημα (ώστε να επέλθει ισορροπία) και κατόπιν αποχωρίζονται. Από τους μαθητές ζητήθηκε να προβλέψουν το τελικό φορτίο των δύο σφαιρών. Στη δεύτερη περίπτωση οι σφαιρικοί αγωγοί αντικαταστάθηκαν από μακρόστενους όπου μετά την προσέγγιση και απομάκρυνσή τους ζητήθηκε πάλι το τελικό τους φορτίο αλλά και η πρόβλεψη των μαθητών σχετικά με το αν θα αναπτύσσονταν μεταξύ των αγωγών κάποια ηλεκτρική δύναμη, ελκτική ή απωστική. Και στις δύο περιπτώσεις ζητήθηκε από τους μαθητές να δικαιολογήσουν τις απόψεις τους.

Τη σωστή απάντηση, ότι οι δύο πανομοιότυποι μεταλλικοί αγωγοί «μοιράζονται» εξίσου την αρχική ποσότητα καθαρού φορτίου έδωσε, ακόμη και μετά τη διδασκαλία της ενότητας της ηλεκτροστατικής, το 45% των μαθητών για το πρώτο πρόβλημα (σφαιρικοί αγωγοί) και μόλις το 15% των μαθητών για το δεύτερο πρόβλημα (μακρόστενοι αγωγοί). Οι δύο επικρατέστερες απόψεις που εμφανίστηκαν στις «λανθασμένες» απαντήσεις των μαθητών ήταν οι εξής: α) δεν υπάρχει μεταφορά φορτίου μεταξύ δύο μεταλλικών αντικειμένων με φορτία ίδιου πρόσημου, και β) η μεταφορά φορτίου μεταξύ δύο ετερόσημα φορτισμένων μεταλλικών αντικειμένων συμβαίνει μέχρι το ένα από αυτά να γίνει ουδέτερο, ενώ δεν συμβαίνει καθόλου μεταφορά φορτίου όταν το ένα από τα δύο αντικείμενα είναι αρχικά αφορτιστο.

Στην εργασία των Park et al. (2001), αν και ο κύριος σκοπός είναι η ανάλυση των διαδικασιών με τις οποίες οι μαθητές επιβεβαιώνουν ή διαψεύδουν τις πρότερες

ιδέες τους σχετικά με κάποια ηλεκτροστατικά φαινόμενα, γίνεται αρχικά μια διερεύνηση των απόψεων των μαθητών σχετικά με τα φαινόμενα αυτά. Πιο συγκεκριμένα, σε 46 δεκαπενταετείς μαθητές, στην Κορέα, οι οποίοι είχαν διδαχθεί τις βασικές έννοιες της ηλεκτροστατικής σε προηγούμενη τάξη, και σε 44 δευτεροετείς κολεγιακούς φοιτητές οι οποίοι είχαν παρακολουθήσει εισαγωγικό μάθημα στην Επιστήμη, τέθηκε το εξής πρόβλημα: «Μία μονωμένη ράβδος παρεμβάλλεται μεταξύ ενός ηλεκτροσκοπίου κι ενός φορτισμένου σώματος (χωρίς να υπάρχει επαφή). Η ράβδος μπορεί να είναι αγωγός ή μονωτής. Θα αποκλίνουν τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου ή όχι; Δικαιολογήστε-εξηγήστε την απάντησή σας.»

Το 76% των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και το 89% των κολεγιακών φοιτητών προέβλεψαν ότι θα διαχωριστούν τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου στην περίπτωση της ράβδου-αγωγού (σωστό) αλλά όχι στην περίπτωση της ράβδου-μονωτή (λάθος), δίνοντας ως εξήγηση το ότι ο αγωγός επιτρέπει την διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος ενώ ο μονωτής όχι. Ωστόσο, μεταξύ αυτών, το 26% των μαθητών και το 15% των φοιτητών δεν μπορούσαν να αναγνωρίσουν με βεβαιότητα ποιες από τις προσφερόμενες ράβδους για τη διεξαγωγή του πειράματος ήταν αγωγοί και ποιες ήταν μονωτές. Επίσης, υπήρξαν μαθητές που πίστευαν ότι με το ηλεκτροσκόπιο ελέγχουμε αν ένα σώμα είναι αγωγός ή μονωτής, ενώ κάποιοι άλλοι (μαθητές και φοιτητές) πίστευαν ότι με το ηλεκτροσκόπιο ελέγχουμε το πρόσημο του ηλεκτρικού φορτίου.

Από τους μαθητές και φοιτητές οι οποίοι είχαν τελικά την ευκαιρία να πραγματοποιήσουν την πειραματική διάταξη για να ελέγξουν τις προβλέψεις τους, υπήρξαν κάποιοι οι οποίοι ανασκεύασαν την λανθασμένη άποψη, υπήρξαν όμως και αυτοί που απέδωσαν το φαινόμενο σε άλλους παράγοντες όπως π.χ. στην ύπαρξη μεταλλικών προσμίξεων στην ράβδο-μονωτή. Αυτό δείχνει πόσο δύσκολο είναι τελικά να υιοθετήσουν οι μαθητές τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις ακόμη κι όταν καλούνται να στηριχτούν σε πειραματικά δεδομένα, και πόσο απαραίτητο είναι, όχι μόνο να έχουν τις απαιτούμενες εμπειρίες, αλλά να τους δίνεται η ευκαιρία να αναπτύσσουν ευλογοφανείς και σαφείς ερμηνείες.

Σε έρευνα της Σταυρίδου (1995) στο πλαίσιο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης φάνηκε ότι οι φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης γνωρίζουν μεν τα φαινόμενα του στατικού ηλεκτρισμού από την καθημερινή ζωή αλλά δεν έχουν παρά ατελή και αποσπασματική ανάμνηση των σχολικών γνώσεων. Στην

έρευνα συμμετείχαν 58 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας χωρισμένοι σε δύο εργαστηριακά τμήματα. Όταν ζητήθηκε από τους φοιτητές να αναπαραστήσουν σε μικροσκοπικό επίπεδο την ύλη και τις μεταβολές της κατά τα ηλεκτροστατικά φαινόμενα (στη φάση της διερεύνησης των αρχικών γνώσεων), το 14-29% δεν απαντούν καθόλου, το 23-54% κάνουν «μακροσκοπικό» σχήμα (π.χ. ένα στυλό που έλκει μικρά χαρτάκια), ενώ υπάρχει και ένα ποσοστό 32-48% των απαντήσεων με όρους μικροσκοπικού επιπέδου εκ των οποίων μόνο το 18-34% ήταν αποδεκτές. (Τα διπλά ποσοστά εμφανίζονται εξαιτίας του ότι η έρευνα διεξήχθη σε δύο εργαστηριακές ομάδες φοιτητών.) Ένα παράδειγμα δραστηριότητας η οποία υλοποιήθηκε από τους φοιτητές και για την οποία ζητήθηκε αργότερα η μικροσκοπική αναπαράσταση είναι η εξής: καλαμάκι που φορτίζουμε με τριβή, αφού το ακουμπήσουμε σε τζάμι ή τοίχο μένει «κολλημένο» για αρκετή ώρα. Παραδείγματα αναπαραστάσεων με όρους μικροσκοπικού επιπέδου αλλά ωστόσο, μη αποδεκτών, είναι τα εξής:

- ✓ σχεδίαση ίσου αριθμού θετικών και αρνητικών φορτίων στο ηλεκτρισμένο σώμα (π.χ. καλαμάκι),
- ✓ μετακίνηση τόσο των αρνητικών όσο και των θετικών φορτίων σε στερεό σώμα (π.χ. τοίχος),
- ✓ διάταξη των ηλεκτρικών φορτίων με τη μορφή δίπολου ή συγκεντρωμένα στο κέντρο του σώματος τα φορτία του ενός είδους και τα αντίθετα φορτία στην περιφέρεια,
- ✓ εμφάνιση ενός είδους φορτίου στο κάθε σώμα προς ερμηνεία της ηλεκτροστατικής έλξης.

Παρακάτω ακολουθεί μια σύνοψη των εναλλακτικών ιδεών μαθητών και φοιτητών όπως αυτές παρουσιάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν μαθητές-φοιτητές οι οποίοι:

- έχουν ενοποιημένη αντίληψη για τα ηλεκτροστατικά και τα μαγνητικά φαινόμενα,
- θεωρούν τους μαγνήτες ως ηλεκτρισμένα σώματα, με αντίθετα φορτία στους δύο πόλους και συγγέουν το ηλεκτροστατικό με το μαγνητικό πεδίο,
- πιστεύουν ότι τα ουδέτερα σώματα δεν έχουν ηλεκτρικά φορτία αλλά αυτά (τα ηλεκτρικά φορτία) εμφανίζονται στο σώμα μετά από την τριβή του με κάποιο άλλο σώμα,

- δεν λαμβάνουν υπόψη το φαινόμενο της ηλεκτρικής επαγωγής αφού πιστεύουν ότι ένα φορτισμένο σώμα δεν ασκεί καμία επίδραση σε ένα ουδέτερο σώμα (δεν έχει ηλεκτρικά φορτία),
- θεωρούν ότι θα πρέπει να υπάρχει κάποια μορφή επαφής ώστε να μπορεί να υπάρξει ηλεκτρική αλληλεπίδραση,
- θεωρούν τον ηλεκτρισμό σαν ένα ρευστό το οποίο συντίθεται από σωματίδια που μπορούν να διαδίδονται μέσω των αγωγών, και μάλιστα για να συμβεί μια ηλεκτρική αλληλεπίδραση, θεωρούν ότι είναι απαραίτητο το ηλεκτρικό ρευστό να περάσει από το ένα σώμα στο άλλο,
- πιστεύουν ότι δεν υπάρχει μεταφορά φορτίου μεταξύ δύο μεταλλικών αντικειμένων με φορτία ίδιου πρόσημου,
- πιστεύουν ότι η μεταφορά φορτίου μεταξύ δύο ετερόσημα φορτισμένων μεταλλικών αντικειμένων συμβαίνει μέχρι το ένα από αυτά να γίνει ουδέτερο, ενώ δεν συμβαίνει καθόλου μεταφορά φορτίου όταν το ένα από τα δύο αντικείμενα είναι αρχικά αφόρτιστο,
- φαίνεται να λαμβάνουν υπόψη τις ηλεκτροστατικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των φορτίων δύο διαφορετικών αντικειμένων αλλά δεν λαμβάνουν υπόψη τους τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φορτίων του ίδιου αντικειμένου (μεταξύ των φορτισμένων ηλεκτρονίων του μεταλλικού αγωγού),
- νομίζουν ότι με το ηλεκτροσκόπιο ελέγχουμε αν ένα σώμα είναι αγωγός ή μονωτής,
- νομίζουν ότι με το ηλεκτροσκόπιο ελέγχουμε το πρόσημο του ηλεκτρικού φορτίου,
- σχεδιάζουν λανθασμένες αναπαραστάσεις ηλεκτρισμένου και μη ηλεκτρισμένου σώματος όπως:
 - σχεδίαση ίσου αριθμού θετικών και αρνητικών φορτίων στο ηλεκτρισμένο σώμα,
 - μετακίνηση τόσο των αρνητικών όσο και των θετικών φορτίων σε στερεό σώμα,
 - διάταξη των ηλεκτρικών φορτίων με τη μορφή δίπολου ή συγκεντρωμένα στο κέντρο του σώματος τα φορτία του ενός είδους και τα αντίθετα φορτία στην περιφέρεια,

- εμφάνιση ενός είδους φορτίου στο κάθε σώμα προς ερμηνεία της ηλεκτροστατικής έλξης.

3.3 Διδακτικές παρεμβάσεις στην ηλεκτροστατική

Μεγάλο τμήμα των διδακτικών παρεμβάσεων που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν ως κύριο άξονα τη διδακτική αξιοποίηση της ιστορίας των επιστημονικών ιδεών. Υπάρχουν ωστόσο και παρεμβάσεις στις οποίες η έμφαση δίνεται στην κατάλληλη παρουσίαση και ερμηνεία των ηλεκτροστατικών φαινομένων χωρίς αναφορές στην ιστορία της Επιστήμης. Αν και η παρούσα έρευνα κινείται προς τη δεύτερη από τις προαναφερθείσες κατευθύνσεις, εντούτοις, γίνεται μια σύντομη αναφορά και στις δύο περιπτώσεις διδακτικών παρεμβάσεων. Εξάλλου, η ιστορία των Επιστημών φαίνεται ότι μπορεί να βοηθήσει τους δασκάλους να μετατρέψουν την Επιστήμη των γεγονότων και των εξισώσεων που διδάσκουν συνήθως, σε μια Επιστήμη που να γίνεται περισσότερο αντιληπτή σαν ανθρώπινη δραστηριότητα (Kirpilis, 1998). Επίσης, φαίνεται να υπάρχει ένας παραλληλισμός μεταξύ της «αντίστασης» τόσο των επιστημόνων όσο και των μαθητών, στην αποδοχή νέων απόψεων και υποστηρίζεται ότι τα παραδείγματα στα οποία οι ίδιοι οι επιστήμονες αντιστέκονται κάποιες φορές στην εισαγωγή νέων ιδεών μπορούν να είναι πολύ χρήσιμα κατά τη διδασκαλία της Επιστήμης (Campanario, 2002).

Υπάρχουν μελέτες (Welzel, 1998) όπου φαίνεται ότι η γνώση επιτυγχάνεται μέσα από μια διαδοχή ατομικών διεργασιών αυξανόμενης πολυπλοκότητας. Υπάρχουν μελέτες που καταδεικνύουν ότι δεν υφίσταται μεταφορά πληροφοριών από τον δάσκαλο στον μαθητή, κατά την μαθησιακή διαδικασία, αλλά αντιθέτως φαίνεται η ανάγκη του να έχουν οι μαθητές την δυνατότητα απόκτησης εκτεταμένων εμπειριών στο νέο, κάθε φορά, περιβάλλον και αρχικά, σε επίπεδο χαμηλής πολυπλοκότητας. Δεν θα πρέπει να διδάσκουμε τις φυσικές έννοιες σαν «έτοιμα» προϊόντα, αλλά να καθοδηγούμε τους μαθητές σε κατάλληλες δραστηριότητες «επιστημονικοποίησης» του κόσμου τους. Ειδικότερα, στην περίπτωση της εισαγωγής στην ηλεκτροστατική, επειδή ακριβώς συνιστά το πρώτο βήμα για τη μελέτη του ηλεκτρισμού του οποίου αρκετές φυσικές έννοιες συναντώνται εδώ για

πρώτη φορά, ενδείκνυται η ομαλή εισαγωγή των μαθητών στο συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο, η πραγματοποίηση ποικίλων πειραματικών δραστηριοτήτων εξοικείωσης και η σταδιακή ανάδειξη της πολυπλοκότητας της νέας γνώσης.

Περνώντας σε πιο συγκεκριμένες προτάσεις διδακτικών παρεμβάσεων, θα γίνει αρχικά μια αναφορά στο ζήτημα της διασαφήνισης της διαφοροποίησης μεταξύ ηλεκτροστατικών και μαγνητικών φαινομένων. Για τον σκοπό αυτό προτείνεται η αξιοποίηση ιστορικών πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν από επιστήμονες κατά τα πρώιμα στάδια ανάπτυξης της ηλεκτροστατικής (Seroglou et al., 1998· Σέρογλου, 2000). Πιο συγκεκριμένα, αφετηρία για τον σχεδιασμό των προτεινόμενων δραστηριοτήτων ήταν τρεις από τις διαφορές μεταξύ ηλεκτρικών και μαγνητικών αλληλεπιδράσεων που περιλαμβάνονταν στον κατάλογο των Gardano και Gilbert:

- το ήλεκτρο έλκει οποιοδήποτε υλικό ενώ οι μαγνήτες έλκουν μόνο (εκείνη την εποχή) τον σίδηρο,
- οι μαγνήτες μπορούν να ασκούν έλξεις και διαμέσου άλλων υλικών ενώ το ήλεκτρο δεν μπορεί,
- η ελκτική ικανότητα του ήλεκτρου ελαττώνεται με την υγρασία στην ατμόσφαιρα ή στην επιφάνειά του, ενώ η ελκτική ικανότητα του μαγνήτη δεν επηρεάζεται από αυτή.

Σε πιλοτική εφαρμογή πραγματοποίησης κατάλληλα σχεδιασμένων δραστηριοτήτων από παιδιά των τελευταίων τάξεων του Δημοτικού σχολείου, οι οκτώ από τους δέκα μαθητές φάνηκε να αντιλαμβάνονται τελικά τη διαφοροποίηση μεταξύ ηλεκτροστατικών και μαγνητικών φαινομένων.

Ο P. Heering (2000) περιγράφει την εμπειρία του κατά τη διδασκαλία της ενότητας της ηλεκτροστατικής σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μέσω της ιστορίας της εξέλιξής της. Η ομάδα των μαθητών του αποτελούνταν από άτομα 16-18 ετών τα οποία διδάσκονταν Φυσική ήδη από τέσσερα χρόνια πριν, αλλά δεν είχαν καθόλου εμπειρίες που να σχετίζονται με την ιστορία των Επιστημών. Για τις διδασκαλίες χρησιμοποιήθηκαν: ηλεκτροστατικές μηχανές, φιάλες Leyden (σημερινοί πυκνωτές), ηλεκτροσκόπια κι ένας ζυγός στρέψης που χρησιμοποιήθηκε σαν ηλεκτρόμετρο. Οι ηλεκτροστατικές μηχανές ήταν οι πιο σημαντικές συσκευές για τη διδασκαλία αφού επέτρεψαν στους μαθητές να εργαστούν με ηλεκτρικά φορτία και

να τα «αισθανθούν» με το σώμα τους. Σε πολλές περιπτώσεις οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να δουν ότι η θεωρία που υιοθετούσαν τη μια μέρα και ερμήνευε τις παρατηρήσεις τους θα έπρεπε να αναθεωρηθεί μερικά μαθήματα αργότερα υπό το φως νέων δεδομένων.

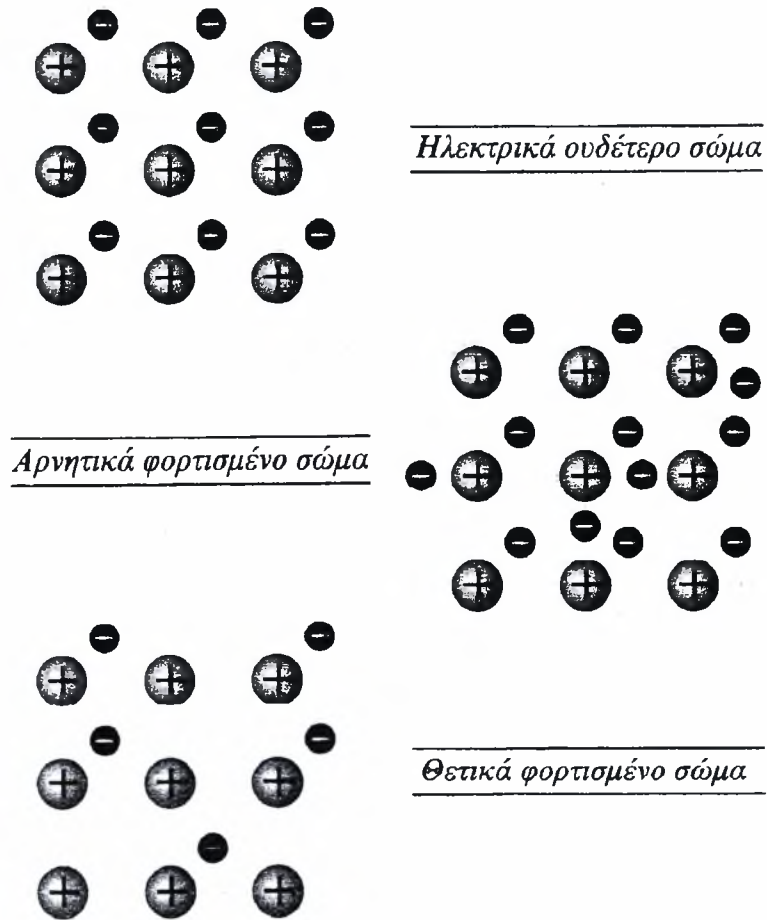
Τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε ο ερευνητής από τη συγκεκριμένη προσπάθεια ήταν τα εξής:

- Απαιτείται αρκετός χρόνος για να διδάξει κανείς Επιστήμη μέσω της ιστορικής της εξέλιξης.
- Φαίνεται να είναι εξαιρετικά σημαντική η πραγματοποίηση ιστορικών πειραμάτων και όχι η περιγραφή τους μέσα από κείμενα.
- Οι μαθητές δυσκολεύονται να αντιμετωπίσουν ανοιχτές προβληματικές καταστάσεις αλλά θέλουν απαντήσεις έτοιμες που να μπορούν να απομνημονευθούν.
- Είναι δύσκολο για τον διδάσκοντα να δημιουργήσει νέες συνθήκες διδασκαλίας αγνοώντας το παραδοσιακό μοντέλο.
- Οι διαφορετικές συνθήκες είναι δυνατό να μεταβάλλουν τους ρόλους μέσα στην ομάδα κι έτσι, κάποιοι μαθητές-αυθεντίες μπορεί να «χαμηλώσουν» στην ιεραρχία της ομάδας, ενώ κάποιοι άλλοι να αποκτήσουν περισσότερη αυτοπεποίθηση και ενδιαφέρον για το αντικείμενο.
- Μέσω της ιστορικής εξέλιξης της Επιστήμης, εκτός από τη διδασκαλία κάποιου συγκεκριμένου αντικειμένου, οι μαθητές ενημερώνονται για το πώς παράγεται η επιστημονική γνώση και τους περιορισμούς αυτής της διαδικασίας.

Σε διαφορετικό πλαίσιο από αυτό της διδακτικής αξιοποίησης της ιστορικής εξέλιξης των επιστημονικών ιδεών τοποθετείται η εργασία της Σταυρίδου (1995). Στη μελέτη αυτή, στην οποία έγινε αναφορά και στην προηγούμενη παράγραφο, αφού ελέγχθηκαν οι αρχικές απόψεις των φοιτητών σχεδιάστηκε μια διδακτική παρέμβαση κατά την οποία παρουσιάστηκε στους φοιτητές το «μοντέλο του υλικού οικοδομήματος». Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, ένα ηλεκτρικά ουδέτερο σώμα αποτελείται από έναν αριθμό θετικών φορτίων, που συνιστούν το «ακίνητο πλέγμα» του σώματος και από ίσο αριθμό αρνητικών ηλεκτρικών φορτίων, που είναι ευκίνητα (το μοντέλο αναφέρεται σε στερεά σώματα). Ένα σώμα ηλεκτρικά φορτισμένο παριστάνεται από την ίδια βασική δομή, το «ακίνητο πλέγμα», όπου όμως

σημειώνεται περίσσεια αρνητικών φορτίων αν το σώμα είναι φορτισμένο αρνητικά, ή έλλειμμα αρνητικών φορτίων αν το σώμα είναι φορτισμένο θετικά (σχήμα 3.1).

Η έρευνα έδειξε ότι το προαναφερθέν μοντέλο βοήθησε σε σημαντικό βαθμό τους φοιτητές να σχεδιάσουν ορθές αναπαραστάσεις της μικροσκοπικής δομής στερεών σωμάτων σε περιστάσεις ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων.



Σχήμα 3.1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΥΠΟΘΕΣΗ, ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1 Υπόθεση-Σκοπός της έρευνας

Η παρούσα έρευνα σχεδιάστηκε ώστε να διερευνηθούν οι παρακάτω υποθέσεις:

- 1) Υποθέτουμε ότι το μοντέλο μικροσκοπικής δομής της ύλης, όπως αυτό περιγράφεται (σε κείμενο) και αναπαρίσταται (σε εικόνες) στο σχολικό εγχειρίδιο, δεν είναι λειτουργικό για τους μαθητές, ώστε να τους επιτρέψει να ερμηνεύουν ικανοποιητικά την ηλεκτρισση των (στερεών) σωμάτων.
- 2) Υποθέτουμε ότι το μοντέλο του υλικού οικοδομήματος, όπως αυτό εισάγεται και χρησιμοποιείται από το λογισμικό: «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου», βοηθάει τους μαθητές:
 - i) να αναπαριστούν ορθά το αφόρτιστο σώμα με ισοψηφία θετικών και αρνητικών φορτίων και το φορτισμένο με πλεόνασμα φορτίων ενός είδους,
 - ii) να ερμηνεύουν τη φόρτιση των σωμάτων ως αποτέλεσμα της διαταραχής της ισοψηφίας θετικών και αρνητικών φορτίων, είτε λόγω μεταφοράς ηλεκτρικού φορτίου από κάποιο άλλο σώμα είτε λόγω μετακίνησης ηλεκτρικού φορτίου στο ίδιο το σώμα (επαγωγή),
 - iii) να κατανοήσουν το γεγονός ότι στα στερεά σώματα μετακινούνται-μεταφέρονται μόνο τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια (ηλεκτρόνια).

Ο σκοπός της έρευνας είναι να καταδείξει την αναγκαιότητα της δόκιμης παρουσίασης και χρήσης κατάλληλου μοντέλου της μικροσκοπικής δομής της ύλης για την ερμηνεία των ηλεκτροστατικών φαινομένων. Μάλιστα, σε ένα ευρύτερο πλαίσιο εφαρμογής όπως αυτό της διδασκαλίας της Φυσικής στην Β' τάξη του Γυμνασίου, το συγκεκριμένο «μοντέλο του υλικού οικοδομήματος» φαίνεται ότι θα μπορούσε να εισαχθεί ως διεύρυνση του απλού σωματιδιακού μοντέλου που παρουσιάζεται σε προηγούμενη ενότητα (Θερμότητα) προς ερμηνεία της θερμικής διαστολής και συστολής των σωμάτων.

4.2 Δείγμα – Διάρκεια διδασκαλίας

Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από δύο τμήματα της Β' Γυμνασίου σε κεντρικό σχολείο του πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου. Σύμφωνα με τους εκπαιδευτικούς οι οποίοι διδάσκουν Φυσική στα συγκεκριμένα τμήματα καθ' όλη τη διάρκεια του σχολικού έτους, τα δύο τμήματα χαρακτηρίζονται περίπου ισοδύναμα, ενώ το επίπεδο των τμημάτων χαρακτηρίζεται μεσαίο, τόσο ως προς τις επιδόσεις των μαθητών όσο και ως προς το κοινωνικοπολιτισμικό τους υπόβαθρο.

Το πειραματικό τμήμα παρακολουθούσαν 27 μαθητές από τους οποίους συμμετείχαν στην έρευνα 26 (μία μαθήτρια απουσίαζε κατά τη συμπλήρωση του τελικού ερωτηματολογίου), ενώ το τμήμα ελέγχου παρακολουθούσαν επίσης 27 μαθητές από τους οποίους συμμετείχαν στην έρευνα οι 24 (3 μαθητές απουσίαζαν κατά τη συμπλήρωση του αρχικού ερωτηματολογίου).

Στα τμήματα δίδασκαν το μάθημα της Φυσικής δύο διαφορετικοί εκπαιδευτικοί, σε συνεργασία με τους οποίους διεξήχθη η έρευνα. Τα ερωτηματολόγια δόθηκαν και συμπληρώθηκαν από τους μαθητές, παρουσία των εκπαιδευτικών της τάξης και η διδασκαλία στο πειραματικό τμήμα έγινε επίσης από τον εκπαιδευτικό της τάξης.

Η διδακτική παρέμβαση σχεδιάστηκε με διάρκεια δύο διδακτικών ωρών. Στο πειραματικό τμήμα διατέθηκε λίγος επιπλέον χρόνος (μισή διδακτική ώρα) για την εξοικείωση των παιδιών με το λογισμικό ο οποίος δεν θεωρήθηκε ότι επηρεάζει τα αποτελέσματα της έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

5.1 Αρχικό ερωτηματολόγιο

Το αρχικό ερωτηματολόγιο (Ερωτηματολόγιο Α – Παράρτημα Α) σχεδιάστηκε με σκοπό να αναδειχθούν οι προϋπάρχουσες γνώσεις-ιδέες των μαθητών οι οποίοι έχουν ήδη διδαχθεί στην Ε' τάξη του Δημοτικού τα βασικά ηλεκτροστατικά φαινόμενα (τρόποι ηλέκτρισης) καθώς και την ερμηνεία τους μέσω του μικροσκοπικού μοντέλου περιγραφής της ύλης, με την ύπαρξη αρνητικά και θετικά φορτισμένων σωματιδίων στα άτομα και μάλιστα αρκετά αναλυτικά, αφού γίνεται αναφορά σε πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια καθώς και στα ελεύθερα ηλεκτρόνια ορισμένων υλικών.

Αν και αρκετές σχετικές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών είναι ήδη γνωστές από τη βιβλιογραφία, με τη βοήθεια του αρχικού ερωτηματολογίου, ελέγχεται αν οι ιδέες αυτές θα εμφανιστούν και στο δείγμα της παρούσας έρευνας καθώς επίσης και αν θα εμφανιστούν πιθανώς νέες απόψεις.

Πιο συγκεκριμένα, με τις ερωτήσεις 1, 2 και 3 επιχειρείται μια εξακρίβωση της σχετικής ορολογίας. Διερευνάται τι είναι το ηλεκτρισμένο σώμα για τους μαθητές, ποια θεωρούν ως παραδείγματα ηλεκτρισμένων σωμάτων και υπό ποιες περιστάσεις αυτά δημιουργούνται. Όμοιο ρόλο έχουν και οι τελευταίες ερωτήσεις 10 και 11 όπου ελέγχεται η σημασία που δίνουν οι μαθητές στην έννοια του ηλεκτρικού φορτίου, πού θεωρούν ότι βρίσκεται αυτό και σε ποιες μορφές. Οι δύο αυτές, τελευταίες ερωτήσεις, σχετίζονται μόνο έμμεσα με την υπόθεση της έρευνας.

Με τις ερωτήσεις 4 και 5 διερευνάται πώς ερμηνεύουν οι μαθητές την ηλέκτριση των σωμάτων. Στην ερώτηση 4 ζητείται λεκτική ερμηνεία ενώ στο ερώτημα 5 ζητείται σχηματική αναπαράσταση ηλεκτρισμένου και μη ηλεκτρισμένου σώματος. Μέσα από τα σχήματα θα φανεί αν οι μαθητές χρησιμοποιούν στη σχηματική αναπαράσταση μη ηλεκτρισμένου σώματος ίσο πλήθος θετικών και αρνητικών φορτίων ενώ στην αναπαράσταση του ηλεκτρισμένου σώματος, αν χρησιμοποιούν το πλεόνασμα ενός είδους ηλεκτρικού φορτίου.

Μέσα από την ερώτηση 6 ελέγχεται αν γνωρίζουν οι μαθητές το είδος της αλληλεπίδρασης μεταξύ φορτισμένων σωμάτων ενώ η ερώτηση 7 (σχηματική αναπαράσταση φορτισμένων σωμάτων) αποτελεί μια δεύτερη ευκαιρία διερεύνησης του αν και πώς αναπαριστούν οι μαθητές το εσωτερικό των ηλεκτρισμένων σωμάτων από μικροσκοπική άποψη.

Η ερώτηση 8 αφορά στην αλληλεπίδραση ηλεκτρισμένου και μη ηλεκτρισμένου σώματος (λεκτική περιγραφή) ενώ στην 9 ζητείται σχηματική αναπαράσταση. Εδώ δεν καλούνται οι μαθητές να αναπαραστήσουν απλώς, μικροσκοπικά, ένα φορτισμένο κι ένα ουδέτερο σώμα (όπως στην ερώτηση 5) αλλά επιχειρείται να ελεγχθεί αν θα κάνουν αναφορά στη διαδικασία της επαγωγής καθώς και στο γεγονός ότι στα στερεά σώματα μετακινούνται μόνο τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια (ηλεκτρόνια).

Ιδιαίτερη σημασία έχουν για την έρευνα οι σχηματικές αναπαραστάσεις στα ερωτήματα 5, 7 και 9 από τα οποία διαφαίνεται αν οι μαθητές διαθέτουν ένα μοντέλο αναπαράστασης της εσωτερικής δομής της ύλης (ώστε να ερμηνεύουν την ηλεκτρίση των σωμάτων) και ποιο είναι αυτό.

5.2 Διδακτική παρέμβαση

Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα της διεθνούς βιβλιογραφίας οργανώθηκαν οι διδασκαλίες τόσο στο πειραματικό τμήμα όσο και στο τμήμα ελέγχου. Στην παράγραφο 2.3 έγινε αναφορά στο τρόπο με τον οποίο παρουσιάζεται από το σχολικό βιβλίο η μικροσκοπική δομή της ύλης των στερεών σωμάτων στην ενότητα των ηλεκτροστατικών φαινομένων. Επίσης, από την υπόθεση της έρευνας, θεωρείται ότι το «μοντέλο του υλικού οικοδομήματος» (δες τέλος παραγράφου 3.3 και σχήμα 3.3) και μάλιστα όπως αυτό παρουσιάζεται και χρησιμοποιείται από το λογισμικό «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου» συντελεί σημαντικά στην κατανόηση της ερμηνείας των τρόπων ηλεκτρίσης των σωμάτων και στη δημιουργία των κατάλληλων αναπαραστάσεων. Οι διδασκαλίες οργανώθηκαν λοιπόν γύρω από αυτούς τους δύο κεντρικούς άξονες.

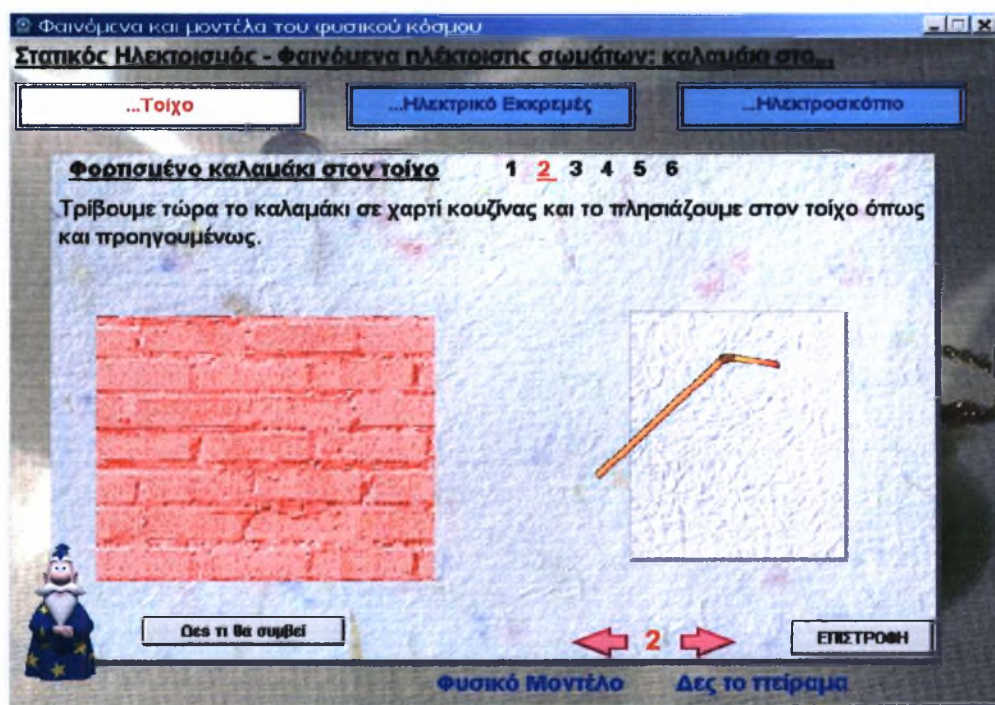
Κατ' αρχάς θα γίνει μια σύντομη περιγραφή του λογισμικού (Σταυρίδου, 1999). Το λογισμικό περιλαμβάνει δύο θεματικές ενότητες: «Θερμική διαστολή των σωμάτων» και «Στατικός ηλεκτρισμός» με τρία σενάρια η καθεμιά. Η ενότητα

«Στατικός ηλεκτρισμός» η οποία σχετίζεται με την παρούσα έρευνα περιλαμβάνει τα εξής σενάρια-περιπτώσεις ηλέκτρισης: φορτισμένο, πλαστικό καλαμάκι πλησιάζει α) σε τοίχο, β) σε ηλεκτρικό εκκρεμές και γ) σε ηλεκτροσκόπιο (σχήμα 5.1). Από τα τρία σενάρια χρησιμοποιήσαμε στα Φύλλα Εργασίας τα δύο πρώτα όπου εμφανίζονται όλοι οι τρόποι ηλέκτρισης: τριβή, επαφή και επαγωγή. Καθ' όλη τη διάρκεια εξέλιξης του σεναρίου, στο κάτω μέρος της οθόνης υπάρχουν δύο «κουμπιά» με τίτλους: «Φυσικό μοντέλο» και «Δες το πείραμα», κάνοντας κλικ στα οποία, μπορεί κανείς να δει τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του μοντέλου που χρησιμοποιείται για την περιγραφή και ερμηνεία των φαινομένων του σεναρίου, και το πείραμα στο οποίο αναφέρεται το σενάριο, αντίστοιχα.



Σχήμα 5.1

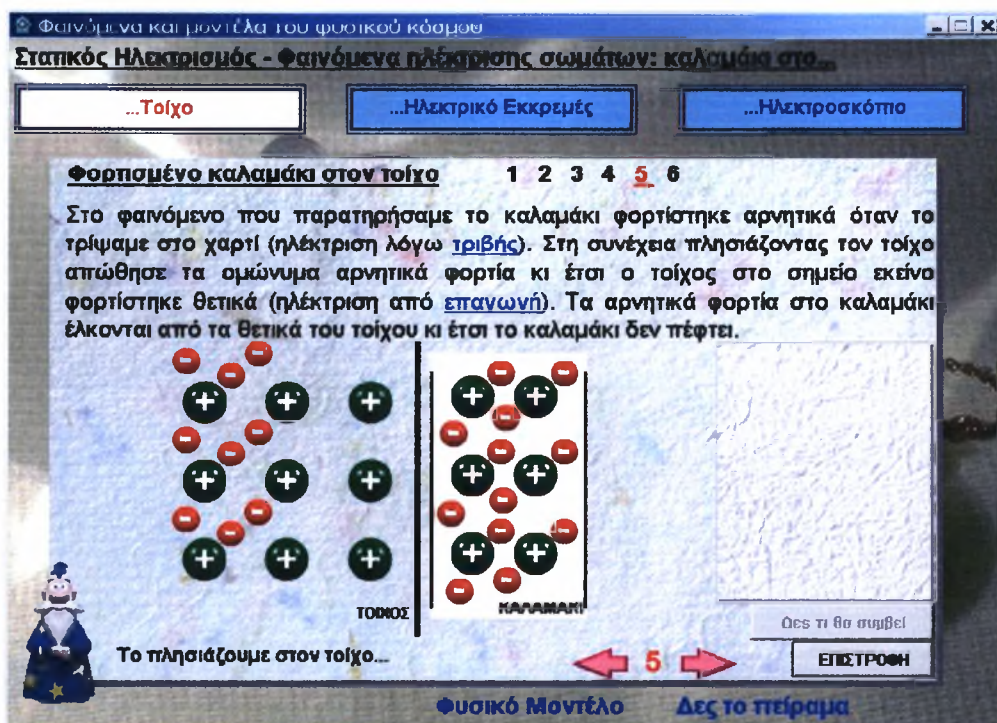
Ας πάρουμε για παράδειγμα το πρώτο σενάριο: «καλαμάκι στον...τοίχο». Περιλαμβάνει ένα πείραμα σε δύο φάσεις: α) απλώς ακουμπάμε ένα καλαμάκι στον τοίχο, β) τρίβουμε το καλαμάκι με χαρτί κουζίνας και στη συνέχεια το ακουμπάμε στον τοίχο (σχήμα 5.2). Σε κάθε βήμα ζητείται αρχικά η πρόβλεψη του μαθητή και στη συνέχεια κάνοντας κλικ στο «κουμπί» με τίτλο «Δες τι θα συμβεί» εξελίσσεται το πείραμα (video animation). Στη συνέχεια, υπό μορφή πολλαπλής επιλογής προσφέρονται στον μαθητή τέσσερις πιθανές εξηγήσεις του φαινομένου με κατάλληλα σχόλια σε περίπτωση λανθασμένης επιλογής. Στην επόμενη σελίδα



Σχήμα 5.2

περιγράφεται με συντομία το «μοντέλο του υλικού οικοδομήματος» και αναπαρίσταται ένα σώμα ουδέτερο, ένα σώμα θετικά φορτισμένο και ένα σώμα αρνητικά φορτισμένο. Σε νέα σελίδα παρουσιάζεται μια μοντελοποίηση του φαινομένου στο μικροσκοπικό επίπεδο (σχήμα 5.3). Φαίνεται δηλαδή η μεταφορά αρνητικών φορτίων (ηλεκτρονίων) από το χαρτί στο καλαμάκι λόγω τριβής, η αλληλεπίδραση του ουδέτερου τοίχου με το φορτισμένο καλαμάκι οπότε μετατοπίζονται «προς τα πίσω» τα αρνητικά φορτία (ηλεκτρόνια) του τοίχου και «φαίνεται» στην μπροστινή επιφάνεια το θετικό του φορτίο με αποτέλεσμα τα δύο σώματα να έλκονται. Τέλος, προσφέρεται πάλι μια ερώτηση, υπό μορφή πολλαπλής επιλογής, εμπέδωσης αυτή τη φορά (με κατάλληλα σχόλια σε περίπτωση λανθασμένης επιλογής).

Αντίστοιχη είναι και η εξέλιξη του σεναρίου: «καλαμάκι στο... ηλεκτρικό εκκρεμές» όπου αρχικά το καλαμάκι απλώς πλησιάζει στο ηλεκτρικό εκκρεμές (οπότε δεν συμβαίνει τίποτα) και στη συνέχεια τρίβεται με χαρτί κουζίνας (οπότε έλκεται με το ηλεκτρικό εκκρεμές), ενώ όταν τα δύο σώματα έρθουν σε επαφή στη συνέχεια απωθούνται.



Σχήμα 5.3

Επειδή θεωρούμε ότι όλα τα πειράματα που είναι εφικτά θα πρέπει να πραγματοποιούνται από τους ίδιους τους μαθητές, γιατί η πραγματικότητα είναι πάντα το πρώτο εργαστήριο όχι μόνο του επιστήμονα αλλά και του μαθητή, τα προαναφερθέντα πειράματα υλοποιήθηκαν και από τους μαθητές σε ομάδες των δύο ατόμων πριν αυτοί εργαστούν με το λογισμικό. Για τον σκοπό αυτό ετοιμάστηκαν δύο Φύλλα Εργασίας (1Α και 2Α στα Παραρτήματα Γ και Δ αντίστοιχα), (Σταυρίδου, 1995· Σταυρίδου & Σολομωνίδου, 1999). Στο Φύλλο Εργασίας 1Α (καλαμάκι στον τοίχο) και πριν οποιαδήποτε αναφορά του εκπαιδευτικού σε μικροσκοπικό μοντέλο ζητήθηκε από τους μαθητές να σχεδιάσουν τι νομίζουν ότι συμβαίνει μέσα στην ύλη τόσο για το καλαμάκι όσο και για τον τοίχο, πριν τρίψουν το καλαμάκι με το χαρτί κουζίνας και μετά. Τα σχήματα αυτά θα σχολιαστούν στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων σε σύγκριση με τα σχήματα που ζητούνται στο ερώτημα Β του τελικού ερωτηματολογίου (δες παράγραφο 5.4). Τα Φύλλα Εργασίας χρησιμοποιήθηκαν και από τους μαθητές του τμήματος ελέγχου όπου επίσης τα πειράματα εκτέλεσαν οι ίδιοι οι μαθητές σε ομάδες των δύο ατόμων. Ο σκοπός ήταν να είναι η χρήση του λογισμικού, η μοναδική διαφοροποίηση στις διδασκαλίες των δύο τμημάτων.

Και στα δύο τμήματα λοιπόν εκτελέστηκαν αρχικά από τους μαθητές τα δύο προαναφερθέντα πειράματα, όμως στο μεν τμήμα ελέγχου ο εκπαιδευτικός

ερμήνευσε τους τρόπους ηλέκτρισης με αναφορά στη μικροσκοπική δομή της ύλης, χρησιμοποιώντας το σχολικό εγχειρίδιο και τον πίνακα, ενώ στο πειραματικό τμήμα οι μαθητές συνέχισαν να εργάζονται σε ομάδες των δύο ατόμων αλλά τώρα πια μπροστά στον υπολογιστή, με το λογισμικό «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου». Για την εργασία μπροστά στον υπολογιστή ετοιμάστηκαν επίσης δύο Φύλλα Εργασίας, ένα για κάθε σενάριο (1B και 2B στα Παραρτήματα Ε και ΣΤ αντίστοιχα).

5.3 Τελικό ερωτηματολόγιο

Το τελικό ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει όλες τις ερωτήσεις του αρχικού με την προσθήκη δύο ακόμη ερωτημάτων Α και Β, στην αρχή του, όπως φαίνεται στο Παράρτημα Β. Στην ερώτηση Α ζητείται μια εξήγηση για το γεγονός ότι ένα στυλό που τρίβεται με μάλλινο ύφασμα έλκει στη συνέχεια μικρά χαρτάκια, ενώ στο ερώτημα Β ζητείται σχηματική αναπαράσταση της μικροσκοπικής δομής της ύλης του στυλό και του χαρτιού αρχικά και μετά την τριβή-αλληλεπίδραση. Στα αντίστοιχα ερωτήματα του Φύλλου Εργασίας 1Α ζητείται ερμηνεία του φαινομένου κατά το οποίο το καλαμάκι κολλάει στον τοίχο μετά από τριβή και σχηματική αναπαράσταση της μικροσκοπικής δομής της ύλης για το καλαμάκι και τον τοίχο αρχικά και μετά την τριβή-αλληλεπίδραση. Η προσθήκη των ερωτημάτων Α και Β στο τελικό ερωτηματολόγιο αποσκοπεί στην ανίχνευση της ερμηνείας που δίνουν και των αναπαραστάσεων που σχεδιάζουν οι μαθητές σε δεδομένο περιστατικό ηλεκτροστατικής έλξης. Τα ερωτήματα Α και Β είναι διαφορετικά από τα ερωτήματα 8 και 9 (Ερώτηση 8: Όταν πλησιάσουμε ένα ηλεκτρισμένο σώμα σε ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα, τι νομίζεις ότι θα συμβεί; Δώσε ένα ή περισσότερα παραδείγματα – Ερώτηση 9: Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν ένα ηλεκτρισμένο σώμα πλησιάζει ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα.). Ενώ στα ερωτήματα Α και Β είναι δεδομένο το φαινόμενο και το είδος της αλληλεπίδρασης (έλξη) και ζητείται ερμηνεία και σχήμα, στα ερωτήματα 8 και 9 είναι δεδομένο ότι πρόκειται για ηλεκτρισμένο και μη ηλεκτρισμένο σώμα και θα πρέπει να αποφασίσουν οι μαθητές το είδος της αλληλεπίδρασης (έλξη ή άπωση) ώστε να δώσουν την ερμηνεία και να σχεδιάσουν την αναπαράστασή τους.

Το τελικό ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από τους μαθητές μία εβδομάδα μετά από τις διδασκαλίες.

5.4 Χρονική τοποθέτηση της έρευνας (στο πλαίσιο του σχολικού έτους)

Πριν ξεκινήσει η διδασκαλία του ηλεκτρισμού (σελ. 134 του σχολικού βιβλίου) οι μαθητές και των δύο τμημάτων (πειραματικό και ελέγχου) συμπλήρωσαν το αρχικό ερωτηματολόγιο (Ερωτηματολόγιο Α – Παράρτημα Α).

Στη συνέχεια οι μαθητές και των δύο τμημάτων εισάγονται στην ενότητα του ηλεκτρισμού και διδάσκονται από το σχολικό βιβλίο (Αντωνίου, Ν. et al., 2000) τις παραγράφους 4.4 και 4.5 όπως φαίνεται στον πίνακα 2.1. ενώ η διδασκαλία των παραγράφων 4.6 και 4.7 διαφοροποιείται για το πειραματικό τμήμα και το τμήμα ελέγχου (4.6: Τρόποι ηλέκτρισης, 4.7: Ένας κόσμος ηλεκτρισμένων σωματιδίων, ο Κόσμος μας! – Ερμηνεία των τόπων ηλέκτρισης). Στο τμήμα ελέγχου, οι μαθητές πραγματοποιούν τα πειράματα των Φυλλαδίων Εργασίας 1Α και 2Α (Παραρτήματα Γ και Δ αντίστοιχα), ενώ τις αναφορές στο μικροσκοπικό επίπεδο κάνει ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιώντας το σχολικό βιβλίο και τον πίνακα-κιμωλία. Στο πειραματικό τμήμα, οι μαθητές επίσης πραγματοποιούν τα πειράματα των Φύλλων Εργασίας 1Α και 2Α, αλλά στη συνέχεια γνωρίζουν και εργάζονται με το μοντέλο του υλικού οικοδομήματος, μέσα από το λογισμικό «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου» πραγματοποιώντας τις δραστηριότητες των Φυλλαδίων Εργασίας 1Β και 2Β (Παραρτήματα Ε και ΣΤ αντίστοιχα).

Μία εβδομάδα μετά τις διδασκαλίες δόθηκαν στους μαθητές τα τελικά ερωτηματολόγια (Ερωτηματολόγιο Β – Παράρτημα Β) στα οποία έχουν προστεθεί δύο επιπλέον ερωτήματα (ερωτήματα Α και Β στην αρχή του ερωτηματολογίου) σε σχέση με τα αρχικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην εισαγωγή της εργασίας, στο παρόν κεφάλαιο γίνεται ο συγκριτικός σχολιασμός των απαντήσεων των μαθητών στο αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο. Πιο συγκεκριμένα, μετά την ολοκλήρωση της διεξαγωγής της έρευνας, συγκεντρώθηκαν τα ερωτηματολόγια και προηγήθηκε μία πρώτη αδρή κατηγοριοποίηση των μαθητικών απαντήσεων. Στη συνέχεια, μία πιο αναλυτική μελέτη αυτών οδήγησε στην τελική ομαδοποίηση η οποία παρουσιάζεται στις παρακάτω ενότητες.

6.1 Ερώτηση 1

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1

ΕΡΩΤΗΣΗ 1: Τι εννοούμε, κατά τη γνώμη σου, όταν λέμε ότι ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο;					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Αναφορά σε σωματίδια (ικανοποιητική) – πλεόνασμα φορτίου	0 0%	6 23,1%	0 0%	3 12,5%
2	Αναφορά σε ηλεκτρ. φορτίο, ενέργεια	3 11,5%	11 42,3%	4 16,7%	5 20,8%
3	Αναφορά στον τρόπο φόρτισης (τριβή – επαφή)	4 15,4%	0 0%	4 16,7%	4 16,7%
4	Αναφορά σε σωματίδια ή ενέργεια.(όχι ικανοποιητική)	5 19,2%	6 23,1%	6 25%	7 29,2%
5	Συσχετισμός με το ηλεκτρικό ρεύμα	9 34,6%	0 0%	0 0%	0 0%
6	Ασαφής – αταξινόμητη – ταυτολογία	4 15,4%	2 7,7%	4 16,7%	1 4,2%
7	Καμία απάντηση	1 3,8%	1 3,8%	6 25%	4 16,7%
	ΣΥΝΟΛΟ	26	26	24	24

Με βάση τον συγκεντρωτικό πίνακα 6.1 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

- Οι απαντήσεις της πρώτης κατηγορίας μπορούν να χαρακτηριστούν ως πολύ ικανοποιητικές. Οι μαθητές αναφέρονται με σαφή τρόπο σε στοιχειώδη σωματίδια

ή/και σε πλεόνασμα θετικών ή αρνητικών φορτίων το οποίο καθιστά ένα σώμα ηλεκτρισμένο. Παραδείγματα απαντήσεων αυτής της κατηγορίας είναι τα εξής: «Ένα σώμα λέμε ότι είναι ηλεκτρισμένο όταν έχει θετικό ή αρνητικό φορτίο, όταν δηλαδή είτε έχει περισσότερα θετικά φορτία από αρνητικά ή το αντίθετο.» ή «Κατά τη γνώμη μου όταν λέμε ότι ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο έχει πάρει ή έχει διώξει ηλεκτρόνια.». Τέτοιας μορφής απαντήσεις δίνουν οι μαθητές μόνο μετά τις διδασκαλίες και μάλιστα υπερτερούν αρκετά στο πειραματικό τμήμα έναντι του τμήματος ελέγχου.

- Οι απαντήσεις της δεύτερης κατηγορίας είναι αρκετά ικανοποιητικές αφού τα παιδιά κάνουν αναφορά στο ηλεκτρικό φορτίο χωρίς ωστόσο να μιλούν αναλυτικά για πλεόνασμα φορτίων ενός είδους. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής: «Ότι το σώμα αυτό είναι φορτισμένο ηλεκτρικά είτε με θετικό είτε με αρνητικό φορτίο.» ή κάποιος άλλος μαθητής λέει: «Όταν λέμε ότι ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο εννοούμε ότι μεταφέρει ηλεκτρικό φορτίο». Και σ' αυτή την κατηγορία απαντήσεων υπερτερεί το πειραματικό τμήμα.
- Στην κατηγορία 3 περιλαμβάνονται οι απαντήσεις μαθητών στις οποίες το ηλεκτρισμένο σώμα περιγράφεται έμμεσα με αναφορά στην ηλεκτρική ενέργεια που περικλείει ένα ηλεκτρισμένο σώμα ή/και σε κάποια διαδικασία φόρτισης, ή/και στα αποτελέσματα της ηλεκτρίσης (έλξη), π.χ. «Όταν λέμε πως ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο εννοούμε πως μεταφέρεται ενέργεια σ' αυτό και έλκεται από τα σώματα που είναι αντίθετα ηλεκτρισμένα». Αν και στις απαντήσεις αυτές δεν δίνεται ένας ορισμός για το ηλεκτρισμένο σώμα, εντούτοις, υποδηλώνεται ένας βαθμός ενημερότητας σχετικά με αυτό, ώστε οι απαντήσεις αυτής της κατηγορίας να μπορούν να θεωρηθούν μερικά ικανοποιητικές.
- Αν αθροίσουμε τα ποσοστά των δύο πρώτων κατηγοριών (αρκετά έως πολύ ικανοποιητικές απαντήσεις) βλέπουμε ότι ενώ στα αρχικά ερωτηματολόγια υπάρχει μια μικρή απόκλιση ανάμεσα στα δύο τμήματα, υπέρ του τμήματος ελέγχου (πειραματικό και ελέγχου: 11,5% και 16,7% αντίστοιχα), στα τελικά ερωτηματολόγια η απόκλιση αντιστρέφεται και μεγαλώνει (πειραματικό και ελέγχου: 65,4% και 33,3% αντίστοιχα).
- Στις απαντήσεις της κατηγορίας 4 οι μαθητές κάνουν αναφορά σε στοιχειώδη σωματίδια (ηλεκτρόνια, πρωτόνια) ή σε ενέργεια αλλά με ελλιπή και ενίοτε λανθασμένο τρόπο. Η προσπάθειά τους να δώσουν έναν ορισμό του

ηλεκτρισμένου σώματος δείχνει να έχουν μία μάλλον ασαφή αντίληψη σχετικά με αυτό. Τα ποσοστά σ' αυτό το είδος απαντήσεων, που χαρακτηρίζονται ως ελάχιστα ικανοποιητικές, είναι παρόμοια και ως προς τα δύο τμήματα και ως προς το αρχικό και το τελικό ερωτηματολόγιο. Παραδείγματα απαντήσεων αυτής της κατηγορίας είναι τα εξής: «Όταν ένα σώμα λέμε πως είναι ηλεκτρισμένο εννοούμε ότι μέσα σ' αυτό ρέουν ηλεκτρόνια.» ή «Λέμε ότι έχουν (τα ηλεκτρισμένα σώματα) μια ενέργεια ηλεκτρισμού.».

- Για μία μερίδα του μαθητικού πληθυσμού η έκφραση: «ηλεκτρισμένο σώμα» παραπέμπει μάλλον σε εκδηλώσεις του δυναμικού παρά του στατικού ηλεκτρισμού. Για τους μαθητές αυτούς «ηλεκτρισμένο σώμα είναι αυτό που συνδέεται με (ή διαρρέεται από) ηλεκτρικό ρεύμα» (κατηγορία 5). Αν και φαίνεται ότι μετά τις διδασκαλίες οι μαθητές αναδομούν την συγκεκριμένη παρανόηση (μηδενικά ποσοστά στα τελικά ερωτηματολόγια), εντούτοις, αυτό δεν συμβαίνει στ' αλήθεια όπως θα φανεί και από τα επόμενα ερωτήματα, όπου υπάρχουν πάντα κάποιοι μαθητές οι οποίοι χρησιμοποιούν το ηλεκτρικό ρεύμα στις απαντήσεις τους.
- Κάποιοι μαθητές, πολύ λίγοι βέβαια, συγχέουν τα ηλεκτροστατικά με τα μαγνητικά φαινόμενα (οι απαντήσεις αυτές συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία 6) κι αυτό είναι ένα από τα βασικά ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας (Σταυρίδου, 1995· Σέρογλου, Φ., 2000· Furio et al., 2004). Αναφέρει π.χ. ένας μαθητής ότι «ηλεκτρισμένο είναι το σώμα που δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο». Η συγκεκριμένη διαπίστωση θα επαληθευτεί και στα υπόλοιπα ερωτήματα της έρευνας, όπου πάντα υπάρχουν κάποιοι μαθητές οι οποίοι απαντούν (ή σχεδιάζουν αναπαραστάσεις) συγχέοντας έννοιες και σύμβολα του μαγνητισμού και του ηλεκτρισμού.
- Αν αθροίσουμε τα ποσοστά των κατηγοριών 3, 4, 5 και 6 (ελάχιστα ικανοποιητικές και λανθασμένες απαντήσεις) βλέπουμε ότι ενώ στο πειραματικό τμήμα ξεκινάμε από ένα σχετικά μεγάλο ποσοστό στα αρχικά ερωτηματολόγια: 84,6% αυτό μειώνεται πολύ μετά από τις διδασκαλίες: 30,8%. Τα ποσοστά του τμήματος ελέγχου για το αρχικό και το τελικό ερωτηματολόγιο είναι: 58,4% και 50,1% αντίστοιχα.

6.2 Ερώτηση 2

Αναφορικά με τη δεύτερη ερώτηση η επεξεργασία θα γίνει επί πλήθους παραδειγμάτων και όχι επί πλήθους μαθητών, αφού ο κάθε μαθητής αναφέρει κατ' επιλογή του ένα ή περισσότερα παραδείγματα. Βέβαια οι μαθητές δεν έδειξαν την ίδια συνέπεια στα δύο τμήματα αναφορικά με τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται πόσοι μαθητές δεν έδωσαν κανένα παράδειγμα ηλεκτρισμένου σώματος, το συνολικό πλήθος των αναφερόμενων παραδειγμάτων και το μέσο πλήθος παραδειγμάτων ανά μαθητή για κάθε τμήμα που συμμετείχε στην έρευνα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.1

ΠΛΗΘΟΣ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΜΑΘΗΤΗ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 2 (Να αναφέρεις παραδείγματα σωμάτων τα οποία, κατά τη γνώμη σου, είναι ηλεκτρισμένα.)					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Δεν απάντησαν	1	1	7	3
2	Απάντησαν	25	25	17	21
3	Συνολικό πλήθος παραδειγμάτων	44	48	32	38
4	Πλήθος παραδειγμάτων ανά μαθητή	1,76	1,92	1,88	1,81

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 6.2.1 ο μέσος όρος παραδειγμάτων ανά μαθητή κυμαίνεται περίπου στα ίδια επίπεδα για όλα τα ερωτηματολόγια. Παρακάτω ακολουθεί σχολιασμός τους είδους των παραδειγμάτων που αναφέρονται από τους μαθητές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.2

ΕΡΩΤΗΣΗ 2: Να αναφέρεις παραδείγματα σωμάτων τα οποία, κατά τη γνώμη σου, είναι ηλεκτρισμένα.					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Ορθά παραδείγματα (π.χ. καλαμάκι μετά από τριβή)	18 40,9%	40 83,4%	23 71,9%	35 92%
2	Σώματα μετά από τριβή ή επαφή (όχι συγκεκριμένα παραδείγματα)	1 2,3%	2 4,2%	0 0%	0 0%
3	Ηλεκτρικές συσκευές με ρεύμα ή μπαταρία, πρίζες, καλώδια	22 50%	4 8,3%	8 25%	1 2,6%
4	Μέταλλα και καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού - Μαγνήτες	3 6,8%	2 4,2%	1 3,1%	2 5,3%
	ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	44	48	32	38

Με βάση τον συγκεντρωτικό πίνακα 6.2.2 μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

- Στη κατηγορία 1 (ορθά παραδείγματα) περιλαμβάνονται παραδείγματα όπως «το στυλό και το καλαμάκι όταν τα τρίψουμε με χαρτί», «τα χαρτιά που κολλάνε στην μπλούζα», «τα μαλλιά μετά από τριβή» κ.ά. Τα ποσοστά ορθών παραδειγμάτων είναι μεγάλα και στα αρχικά ερωτηματολόγια, με το τμήμα ελέγχου να υπερτερεί, αλλά αισθητά μεγαλύτερα στα τελικά, και για τα δύο τμήματα. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται και τα παραδείγματα που προέρχονται από τις πειραματικές δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν από τους μαθητές και των δύο τμημάτων. Τα παραδείγματα αυτά ενώ συναντώνται στα αρχικά ερωτηματολόγια σε ποσοστά της τάξης του 6-7%, στα τελικά ερωτηματολόγια συνιστούν το 50% και το 37% περίπου, για το πειραματικό και το τμήμα ελέγχου αντίστοιχα. Τα συγκεκριμένα παραδείγματα φαίνεται να ανακαλούνται πολύ εύκολα από τους μαθητές αφού στηρίζονται στις άμεσες εμπειρίες τους. Τα παραδείγματα του σχολικού βιβλίου συμπεριλαμβάνονται επίσης σ' αυτή την κατηγορία. Το γεγονός ότι τα συγκεκριμένα παραδείγματα αναφέρονται από τους μαθητές ακόμη και πριν τις διδασκαλίες υποδεικνύει ότι πρόκειται για εξαιρετικά οικεία σώματα σε εξαιρετικά οικείες περιστάσεις.
- Να παρατηρήσουμε στο σημείο αυτό ότι αν και το πειραματικό τμήμα ξεκίνησε από πολύ μικρότερα ποσοστά ορθών παραδειγμάτων σε σχέση με το τμήμα ελέγχου, παρουσίασε μεγάλη βελτίωση μετά από τις διδασκαλίες.

- Αξιοσημείωτη η περίπτωση ενός μαθητή ο οποίος πιστεύει ότι **μόνο** το κεχριμπάρι (ήλεκτρο) είναι φορέας του ηλεκτρισμού (μπορεί να θεωρηθεί ηλεκτρισμένο σώμα), γιατί, όπως αναφέρει «τα υπόλοιπα είναι ουδέτερα φορτισμένα». Παρότι αναφέρει ένα σωστό, κατά τα άλλα, παράδειγμα, εντούτοις ο περιορισμός «μόνο» δείχνει ότι ο μαθητής δεν έχει συνειδητοποιήσει ότι το κεχριμπάρι δεν διαφέρει σε τίποτα από όλα τα υπόλοιπα σώματα που ηλεκτρίζονται με τριβή παρά το θεωρεί σαν ένα σώμα ηλεκτρισμένο από τη φύση του.
- Στις απαντήσεις της κατηγορίας 2 δεν αναφέρονται συγκεκριμένα παραδείγματα αλλά διατυπώνονται γενικές προτάσεις σχετικά με το πότε ένα σώμα μπορεί να είναι ηλεκτρισμένο. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής: «*ηλεκτρισμένο είναι όταν ένα σώμα το τρίψουμε με κάτι*» ή κάποιος άλλος: «*Ένα οποιοδήποτε αντικείμενο στο οποίο έχει μεταφερθεί ενέργεια, ηλεκτρικό φορτίο με διάφορους τρόπους*».
- Η κατηγορία 3 περιλαμβάνει μία υπολογίσιμη μερίδα παραδειγμάτων και για τα δύο τμήματα (25% για το τμήμα ελέγχου και 50% για το πειραματικό τμήμα), στα αρχικά ερωτηματολόγια. Σύμφωνα με τα συγκεκριμένα παραδείγματα, οι αντίστοιχοι μαθητές ταυτίζουν τα ηλεκτρισμένα σώματα με τα αντικείμενα που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα, ή με αντικείμενα του ηλεκτρικού δικτύου, αναφέρουν π.χ. «*όταν ανάβουμε την λάμπα*» ή «*η ηλεκτρική σκούπα, το πιστολάκι μαλλιών...*» ή «*τα καλώδια της ΔΕΗ, το εσωτερικό μιας πρίζας*». Αν και τα ποσοστά αυτά ελαττώνονται αισθητά στα τελικά ερωτηματολόγια, εντούτοις δεν μηδενίζονται.
- Στην κατηγορία 4 συμπεριλαμβάνονται ως παραδείγματα ηλεκτρισμένων σωμάτων οι μαγνήτες, ή όπως αναφέρει κάποιος μαθητής «*κάθε σώμα που δημιουργεί μαγνητικό πεδίο*». Η σύγχυση ηλεκτρισμού και μαγνητισμού είναι εμφανής σε ένα ποσοστό απαντήσεων σχεδόν σε κάθε ερώτημα της έρευνας. Επίσης, κάποιοι μαθητές με τον όρο ηλεκτρισμένα σώματα εννοούν τους καλούς αγωγούς του ηλεκτρισμού «*το χέρι μας, το σίδηρο, τον χαλκό, τα μέταλλα*». Ακόμη ένα είδος απαντήσεων που δείχνει ότι σε πολλές περιπτώσεις ο όρος ηλεκτρισμός παραπέμπει μάλλον σε φαινόμενα δυναμικού ηλεκτρισμού και όχι σε φαινόμενα της ηλεκτροστατικής.

6.3 Ερώτηση 3

Και στην παρούσα ερώτηση, όπως και στην ερώτηση 2, η επεξεργασία θα γίνει επί πλήθους παραδειγμάτων και όχι επί πλήθους μαθητών, αφού ο κάθε μαθητής αναφέρει σε αρκετές περιπτώσεις περισσότερα από ένα παραδείγματα. Στον πίνακα 6.3.1 φαίνεται πόσοι μαθητές, ανά τμήμα, δεν έδωσαν κανένα παράδειγμα, το συνολικό πλήθος των αναφερόμενων παραδειγμάτων και το μέσο πλήθος παραδειγμάτων ανά μαθητή για κάθε τμήμα που συμμετείχε στην έρευνα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.1

ΠΛΗΘΟΣ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΜΑΘΗΤΗ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 3 (Μπορείς να δώσεις κάποια παραδείγματα όπου ένα σώμα να ηλεκτρίζεται με κάποιον τρόπο;)					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Δεν απάντησαν	3	0	3	1
2	Απάντησαν	23	26	21	23
3	Συνολικό πλήθος παραδειγμάτων	33	46	30	31
4	Πλήθος παραδειγμάτων ανά μαθητή	1,39	1,77	1,43	1,35

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 6.3.1 ο μέσος όρος παραδειγμάτων ανά μαθητή κυμαίνεται περίπου στα ίδια επίπεδα για όλα τα ερωτηματολόγια. Παρακάτω ακολουθεί σχολιασμός τους είδους των παραδειγμάτων που αναφέρονται από τους μαθητές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.2

ΕΡΩΤΗΣΗ 3: Μπορείς να δώσεις κάποια παραδείγματα όπου ένα σώμα να ηλεκτρίζεται με κάποιον τρόπο;					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Ορθά παραδείγματα	19 57,6%	36 78,3%	20 66,7%	29 93,5%
2	Σώματα ηλεκτρίζονται μετά από τριβή, επαφή, επαγωγή (γενικά)	5 15,2%	5 10,9%	4 13,3%	1 3,2%
3	Όταν συνδέεται με ρεύμα ή μπαταρία	9 27,3%	4 8,7%	5 16,7%	1 3,2%
4	Συσχετισμός με μαγνήτες - θέρμανση	0 0%	1 2,2%	1 3,3%	0 0%
	ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	33	46	30	31

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 6.3.2 μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

- Στην κατηγορία 1 συμπεριλαμβάνονται τα παραδείγματα που αναφέρονται και από το σχολικό βιβλίο καθώς και τα παραδείγματα ηλεκτρίσης τα οποία στηρίζονται στις πειραματικές δραστηριότητες που πραγματοποίησαν οι ίδιοι οι μαθητές. Αναφέρονται τα μαλλιά μας που τρίβονται με το πουλόβερ, ένα καλαμάκι που τρίβεται με χαρτί κ.ά. Τα παραδείγματα που αναφέρονται και στο σχολικό βιβλίο αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητικών απαντήσεων και στα τελικά αλλά και στα αρχικά ερωτηματολόγια και των δύο τμημάτων (στο αρχικό ερωτηματολόγιο: 45% και 33% για το πειραματικό και το τμήμα ελέγχου αντίστοιχα και στο τελικό: 26% και 23% για το πειραματικό τμήμα και το τμήμα ελέγχου αντίστοιχα). Το γεγονός αυτό δηλώνει ότι πρόκειται για παραδείγματα που άπτονται των καθημερινών εμπειριών των παιδιών. Το ίδιο συνέβη εξάλλου και στην ερώτηση 2. Αναφορικά με τα παραδείγματα που συσχετίζονται με πειραματικές δραστηριότητες, μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι στα τελικά ερωτηματολόγια, τα παραδείγματα αυτά αυξάνονται κατά πολύ και για τα δύο τμήματα, όπως επίσης συνέβη και στην ερώτηση 2. Από τα προηγούμενα φαίνεται ότι οι εμπειρίες που αποκτούν οι μαθητές μέσω της πειραματικής διδασκαλίας ανακαλούνται πολύ εύκολα όταν παραστεί ανάγκη. Να σημειώσουμε ότι τα τελικά ποσοστά ορθών παραδειγμάτων είναι αισθητά υψηλότερα από τα αρχικά και παρόμοια για τα δύο τμήματα, με το τμήμα ελέγχου να υπερτερεί ελαφρά έναντι του πειραματικού.

- Στην κατηγορία 2 περιλαμβάνονται απαντήσεις στις οποίες δεν αναφέρονται συγκεκριμένες περιστάσεις ηλέκτρισης αλλά είναι της μορφής: *«(ένα σώμα) μπορεί να ηλεκτριστεί με την τριβή»* ή *«ένα σώμα μη ηλεκτρισμένο (ηλεκτρίζεται) όταν έρθει σε επαφή με ένα ηλεκτρισμένο σώμα»*.
- Όπως ήδη αναφέρθηκε στον σχολιασμό της ερώτησης 2, πολύ συχνά οι όροι ηλέκτριση και ηλεκτρισμένο σώμα παραπέμπουν τους μαθητές σε φαινόμενα δυναμικού ηλεκτρισμού (κατηγορία 3). Έτσι, ακόμη κι αν το διατυπώνουν συγκεκριμένα πολλοί μαθητές περιγράφουν ως ηλέκτριση ενός σώματος τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα απ' αυτό. Αναφέρει κάποιος μαθητής ως παράδειγμα όπου ένα σώμα ηλεκτρίζεται με κάποιον τρόπο: *«Όταν μια ηλεκτρική συσκευή που είναι σε λειτουργία έρθει σε επαφή με το νερό, το νερό ηλεκτρίζεται.»*. Η συγκεκριμένη παρανόηση φαίνεται να αντιμετωπίζεται με τις διδασκαλίες αν και τα παραδείγματα αυτής της μορφής δεν εκλείπουν εντελώς από τα τελικά ερωτηματολόγια.
- Οι μαγνήτες συσχετίζονται πάλι με τα ηλεκτρισμένα σώματα (κατηγορία 4), σε ένα παράδειγμα, το οποίο εμφανίζεται σε τελικό ερωτηματολόγιο. Πιο συγκεκριμένα, ο μαθητής αναφέρει: *«ο μαγνήτης ηλεκτρίζεται με επαφή»*. Στην ίδια κατηγορία συμπεριλαμβάνεται και ένα παράδειγμα που εμφανίζεται σε αρχικό ερωτηματολόγιο, όπου η ηλέκτριση συγχέεται με τη θέρμανση και σ' αυτό ίσως συντελεί και η τριβή ως διαδικασία ηλέκτρισης. Αναφέρει ο μαθητής: *«όταν τρίβονται δύο σώματα μεταξύ τους θερμαίνονται κι αυτό σημαίνει ότι έχουν ηλεκτρική ενέργεια»*.

6.4 Ερώτηση 4

Παρότι στην παρούσα ερώτηση ζητείται η ερμηνεία του φαινομένου της ηλέκτρισης που έχει περιγραφεί στο προηγούμενο ερώτημα, εντούτοις το πλήθος των ερμηνειών δεν συμπίπτει με αυτό των παραδειγμάτων της προηγούμενης ερώτησης για τρεις λόγους: α) σε κάποιες περιπτώσεις, για περισσότερα από ένα παραδείγματα ηλέκτρισης σωμάτων, δίνεται η ίδια ερμηνεία, συνηθέστερα «η τριβή», χωρίς άλλη διευκρίνιση, β) σε κάποιες άλλες περιπτώσεις δεν δίνεται καμία ερμηνεία, και τέλος γ) υπάρχουν και περιπτώσεις μαθητών που έχουν δώσει άλλο/α παράδειγμα/τα στην ερώτηση 3 και άλλο/α ερμηνεύουν στην ερώτηση 4. Αναφέρει, για παράδειγμα, ένας μαθητής στο τελικό ερωτηματολόγιο ως απάντηση στο ερώτημα 3 (παράδειγμα ηλέκτρισης σώματος): «Όταν τρίβουμε ένα σώμα σε ένα ύφασμα.», στη συνέχεια απαντά στο ερώτημα 4 (ερμηνεία της ηλέκτρισης) ως εξής: «Ο χαλκός των καλωδίων ηλεκτριζείται επειδή μέσα από αυτά διέρχεται ηλεκτρική ενέργεια.»

Στον πίνακα 6.4.1 φαίνεται πόσοι μαθητές δεν απάντησαν στην ερώτηση, το συνολικό πλήθος των αναφερόμενων παραδειγμάτων-ερμηνειών και το μέσο πλήθος παραδειγμάτων-ερμηνειών ανά μαθητή για κάθε τμήμα που συμμετείχε στην έρευνα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4.1

ΠΛΗΘΟΣ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ-ΕΡΜΗΝΕΙΩΝ ΑΝΑ ΜΑΘΗΤΗ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 4 (Εξήγησε με ποιο τρόπο ηλεκτριζείται το σώμα στα παραπάνω παραδείγματα που ανέφερες.)					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	Μετά	πριν	μετά
1	Δεν απάντησαν	5	3	8	3
2	Απάντησαν	21	23	16	21
3	Συνολικό πλήθος παραδειγμάτων	25	27	17	24
4	Πλήθος παραδειγμάτων ανά μαθητή	1,19	1,17	1,06	1,14

Από τον πίνακα 6.4.1 φαίνεται ότι η συμπεριφορά των τριών τμημάτων, ως προς το πλήθος των απαντήσεων στο συγκεκριμένο ερώτημα, μπορεί να θεωρηθεί παραπλήσια. Παρακάτω ακολουθεί σχολιασμός του είδους των παραδειγμάτων-ερμηνειών που αναφέρονται από τους μαθητές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4.2

ΕΡΩΤΗΣΗ 4: Εξήγησε με ποιον τρόπο ηλεκτρίζεται το σώμα στα παραπάνω παραδείγματα που ανέφερες.					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Αναφορά στη μετακίνηση αρνητικού φορτίου - ηλεκτρονίων	0 0%	14 51,9%	1 5,9%	3 12,5%
2	Αναφορά στη μετακίνηση φορτίου (γενικά)	0 0%	6 22,2%	0 0%	4 16,7%
3	Αναφορά στην ηλεκτρική ενέργεια - ηλεκτρισμό	1 4%	1 3,7%	0 0%	2 8,3%
4	Απλή αναφορά των τρόπων ηλεκτρίσης	13 52%	4 14,8%	11 64,7%	13 54,2%
5	Συσχετισμός με το ηλεκτρικό ρεύμα	9 36%	1 3,7%	2 11,8%	1 4,2%
6	Ασαφείς – Αταξινόμητες	2 8%	1 3,7%	3 17,6%	1 4,2%
	ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ-ΕΡΜΗΝΕΙΩΝ	25	27	17	24

Με βάση τον πίνακα 6.4.2 μπορεί να κάνει κανείς τις εξής παρατηρήσεις:

- Η ερμηνεία του τρόπου ηλεκτρίσης ενός σώματος είναι εξαιρετικά σύνθετη γνώση και φαίνεται ότι τις περισσότερες φορές οι μαθητές είτε δεν αντιλαμβάνονται καθόλου τις εξηγήσεις που παρουσιάζουν οι εκπαιδευτικοί, είτε αποκτούν μια συγκεκριμένη και αποσπασματική πληροφόρηση σχετικά με το φαινόμενο της ηλεκτρίσης. Το ποσοστό των ικανοποιητικών ερμηνειών της ηλεκτρίσης των στερεών σωμάτων με αναφορά στη μετακίνηση αρνητικού φορτίου-ηλεκτρονίων είναι δικαιολογημένα πολύ μικρό στα αρχικά ερωτηματολόγια, ωστόσο, στα τελικά ερωτηματολόγια αυξάνει αισθητά μόνο για το πειραματικό τμήμα (51,9%). Παραδείγματα απαντήσεων αυτής της κατηγορίας είναι τα εξής: «1) Από το χαρτί φεύγουν ηλεκτρόνια και πάνε στο καλαμάκι το οποίο αποκτάει έτσι αρνητικό φορτίο. 2) Από το μάλλινο ύφασμα φεύγουν ηλεκτρόνια και πάνε στο στυλό, το οποίο αποκτάει αρνητικό φορτίο.» και «Όταν τρίψουμε το στυλό με το πουλόβερ ηλεκτρόνια από το δεύτερο μεταφέρονται στο πρώτο και φορτίζεται αρνητικά ενώ το πουλόβερ είναι θετικά αφού του έφυγαν ηλεκτρόνια και γι' αυτό έλκονται.». Αντιπαραβάλλοντας τα αποτελέσματα της τρίτης και τέταρτης ερώτησης (παραδείγματα ηλεκτρίσης σωμάτων και ερμηνεία της ηλεκτρίσης, αντίστοιχα) βλέπουμε ότι ενώ στην ερώτηση 3 οι ορθές απαντήσεις των παιδιών εμφανίζονται με παρόμοια ποσοστά και μάλιστα με μια μικρή υπεροχή του τμήματος ελέγχου,

στην ερώτηση 4 η οποία αφορά στην ερμηνεία του φαινομένου διακρίνεται μια υπεροχή του πειραματικού τμήματος. Φαίνεται δηλαδή ότι η διδασκαλία χωρίς έμφαση στο μικροσκοπικό μοντέλο, δεν βοηθά ιδιαίτερα τους μαθητές να αναπτύξουν νοητικές αναπαραστάσεις στο μικροσκοπικό επίπεδο ώστε να μπορούν να ερμηνεύουν ικανοποιητικά τα σχετικά φαινόμενα.

- Στην κατηγορία 2 περιλαμβάνονται απαντήσεις στις οποίες γίνεται μεν αναφορά στη μετακίνηση φορτίου αλλά όχι συγκεκριμένα αρνητικού φορτίου ή ηλεκτρονίων. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής: *«Το καλαμάκι ηλεκτρίζεται γιατί κατά την τριβή δέχεται φορτία (αρνητικά ή θετικά).»* ή κάποιος άλλος μαθητής *«Το σώμα ηλεκτρίζεται γιατί φεύγουν κάποια θετικά φορτία και έρχονται περισσότερα αρνητικά φορτία.»*. Πρόκειται για απαντήσεις μέτρια ικανοποιητικές αφού συμπεριλαμβάνουν τη λανθασμένη άποψη της μετακίνησης θετικών φορτίων σε στερεό σώμα.
- Οι απαντήσεις της κατηγορίας 3 είναι επίσης μέτρια ικανοποιητικές εξαιτίας των γενικόλογων εκφράσεων που χρησιμοποιούν οι μαθητές, π.χ. *«Όταν έχουμε ένα καλαμάκι και το τρίβουμε σε ένα χαρτί το καλαμάκι αποκτά ενέργεια και έτσι κολλά στον τοίχο.»*
- Στην κατηγορία 4 περιλαμβάνονται απαντήσεις της μορφής: *«το σώμα ηλεκτρίζεται με τριβή ή επαφή ή επαγωγή»*, χωρίς πραγματική ερμηνεία. Η πλειοψηφία των μαθητών αναφέρεται σε τριβή και επαφή ενώ η επαγωγή αναφέρεται από οκτώ συνολικά μαθητές και μόνο μετά από τις διδασκαλίες. Το ποσοστό των απαντήσεων αυτής της κατηγορίας είναι αξιοσημείωτα υψηλό και στα δύο τμήματα, πριν από τις διδασκαλίες, ωστόσο, πέφτει αισθητά στο τελικό ερωτηματολόγιο για το πειραματικό τμήμα, όπου αρκετοί μαθητές προβαίνουν σε μια ικανοποιητική ερμηνεία του τρόπου ηλεκτρίσης. Στο σημείο αυτό αξίζει να σχολιαστεί η άποψη μιας μαθήτριας η οποία αναφέρει ότι: *«Όταν ένα καλαμάκι πλησιάσει τον τοίχο τότε το καλαμάκι ηλεκτρίζεται, αφού το έχουμε τρίψει πρώτα στο χαρτί.»* Από τον τρόπο που διατυπώνει την απάντησή της φαίνεται σαν να αντιλαμβάνεται κατά κάποιο τρόπο, ότι το καλαμάκι ηλεκτρίζεται αφού πλησιάσει στον τοίχο οπότε εκδηλώνεται και η έλξη μεταξύ των δύο σωμάτων, και όχι άμεσα μετά από την τριβή του με το χαρτί. Θα ήταν χρήσιμο στη συγκεκριμένη περίπτωση αν μπορούσαν να υπάρξουν κάποιες διευκρινήσεις από την ίδια τη μαθήτρια, ώστε να διερευνηθεί αν όντως η μαθήτρια θεωρεί ότι η ηλεκτρίση των

σωμάτων συμβαίνει όταν με κάποιον τρόπο γίνει αντιληπτή από τον παρατηρητή και αν δυσκολεύεται να δεχτεί το γεγονός της προϋπαρξής του ηλεκτρικού φορτίου σε κάποιο σώμα. Οι απαντήσεις αυτής της κατηγορίας είναι ανεπαρκείς αφού δεν παρουσιάζεται ουσιαστική ερμηνεία του τρόπου ηλέκτρισης.

- Το ηλεκτρικό ρεύμα ευθύνεται για την ηλέκτριση των σωμάτων (κατηγορία 5) σύμφωνα με αρκετές αρχικές απαντήσεις που δόθηκαν κυρίως από μαθητές του πειραματικού τμήματος. Ωστόσο, μόνο ένας μαθητής από κάθε τμήμα δίνει τέτοιου είδους απάντηση στα τελικά ερωτηματολόγια. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής: «α) Το φως που ανάβουμε από τον διακόπτη αυτό ηλεκτρίζεται από το ηλεκτρικό ρεύμα της ΔΕΗ. β) Ακόμη μπορούμε ένα λαμπάκι να το ανάψουμε με τη βοήθεια μιας μπαταρίας που κάνει την ίδια δουλειά με το ηλεκτρικό ρεύμα.».
- Στην κατηγορία 6 συμπεριλαμβάνονται και απαντήσεις μαθητών στις οποίες παρατηρείται συσχετισμός της ηλέκτρισης με τη θέρμανση και τους μαγνήτες. Οι συγκεκριμένες παρανοήσεις υφίσταται σε μικρά μεν αλλά υπαρκτά ποσοστά. Δύο χαρακτηριστικές απαντήσεις είναι οι εξής: «Μετά την τριβή το πλαστικό θερμαίνεται και αποκτά ηλεκτρικές ιδιότητες» και «Όταν έχουμε ένα στυλό και ένα χαρτί και τρίψουμε τον στυλό πάνω στο χαρτί θα δούμε ότι ο στυλός θα έλκει μαγνητικά κύματα και έτσι θα μπορεί με τα μαγνητικά κύματα να κολλήσει εύκολα στον τοίχο.».

6.5 Ερώτηση 5

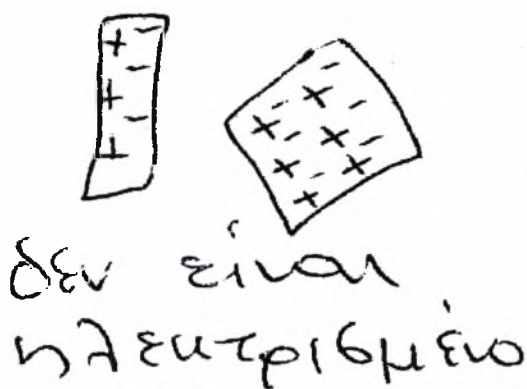
Η συγκεκριμένη ερώτηση έχει δύο σκέλη αφού ζητείται από τους μαθητές να κάνουν ένα σχήμα για να δείξουν τι συμβαίνει στην ύλη όταν ένα σώμα δεν είναι ηλεκτρισμένο και όταν είναι ηλεκτρισμένο (το ίδιο σώμα). Τα σχήματα των μαθητών για κάθε περίπτωση (ηλεκτρισμένο και μη ηλεκτρισμένο σώμα) ταξινομούνται σε διαφορετικούς πίνακες και γίνονται επιμέρους σχόλια ενώ ακολουθούν και κάποιες συνολικές παρατηρήσεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5.1

ΕΡΩΤΗΣΗ 5α: Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν ένα σώμα δεν είναι ηλεκτρισμένο.					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Ισοπληθή + και -	1 3,8%	20 76,9%	0 0%	7 29,2%
2	Άνισου πλήθους + και -	0 0%	1 3,8%	0 0%	1 4,2%
3	Σωματιδιακή αναπαράσταση	5 19,2%	0 0%	1 4,2%	0 0%
4	Κενό σώμα	3 11,5%	1 3,8%	0 0%	2 8,3%
5	Μακροσκοπικά σχήματα	15 57,7%	3 11,5%	16 66,7%	11 45,8%
6	Αταξινόμητα-ασαφή σχήματα	0 0%	0 0%	1 4,2%	0 0%
7	Κανένα σχήμα	2 7,7%	1 3,8%	6 25%	3 12,5%
	ΣΥΝΟΛΟ	26	26	24	24

Με βάση τον προηγούμενο συγκεντρωτικό πίνακα 6.5.1 μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

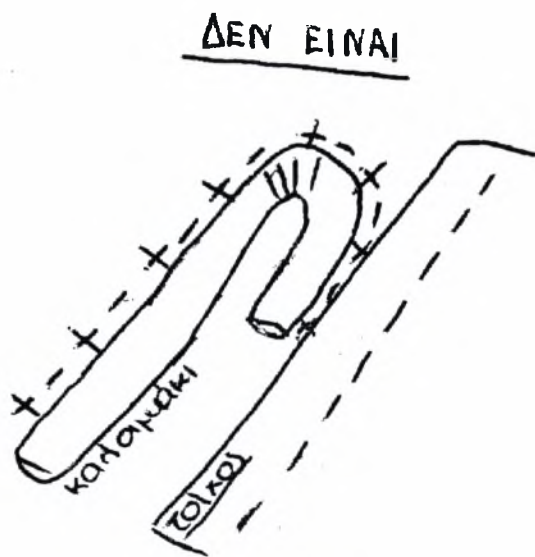
- Αν και στα αρχικά ερωτηματολόγια δεν συναντώνται σχεδόν καθόλου ορθές αναπαραστάσεις του μη ηλεκτρισμένου σώματος με ίσο πλήθος θετικών (+) και αρνητικών (-) φορτίων (σχήμα 6.5.1), εντούτοις, μετά από τις διδασκαλίες, σχεδιάζει τέτοιας μορφής αναπαραστάσεις η



Σχήμα 6.5.1

συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών του πειραματικού τμήματος (76,9%). Το αντίστοιχο ποσοστό του τμήματος ελέγχου (29,2%) είναι μάλλον χαμηλό, γεγονός που δηλώνει ότι το μικροσκοπικό μοντέλο που παρουσιάζει το σχολικό εγχειρίδιο (με λέξεις και εικόνες) δεν επαρκεί για τη δημιουργία κατάλληλων αναπαραστάσεων στη σκέψη των μαθητών.

- Ένας μαθητής από κάθε τμήμα προσπαθεί να κάνει χρήση των συμβόλων + και -, μετά από τις διδασκαλίες, αλλά χωρίς επιτυχία αφού σημειώνει άνισο πλήθος θετικών και αρνητικών φορτίων για το μη ηλεκτρισμένο σώμα (κατηγορία 2). Αυτή η αναπαράσταση (σχήμα 6.5.2) υποδηλώνει επιφανειακή πληροφόρηση και έλλειψη κατανόησης από την πλευρά του μαθητή.



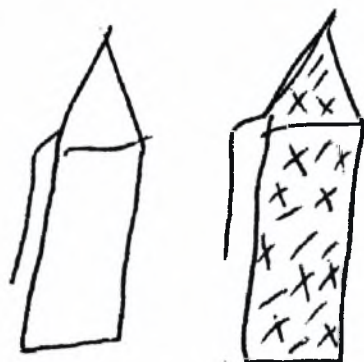
Σχήμα 6.5.2

- Αρκετοί μαθητές, ιδιαίτερα του πειραματικού τμήματος, προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν το σωματιδιακό μοντέλο για την αναπαράσταση του μη ηλεκτρισμένου σώματος. Το μοντέλο αυτό έχει παρουσιαστεί

στην ενότητα της θερμότητας η οποία έχει προηγηθεί στη διδακτέα ύλη. Αυτό μας δείχνει ότι οι μαθητές αξιοποιούν, αν και λανθασμένα, τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους ώστε να ερμηνεύσουν νέα φαινόμενα. Παραδείγματα σχημάτων και σχόλια

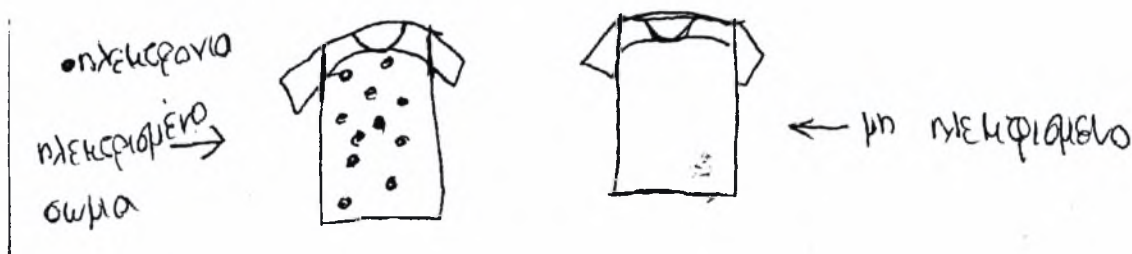
παρουσιάζονται παρακάτω σε συνδυασμό με τις αναπαραστάσεις του ηλεκτρισμένου σώματος (δες σχήματα 6.5.10 και 6.5.11).

- Υπάρχουν επίσης μαθητές οι οποίοι αναπαριστούν το μη ηλεκτρισμένο σώμα κενό (κατηγορία 4). Αν και τα ποσοστά είναι μικρά, εντούτοις, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ενώ στο πειραματικό τμήμα οι μαθητές που σχεδιάζουν τέτοιες αναπαραστάσεις ελαττώνονται μετά από τις διδασκαλίες, στο τμήμα ελέγχου συμβαίνει το αντίθετο. Οι μαθητές αυτοί



Σχήμα 6.5.3

σχεδιάζουν το ηλεκτρισμένο σώμα είτε με ισοπληθή θετικά και αρνητικά φορτία (σχήμα 6.5.9), είτε με τυχαίου πλήθους θετικά και αρνητικά φορτία (σχήμα 6.5.3), είτε χρησιμοποιούν απλές σωματιδιακές αναπαραστάσεις (σχήμα 6.5.4). Οι αναπαραστάσεις των σχημάτων 6.5.9 και 6.5.3 δηλώνουν την άποψη ότι η ύπαρξη οποιουδήποτε ηλεκτρικού φορτίου στο εσωτερικό ενός σώματος το καθιστά ηλεκτρισμένο ενώ μη ηλεκτρισμένο σώμα χαρακτηρίζεται αυτό στο οποίο

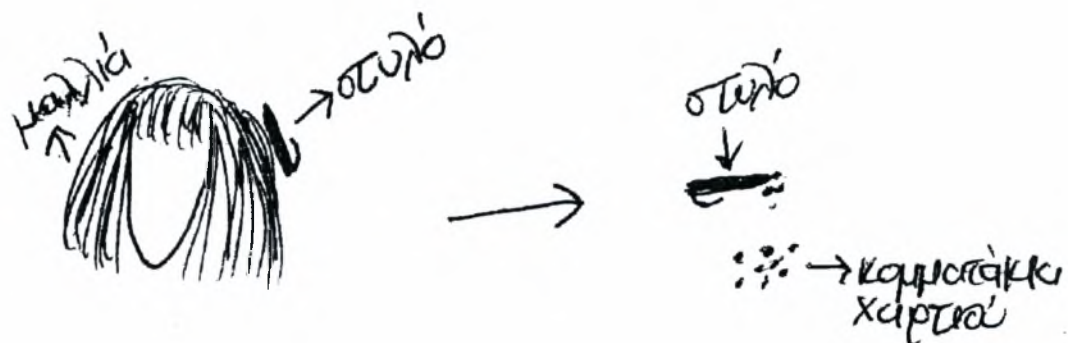


Σχήμα 6.5.4

παρατηρείται παντελής έλλειψη ηλεκτρικού φορτίου. Προφανώς, οι συγκεκριμένοι μαθητές δεν αντιλαμβάνεται την αλληλεξουδετέρωση ίσων ποσοτήτων θετικού και αρνητικού φορτίου και θα είχε εξαιρετικό ενδιαφέρον να γνωρίζει κανείς πώς εξηγούν την εμφάνιση του ηλεκτρικού φορτίου σε ένα σώμα το οποίο αρχικά δεν έχει καθόλου ηλεκτρικά φορτία.

- Μακροσκοπικό σχήμα (κατηγορία 5) σχεδίασε ένα υπολογίσιμο ποσοστό και των δύο τμημάτων στα αρχικά ερωτηματολόγια (σχήματα 6.5.5 και 6.5.6), όμως στα τελικά ερωτηματολόγια παρέμεινε υψηλό το αντίστοιχο ποσοστό μόνο στο τμήμα ελέγχου. Οι μαθητές αυτού του τμήματος, αν και δεν αρνήθηκαν να σχεδιάσουν

την αναπαράστασή τους, δεν έκαναν αυθόρμητη χρήση των συμβόλων του θετικού και του αρνητικού φορτίου (+ και -).



Σχήμα 6.5.5



Σχήμα 6.5.6

Ακολουθεί ο σχολιασμός του δεύτερου σκέλους της ερώτησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5.2

ΕΡΩΤΗΣΗ 5β: Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο.					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Πλεόνασμα + ή -	1 3,8%	18 69,2%	0 0%	6 25%
2	Μόνο ένα είδος φορτίου	1 3,8%	0 0%	0 0%	2 8,3%
3	Ισοπληθή + και -	2 7,7%	4 15,4%	0 0%	1 4,2%
4	Σωματιδιακή αναπαράσταση	6 23,1%	0 0%	1 4,2%	0 0%
5	Μακροσκοπικά σχήματα	14 53,8%	3 11,5%	16 66,7%	11 45,8%
6	Αταξινόμητα-ασαφή σχήματα	0 0%	0 0%	1 4,2%	1 4,2%
7	Κανένα σχήμα	2 7,7%	1 3,8%	6 25%	3 12,5%
	ΣΥΝΟΛΟ	26	26	24	24

Με βάση τον προηγούμενο συγκεντρωτικό πίνακα έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

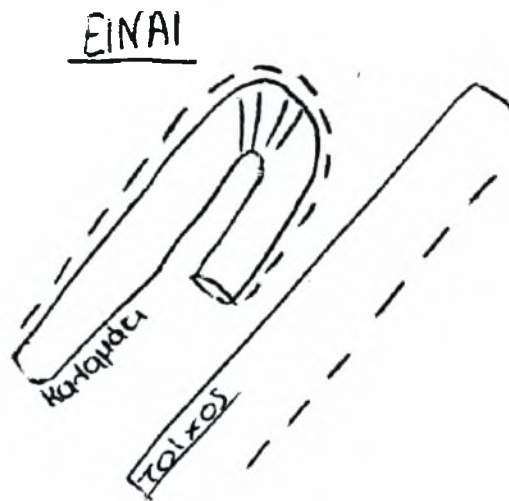
- Η συμπεριφορά των δύο τμημάτων αναφορικά με την αναπαράσταση του ηλεκτρισμένου σώματος είναι αντίστοιχη με την περίπτωση του μη ηλεκτρισμένου. Η ορθή αναπαράσταση του ηλεκτρισμένου σώματος (με ύπαρξη και θετικών και αρνητικών φορτίων αλλά με πλεόνασμα του ενός) εμφανίζεται σε σχεδόν μηδενικά



Σχήμα 6.5.7

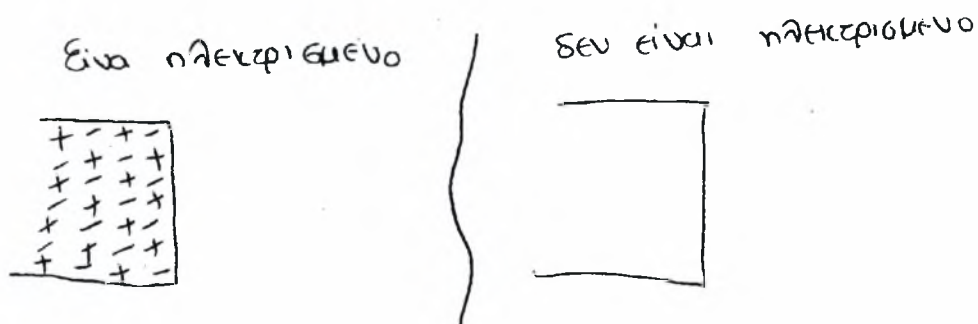
ποσοστά στα αρχικά ερωτηματολόγια και των δύο τμημάτων αλλά σε αρκετά μεγάλο ποσοστό (69,2%) στα τελικά ερωτηματολόγια του πειραματικού τμήματος. Παράδειγμα ορθής αναπαράστασης φαίνεται στο σχήμα 6.5.7.

- Σε κάποιες περιπτώσεις το φορτισμένο σώμα αναπαρίσταται με ένα είδος φορτίου (κατηγορία 2) όπως φαίνεται στο σχήμα 6.5.8. Αναπαραστάσεις της μορφής αυτής σχεδιάζονται όχι μόνο από μαθητές Γυμνασίου αλλά και από φοιτητές παιδαγωγικών τμημάτων (Σταυρίδου, 1995) και φαίνεται να συνιστούν μια υπολογίσιμη μερίδα πρώιμων αντιλήψεων.



Σχήμα 6.5.8

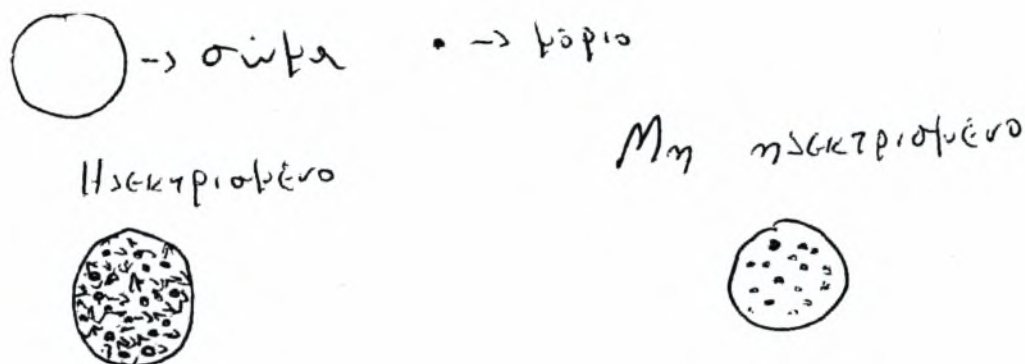
- Στην κατηγορία 3 περιλαμβάνονται σχήματα στα οποία χρησιμοποιούνται ισοπληθή θετικά και αρνητικά φορτία για την αναπαράσταση ηλεκτρισμένου σώματος (σχήμα 6.5.9). Αυτής της μορφής οι αναπαραστάσεις, όπως και της προηγούμενης κατηγορίας δείχνουν ότι οι συγκεκριμένοι μαθητές μάλλον δεν έχουν συνειδητοποιήσει το γεγονός ότι η ουδέτερη ηλεκτρικά συμπεριφορά των σωμάτων οφείλεται στην ισορροπία θετικού και αρνητικού φορτίου, ενώ η υπεροχή κάποιου είδους φορτίου μετατρέπει το σώμα σε ηλεκτρικά φορτισμένο. Έτσι, φορτισμένα και μη σώματα σχεδιάζονται με τυχαίο πλήθος θετικών και αρνητικών συμβόλων στο εσωτερικό τους ή ενίοτε με ένα και μοναδικό είδος φορτίων.



Σχήμα 6.5.9

- Το σωματιδιακό μοντέλο χρησιμοποιείται προφανώς και για την αναπαράσταση του ηλεκτρισμένου σώματος (όπως και του μη ηλεκτρισμένου) με διάφορους τρόπους. Δύο μαθητές σχεδιάζουν απλώς τα μόρια (σαν τελείες) στο εσωτερικό του μη ηλεκτρισμένου σώματος, ενώ στο ηλεκτρισμένο δηλώνουν με βελάκια την κινητικότητα των μορίων (σχήμα 6.5.10). Γι' αυτούς τους μαθητές δηλαδή, η

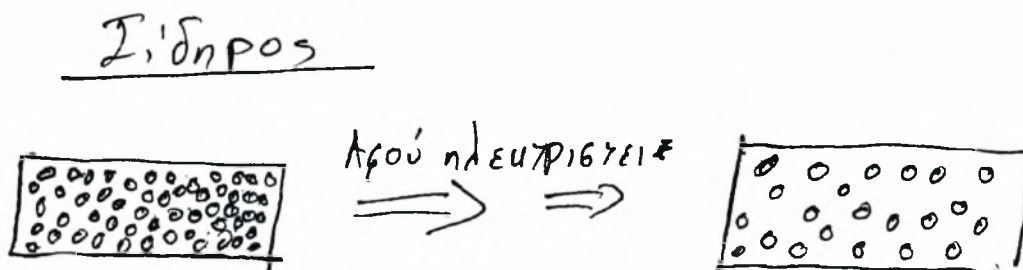
ηλεκτρισή των σωμάτων ισοδυναμεί με την αύξηση της κινητικότητας των μορίων του. Ένας άλλος μαθητής σχεδιάζει μικρούς κύκλους-σωματίδια στο εσωτερικό



Σχήμα 6.5.10

του σώματος, πυκνότερα όταν το σώμα είναι αφόρτιστο και αραιότερα όταν το σώμα είναι ηλεκτρισμένο (σχήμα 6.5.11), ενώ ένας τέταρτος μαθητής χρησιμοποιεί επίσης την πυκνότητα των σωματιδίων ως διαφοροποιό χαρακτηριστικό του ηλεκτρισμένου και μη ηλεκτρισμένου σώματος αλλά αντίστροφα.

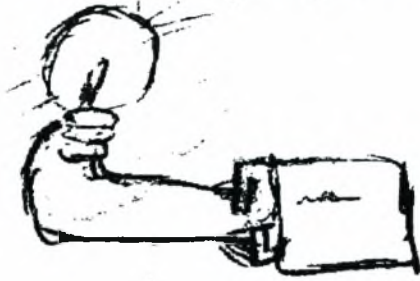
- Οι μακροσκοπικές αναπαραστάσεις εμφανίζονται όπως και στο πρώτο σκέλος του



Σχήμα 6.5.11

ερωτήματος, σε δικαιολογημένα υψηλά ποσοστά στα αρχικά ερωτηματολόγια αλλά και σε επίσης αξιοσημείωτα υψηλά ποσοστά στις τελικές απαντήσεις των μαθητών του τμήματος ελέγχου. Να σημειωθεί εδώ ότι πέντε από τους μαθητές του πειραματικού τμήματος (19,2%), στα αρχικά ερωτηματολόγια, σχεδιάζουν ως αναπαράσταση ηλεκτρισμένου και μη ηλεκτρισμένου σώματος κάποια ηλεκτρική συσκευή όταν διαρρέεται από ρεύμα και όταν δεν διαρρέεται από ρεύμα, αντίστοιχα (σχήμα 6.5.12). Πρόκειται για μαθητές οι οποίοι συσχετίζουν το ηλεκτρισμένο σώμα με το ηλεκτρικό ρεύμα από την πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου. ωστόσο το ποσοστό αυτό μηδενίζεται στα τελικά ερωτηματολόγια.

ΕΙΝΑΙ Η ΘΕΤΙΚΗ ΠΛΕΓΜΑ



ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΠΛΕΓΜΑ



Σχήμα 6.5.12

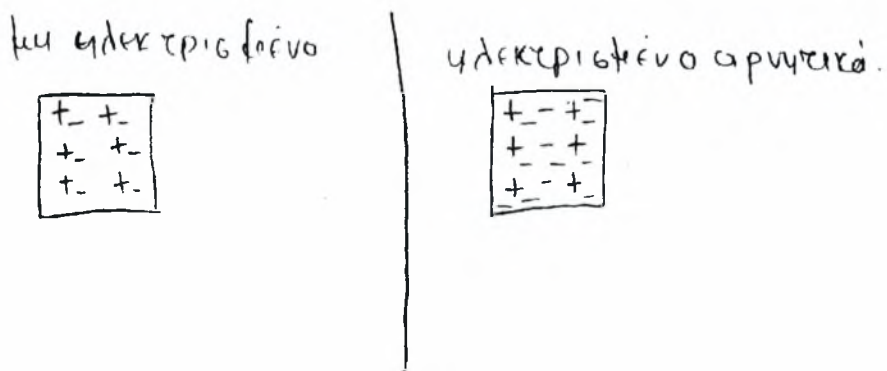
- Ένα άλλο χαρακτηριστικό που αναζητήθηκε στα σχήματα των παιδιών και στο οποίο δεν έγινε αναφορά μέχρι στιγμής είναι η σταθερότητα ή μη του θετικού πλέγματος, κατά πόσο δηλαδή έχουν συνειδητοποιήσει οι μαθητές ότι τα θετικά φορτία του στερεού σώματος βρίσκονται σε σταθερές θέσεις και ούτε μετακινούνται μέσα στο ίδιο το σώμα ούτε μεταφέρονται από το ένα σώμα στο άλλο κατά τις διαδικασίες της ηλεκτρίσης. Η εμφάνιση του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού μπορεί να ελεγχθεί μόνο με συγκριτική μελέτη ηλεκτρισμένου και μη ηλεκτρισμένου σώματος η οποία οδήγησε στη σύνταξη του πίνακα 6.5.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5.3

Ταξινόμηση των σχημάτων της ερώτησης 5 ως προς την ύπαρξη ή μη, σταθερού θετικού πλέγματος					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Ορθή χρήση των συμβόλων + και -, σταθερό θετικό πλέγμα	0 0%	8 30,8%	0 0%	0 0%
2	Ορθή χρήση των συμβόλων + και -, ασαφές θετικό πλέγμα	0 0%	9 34,6%	0 0%	5 20,8%
3	Υπόλοιπα σχήματα	24 92,3%	8 30,8%	18 75%	16 66,7%
4	Κανένα σχήμα	2 7,7%	1 3,8%	6 25%	3 12,5%
	ΣΥΝΟΛΟ	26	26	24	24

- Όπως φαίνεται στον πίνακα 6.5.3 το σταθερό θετικό πλέγμα εμφανίζεται μετά τις διδασκαλίες, μόνο σε αναπαραστάσεις που σχεδίασαν μαθητές του πειραματικού τμήματος και μάλιστα σε αρκετά υπολογίσιμο ποσοστό 30,8% (σχήμα 6.5.13). Παρ' ότι αναφέρεται στο σχολικό εγχειρίδιο ότι «Στα στερεά τα θετικά σωματίδια δεν μπορούν να κινηθούν ελεύθερα. Μπορούν μόνον να κάνουν μικρές κινήσεις

γύρω από τις συγκεκριμένες θέσεις του.» εντούτοις, οι μαθητές του τμήματος ελέγχου φαίνεται ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη συγκεκριμένη πληροφορία στις μικροσκοπικές αναπαραστάσεις τους. Πιθανότατα να έχει παίξει σημαντικό ρόλο το γεγονός ότι στο λογισμικό «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου» προσφέρονται σαφείς εικονικές αναπαραστάσεις του μικροσκοπικού μοντέλου του υλικού οικοδομήματος ενώ στο σχολικό εγχειρίδιο όχι, όπως έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 2.3. Όπως αναφέρεται από τον Κολιάδη (2002, σελ.328) «Ένα μεγάλο μέρος των ερευνών αποδέχεται ότι μερικές μορφές των πληροφοριών, όπως π.χ. οι οπτικές εικόνες, αποθηκεύονται ευκολότερα (στη μνήμη) απ' ό,τι οι λεκτικές πληροφορίες.».



Σχήμα 6.5.13

6.6 Ερώτηση 6

Η ερώτηση 6 έχει δύο σκέλη τα οποία θα μελετηθούν ξεχωριστά ως ερωτήματα 6α και 6β ενώ τα αποτελέσματα της συγκριτικής μελέτης φαίνονται στους πίνακες 6.6.1 και 6.6.2 αντίστοιχα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6.1

ΕΡΩΤΗΣΗ 6α: Όταν πλησιάσουμε δύο ηλεκτρισμένα σώματα, τι νομίζεις ότι θα συμβεί;					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	Μετά	πριν	μετά
1	Σώματα με όμοια φορτία απο- θούνται ενώ με ανόμοια έλκονται	4 15,4%	15 57,7%	1 4,2%	5 20,8%
2	Αναφορά σε ηλεκτρικές δυνάμεις, μεταφορά φορτίου - ενέργειας	4 15,4%	1 3,8%	3 12,5%	0 0%
3	Αναφορά μόνο σε έλξη ή μόνο σε άπωση	11 42,3%	4 15,4%	12 50%	13 54,2%
4	Δεν θα συμβεί τίποτα	2 7,7%	0 0%	2 8,3%	0 0%
5	Αταξινόμητες-ασαφείς απαντήσεις,	3 11,5%	5 19,2%	1 4,2%	3 12,5%
6	Καμία απάντηση	2 7,7%	1 3,8%	5 20,8%	3 12,5%
	ΣΥΝΟΛΟ	26	26	24	24

Με βάση τον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα 6.6.1 έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

- Ικανοποιητικές απαντήσεις (κατηγορία 1) διατυπώνει η πλειοψηφία των μαθητών του πειραματικού τμήματος (57,7%) μετά από τις διδασκαλίες αλλά είναι αισθητά μικρότερο το αντίστοιχο ποσοστό στο τμήμα ελέγχου (20,8%). Οι μαθητικές απαντήσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι της μορφής: «*Αν τα σώματα έχουν διαφορετικό φορτίο έλκονται αν έχουν το ίδιο αποθούνται.*». Αν και θέτοντας τη συγκεκριμένη ερώτηση στους μαθητές περιμέναμε και κάποιες απαντήσεις πιο αναλυτικές που να περιλαμβάνουν την αλληλεπίδραση των στοιχειωδών φορτίων των σωμάτων, εντούτοις, κανένας μαθητής δεν χρησιμοποίησε ερμηνείες από τον μικρόκοσμο ίσως επειδή δεν το θεώρησε αναγκαίο.
- Σχετικά ικανοποιητικές μπορούν να θεωρηθούν και οι απαντήσεις της δεύτερης κατηγορίας, αν και πολύ πιο γενικόλογες. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής:

«*Ασκούν και τα δύο (σώματα) ηλεκτρικές δυνάμεις το ένα στο άλλο*» ή κάποιος άλλος μαθητής: «*Αυτό που είναι περισσότερο ηλεκτρισμένο θα περάσει την ενέργεια σ' αυτό που είναι λιγότερο ηλεκτρισμένο*». Οι μαθητές που δίνουν απαντήσεις αυτής της κατηγορίας φαίνεται να έχουν συνειδητοποιήσει την ύπαρξη κάποιας αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα ηλεκτρισμένα σώματα κάνοντας αναφορά σε μεταφορά ενέργειας ή και φορτίου αλλά με ασαφή τρόπο όπως φαίνεται στα προηγούμενα παραδείγματα.

- Οι απαντήσεις της κατηγορίας 3 περιλαμβάνουν μόνο το ένα από τα δύο είδη αλληλεπίδρασης μεταξύ φορτισμένων σωμάτων, ή την έλξη ή την άπωση. Πρόκειται για απαντήσεις λίγο ικανοποιητικές που δηλώνουν μερική μόνο κατανόηση του φαινομένου. Τα αρχικά ποσοστά είναι υψηλά και παραπλήσια για τα δύο τμήματα, όμως, ενώ για το πειραματικό τμήμα το τελικό ποσοστό ελαττώνεται αισθητά (από 42,3% σε 15,4%), στο τμήμα ελέγχου παρατηρείται ελαφρά αύξηση (από 50% σε 54,2%). Παραδείγματα απαντήσεων αυτής της κατηγορίας όπου οι μαθητές ισχυρίζονται έλξη, είναι τα εξής: «*Θα κολλήσουν μεταξύ τους.*» ή «*Αν πλησιάσουμε δύο ηλεκτρισμένα σώματα και τα δύο σώματα θα ενωθούν μαζί.*». Παραδείγματα απαντήσεων της ίδιας κατηγορίας (3) όπου οι μαθητές ισχυρίζονται άπωση είναι τα εξής: «*Όταν πλησιάσουμε δύο ηλεκτρισμένα σώματα μεταξύ τους απωθούνται.*» ή «*Όταν πλησιάσουμε δύο ηλεκτρισμένα σώματα θα απωθούνται δηλαδή θέλουν να απομακρύνονται*». Να σημειώσουμε εδώ ότι οι περισσότερες τελικές απαντήσεις των μαθητών του τμήματος ελέγχου, σ' αυτή την κατηγορία, (45,8% του συνολικού πλήθους) περιγράφουν μόνο απωστική αλληλεπίδραση μεταξύ φορτισμένων σωμάτων.
- Στην κατηγορία 4 (δεν θα συμβεί τίποτα) περιλαμβάνονται απαντήσεις που προέρχονται μόνο από τα αρχικά ερωτηματολόγια, ενώ μετά από τις διδασκαλίες οι μαθητές έχουν τουλάχιστον συνειδητοποιήσει ότι υπάρχει κάποιας μορφής αλληλεπίδραση.

Ακολουθεί ο σχολιασμός του δεύτερου σκέλους της ερώτησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6.2

ΕΡΩΤΗΣΗ 6β: Δώσε ένα ή περισσότερα παραδείγματα (όπου να πλησιάζουν δύο ηλεκτρισμένα σώματα).					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	Μετά
1	Παραδείγματα δύο φορτισμένων σωμάτων	2 7,7%	4 15,4%	2 8,3%	3 12,5%
2	Υποθετικά παραδείγματα	2 7,7%	3 11,5%	1 4,2%	0 0%
3	Παραδείγματα με ένα φορτισμένο σώμα	1 3,8%	2 7,7%	1 4,2%	4 16,7%
4	Αταξινόμητα-ασαφή παραδείγματα	1 3,8%	2 7,7%	3 12,5%	3 12,5%
5	Καμία απάντηση	20 76,9%	15 57,7%	17 70,8%	14 58,3%
	ΣΥΝΟΛΟ	26	26	24	24

Με βάση τον συγκεντρωτικό πίνακα 6.6.2 μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

- Ικανοποιητικά είναι τα παραδείγματα της πρώτης κατηγορίας. Αναφέρουν για παράδειγμα οι μαθητές: «...καλαμάκι με καλαμάκι έχουν το ίδιο φορτίο και απωθούνται.» ή «Αν έχουμε τρίψει δύο στυλό και τα πλησιάσουμε, θα απωθήσουν το ένα το άλλο.».
- Με τον όρο υποθετικά παραδείγματα εννοούμε παραδείγματα της μορφής: «...όταν ένα θετικά φορτισμένο στυλό πλησιάσει ένα θετικά φορτισμένο χαρτί, αυτά απωθούνται» ή «αν ένα καλαμάκι είναι φορτισμένο θετικά και ένα άλλο καλαμάκι αρνητικά τότε θα έλκονται, ενώ αν ένα καλαμάκι είναι φορτισμένο θετικά και ένα άλλο πάλι θετικά τότε θα απωθούνται.». Οι συγκεκριμένοι μαθητές δεν ανατρέχουν ακριβώς σε πραγματικά παραδείγματα αλλά «κατασκευάζουν» κάποια τα οποία πιθανώς να εμπιστεύονται και περισσότερο προκειμένου να τα παρουσιάσουν σε ένα σχολικού τύπου ερωτηματολόγιο. Η εκτίμησή μας αυτή θα πρέπει να πούμε ότι στηρίζεται στο γεγονός ότι είναι περίπου γνωστές οι εμπειρίες των μαθητών στη σχολική τάξη. Ωστόσο, οφείλουμε να πούμε ότι τα προαναφερθέντα παραδείγματα δεν είναι σε καμία περίπτωση λανθασμένα και μπορούν να χαρακτηριστούν επίσης ικανοποιητικά.
- Στην κατηγορία 3 περιλαμβάνονται παραδείγματα όπου αντί για δύο ηλεκτρισμένα σώματα παρουσιάζεται, εντελώς λανθασμένα, ένα ηλεκτρισμένο κι ένα μη

ηλεκτρισμένο. Όταν στην παρούσα ερώτηση ζητείται από τους μαθητές να αναφέρουν ένα παράδειγμα δύο φορτισμένων σωμάτων που αλληλεπιδρούν, η αναφορά γίνεται συνήθως με γνώμονα τη δικαιολόγηση της δήλωσής τους στο πρώτο σκέλος της ερώτησης. Πιο συγκεκριμένα, όταν π.χ. μια μαθήτρια αναφέρει ότι δύο ηλεκτρισμένα σώματα έλκονται, ως παράδειγμα δικαιολόγησης της άποψής της αναφέρει: «*Δύο μπαλόνια μετά από τριβή του ενός έλκονται*». Αν και από τα δύο μπαλόνια μόνο το ένα υπόκειται σε τριβή, η αλληλεπίδρασή τους παρουσιάζεται ως παράδειγμα αλληλεπίδρασης δύο ηλεκτρισμένων σωμάτων.

- Στην κατηγορία 4 (αταξινόμητα-ασαφή παραδείγματα) συμπεριλαμβάνονται και οι απαντήσεις δύο μαθητών του πειραματικού τμήματος οι οποίοι αναφέρουν τους μαγνήτες ως παραδείγματα ηλεκτρισμένων σωμάτων, και μάλιστα στο τελικό ερωτηματολόγιο. Ο ένας από τους δύο μαθητές είχε απαντήσει στην ερώτηση βα του ίδιου ερωτηματολογίου ότι τα όμοια φορτισμένα σώματα απωθούνται ενώ τα ανόμοια έλκονται (ορθή απάντηση). Όμως, στο αρχικό ερωτηματολόγιο η αντίστοιχη απάντηση ήταν η εξής: «*Σώματα καλυμμένα με μαγνητικά υλικά δημιουργούν ηλεκτρική ενέργεια πλησιάζοντας*». Από τα προηγούμενα φαίνεται ότι ο συγκεκριμένος μαθητής, πριν από τις διδασκαλίες, συγχέει τα φαινόμενα του μαγνητισμού και της ηλεκτροστατικής. Μετά τις διδασκαλίες, αν και **μαθαίνει** ότι τα όμοια φορτισμένα σώματα απωθούνται ενώ τα ανόμοια έλκονται, εντούτοις δίνει ως παράδειγμα φορτισμένων σωμάτων τους μαγνήτες. Με άλλα λόγια, μπορούμε να διακρίνουμε μια επιφανειακή πληροφόρηση από τη μεριά του μαθητή ο οποίος στην ουσία έχει διατηρήσει τις πρώτες του αντιλήψεις.
- Η πλειοψηφία των μαθητών δεν δίνει κανένα παράδειγμα σε όλα τα ερωτηματολόγια, αρχικά και τελικά. Αυτό μπορεί βέβαια να οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι η ερώτηση ήταν διπλή (Όταν πλησιάσουμε δύο ηλεκτρισμένα σώματα, τι νομίζεις ότι θα συμβεί; Δώσε ένα ή περισσότερα παραδείγματα.), αν και θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι στο τελικό ερωτηματολόγιο απαντούν ελαφρώς περισσότεροι μαθητές και στα δύο τμήματα. Εκτός από την προηγούμενη ερμηνεία όμως η οποία διατυπώνεται με καθαρά τεχνικά κριτήρια τίθεται και το ζήτημα της σύνδεσης της σχολικής γνώσης με την πραγματική ζωή. Κι εδώ αξίζει να σχολιαστεί το γεγονός ότι όλα τα αναφερόμενα παραδείγματα είναι από αυτά που αναφέρονται συνήθως στα σχολικά βιβλία.

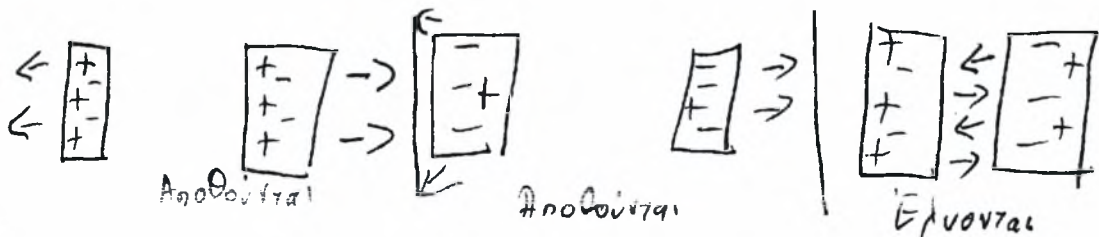
6.7 Ερώτηση 7

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7

ΕΡΩΤΗΣΗ 7: Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν δύο σώματα είναι ηλεκτρισμένα και πλησιάζουν μεταξύ τους.					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Ορθό πλήθος συμβόλων + και -	0 0%	13 50%	0 0%	6 25%
2	Ένα είδος φορτίου σε κάθε σώμα	5 19,2%	0 0%	0 0%	7 29,2%
3	Ένα ή δύο σώματα με ισοπληθή + και -	0 0%	7 26,9%	0 0%	0 0%
4	Σωματιδιακές αναπαραστάσεις	5 19,2%	0 0%	0 0%	0 0%
5	Μακροσκοπικά σχήματα	7 26,9%	2 7,7%	10 41,7%	7 29,2%
6	Αταξινόμητα-ασαφή σχήματα	4 15,4%	2 7,7%	4 16,7%	0 0%
7	Κανένα σχήμα	5 19,2%	2 7,7%	10 41,7%	4 16,7%
	ΣΥΝΟΛΟ	26	26	24	24

Με βάση τον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

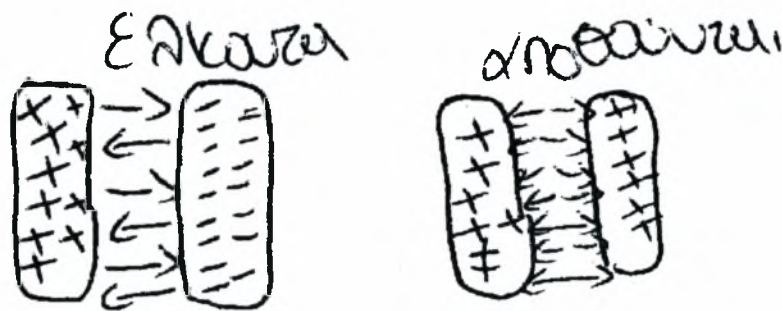
- Το πλήθος των μαθητών οι οποίοι δεν σχεδίασαν κανένα σχήμα για το συγκεκριμένο ερώτημα είναι αρχικά υψηλό στο τμήμα ελέγχου, γεγονός που δυσκολεύει την εξαγωγή συμπερασμάτων. Ωστόσο, στα τελικά ερωτηματολόγια μόνο 4 από τους 24 μαθητές του τμήματος ελέγχου και 2 από τους 26 μαθητές του πειραματικού τμήματος δεν δίνουν καμία απάντηση, γεγονός που επιτρέπει κάποιες εκτιμήσεις.
- Με την έκφραση ορθό πλήθος συμβόλων + και - εννοούμε ότι στις αναπαραστάσεις των φορτισμένων σωμάτων περιλαμβάνονται και τα δύο είδη φορτίων (+ και -) με το ένα είδος να πλεονάζει (σχήμα 6.7.1). Στη συγκεκριμένη



Σχήμα 6.7.1

ομάδα απαντήσεων (κατηγορία 1) τα ποσοστά είναι μηδενικά στα αρχικά ερωτηματολόγια, αλλά υπολογίσιμα στα τελικά. Όπως και στις αναπαραστάσεις της ερώτησης 5 (ηλεκτρισμένο και μη ηλεκτρισμένο σώμα), μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών που κάνουν ορθή χρήση των συμβόλων + και - εμφανίζεται στο πειραματικό τμήμα (50% και 25% για το πειραματικό τμήμα και το τμήμα ελέγχου αντίστοιχα).

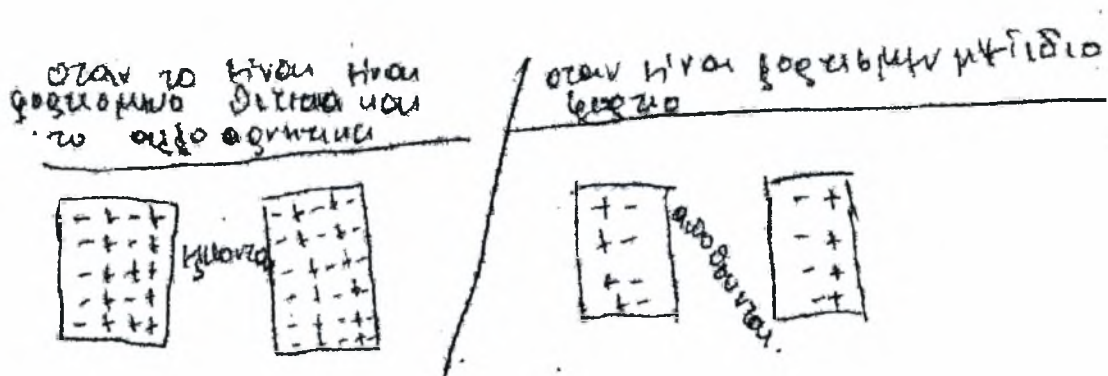
- Η αναπαράσταση φορτισμένων σωμάτων με ένα είδος φορτίου (σχήμα 6.7.2) παρουσιάζεται επίσης από κάποιους μαθητές (κατηγορία 2). Σ' αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ στο πειραματικό τμήμα εμφανίζονται τέτοια σχήματα μόνο στο αρχικό ερωτηματολόγιο, στο τμήμα ελέγχου, αντίθετα, εμφανίζονται μόνο στο τελικό. Αυτό το γεγονός υποδεικνύει ότι τελικά υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες οι διδασκαλίες δεν καταφέρνουν να βοηθήσουν τα παιδιά να κατανοήσουν βασικά σημεία, όπως συμβαίνει εδώ με το γεγονός ότι όλα τα στερεά σώματα περιλαμβάνουν και τα δύο είδη φορτισμένων σωματιδίων: θετικά (+) και αρνητικά (-).



Σχήμα 6.7.2

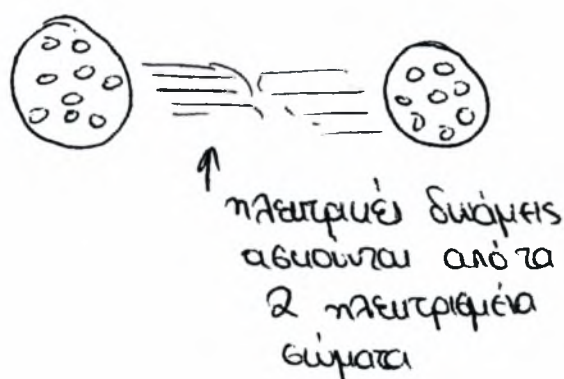
- Στην κατηγορία 3 περιλαμβάνονται σχήματα όπου το ένα ή και τα δύο από τα υποτιθέμενα φορτισμένα σώματα εμφανίζονται με ίσο πλήθος θετικών (+) και αρνητικών (-) φορτίων. Αυτές οι αναπαραστάσεις (σχήμα 6.7.3) εμφανίζονται μόνο σε τελικά ερωτηματολόγια και υποδεικνύουν καθαρά ότι οι μαθητές δεν έχουν κατανοήσει τελικά όσα διδάχθηκαν. Παρατηρώντας το σχήμα 6.7.3 βλέπουμε ότι ενώ τα αντίθετα φορτισμένα σώματα έχουν αναπαρασταθεί ορθά με πλεόνασμα θετικού φορτίου (+) το ένα και με πλεόνασμα αρνητικού φορτίου (-) το άλλο, τα υποτιθέμενα όμοια φορτισμένα σώματα αναπαρίστανται με ισοπληθή θετικά και αρνητικά φορτία δηλαδή σαν να είναι ουδέτερα. Όπως έχει ήδη

επισημανθεί και σε άλλες περιπτώσεις, έτσι κι εδώ θα ήταν πολύ χρήσιμο να υπήρχαν κάποιες διευκρινήσεις από τον ίδιο τον μαθητή.



Σχήμα 6.7.3

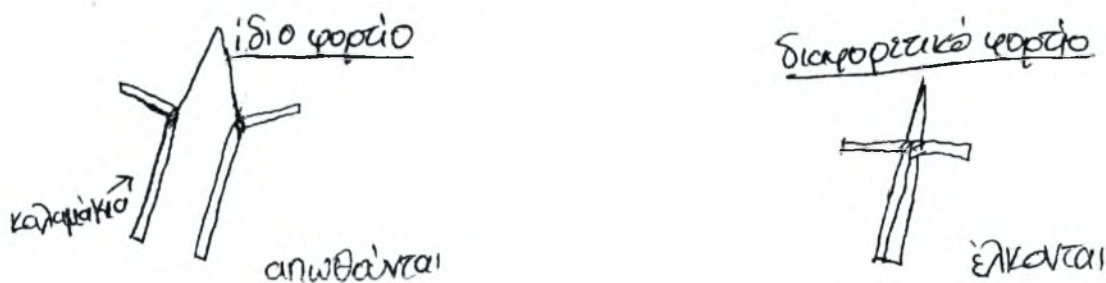
- Με σωματιδιακές αναπαραστάσεις (κατηγορία 4 – δεξ σχήμα 6.7.4) απαντούν κάποιοι μαθητές και σ' αυτό το ερώτημα, όπως και στο ερώτημα 5. Υπενθυμίζεται ότι τα παιδιά έχουν ήδη διδαχθεί την ενότητα της θερμότητας όπου χρησιμοποίησαν ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο για την



Σχήμα 6.7.4

ερμηνεία της θερμικής διαστολής και συστολής. Είναι μάλλον επόμενο να χρησιμοποιήσουν έναν οικείο συμβολισμό, προσπαθώντας να ανταποκριθούν σε νέες περιστάσεις.

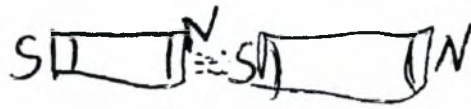
- Μακροσκοπικό σχήμα (κατηγορία 5 – δεξ σχήμα 6.7.5) σχεδιάζει ένα υπολογίσμο ποσοστό μαθητών στα αρχικά κυρίως ερωτηματολόγια, όπως συνέβη και στην ερώτηση 5. Στα τελικά ερωτηματολόγια το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών κάνει χρήση των συμβόλων + και -, έστω και λανθασμένα.



Σχήμα 6.7.5

- Στην κατηγορία 6 (αταξινόμητα - ασαφή σχήματα) συμπεριλαμβάνονται και τα εξής σχήματα: α) δύο μαγνήτες στη θέση των ηλεκτρισμένων σωμάτων (από έναν μαθητή -

Το ένα είναι το άλλο

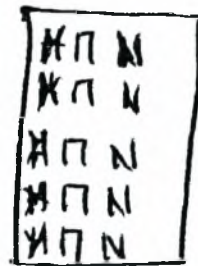
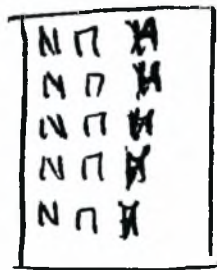


Σχήμα 6.7.6

δες σχήμα 6.7.6), β) δύο ηλεκτρικές συσκευές (από έναν μαθητή) και γ) δύο παραλληλόγραμμα με παρατεταγμένα σύμβολα που αντιστοιχούν σε πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια (από τρεις μαθητές - δες σχήμα 6.7.7). Τις προαναφερθείσες αναπαραστάσεις σχεδίασαν οι μαθητές πριν από τις διδασκαλίες. Αν και είναι πολύ λίγοι οι μαθητές που σχεδίασαν τέτοιου είδους αναπαραστάσεις θα πρέπει να επισημανθεί ότι και από αυτές τις απαντήσεις των μαθητών, όπως και από τις απαντήσεις τους σε άλλες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, φαίνεται ότι υφίσταται σύγχυση μεταξύ των φαινομένων του μαγνητισμού και της ηλεκτροστατικής. Επίσης, οι δύο ηλεκτρικές συσκευές, στη θέση των δύο ηλεκτρισμένων σωμάτων, σχεδιάστηκαν από τον ίδιο μαθητή ο οποίος στην ερώτηση 1 είχε απαντήσει ότι «ηλεκτρισμένα είναι τα σώματα που έχουν ηλεκτρικό ρεύμα». Όσο για την αναπαράσταση του σχήματος 6.7.7 φαίνεται ότι οι συγκεκριμένοι μαθητές προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν κάποιες γνώσεις τους σχετικά με τη δομή του ατόμου, αλλά δεν έχουν ένα σαφές μικροσκοπικό μοντέλο στο μυαλό τους.



$P =$ πρωτόνια
 $N =$ νετρόνια
 $e =$ ηλεκτρόνια



Σχήμα 6.7.7

- Η σταθερότητα ή μη του θετικού πλέγματος που ελέγχθηκε στις αναπαραστάσεις της ερώτησης 5 δεν ήταν δυνατόν να εκτιμηθεί στα συγκεκριμένα σχήματα γιατί εδώ δεν υπάρχει πια η αναπαράσταση του ίδιου σώματος, φορτισμένου και αφορτιστού. Εδώ, τα σώματα είναι όλα φορτισμένα και διαφορετικά οπότε δεν

υπάρχει μέτρο σύγκρισης και δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα όσον αφορά στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

- Ένα άλλο χαρακτηριστικό που δεν ήταν δυνατό να εκτιμηθεί από τα σχήματα της συγκεκριμένης ερώτησης είναι η αναφορά στο φαινόμενο της επαγωγής. Από τη μορφή των σχημάτων και με δεδομένο το γεγονός ότι δεν υπήρχε η δυνατότητα διευκρινήσεων από τους ίδιους τους μαθητές, ήταν πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί αν υποδεικνύεται ή όχι οποιαδήποτε μεταφορά ή μετακίνηση ηλεκτρικού φορτίου.

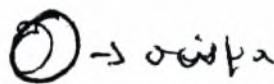
- Τέλος, αξίζει να σχολιαστούν τα σχήματα δύο μαθητών που συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία 5 (μακροσκοπικά σχήματα). Μια μαθήτρια του πειραματικού τμήματος, απαντώντας στην συγκεκριμένη ερώτηση, σχεδιάζει δύο τρίχες (ηλεκτρισμένες) και ανάμεσά τους τοποθετεί τελίτσες με τον χαρακτηρισμό: «ηλεκτρισμένα μόρια» (σχήμα 6.7.8). Αν και δεν είναι γνωστό τι σημαίνει



Σχήμα 6.7.8

ακριβώς για την μαθήτρια ο όρος ηλεκτρισμένα μόρια εντούτοις μπορεί να πει κανείς ότι το συγκεκριμένο σχήμα υποδηλώνει πιθανώς δύο πράγματα: πρώτον το γεγονός ότι ανάμεσα σε δύο ηλεκτρισμένα σώματα υπάρχει κάποια μορφής αλληλεπίδραση και δεύτερον μια αντίληψη της μαθήτριας ότι η αλληλεπίδραση αυτή «μεταφέρεται» με τη βοήθεια κάποιων σωματιδίων. Αυτή είναι ίσως μια αντίληψη η οποία θα μπορούσε να εξελιχθεί στην σύγχρονη άποψη της ύπαρξης των σωματιδίων αλληλεπιδράσεων. Ένας άλλος μαθητής του πειραματικού τμήματος σχεδιάζει ανάμεσα στα ηλεκτρισμένα σώματα κυματιστές γραμμές (σχήμα 6.7.9). Και σ' αυτό το σχήμα υποδηλώνεται η ύπαρξη της αλληλεπίδρασης με την έννοια της «ανταλλαγής κάποιων μηνυμάτων» μεταξύ των σωμάτων, αλλά

εδώ η αντίληψη του μαθητή φαίνεται να είναι πιο κοντά στην ιδέα του κύματος ως φορέα της αλληλεπίδρασης. Με αφορμή τα δύο αυτά σχήματα και ζητώντας κάποιες διευκρινήσεις από



Σχήμα 6.7.9

τους ίδιους τους μαθητές, θα μπορούσε ίσως ο εκπαιδευτικός της τάξης να κάνει μια αναφορά σε πιο σύγχρονες επιστημονικές απόψεις.

6.8 Ερώτηση 8

Η ερώτηση 8 έχει δύο σκέλη τα οποία θα μελετηθούν ξεχωριστά ως ερωτήματα 8α και 8β ενώ τα αποτελέσματα της συγκριτικής μελέτης των μαθητικών απαντήσεων σε αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο φαίνονται στους πίνακες 6.8.1 και 6.8.2 αντίστοιχα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8.1

ΕΡΩΤΗΣΗ 8α: Όταν πλησιάσουμε ένα ηλεκτρισμένο σώμα σε ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα, τι νομίζεις ότι θα συμβεί;					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΑΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Αναφορά σε επαφή και μεταφορά φορτίου (ορθή περιγραφή)	1 3,8%	2 7,7%	1 4,2%	1 4,2%
2	Τα σώματα έλκονται	2 7,7%	14 53,8%	4 16,7%	12 50%
3	Αναφορά σε μεταφορά ενέργειας – ηλεκτρισμού	13 50%	3 11,5%	8 33,3%	3 12,5%
4	Αναφορά σε επαφή και μεταφορά φορτίου (συγκεχυμένη περιγραφή)	2 7,7%	3 11,5%	0 0%	2 8,3%
5	Τα σώματα απωθούνται	1 3,8%	1 3,8%	0 0%	1 4,2%
6	Δεν θα συμβεί τίποτα	2 7,7%	0 0%	3 12,5%	1 4,2%
7	Αταξινόμητες-ασαφείς απαντήσεις,	2 7,7%	2 7,7%	2 8,3%	1 4,2%
8	Καμία απάντηση	3 11,5%	1 3,8%	6 25%	3 12,5%
	ΣΥΝΟΛΟ	26	26	24	24

Με βάση τον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα 6.8.1 μπορεί να παρατηρήσει κανείς τα εξής:

- Ικανοποιητικές είναι οι απαντήσεις της κατηγορίας 1 όπου οι μαθητές κάνουν αναφορά σε επαφή των σωμάτων και σε μεταφορά φορτίου με περιγραφές ορθά διατυπωμένες όπως για παράδειγμα «από το ηλεκτρισμένο σώμα μεταφέρεται ηλεκτρικό φορτίο στο μη ηλεκτρισμένο» ή ακόμη πιο αναλυτικά «όταν έρθουν σε επαφή θα μεταφερθούν ηλεκτρόνια είτε από το αρνητικά φορτισμένο σώμα στο ουδέτερο είτε από το ουδέτερο στο θετικά φορτισμένο».

- Οι απαντήσεις της κατηγορίας 2 («τα σώματα θα έλκονται») δίνονται από τους μαθητές κυρίως στα τελικά ερωτηματολόγια, και θεωρούνται επίσης ικανοποιητικές αφού στις πειραματικές δραστηριότητες οι μαθητές είχαν πράγματι την ευκαιρία να διαπιστώσουν ότι ένα ηλεκτρισμένο σώμα και ένα μη ηλεκτρισμένο έλκονται μεταξύ τους (καλαμάκι μετά από τριβή και τοίχος). Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται και οι απαντήσεις δύο μαθητών του πειραματικού τμήματος οι οποίοι συμπληρώνουν τον ισχυρισμό τους με ερμηνεία της συμπεριφοράς των σωμάτων: «θα έλκονται γιατί αν για παράδειγμα είναι αρνητικά φορτισμένο θα έλκει τα θετικά φορτία του αφόρτιστου». Αυτές είναι οι μοναδικές, έμμεσες έστω, αναφορές στο φαινόμενο της επαγωγής.
- Οι απαντήσεις της κατηγορίας 3 είναι γενικόλογες αναφορές, αλλά σχετικά ικανοποιητικές. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής: «Όταν πλησιάσουμε ένα ηλεκτρισμένο σε ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα τότε το μη ηλεκτρισμένο σώμα θα αποκτήσει ηλεκτρικές ιδιότητες.» ή κάποιος άλλος: «Από το ηλεκτρισμένο σώμα θα μεταφερθεί ηλεκτρική ενέργεια στο μη ηλεκτρισμένο.». Ο ισχυρισμός κάποιων μαθητών πως όταν ένα ηλεκτρισμένο σώμα πλησιάσει ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα τότε το δεύτερο θα ηλεκτριστεί, θα μπορούσαμε να πούμε ότι υποδηλώνει την ηλέκτριση με επαγωγή, αλλά σε εντελώς αρχικό στάδιο μέσα στο μυαλό των παιδιών. Οι μαθητές έχουν την αίσθηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ ενός φορτισμένου κι ενός αφόρτιστου σώματος αλλά όχι με εντελώς σαφή τρόπο. Ενδιαφέρουσα φαίνεται η ερμηνεία που δίνει μία μαθήτρια στον όρο: «ετερώνυμα». Η απάντησή της στην παρούσα ερώτηση συμπεριλαμβάνεται στην κατηγορία 3 και είναι η εξής: «Τα ετερώνυμα έλκονται. Οπότε θα μεταφερθούν φορτία αντίθετα από το άλλο σώμα κι έτσι θα κολλήσουν.» Από τα προηγούμενα φαίνεται ότι για την συγκεκριμένη μαθήτρια ο όρος ετερώνυμα σημαίνει πολύ απλά ότι το ένα σώμα έχει φορτίο και το άλλο όχι, δηλώνει δηλαδή τη διαφορετική κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα σώματα (φορτισμένο και μη) κι όχι το διαφορετικό φορτίο όπως είναι το ορθό.
- Στις απαντήσεις της κατηγορίας 4 γίνεται επίσης αναφορά σε επαφή των σωμάτων και μεταφορά φορτίου αλλά με ελάχιστα ικανοποιητικό τρόπο. Παραδείγματα τέτοιων περιγραφών μεταφοράς-μετακίνησης φορτίου είναι τα εξής: «ηλεκτρόνια του ηλεκτρισμένου σώματος μεταφέρονται στο μη ηλεκτρισμένο» ή «θα μεταφερθούν αρνητικά (ή θετικά) μόρια από το ηλεκτρισμένο στο μη ηλεκτρισμένο σώμα».

- Ακόμη και μετά τις διδασκαλίες υπάρχουν μαθητές οι οποίοι ισχυρίζονται ότι το ηλεκτρισμένο και το μη ηλεκτρισμένο σώμα απωθούνται ή ότι δεν συμβαίνει τίποτα μεταξύ τους (κατηγορίες 5 και 6 αντίστοιχα). Οι προαναφερθέντες ισχυρισμοί, ιδιαίτερα στα τελικά ερωτηματολόγια, δεν φαίνονται καθόλου δικαιολογημένοι με δεδομένα τα παραδείγματα που μελετήθηκαν από τους μαθητές κατά τις διδασκαλίες.
- Τα υψηλά ποσοστά αποχής των μαθητών, στα αρχικά ερωτηματολόγια και για τη συγκεκριμένη ερώτηση, μειώνονται αισθητά στα τελικά ερωτηματολόγια γεγονός που δείχνει ότι μια μερίδα μαθητών φαίνεται να αποφεύγει να δώσει μια απάντηση όταν δεν έχει την βεβαιότητα ότι γνωρίζει το σωστό.
- Στην κατηγορία 7 (ασαφείς-αταξινόμητες απαντήσεις) συμπεριλαμβάνεται και οι απαντήσεις δύο μαθητών σε αρχικά ερωτηματολόγια, οι οποίοι φαίνεται να συγχέουν τα μαγνητικά με τα ηλεκτροστατικά φαινόμενα. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρουν ότι: «Το ηλεκτρισμένο σώμα θα μαγνητίσει το μη ηλεκτρισμένο σώμα κι έτσι θα ηλεκτριστεί.» ή απλώς ότι: «θα μαγνητιστούν».

Ακολουθεί ο σχολιασμός του δεύτερου σκέλους της ερώτησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8.2

ΕΡΩΤΗΣΗ 8β: Δώσε ένα ή περισσότερα παραδείγματα (ένα ηλεκτρισμένο σώμα πλησιάζει σε ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα).					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Παραδείγματα με φορτισμένο και αφόρτιστο σώμα	0 0%	8 30,8%	3 12,5%	10 41,7%
2	Σώμα διαρρέομενο από ηλεκτρικό ρεύμα και μη - ηλεκτροπληξία	1 3,8%	1 3,8%	6 25%	0 0%
3	Δύο σώματα μη φορτισμένα	1 3,8%	0 0%	0 0%	1 4,2%
4	Αταξινόμητα-ασαφή παραδείγματα	1 3,8%	3 11,5%	1 4,2%	0 0%
5	Καμία απάντηση	23 88,5%	14 53,8%	14 58,3%	13 54,2%
	ΣΥΝΟΛΟ		26	26	24

Με βάση τον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

- Στην κατηγορία 1 περιλαμβάνονται ορθά παραδείγματα φορτισμένου και αφόρτιστου σώματος όπως: *«ένα παράδειγμα είναι το ηλεκτρισμένο καλαμάκι που «κολλάει» στον τοίχο»*. Με τα παραδείγματα αυτής της κατηγορίας υποστηρίζεται η άποψη ότι τα δύο σώματα, ηλεκτρισμένο και μη, *«θα έλκονται»* και πρόκειται για παραδείγματα που προέρχονται από τις πειραματικές δραστηριότητες των μαθητών (καλαμάκι-τοίχος, στυλό-χαρτάκια, καλαμάκι-ηλεκτρικό εκκρεμές). Ένας μαθητής από το πειραματικό τμήμα και ένας μαθητής από το τμήμα ελέγχου, στα τελικά ερωτηματολόγια, αναφέρονται και πιο αναλυτικά στην ηλεκτρίση του αρχικά αφόρτιστου σώματος (αγωγού). Οι απαντήσεις τους είναι αντίστοιχα οι εξής: *«Σε ένα μη ηλεκτρισμένο σιδερένιο κομμάτι πλησιάζουμε ένα φορτισμένο καλαμάκι και έτσι το κομμάτι φορτίζεται.»* και *«Όταν για παράδειγμα έχουμε ένα ηλεκτρισμένο στυλό και τον πλησιάζουμε σε μια παραμάνα, τότε και η παραμάνα θα ηλεκτριστεί.»*. Τα ποσοστά των ορθών παραδειγμάτων δεν είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικά για κανένα από τα δύο τμήματα αλλά θα πρέπει να λάβουμε υπόψη και το πλήθος των μαθητών που δεν έδωσαν καμία απάντηση.
- Στην κατηγορία 2 περιλαμβάνονται κυρίως παραδείγματα μαθητών οι οποίοι έχουν υποστηρίξει στο πρώτο σκέλος της ερώτησης ότι *«το ηλεκτρισμένο σώμα θα ηλεκτρίσει το μη ηλεκτρισμένο»*, γενικόλογη απάντηση σχετικά ικανοποιητική. Ωστόσο, οι περισσότεροι από αυτούς τους μαθητές εμφανίζουν ως παράδειγμα την ηλεκτροπληξία: *«ένας άνθρωπος που ακουμπάει την πρίζα θα ηλεκτριστεί»*. Εμφανίζεται πάλι δηλαδή, έμμεσα, όπως και σε προηγούμενα ερωτήματα, η άποψη ότι *«ηλεκτρισμένο σώμα είναι αυτό που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα»*. Στην ίδια κατηγορία συμπεριλαμβάνονται και παραδείγματα μαθητών οι οποίοι στο πρώτο σκέλος ισχυρίστηκαν ότι *«δεν θα συμβεί τίποτα»*. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής: *«Αν πλησιάσουμε ένα ηλεκτρισμένο καλώδιο με ένα ξύλο δεν γίνεται τίποτα»*. Ωστόσο αυτής της μορφής τα παραδείγματα σχεδόν μηδενίζονται στα τελικά ερωτηματολόγια.
- Παράδειγμα απάντησης της κατηγορίας 3 είναι το εξής: *«ένα καλαμάκι μη φορτισμένο δεν κολλάει στον τοίχο»*. Και οι δύο μαθητές οι οποίοι παρουσίασαν παραδείγματα αυτής της κατηγορίας είχαν υποστηρίξει στο πρώτο σκέλος της ερώτησης πως όταν πλησιάσουμε ένα ηλεκτρισμένο σώμα σε ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα, δεν συμβαίνει τίποτα. Αν και στα παραδείγματα που παρουσιάζουν όντως δεν συμβαίνει τίποτα, εντούτοις δεν πρόκειται για ηλεκτρισμένο και μη

ηλεκτρισμένο σώμα αλλά για δύο αφορτιστα σώματα. Ωστόσο, η ασυνέπεια αυτή δεν φαίνεται να ενοχλεί τους μαθητές.

- Στην κατηγορία 4 (αταξινόμητα-ασαφή παραδείγματα) συμπεριλαμβάνεται και ένα παράδειγμα το οποίο αξίζει να αναφερθεί αφού δίνει ένα μέτρο της σύγχυσης που επικρατεί ενίοτε στο μυαλό των μαθητών. Ο μαθητής, που παρουσιάζει το συγκεκριμένο παράδειγμα μετά από τις διδασκαλίες, έχει ισχυριστεί στο πρώτο σκέλος της ερώτησης ότι θα υπάρξει μεταφορά ηλεκτρικού φορτίου ανάμεσα στο ηλεκτρισμένο και το μη ηλεκτρισμένο σώμα, ενώ το παράδειγμά του είναι το εξής: *«το μη ηλεκτρισμένο στυλό τρίβεται με το πουλόβερ που είναι ηλεκτρισμένο και το πουλόβερ δίνει ηλεκτρόνια στο στυλό»*. Το πουλόβερ παρουσιάζεται λανθασμένα ως ηλεκτρισμένο σώμα το οποίο μεταφέρει ηλεκτρισμό και στο στυλό.
- Όπως και στην ερώτηση 6β, η πλειοψηφία των μαθητών δεν δίνει κανένα παράδειγμα, με μεγαλύτερο το αντίστοιχο ποσοστό στα αρχικά ερωτηματολόγια. Στα τελικά ερωτηματολόγια δίνουν κάποιο παράδειγμα περισσότεροι μαθητές αλλά και πάλι το ποσοστό των μαθητών που δεν δίνουν καμία απάντηση είναι σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερο του 50%. Το γεγονός αυτό επιτρέπει μόνο ποιοτικές παρατηρήσεις. Παρατηρώντας το πλήθος των μαθητών που δεν έδωσαν κανένα παράδειγμα θα πρέπει να αναφερθεί, όπως και στην περίπτωση της ερώτησης 6β, ότι μία πιθανή αιτία μπορεί να είναι η δυσκολία των μαθητών να συνδέσουν τη σχολική γνώση με την καθημερινή ζωή.

6.9 Ερώτηση 9

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.9.1

ΕΡΩΤΗΣΗ 9 Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν ένα ηλεκτρισμένο σώμα πλησιάζει ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα.					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΑΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Ορθή χρήση των συμβόλων + και -	0 0%	15 57,7%	0 0%	3 12,5%
2	Λανθασμένη χρήση των συμβόλων + και -	4 15,4%	9 34,6%	0 0%	9 37,5%
3	Μακροσκοπικό σχήμα	5 19,2%	1 3,8%	12 50%	8 33,3%
4	Αταξινόμητα-ασαφή σχήματα	9 34,6%	1 3,8%	2 8,3%	0 0%
5	Κανένα σχήμα	8 30,8%	1 3,8%	10 41,7%	4 16,7%
	ΣΥΝΟΛΟ	26	26	24	24

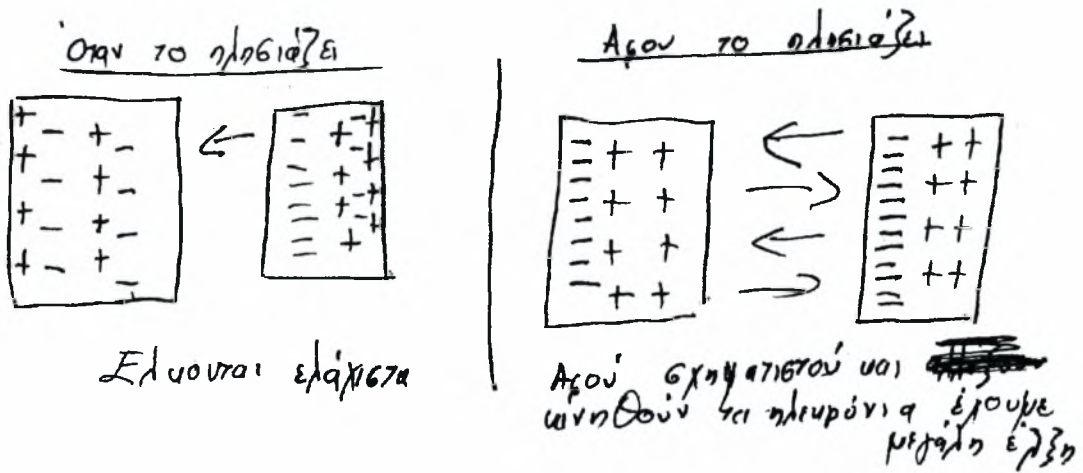
Με βάση τον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα 6.9.1 μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

- Με την έκφραση «ορθή χρήση των συμβόλων + και -» (κατηγορία 1) εννοούμε ότι στα σχήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας αναπαρίστανται με ορθό τρόπο, τα μη ηλεκτρισμένα σώματα με ίσου πλήθους θετικά και αρνητικά φορτία, ενώ τα ηλεκτρισμένα με πλεόνασμα του ενός είδους (σχήμα 6.9.1). Τα σχήματα που σχεδίασαν οι μαθητές του πειραματικού τμήματος, στα τελικά ερωτηματολόγια, ανήκουν στην πλειοψηφία τους σ' αυτήν την κατηγορία (57,7%), σε αντίθεση με το μικρό αντίστοιχο ποσοστό του τμήματος ελέγχου (12,5%). Ωστόσο, στα σχήματα αυτά μία μερίδα των μαθητών και όχι όλοι, υποδεικνύει μεταφορά-μετακίνηση ηλεκτρικού φορτίου (σχήμα 6.9.2). Πρόκειται για 8 από τους 15 μαθητές του πειραματικού τμήματος (30,8% του συνόλου) και 2 από τους τρεις μαθητές του τμήματος ελέγχου (8,3%



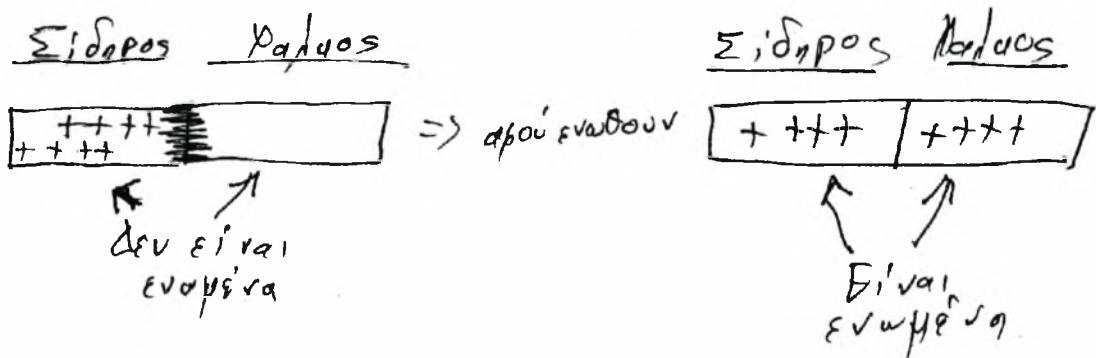
Σχήμα 6.9.1

του συνόλου). Πάλι φαίνεται δηλαδή μια αισθητή υπεροχή του πειραματικού τμήματος.



Σχήμα 6.9.2

- Στην κατηγορία 2 περιλαμβάνονται περιπτώσεις-συνδυασμοί λανθασμένης αναπαράστασης είτε του φορτισμένου σώματος, είτε του αφόρτιστου σώματος, είτε και των δύο σωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν τέσσερα αρχικά σχήματα και ένα τελικό από μαθητές του πειραματικού τμήματος, καθώς και δύο τελικά σχήματα από μαθητές του τμήματος ελέγχου στα οποία το αφόρτιστο σώμα αναπαρίσταται άδειο ενώ το φορτισμένο με ένα ή δύο είδη φορτίων (σχήματα 6.9.3 και 6.9.4). Υπάρχουν έξι τελικά σχήματα από μαθητές του τμήματος ελέγχου



Σχήμα 6.9.3

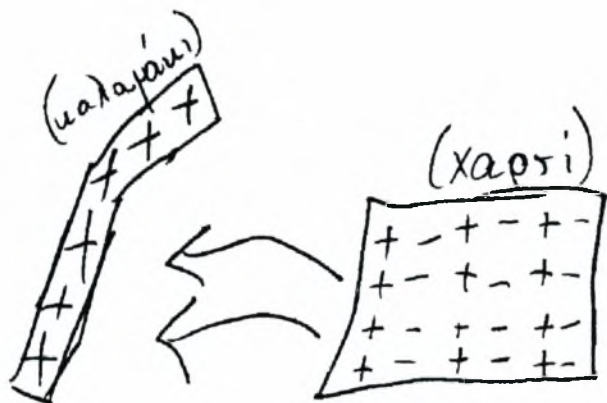
ηλεκτρισμένο

1) $\oplus \rightarrow \ominus$ μη ηλεκτρισμένο

2) $\oplus \oplus$

Σχήμα 6.9.4

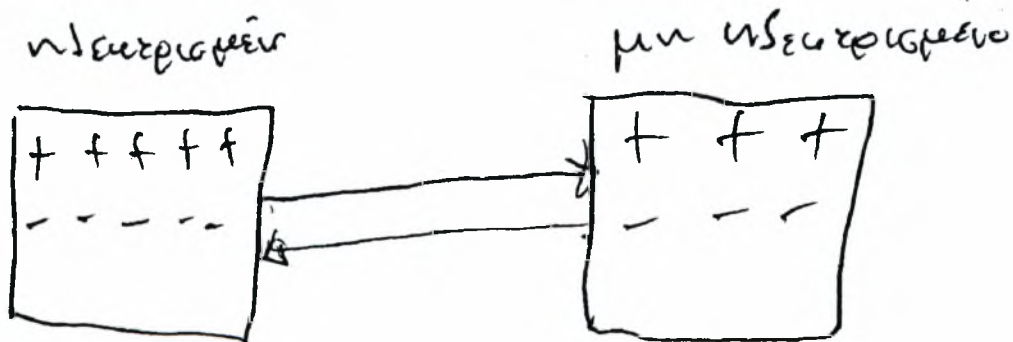
όπου το αφόρτιστο σώμα αναπαρίσταται με ισοπληθή θετικά και αρνητικά φορτία ενώ το φορτισμένο, με φορτία ενός είδους (σχήμα 6.9.5). Στα υπόλοιπα σχήματα



Σχήμα 6.9.5

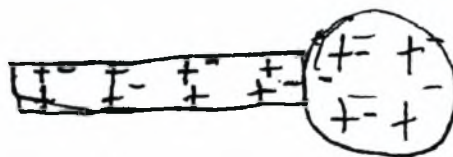
(επτά τελικά σχήματα από μαθητές του πειραματικού τμήματος και ένα τελικό σχήμα από μαθητή του τμήματος ελέγχου) είτε αναπαρίστανται και τα δύο σώματα με ισοπληθή θετικά και αρνητικά φορτία, είτε και τα δύο με πλεόνασμα ενός είδους (σχήματα 6.9.6

και 6.9.7). Πρόκειται για παρανοήσεις που έχουν ήδη σχολιαστεί στο πλαίσιο του ερωτήματος 5 (σχεδίαση φορτισμένου και αφόρτιστου σώματος). Μένοντας λίγο περισσότερο στο σχήμα 6.9.6, βλέπει κανείς να παρουσιάζονται και τα δύο σώματα με ισοπληθή + και - αλλά το μη ηλεκτρισμένο με μικρότερο συνολικά πλήθος συμβόλων. Υπονοείται δηλαδή ότι το «μεγάλο» πλήθος φορτίων, κι όχι το πλεόνασμα ενός είδους, μετατρέπει το σώμα από αφόρτιστο σε φορτισμένο.



Σχήμα 6.9.6

- Τα μακροσκοπικά σχήματα (κατηγορία 3) συναντώνται σε μεγαλύτερα ποσοστά στα αρχικά ερωτηματολόγια, ωστόσο διατηρείται ένα υπολογίσιμο ποσοστό και στις τελικές απαντήσεις των μαθητών του τμήματος ελέγχου, όπως συνέβη και στα ερωτήματα 5 και 7.



Σχήμα 6.9.7

Παράδειγμα μακροσκοπικού σχήματος φαίνεται στο σχήμα 6.9.8, ενώ υπάρχουν και μερικοί μαθητές οι οποίοι, στα μακροσκοπικά τους σχήματα, απεικονίζουν την επαφή ενός σώματος, ανθρώπινου ή συσκευής, με την πρίζα (σχήμα 6.9.9). Θεωρούν δηλαδή ως ηλεκτρισμένο σώμα την πρίζα, άποψη που έχει φανεί και σε προηγούμενες ερωτήσεις.



Σχήμα 6.9.8



Σχήμα 6.9.9

- Η σταθερότητα ή μη του θετικού πλέγματος ήταν πάλι δύσκολο να εκτιμηθεί όπως στην περίπτωση της ερώτησης 7 (δύο ηλεκτρισμένα σώματα πλησιάζουν μεταξύ τους). Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό που μπορεί να σχολιαστεί στην παρούσα περίπτωση όμως, είναι το είδος του φορτίου που υποδεικνύουν οι μαθητές ότι μετακινείται ή μεταφέρεται από το ένα σώμα στο άλλο, χαρακτηριστικό που δεν συναντάται μόνο σε σχήματα της κατηγορίας 1, όπου έχει ήδη σχολιαστεί. Αναλυτικότερη αναφορά θα γίνει παρακάτω.
- Και σ' αυτό το ερώτημα υπάρχουν αρκετοί μαθητές οι οποίοι δεν δίνουν καμία απάντηση, κυρίως στα αρχικά ερωτηματολόγια. Ωστόσο, μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι, όσον αφορά στα αρχικά ερωτηματολόγια, αν αθροίσουμε τα ποσοστά

των τριών τελευταίων κατηγοριών (μακροσκοπικά σχήματα, ασαφή-αταξινόμητα, κανένα σχήμα,) συγκεντρώνεται πάνω από το 85% των απαντήσεων και για τα δύο τμήματα. Αυτό σημαίνει ότι στις αρχικές απαντήσεις-σχήματα χρησιμοποιούνται ελάχιστα τα σύμβολα + και -, από τους μαθητές και των δύο τμημάτων.

Παρακάτω ακολουθεί ανάλυση των σχημάτων ανάλογα με το αν υποδεικνύουν οι μαθητές μεταφορά-μετακίνηση ηλεκτρικού φορτίου και τι είδους φορτίο (θετικό ή αρνητικό) υποδεικνύουν ότι μετακινείται. Η ανάλυση αυτή συνοψίζεται στον πίνακα 6.9.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.9.2

Ποιο είδος φορτίου υποδεικνύουν οι μαθητές ότι μετακινείται στα σχήματα της ερώτησης 9;					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΑΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Δεν γίνεται χρήση των συμβόλων + και - (κατηγορίες 3-5 του πίνακα 6.9.1)	22 84,6%	2 7,7%	23 95,8%	12 50%
2	Μετακίνηση-μεταφορά θετικού (+) και αρνητικού (-) φορτίου	2 7,7%	5 19,2%	0 0%	3 12,5%
3	Μετακίνηση-μεταφορά αρνητικού (-) φορτίου	2 7,7%	9 34,6%	0 0%	3 12,5%
4	Δεν υποδεικνύεται κανενός είδους μετακίνηση-μεταφορά	0 0%	10 38,5%	1 4,2%	6 25%
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΑΘΗΤΩΝ	26	26	24	24

- Στις κατηγορίες 2-4 του πίνακα 6.9.2 αναλύονται τα σχήματα των κατηγοριών 1 και 2 του πίνακα 6.9.1 αφού σ' αυτές τις κατηγορίες, οι μαθητές κάνουν χρήση των συμβόλων + και -. Στα αρχικά ερωτηματολόγια, όπως έχει ήδη επισημανθεί, λίγοι μαθητές κάνουν χρήση των συμβόλων + και - στις αναπαραστάσεις τους. Πρόκειται για το 15,4% του πειραματικού τμήματος και το 4,2% του τμήματος ελέγχου. Στα τελικά ερωτηματολόγια όμως τα ποσοστά διαφοροποιούνται και ως προς τα αρχικά, αλλά και μεταξύ τους: ενώ το 92,3% του πειραματικού τμήματος χρησιμοποιεί τα σύμβολα του θετικού και αρνητικού φορτίου στις αναπαραστάσεις του, το αντίστοιχο ποσοστό για το τμήμα ελέγχου είναι 50%.
- Στο τμήμα ελέγχου, οι μισοί από τους μαθητές που υποδεικνύουν κάποιου μορφής μετακίνηση φορτίου, υποδεικνύουν μετακίνηση τόσο των αρνητικών όσο και των

θετικών φορτίων. Στο πειραματικό τμήμα τα ποσοστά διαφοροποιούνται και πλεονάζουν οι μαθητές που υποδεικνύουν μεταφορά-μετακίνηση αρνητικών φορτίων ή ηλεκτρονίων. Το γεγονός ότι ακόμη και μετά τις διδασκαλίες οι μαθητές δεν έχουν συνειδητοποιήσει τη σταθερότητα του θετικού πλέγματος, αναδεικνύει τη δυσκολία που έχουν οι μαθητές να κατανοήσουν τη συγκεκριμένη ιδιότητα των στερεών σωμάτων, εύρημα που υποστηρίζεται και από τα σχήματα της ερώτησης 5 όπου λίγοι μαθητές, και μόνο του πειραματικού τμήματος, σχεδιάζουν σταθερό θετικό πλέγμα.

6.10 Ερώτηση 10

Η ερώτηση 10 έχει δύο σκέλη τα οποία θα μελετηθούν ξεχωριστά ως ερωτήματα 10α και 10β ενώ τα αποτελέσματα της συγκριτικής μελέτης των μαθητικών απαντήσεων σε αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο φαίνονται στους πίνακες 6.10.1 και 6.10.2 αντίστοιχα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.10.1

ΕΡΩΤΗΣΗ 10α: Τι είναι, κατά τη γνώμη σου, το ηλεκτρικό φορτίο;					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Είναι μέγεθος (όταν πλεονάζουν θετικά ή αρνητικά φορτία)	0 0%	0 0%	0 0%	7 29,2%
2	Είναι αριθμός (ηλεκτρονίων ή πρωτονίων και ηλεκτρονίων κ.τ.λ.)	0 0%	4 15,4%	0 %	0 0%
3	Είναι σωματίδια ή περιέχει σωματίδια	6 23,1%	7 26,9%	4 16,7%	2 8,3%
4	Είναι (ηλεκτρική) ενέργεια	1 3,8%	0 0%	1 4,2%	1 4,2%
5	Είναι το ηλεκτρικό ρεύμα - οι μπαταρίες	1 3,8%	0 0%	1 4,2%	1 4,2%
6	Αταξινόμητες-ασαφείς απαντήσεις, ταυτολογίες	5 19,2%	5 19,2%	1 4,2%	3 12,5%
7	Καμία απάντηση	13 50%	10 38,5%	17 70,8%	10 41,7%
	ΣΥΝΟΛΟ	26	26	24	24

Με βάση τον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

- Η ερώτηση «τι είναι το ηλεκτρικό φορτίο» είναι στ' αλήθεια μια πολύ δύσκολη ερώτηση και δεν απαντάται με πληρότητα από κανέναν μαθητή. Εκείνο που έχει ωστόσο ενδιαφέρον είναι το τι «νομίζουν» οι μαθητές ότι είναι το ηλεκτρικό φορτίο και αυτό ακριβώς επιχειρείται να διερευνηθεί μ' αυτή την ερώτηση. Και σ' αυτή την περίπτωση ήταν αρκετοί οι μαθητές που δεν έδωσαν καμία απάντηση, γεγονός που δικαιολογείται αρκετά από τη θεωρητική φύση της ερώτησης.
- Οι απαντήσεις της κατηγορίας 1 μπορούν να θεωρηθούν αρκετά ικανοποιητικές. Παραδείγματα απαντήσεων είναι τα εξής: «Είναι μέγεθος που έχει ένα σώμα όταν

πλεονάζουν σ' αυτό είτε τα πρωτόνια είτε τα ηλεκτρόνια.» ή «Είναι ένα μέγεθος που έχει ένα σώμα που του περισσεύουν είτε τα αρνητικά είτε τα θετικά φορτία.» Αν και οι μαθητές αναφέρουν ότι το ηλεκτρικό φορτίο είναι ένα φυσικό μέγεθος, κανένας μαθητής δεν αναφέρει ότι το συγκεκριμένο φυσικό μέγεθος αποτελεί το μέτρο μιας ιδιότητας των σωματιδίων, όπως είναι εξάλλου και η μάζα. Επειδή ωστόσο, κατά τις διδασκαλίες, δεν δόθηκε έμφαση στο ζήτημα του ορισμού του ηλεκτρικού φορτίου, το οποίο από τη φύση του είναι μάλλον δύσκολα προσεγγίσιμο όπως οι περισσότερες στοιχειώδεις έννοιες, η χρησιμότητα της παρούσας ερώτησης έγκειται, όπως προαναφέρθηκε, στο να δούμε τι πιστεύουν οι ίδιοι οι μαθητές.

- Οι απαντήσεις της κατηγορίας 2 μπορούν να χαρακτηριστούν λίγο ικανοποιητικές με την έννοια ότι το ηλεκτρικό φορτίο δεν ταυτίζεται πια με τα ίδια τα σωματίδια αλλά τουλάχιστον συσχετίζεται με το πλήθος τους. Αναφέρει χαρακτηριστικά ένας μαθητής: «Είναι ο αριθμός των πρωτονίων και των ηλεκτρονίων που περιέχει το άτομο.».
- Μία μεγάλη μερίδα μαθητών (κατηγορία 3) ταυτίζει, λανθασμένα, το ηλεκτρικό φορτίο με τα σωματίδια φορείς του, δηλαδή τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής: «Το ηλεκτρικό φορτίο είναι τα ηλεκτρόνια που έχει προσλάβει ένα σώμα.» ή κάποιος άλλος: «το ηλεκτρικό φορτίο είναι θετικά ή αρνητικά φορτισμένα άτομα ή ομάδες ατόμων (ιόντα)».
- Στην κατηγορία 4 περιλαμβάνονται οι μαθητικές απαντήσεις στις οποίες το ηλεκτρικό φορτίο ταυτίζεται με την ηλεκτρική ενέργεια, ταυτίζονται δηλαδή δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη. Αναφέρει π.χ. ένας μαθητής: «Ηλεκτρικό φορτίο είναι η ηλεκτρική ενέργεια που περικλείει ένα σώμα.».
- Το ηλεκτρικό ρεύμα εξακολουθεί να εμφανίζεται στις απαντήσεις των μαθητών (κατηγορία 5). Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι απαντήσεις δύο μαθητών, ένας από κάθε τμήμα. Ο μαθητής του πειραματικού τμήματος ισχυρίζεται στο αρχικό ερωτηματολόγιο ότι: «ηλεκτρικό φορτίο είναι το ρεύμα», ενώ ο μαθητής του τμήματος ελέγχου ισχυρίζεται τόσο πριν όσο και μετά από τις διδασκαλίες ότι «είναι οι μπαταρίες». Παρ' ότι οι μπαταρίες είναι ένα αντικείμενο και οι απαντήσεις των δύο μαθητών δεν ταυτίζονται ακριβώς, συμπεριλαμβάνονται στην ίδια κατηγορία αφού και η μπαταρία συσχετίζεται άμεσα με τα φαινόμενα του δυναμικού ηλεκτρισμού.

Ακολουθεί ο σχολιασμός του δεύτερου σκέλους της ερώτησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.10.2

ΕΡΩΤΗΣΗ 10β: Πού βρίσκεται (το ηλεκτρικό φορτίο);					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Στην ύλη, στα σώματα, παντού στη φύση	3 11,5%	11 42,3%	1 4,2%	10 41,7%
2	Στο άτομο	3 11,5%	3 11,5%	1 4,2%	1 4,2%
3	Στον πυρήνα	0 0%	4 15,4%	0 0%	3 12,5%
4	Στο ηλεκτρικό ρεύμα – σε στοιχεία κυκλώματος	5 19,2%	0 0%	4 16,7%	1 4,2%
5	Σε ηλεκτρισμένο σώμα	7 26,9%	2 7,7%	1 4,2%	2 8,3%
6	Αταξινόμητες-ασαφείς απαντήσεις,	0 0%	0 0%	1 4,2%	0 0%
7	Καμία απάντηση	8 30,8%	6 23,1%	16 66,7%	7 29,2%
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΑΘΗΤΩΝ	26	26	24	24

Με βάση τον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

- Οι απαντήσεις των κατηγοριών 1 και 2 μπορούν να θεωρηθούν ικανοποιητικές, αφού το ηλεκτρικό φορτίο πραγματικά «υπάρχει» σε όλα τα σώματα και μάλιστα στα επιμέρους σωματίδια που τα αποτελούν. Πιο συγκεκριμένα, παραδείγματα απαντήσεων της κατηγορίας 1 είναι τα εξής: «το ηλεκτρικό φορτίο... βρίσκεται μέσα στα μόρια, στην ύλη» ή «...βρίσκεται σε όλη τη μάζα ενός σώματος», ενώ παράδειγμα της δεύτερης κατηγορίας είναι το εξής: «Το ηλεκτρικό φορτίο βρίσκεται στα άτομα.». Οι απαντήσεις αυτών των δύο ομάδων αντιπροσωπεύουν υπολογίσιμα ποσοστά στα τελικά ερωτηματολόγια και των δύο τμημάτων με μια μικρή διαφοροποίηση. Πρόκειται για το 54% περίπου του πειραματικού τμήματος και το 46% περίπου του τμήματος ελέγχου.
- Κάποιοι μαθητές και των δύο τμημάτων, και μάλιστα μετά από τις διδασκαλίες, τοποθετούν το ηλεκτρικό φορτίο στον πυρήνα του ατόμου (κατηγορία 3) κι όχι στο άτομο συνολικά ή στα επιμέρους σωματίδια που το συνιστούν. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής: «Το ηλεκτρικό φορτίο βρίσκεται στον πυρήνα κάθε

ατόμου.». Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ στο σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής δεν γίνεται αναφορά στη δομή του ατόμου, οι μαθητές έχουν ήδη διδαχθεί τη συγκεκριμένη ενότητα στο πλαίσιο του μαθήματος της Χημείας. Μια πιθανή αιτία για τη σύγχυση και τις παρανοήσεις που υπάρχουν στο μυαλό των μαθητών σχετικά με τα στοιχειώδη σωματίδια, τη θέση και τις ιδιότητές τους μπορεί να είναι το γεγονός ότι δεν φαίνεται να υπάρχει καμιά συνεργασία μεταξύ των συγγραφέων των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής και Χημείας του Γυμνασίου. Όπως αναφέρεται και από την Σταυρίδου (1995, σελ.49), μ' αυτόν τον τρόπο *«επιτείνεται το φαινόμενο της έλλειψης στρατηγικής σχετικά με την παρουσίαση θεμάτων κοινού ενδιαφέροντος, όπως τα μοντέλα της δομής της ύλης»* και οι μαθητές υπόκεινται στα αποτελέσματα μιας τέτοιας τακτικής.

- Αν και λιγότεροι μαθητές συσχέτισαν το ηλεκτρικό ρεύμα με τη φύση του ηλεκτρικού φορτίου (πίνακας 6.10.1), αρκετοί είναι αυτοί που το τοποθετούν είτε ευθέως στο ηλεκτρικό ρεύμα (δύο μαθητές) ή σε στοιχεία-συσκευές ηλεκτρικού κυκλώματος (οκτώ μαθητές). Παραδείγματα απαντήσεων της κατηγορίας 4 είναι τα εξής: *«Ηλεκτρικό φορτίο είναι τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται μέσα στο ρεύμα»* ή *«Κατά τη γνώμη μου το ηλεκτρικό φορτίο βρίσκεται σε μπαταρίες και πολλά άλλα.»* *«Ηλεκτρικό φορτίο περιέχουν οι συσκευές, τα είδη που δίνουν ηλεκτρισμό».*
- Αξίζει να σχολιαστούν και οι απαντήσεις της κατηγορίας 5, με μεγαλύτερα ποσοστά στα αρχικά ερωτηματολόγια, τα οποία ωστόσο δεν μηδενίζονται μετά από τις διδασκαλίες. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι απαντήσεις των μαθητών σύμφωνα με τις οποίες το ηλεκτρικό φορτίο υπάρχει στα ηλεκτρισμένα σώματα και όχι παντού, ή ακόμη, δημιουργείται κατά την ηλεκτρίση-τριβή. Βλέπουμε δηλαδή ότι οι μαθητές δεν αποδέχονται την ύπαρξη μιας ιδιότητας παρά μόνο όταν αυτή γίνεται αντιληπτή από τις αισθήσεις τους. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής: *«Το ηλεκτρικό φορτίο βρίσκεται στα ηλεκτρισμένα σώματα»* ή κάποιος άλλος: *«Το ηλεκτρικό φορτίο υπάρχει μέσα στο σώμα και μπορούν τα σώματα να το αποκτήσουν με τριβή, επαγωγή κ.ά.».*
- Τέλος, τα υψηλά ποσοστά μαθητών οι οποίοι δεν δίνουν καμία απάντηση στα αρχικά ερωτηματολόγια (ιδιαίτερα του τμήματος ελέγχου), ελαττώνονται αισθητά στα τελικά ερωτηματολόγια όπου φαίνεται ότι οι μαθητές αισθάνονται πιο σίγουροι προκειμένου να διατυπώσουν την άποψή τους.

6.11 Ερώτηση 11

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.11

ΕΡΩΤΗΣΗ 11: Υπάρχουν πολλά είδη ηλεκτρικού φορτίου; Αν ναι, ποια είναι αυτά;					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Δύο είδη φορτίου: θετικό και αρνητικό	15 57,7%	17 65,4%	10 41,7%	16 66,7%
2	Τρία είδη φορτίου	3 11,5%	6 23,1%	4 16,7%	5 20,8%
3	Πολλά είδη φορτίου	3 11,5%	3 11,5%	0 0%	0 0%
4	Ένα είδος φορτίου	1 3,8%	0 0%	2 8,3%	1 4,2%
5	Αταξινόμητες-ασαφείς απαντήσεις	0 0%	0 0%	1 4,2%	0 0%
6	Καμία απάντηση	4 15,4%	0 0%	7 29,2%	2 8,3%
	ΣΥΝΟΛΟ	26	26	24	24

Με βάση τον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα 6.11 μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

- Πρόκειται για μια ερώτηση στην οποία θα περίμενε κανείς μεγαλύτερα ποσοστά ορθών απαντήσεων (κατηγορία 1), ιδιαίτερα μετά από τις διδασκαλίες. Και στα δύο τμήματα (πειραματικό τμήμα και τμήμα ελέγχου) τα ποσοστά των ορθών απαντήσεων είναι παρόμοια (65,4% και 66,7% αντίστοιχα).
- Και στα δύο τμήματα υπάρχει ένα υπολογίσιμο πλήθος μαθητών οι οποίοι θεωρούν ότι υπάρχουν τρία είδη φορτίου τα οποία και προσδιορίζουν ως «θετικό, αρνητικό και ουδέτερο» (κατηγορία 2). Το «ουδέτερο» φαίνεται να μην αντιπροσωπεύει γι' αυτούς την απουσία της συγκεκριμένης ιδιότητας (ηλεκτρικό φορτίο) αλλά μια τρίτη έκφρασή της. Η προαναφερθείσα παρανόηση όχι μόνο δεν εκλείπει μετά από τις διδασκαλίες όπως θα περίμενε κανείς αλλά αντιθέτως ενισχύεται. Αυτό το γεγονός πιθανώς να υποδηλώνει ότι οι μαθητές απαντούν στην συγκεκριμένη ερώτηση μη θεωρώντας το φορτίο σαν μια ιδιότητα της ύλης αλλά σαν μια κατάσταση στην οποία μπορούν να βρεθούν τα σώματα. Και σ' αυτή την περίπτωση θα ήταν χρήσιμο να υπήρχε η δυνατότητα διευκρινήσεων από τη μεριά των μαθητών.

- Στην κατηγορία 3 περιλαμβάνονται οι απαντήσεις των μαθητών στις οποίες υποστηρίζεται ότι «υπάρχουν πολλά είδη φορτίου» χωρίς να δίνονται ως επί το πλείστον άλλες διευκρινήσεις. Συμπεριλαμβάνεται ωστόσο και η απάντηση ενός μαθητή του πειραματικού τμήματος ο οποίος αναφέρει ως είδη ηλεκτρικού φορτίου, στο αρχικό ερωτηματολόγιο: «τη μπαταρία, το μάτι κουζίνας». Βλέπουμε δηλαδή και πάλι το ηλεκτρικό ρεύμα να περιπλέκεται στις απαντήσεις των μαθητών.
- Στην κατηγορία 4 όπου περιλαμβάνονται οι απαντήσεις τριών μαθητών οι οποίοι αναφέρουν «ένα είδος φορτίου». Ο μαθητής του πειραματικού τμήματος δεν δίνει καμιά άλλη διευκρίνιση ενώ οι δύο μαθητές του τμήματος ελέγχου αναφέρουν την μπαταρία ως το μοναδικό είδος φορτίου. Κι εδώ, όπως και στην κατηγορία 3, τα φαινόμενα του δυναμικού ηλεκτρισμού επηρεάζουν τις απόψεις των μαθητών.

6.12 Ερώτηση Α (τελικό ερωτηματολόγιο)

Η ερώτηση αυτή όπως και η Β συμπληρώθηκαν στο τελικό ερωτηματολόγιο με σκοπό να μελετηθούν σε σύγκριση με αντίστοιχα ερωτήματα του Φύλλου Εργασίας 1Α (Παράρτημα Γ) το οποίο περιελάμβανε πειραματικές δραστηριότητες. Όταν οι μαθητές καλούνται να δουλέψουν με το συγκεκριμένο Φύλλο Εργασίας, έχουν ήδη εισαχθεί θεωρητικά στην ενότητα της ηλεκτροστατικής χωρίς να έχει γίνει οσδήποτε καμία αναφορά σε κάποιο μικροσκοπικό μοντέλο. Στην πρώτη δραστηριότητα του Φύλλου Εργασίας 1Α οι μαθητές τοποθετούν απλώς ένα καλαμάκι με τον μεγάλο του άξονα παράλληλα σε έναν τοίχο και το αφήνουν, με σκοπό να παρατηρήσουν ότι δεν υφίσταται καμιά αλληλεπίδραση. Στη δεύτερη δραστηριότητα τρίβουν ένα καλαμάκι με χαρτί κουζίνας και το φέρνουν σε επαφή με τον τοίχο όπου το παρατηρούν να παραμένει «κολλημένο» σ' αυτόν. Ζητείται λοιπόν από τους μαθητές να ερμηνεύσουν το φαινόμενο. Στο τελικό ερωτηματολόγιο (Παράρτημα Β) που δόθηκε στους μαθητές περίπου μια εβδομάδα μετά την ολοκλήρωση των διδασκαλιών στην ενότητα της ηλεκτροστατικής, περιλαμβάνεται αντίστοιχη ερώτηση ερμηνείας όχι του ίδιου ακριβώς φαινομένου αλλά ενός αντίστοιχου κατά το οποίο ένα στυλό μετά από τριβή έλκει μικρά χαρτάκια.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.12

ΕΡΩΤΗΣΗ Α: Πώς εξηγείς το ότι το στυλό μετά από τριβή έλκει μικρά χαρτάκια; (Πριν τη διδασκαλία: Πώς εξηγείς το ότι το καλαμάκι μετά από τριβή «κολλάει» στον τοίχο;)					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Αναφορά στη μετακίνηση αρνητικού φορτίου	0 0%	12 46,2%	0 0%	6 25%
2	Αναφορά σε ηλεκτρική δύναμη-ενέργεια	17 65,4%	9 34,6%	18 75%	9 37,5%
3	Αναφορά σε δύο αντίθετα φορτισμένα σώματα	1 3,8%	1 3,8%	2 8,3%	6 25%
4	Ασαφείς – αταξινόμητες απαντήσεις,	8 30,8%	4 15,4%	4 16,7%	3 12,5%
5	Καμία απάντηση	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΑΘΗΤΩΝ	26	26	24	24

Με βάση τον προηγούμενο συγκεντρωτικό πίνακα 6.12 μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

- Οι απαντήσεις της κατηγορίας 1 δίνονται μόνο μετά από τις διδασκαλίες και μπορούν να θεωρηθούν ικανοποιητικές αφού σ' αυτές οι μαθητές κάνουν σαφή αναφορά στη μεταφορά αρνητικού φορτίου ή ηλεκτρονίων κατά την προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν την ηλεκτρίση σώματος με τριβή. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής: *«Με την τριβή μεταξύ του στυλού και του μάλλινου υφάσματος κάποια από τα αρνητικά φορτία από το ύφασμα περνούν στο στυλό γιατί είναι μονωτής, και έτσι το στυλό είναι αρνητικά φορτισμένο και έλκει τα χαρτιά που έχουν ουδέτερο φορτίο, δηλαδή ίσα θετικά και αρνητικά φορτία.»*. Στη συγκεκριμένη κατηγορία συμπεριλαμβάνεται και η απάντηση ενός μαθητή του πειραματικού τμήματος ο οποίος δίνει μια πιο πλήρη και αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας ως εξής: *«Με την τριβή μεταφέρονται ηλεκτρόνια από το μάλλινο ύφασμα στο στυλό κάνοντάς τον αρνητικά φορτισμένο. Όταν πλησιάζει τα κομματάκια χαρτιού τα ηλεκτρόνια πηγαίνουν στο πίσω μέρος του χαρτιού αφήνοντας μπροστά τα πρωτόνια. Έτσι τα πρωτόνια έλκουν τα ηλεκτρόνια και το αντίθετο.»*. Εκτός από την προαναφερθείσα αρκετά αναλυτική απάντηση του μαθητή του πειραματικού τμήματος όπου γίνεται πλήρης περιγραφή της διαδικασίας της επαγωγής, είναι και γενικότερα μεγαλύτερο το ποσοστό των μαθητών του πειραματικού τμήματος που προβαίνουν σε μια ικανοποιητική ερμηνεία του φαινομένου, έναντι του αντίστοιχου ποσοστού του τμήματος ελέγχου (46,2% και 25% αντίστοιχα).
- Γενική αναφορά στην ηλεκτρική δύναμη ή την ηλεκτρική ενέργεια ή το ηλεκτρικό φορτίο (κατηγορία 2) κάνει ένα επίσης σεβαστό ποσοστό μαθητών, αισθητά μεγαλύτερο πριν από τις διδασκαλίες. Οι απαντήσεις αυτής της κατηγορίας είναι σχετικά ικανοποιητικές αφού πρόκειται για πιο γενικόλογες απαντήσεις, όχι αρκετά αναλυτικές. Παραδείγματα απαντήσεων αυτής της κατηγορίας είναι τα εξής: *«Ο στυλός έλκει μικρά κομματάκια χαρτιού γιατί είναι ηλεκτρισμένος.»* ή *«Μετά την τριβή το καλαμάκι απέκτησε ηλεκτρικές ιδιότητες. Όταν έρχεται σε επαφή με τον τοίχο ασκείται μια δύναμη.»*
- Αξιομνημόνευτο είναι το γεγονός ότι μετά τις διδασκαλίες υπάρχουν μαθητές, και μάλιστα αρκετοί στο τμήμα ελέγχου, που σπεύδουν να ερμηνεύσουν την ηλεκτρική έλξη ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης αντίθετα φορτισμένων σωμάτων (κατηγορία 3). Η σκέψη αυτών των μαθητών φαίνεται να μετακινείται από το

γενικό στο ειδικό εφαρμόζοντας τον κανόνα: «τα ετερόνυμα έλκονται». Οι συγκεκριμένοι μαθητές διατυπώνουν την άποψή τους κάπως συγκεχυμένα αλλά δεν διστάζουν να επιλέξουν μεταξύ μιας λογικής ασυνέπειας και της εξήγησης που πιστεύουν ότι ισχύει στην περίπτωση της έλξης ανάμεσα στο καλαμάκι και στον τοίχο ή στο στυλό και στα χαρτάκια. Παρ' ότι λοιπόν, στην περίπτωση του στυλό για παράδειγμα, μόνο το στυλό τρίβεται στο μάλλινο ύφασμα, ένας μαθητής απαντάει ως εξής: *«Το στυλό και τα χαρτάκια έλκονται επειδή μετά την τριβή αποκτούν το ένα αρνητικό και το άλλο θετικό φορτίο αντίστοιχα.»* Ενώ υπάρχει ένα λογικό χάσμα ως προς το μέσω ποιας τριβής φορτίστηκε το χαρτί, στο τέλος όμως η ύπαρξη δυο αντίθετα φορτισμένων σωμάτων δικαιολογεί άψογα την μεταξύ τους έλξη!

- Στην κατηγορία 4 (Ασαφείς – αταξινόμητες απαντήσεις) συμπεριλαμβάνονται και οι απαντήσεις τριών μαθητών του τμήματος ελέγχου οι οποίοι δικαιολογούν την έλξη με τη βοήθεια της θερμότητας. Αναφέρει για παράδειγμα ένας μαθητής στο τελικό ερωτηματολόγιο: *«...όταν τρίψουμε ένα στυλό σε μάλλινο ύφασμα τότε μπορεί να έλκει μικρά κομματάκια χαρτιού. Αυτό εξηγείται στο ότι η τριβή προκαλεί θερμότητα. Με τη σειρά της η θερμότητα προκαλεί έλξη.»*. Επίσης, συμπεριλαμβάνονται και οι απαντήσεις τριών μαθητών του πειραματικού τμήματος οι οποίοι δικαιολογούν την έλξη με τη βοήθεια του μαγνητισμού π.χ.: *«Με την τριβή δημιουργούνται μαγνητικά κόματα και το καλαμάκι κολλάει στον τοίχο»*.

6.13 Ερώτηση Β (τελικό ερωτηματολόγιο)

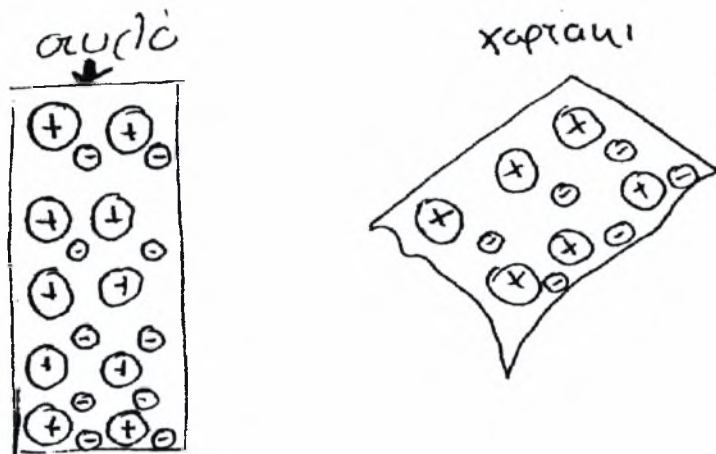
Το ερώτημα Β έχει δύο σκέλη αφού ζητείται από τους μαθητές να σχεδιάσουν δύο σχήματα για να δείξουν τι συμβαίνει στην ύλη του στυλό και του χαρτιού: στο πρώτο να φαίνονται το στυλό και το χαρτάκι πριν τρίψουμε το στυλό με το μάλλινο ύφασμα (Ερώτημα Β1) και στο δεύτερο, να φαίνεται το στυλό και το χαρτάκι αφού τρίψουμε το στυλό με το μάλλινο ύφασμα και το πλησιάσουμε στο χαρτάκι, οπότε έλκονται (Ερώτημα Β2). Και αυτό το ερώτημα θα μελετηθεί σε σύγκριση με αντίστοιχο ερώτημα του Φύλλου Εργασίας 1Α (Παράρτημα Γ). Πιο συγκεκριμένα, στο Φύλλο Εργασίας 1Α, αφού οι μαθητές παρατήρησαν πως ένα καλαμάκι μετά από τριβή «κολλάει» στον τοίχο και έδωσαν την ερμηνεία τους, καλούνται να σχεδιάσουν δύο σχήματα για να δείξουν τι συμβαίνει μέσα στην ύλη τόσο στο καλαμάκι όσο και στον τοίχο. Στο πρώτο σχήμα να φαίνεται το καλαμάκι και ο τοίχος πριν τρίψουν το καλαμάκι με το χαρτί κουζίνας, ενώ στο δεύτερο να φαίνεται το καλαμάκι και ο τοίχος αφού τρίψουν το καλαμάκι με το χαρτί κουζίνας και το πλησιάσουν στον τοίχο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.13.1

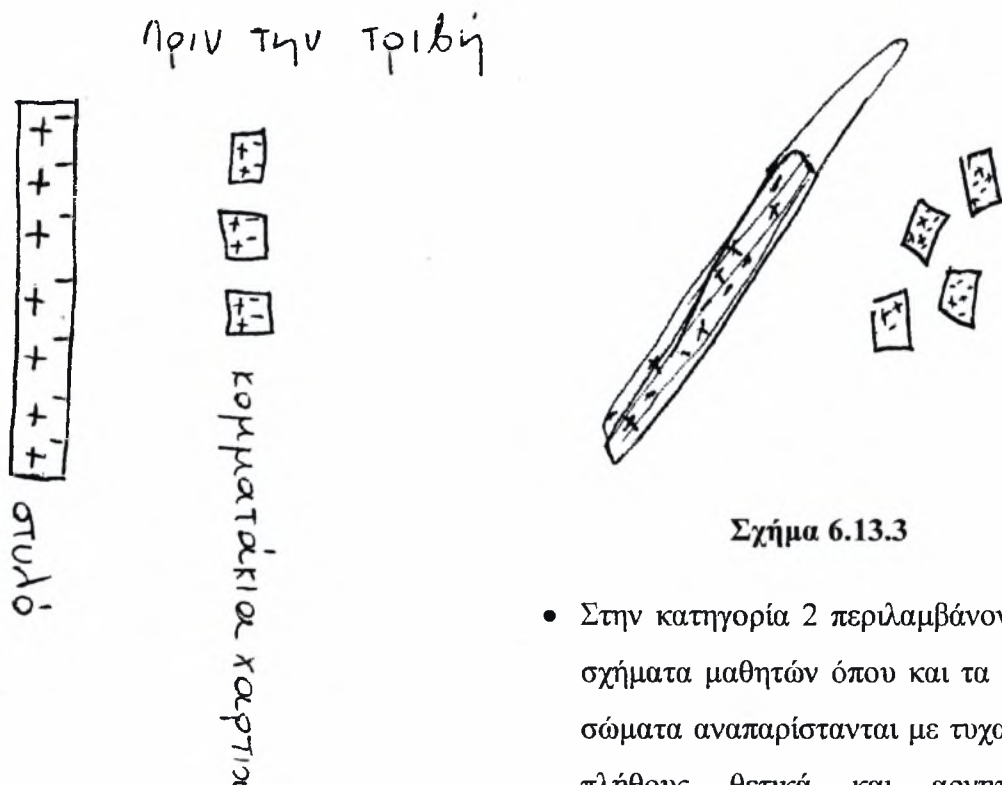
ΕΡΩΤΗΣΗ Β1: Σχήματα για στυλό και χαρτάκι πριν την τριβή. (Πριν τη διδασκαλία: Σχήματα για καλαμάκι και τοίχο πριν την τριβή.)					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Στα δύο σώματα ισοπληθή + και –	3 11,5%	18 69,2%	0 0%	14 58,3%
2	Στα δύο σώματα τυχαίο πλήθος + και –	2 7,7%	2 7,7%	0 0%	2 8,3%
3	Ένα ή δύο σώματα με ένα είδος φορτίου	10 38,5%	1 3,8%	0 0%	2 8,3%
4	Σωματιδιακή αναπαράσταση	5 19,2%	0 0%	2 8,2%	0 0%
5	Το ένα σώμα κενό	4 15,4%	3 11,5%	2 8,3%	0 0%
6	Μακροσκοπικά σχήματα	0 0%	2 7,7%	16 66,7%	5 20,8%
7	Αταξινόμητα – ασαφή σχήματα	2 7,7%	0 0%	0 0%	0 0%
8	Κανένα σχήμα	0 0%	0 0%	4 16,7%	1 4,2%
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΑΘΗΤΩΝ	26	26	24	24

Με βάση τον προηγούμενο συγκεντρωτικό πίνακα 6.13.1 μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

- Στα σχήματα της συγκεκριμένης ερώτησης οι μαθητές καλούνται να αναπαραστήσουν δύο σώματα, ηλεκτρικά ουδέτερα. Ενώ πολύ λίγοι μαθητές χρησιμοποιούν την ορθή αναπαράσταση των ισάριθμων θετικών και αρνητικών φορτίων πριν από τη διδασκαλία, η πλειοψηφία των μαθητών και στα δύο τμήματα (με μικρή υπεροχή του πειραματικού τμήματος) υιοθετεί τη συγκεκριμένη αναπαράσταση κατόπιν (σχήματα 6.13.1 και 6.13.2).



Σχήμα 6.13.1

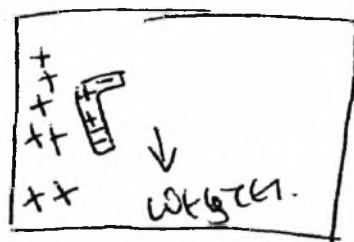


Σχήμα 6.13.2

Σχήμα 6.13.3

- Στην κατηγορία 2 περιλαμβάνονται σχήματα μαθητών όπου και τα δύο σώματα αναπαρίστανται με τυχαίου πλήθους θετικά και αρνητικά φορτία (σχήμα 6.13.3).

- Τα σχήματα της κατηγορίας 3 αφορούν σε αναπαραστάσεις όπου το ένα ή και τα δύο σώματα σχεδιάζονται με ένα είδος φορτίου (σχήματα 6.13.4 και 6.13.5). Οι συγκεκριμένες αναπαραστάσεις παρουσιάζονται κυρίως από μαθητές του πειραματικού τμήματος πριν από τις διδασκαλίες, ενώ στο τμήμα ελέγχου η πλειοψηφία των μαθητών, πριν από τις διδασκαλίες, σχεδιάζει μακροσκοπικά σχήματα. Υπάρχουν ωστόσο και τρεις μαθητές (ένας του πειραματικού τμήματος και δύο του τμήματος ελέγχου) οι οποίοι σημειώνουν ένα είδος φορτίου στο ένα ή και στα δύο σώματα, μετά από τις διδασκαλίες, παρ' ότι αυτά είναι αρχικά ουδέτερα. Το γεγονός αυτό δηλώνει ότι δεν έχουν συνειδητοποιήσει πως η ηλεκτρική ουδετερότητα οφείλεται ακριβώς στην ισαριθμία θετικών και αρνητικών φορτίων και πως η ηλεκτρική ουδετερότητα δεν θα μπορούσε σε καμία περίπτωση να συνδυαστεί με ένα είδος φορτίου.

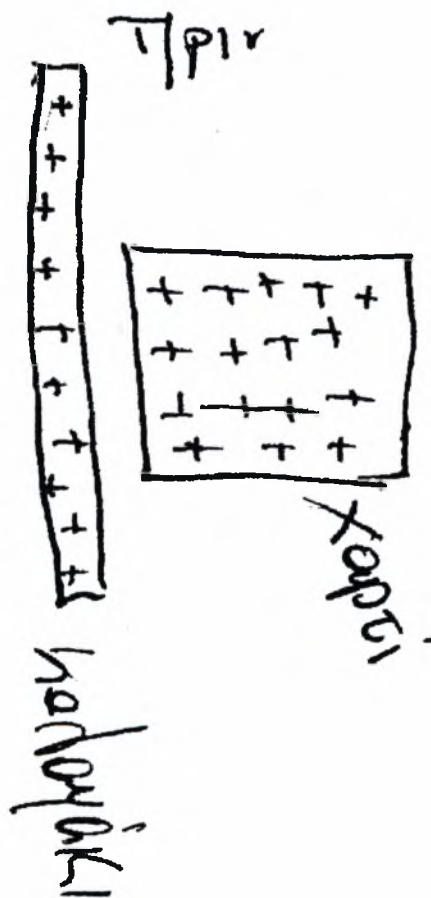


ωστ' εν.

ωστ' εν

Σχήμα 6.13.4

- Απλές σωματιδιακές αναπαραστάσεις (κατηγορία 4) χρησιμοποιούνται από τους μαθητές και σ' αυτό το ερώτημα, αλλά μόνο πριν από τις διδασκαλίες (σχήμα 6.13.6). Όπως έχει ήδη αναφερθεί στα σχόλια του ερωτήματος 5, οι μαθητές ανατρέχουν, έστω και λανθασμένα, σε προηγούμενες γνώσεις για να ερμηνεύσουν ή να αναπαραστήσουν νέες καταστάσεις.

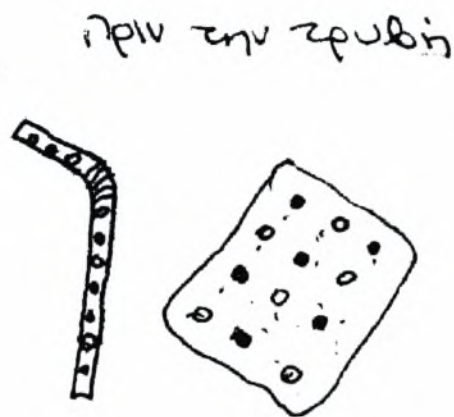


Σχήμα 6.13.5

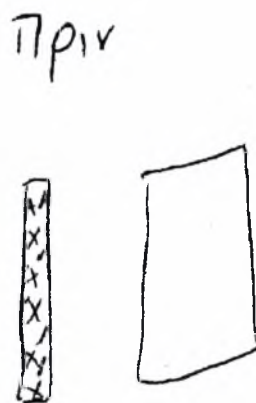
- Στην κατηγορία 5 περιλαμβάνονται σχήματα όπου το ένα σώμα σχεδιάζεται κενό και το άλλο με θετικά και αρνητικά φορτία τυχαίου πλήθους (σχήμα 6.13.7).

- Μακροσκοπικά σχήματα σχεδίασε η πλειοψηφία των μαθητών του τμήματος ελέγχου πριν από τις διδασκαλίες (66,7%), όμως το ποσοστό μειώνεται αισθητά στα τελικά ερωτηματολόγια.

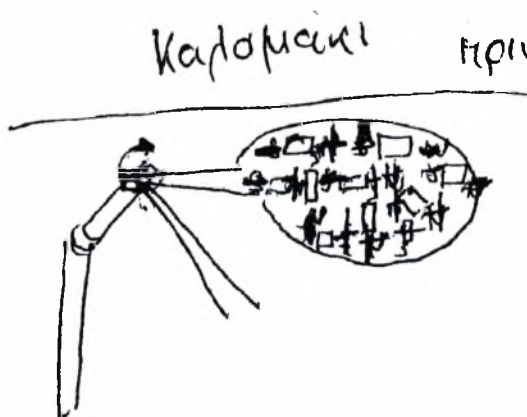
- Στην κατηγορία 7 (αταξινόμητα – ασαφή σχήματα) συμπεριλαμβάνεται και το σχήμα ενός μαθητή ο οποίος σχεδιάζει στο εσωτερικό του σώματος (καλαμάκι) μικρά παραλληλόγραμμα με άτακτο προσανατολισμό, αναπαράσταση που μας θυμίζει τους στοιχειώδεις μαγνήτες της ενότητας του μαγνητισμού (σχήμα 6.13.8). Παρατηρώντας λίγο περισσότερο το σχήμα μπορούμε να διακρίνουμε τα σύμβολα N και S του βόρειου και νότιου πόλου αντίστοιχα τα οποία έχουν στη συνέχεια σβηστεί και έχουν αντικατασταθεί από + και -. Να σημειώσουμε εδώ ότι στο επόμενο σχήμα που το καλαμάκι φορτίζεται, ευθυγραμμίζονται και τα μικρά παραλληλόγραμμα όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.13.9.



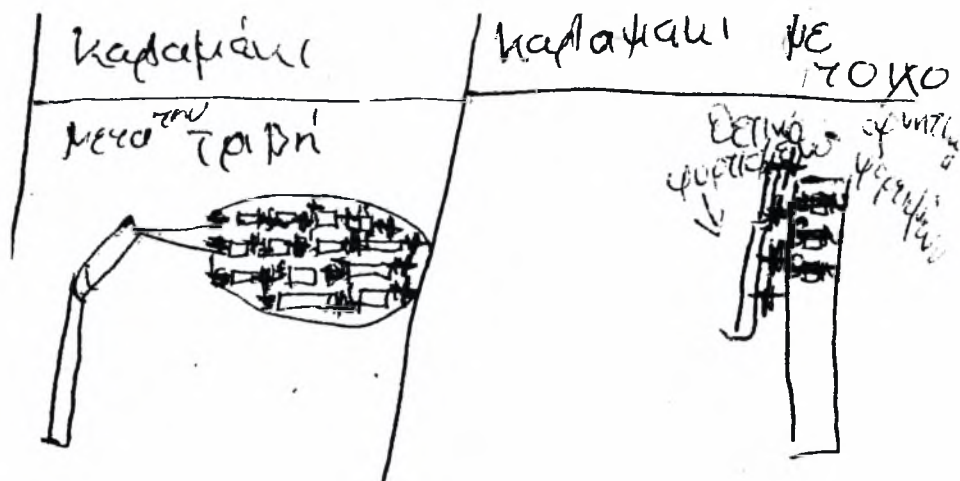
Σχήμα 6.13.6



Σχήμα 6.13.7



Σχήμα 6.13.8



Σχήμα 6.13.9

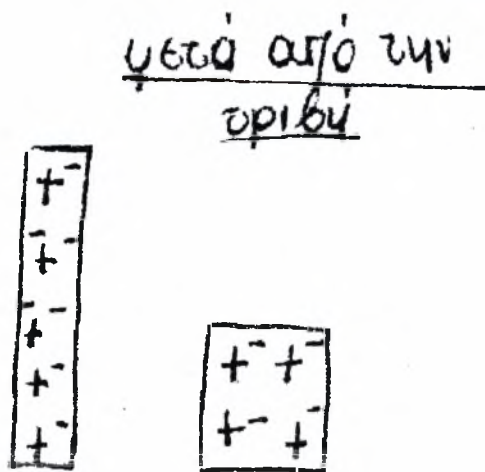
Ακολουθεί ο σχολιασμός του δεύτερου σκέλους της ερώτησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.13.2

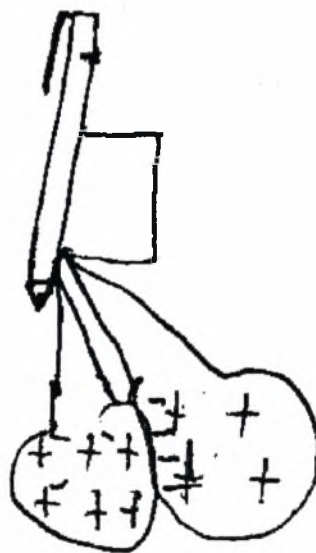
ΕΡΩΤΗΣΗ Β2: Σχήματα για στύλο και χαρτάκι μετά την τριβή. (Πριν τη διδασκαλία: Σχήματα για καλαμάκι και τοίχο μετά την τριβή.)					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Ορθή χρήση των συμβόλων + και -	1 3,8%	15 57,7%	0 0%	3 12,5%
2	Τα δύο σώματα αντίθετα φορτισμένα	14 53,8%	3 11,5%	0 0%	5 20,8%
3	Το φορτισμένο σώμα με ένα είδος φορτίου	2 7,7%	1 3,8%	2 8,3%	5 20,8%
4	Και τα δύο σώματα με ισοπληθή + και -	0 0%	5 19,2%	0 0%	1 4,2%
5	Μακροσκοπικό σχήμα	0 0%	2 7,7%	16 66,7%	6 25%
6	Αταξινόμητα-ασαφή σχήματα	9 34,6%	0 0%	2 8,3%	3 12,5%
7	Κανένα σχήμα	0 0%	0 0%	4 16,7%	1 4,2%
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΑΘΗΤΩΝ	26	26	24	24

Με βάση τον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα 6.13.2 μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα εξής:

- Κατ' αρχάς θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το συγκεκριμένο ερώτημα είναι διαφορετικό από το ερώτημα 5 του ερωτηματολογίου όπου ζητείται η αναπαράσταση ενός ηλεκτρισμένου κι ενός μη ηλεκτρισμένου σώματος (όπως είναι εδώ το στυλό-καλαμάκι και το χαρτάκι-τοίχος). Για τα παιδιά, η προϋπάρχουσα γνώση στο παρόν ερώτημα είναι το είδος της αλληλεπίδρασης των δύο σωμάτων (έλξη) και λαμβάνοντας αυτή υπόψη τους, προσπαθούν να τη «δικαιολογήσουν» μέσα από τα σχήματά τους. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο εμφανίζονται σχήματα όπου τα δύο σώματα παρουσιάζονται αντίθετα φορτισμένα με πλεόνασμα φορτίων ή ακόμη και με ένα είδος φορτίου για το καθένα (κατηγορία 2), καθώς επίσης και με τη μορφή ηλεκτρικών δίπολων (σχήμα 6.13.18) αντίθετα προσανατολισμένων, το ένα σε σχέση με το άλλο (συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία 6: αταξινόμητα – ασαφή σχήματα).
- Η παρούσα ερώτηση διαφέρει επίσης και από την ερώτηση 9 όπου ζητείται από τους μαθητές να κάνουν ένα σχήμα για να δείξουν τι συμβαίνει στην ύλη όταν ένα ηλεκτρισμένο σώμα πλησιάζει ένα μη ηλεκτρισμένο. Και σε εκείνη την περίπτωση οι μαθητές γνώριζαν ότι επρόκειτο για ένα ηλεκτρισμένο κι ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα αλλά δεν γνώριζαν το είδος της αλληλεπίδρασης μεταξύ τους. Αντίθετα, έπρεπε οι ίδιοι οι μαθητές να αποφασίσουν για το είδος της αλληλεπίδρασης (πρόκειται για το ερώτημα 8α) και στη συνέχεια να σχεδιάσουν την αναπαράστασή τους.
- Με την έκφραση «ορθή χρήση των συμβόλων + και -» στην κατηγορία 1 (σχήματα 6.13.10 και 6.13.11) εννοείται

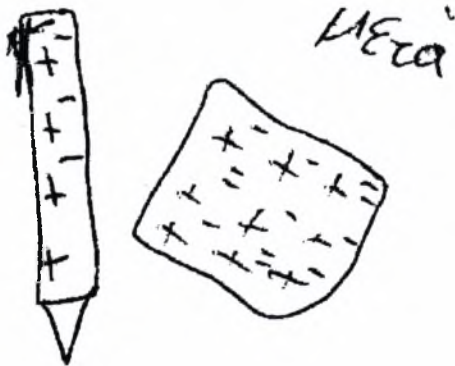


Σχήμα 6.13.11

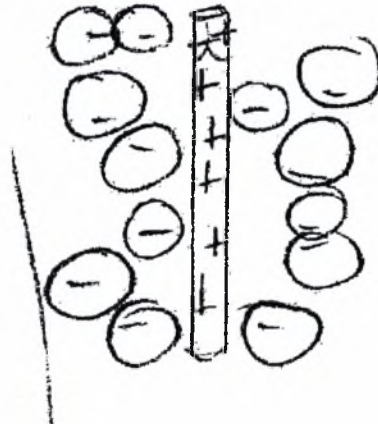


Σχήμα 6.13.10

ότι στο μεν φορτισμένο σώμα (στυλό-καλαμάκι) πλεονάζει ένα είδος φορτίου, στο δε αφόρτιστο σώμα (χαρτάκι-τοίχος) υπάρχουν ισοπληθή θετικά και αρνητικά φορτία (+ και -). Μετά τις διδασκαλίες, ενώ στο πειραματικό τμήμα, η πλειοψηφία των μαθητών κάνει ορθή χρήση των συμβόλων + και - κατά την αναπαράσταση του φορτισμένου (στυλό-καλαμάκι) και του αφόρτιστου (χαρτάκι-τοίχος) σώματος σε ποσοστό 57,7%, το αντίστοιχο ποσοστό στο τμήμα ελέγχου είναι πολύ χαμηλό: 12,5%. Στις τελικές απαντήσεις της κατηγορίας 1, οι 11 από τους 15 μαθητές του πειραματικού τμήματος (42,3%) και οι 2 από του 3 μαθητές του τμήματος ελέγχου (8,3%) κάνουν στα σχήματά τους σαφή αναφορά σε μετακίνηση ηλεκτρικού φορτίου. Από αυτούς μόνο 3 μαθητές του πειραματικού τμήματος υποδεικνύουν μετακίνηση **μόνο** των αρνητικών φορτίων.



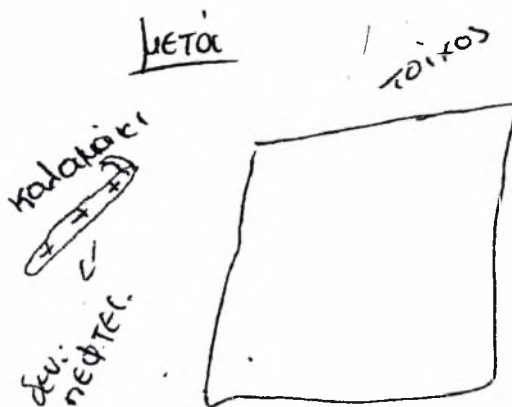
Σχήμα 6.13.12



Σχήμα 6.13.13

- Σώματα αντίθετα φορτισμένα (κατηγορία 2) με πλεόνασμα αντίθετων φορτίων (σχήμα 6.13.12) ή με αντίθετα φορτία ενός είδους (σχήμα 6.13.13) σχεδιάζει η πλειοψηφία των μαθητών του πειραματικού τμήματος πριν από τη διδασκαλία, προς δικαιολόγηση της μεταξύ των σωμάτων έλξης, ενώ αντίθετα οι μαθητές του τμήματος ελέγχου προτιμούν κυρίως τις μακροσκοπικές αναπαραστάσεις (κατηγορία 5). Να σημειωθεί εδώ ότι η αναπαράσταση με πλεόνασμα φορτίων (σχήμα 6.13.12) είναι ορθή όταν πρόκειται για φορτισμένο σώμα, ωστόσο, στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν είναι φορτισμένα και τα δύο σώματα παρά μόνο το καλαμάκι (στυλό) οπότε τα σχήματα αυτής της κατηγορίας κρίνονται μη ικανοποιητικά. Τέλος, να αναφερθεί ότι ακόμη και μετά από τις διδασκαλίες, υπάρχουν μαθητές (3 στο πειραματικό τμήμα και 5 στο τμήμα ελέγχου) οι οποίοι εμμένουν στις λανθασμένες αναπαραστάσεις των αντίθετα φορτισμένων σωμάτων.

- Στην κατηγορία 3 περιλαμβάνονται σχήματα στα οποία το φορτισμένο σώμα αναπαρίσταται λανθασμένα με ένα είδος φορτίου ενώ το αφόρτιστο κενό (σχήμα 6.13.14) ή με θετικά και αρνητικά φορτία (άνισου πλήθους: λανθασμένο, ή ισοπληθή: ορθό). Το σταθερό δηλαδή χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας είναι ο τρόπος αναπαράστασης του φορτισμένου σώματος. Τα θετικό στοιχείο στις συγκεκριμένες απαντήσεις είναι το γεγονός πως οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι το ένα σώμα είναι φορτισμένο (το αναπαριστούν με ένα είδος φορτίου) ενώ το άλλο όχι.



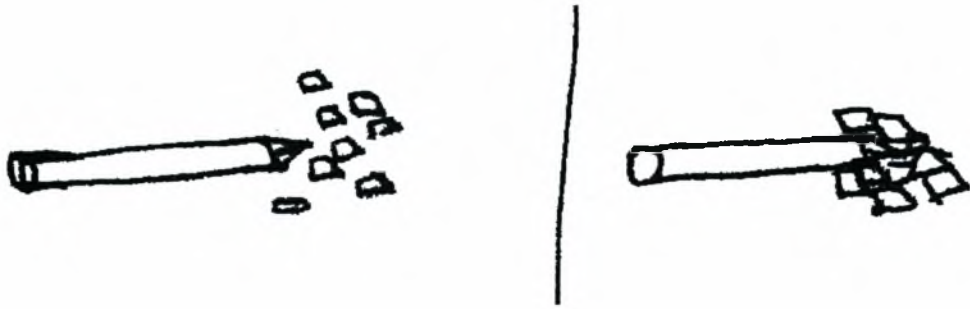
Σχήμα 6.13.14

- Αξίζει να γίνει μια αναφορά στις αναπαραστάσεις με ισοπληθή σύμβολα + και - και για τα δύο σώματα (κατηγορία 4 - σχήμα 6.13.15). Το γεγονός αυτό υποδεικνύει είτε ότι οι μαθητές γνωρίζουν ποιο σώμα είναι ηλεκτρισμένο και ποιο όχι αλλά δεν ξέρουν πώς να το αναπαραστήσουν, είτε ότι δεν έχουν κατανοήσει πως η διαδικασία της τριβής αφήνει ένα σώμα ηλεκτρισμένο (με έλλειμμα δηλαδή, ή περίσσεια ηλεκτρονίων). Θα ήταν πολύ χρήσιμο, στο σημείο αυτό να υπήρχαν κάποιες διευκρινήσεις από τους ίδιους τους μαθητές.



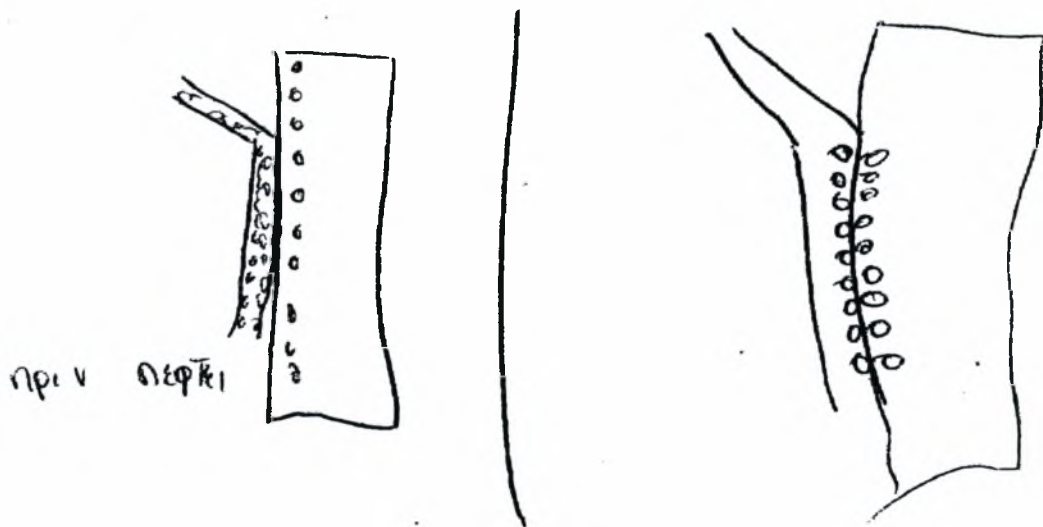
Σχήμα 6.13.15

- Μακροσκοπικά σχήματα (κατηγορία 5 - σχήμα 6.13.16) σχεδιάζουν κατά κύριο λόγο οι μαθητές του τμήματος ελέγχου στα Φύλλα Εργασίας, δηλαδή πριν γίνει οποιαδήποτε αναφορά σε μικροσκοπικό μοντέλο. Ωστόσο και μετά από τις διδασκαλίες αρκετοί μαθητές του τμήματος ελέγχου και λιγότεροι του πειραματικού τμήματος προτιμούν αυτό το είδος αναπαράστασης.

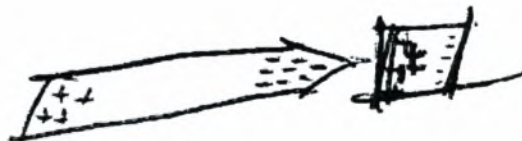


Σχήμα 6.13.16

- Στην κατηγορία 6 (αταξινόμητα-ασαφή σχήματα) συμπεριλαμβάνονται αναπαραστάσεις στις οποίες γίνεται προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο (σχήμα 6.13.17) καθώς και αναπαραστάσεις που παραπέμπουν ισχυρά στην ενότητα του μαγνητισμού, όπως και στο υποερώτημα B1 (βλέπε σχήματα 6.13.8 και 6.13.9). Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην ίδια κατηγορία συμπεριλαμβάνεται και ένα σχήμα όπου τα δύο σώματα



Σχήμα 6.13.17



Σχήμα 6.13.18

αναπαρίστανται με τη μορφή ηλεκτρικών δίπολων αντίθετα προσανατολισμένων το ένα σε σχέση με το άλλο (σχήμα 6.13.18).

- Η σταθερότητα του θετικού πλέγματος κρίθηκε στα σχήματα του συγκεκριμένου υποερωτήματος (B2), σε συσχέτισμό με τα σχήματα του υποερωτήματος B1. Η σταθερότητα του θετικού πλέγματος υφίσταται ως σαφές χαρακτηριστικό σε σχήματα της κατηγορίας 1 καθώς και σε δύο περιπτώσεις αταξινόμητων σχημάτων. Συνολικά, μόνο έξι μαθητές του πειραματικού τμήματος (23,1%), μετά από τις διδασκαλίες, σχεδιάζουν σταθερό θετικό πλέγμα κατά τη μικροσκοπική αναπαράσταση της ύλης.
- Σαφή αναφορά σε μετακίνηση ηλεκτρικού φορτίου γίνεται σε κάποια από τα σχήματα της κατηγορίας 1, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αλλά ωστόσο έχουμε και σε άλλες περιπτώσεις αναφορές σε μεταφορά-μετακίνηση φορτίου, σε σχήματα των κατηγοριών 3 και 6. Η κατανομή των σχημάτων ως προς το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό φαίνεται στον πίνακα 6.13.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.13.3

Ποιο είδος φορτίου υποδεικνύουν οι μαθητές ότι μετακινείται στα σχήματα της ερώτησης B2;					
α/α	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΑΘΗΤΩΝ			
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		πριν	μετά	πριν	μετά
1	Δεν γίνεται χρήση των συμβόλων + και -, μακροσκοπικό σχήμα, κανένα σχήμα	5 19,2%	2 7,7%	22 91,7%	7 29,2%
2	Μετακίνηση-μεταφορά θετικού (+) και αρνητικού (-) φορτίου	0 0%	9 34,6%	0 0%	7 29,2%
3	Μετακίνηση-μεταφορά αρνητικού (-) φορτίου	2 7,7%	4 15,4%	0 0%	0 0%
4	Δεν υποδεικνύεται κανενός είδους μετακίνηση-μεταφορά	19 73,1%	11 42,3%	2 8,3%	10 41,7%
	ΣΥΝΟΛΟ ΜΑΘΗΤΩΝ	26	26	24	24

Σύμφωνα με τον προηγούμενο πίνακα:

- Η πλειοψηφία των μαθητών του πειραματικού τμήματος, στα Φύλλα Εργασίας (πριν από τη διδασκαλία) κάνουν χρήση των συμβόλων + και - αλλά χωρίς να υποδεικνύουν καμία μετακίνηση φορτίου. Η πλειοψηφία των μαθητών του

τιμήματος ελέγχου σχεδιάζουν στα Φύλλα Εργασίας, ως επί το πλείστον, μακροσκοπικά σχήματα.

- Μετά από τις διδασκαλίες, ένα υπολογίσιμο ποσοστό μαθητών του τμήματος ελέγχου (29,2%) εξακολουθεί να μην κάνει χρήση των συμβόλων του θετικού και αρνητικού φορτίου. Αναφορά σε μετακίνηση ηλεκτρικού φορτίου κάνουν 13 μαθητές του πειραματικού τμήματος (50%) και 7 μαθητές του τμήματος ελέγχου (29,2%). Από τους προαναφερθέντες μαθητές μόνο τέσσερις μαθητές του πειραματικού τμήματος υπέδειξαν σαφή μετακίνηση **μόνο** των αρνητικών φορτίων.

6.14 Συζήτηση των αποτελεσμάτων

Για μια μερίδα μαθητών η ηλεκτρισση, το ηλεκτρισμένο σώμα, το ηλεκτρικό φορτίο συνδέονται άμεσα με το ηλεκτρικό ρεύμα. Στην ερώτηση: «πότε ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο;» απαντούν: «όταν συνδέεται με (ή διαρρέεται από) το ηλεκτρικό ρεύμα». Εκτός από την προηγούμενη απάντηση και τη δήλωση ότι οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές είναι ηλεκτρισμένα σώματα, υπάρχουν αρκετές αναφορές σε άλλες δυναμικές εκδηλώσεις του ηλεκτρικού φορτίου όπως οι περιπτώσεις όπου κάποιοι μαθητές αναφέρουν ως παραδείγματα ηλεκτρισμένων σωμάτων «τον κεραυνό» ή «το σύννεφο που φτάνει στη γη και ρίχνει κεραυνό» ή «τα βρεγμένα χέρια που ακουμπάνε στην πρίζα» (ηλεκτροπληξία) ή ακόμη ο μαθητής που ισχυρίζεται πως όταν πλησιάσουν δύο ηλεκτρισμένα σώματα «μια σπίθα θα πεταχτεί». Τα παιδιά έχουν στο μυαλό τους τον ηλεκτρισμό ως μία μάλλον θορυβώδη και επικίνδυνη οντότητα. Εξάλλου, και στην καθημερινή ζωή γίνεται αναφορά στον ηλεκτρισμό με έναυσμα τέτοιου είδους περιστατικά. Έτσι, τα παιδιά, αλλά και πολλοί ενήλικες, δυσκολεύονται πολύ να αντιληφθούν και να δεχτούν ότι όλα τα υλικά σώματα γύρω μας φέρουν τεράστιες ποσότητες ηλεκτρικού φορτίου το οποίο απλώς δεν γίνεται αντιληπτό επειδή εκδηλώνεται σε δύο μορφές που αλληλοεξουδετερώνονται.

Η σύγχυση μεταξύ ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων διαφαίνεται μέσα από αρκετές απαντήσεις των μαθητών. Κάποιος μαθητής για παράδειγμα, χρησιμοποιεί σαν αναπαράσταση ηλεκτρισμένου σώματος την εικόνα ενός μαγνήτη. Εδώ θα πρέπει φυσικά να λάβει κανείς υπόψη του το γεγονός ότι έχει προηγηθεί η διδασκαλία της ενότητας του μαγνητισμού οπότε οι μαθητές έχουν αποκτήσει ένα πλέγμα συμβόλων και εννοιών στα οποία μη μπορώντας ίσως να δώσουν σαφή ερμηνεία τα χρησιμοποιούν και σε άλλες περιστάσεις.

Μία άλλη ομάδα απαντήσεων υποδηλώνει τη σύγχυση μεταξύ ηλεκτρισμένων και θερμών σωμάτων. Κάποιοι μαθητές αναπαριστούν το εσωτερικό του μη ηλεκτρισμένου σώματος με μικρά κυκλάκια ή τελίτσες τα οποία αραιώνουν όταν το σώμα ηλεκτριστεί, ακριβώς όπως στην αναπαράσταση του θερμαινόμενου σώματος όπου μεγαλώνει η απόσταση μεταξύ των μορίων. Κάποια άλλη μαθήτρια αναφέρει ως τρόπους ηλεκτρισής την αγωγή και τα ρεύματα. Ένας λόγος μπορεί να είναι το γεγονός ότι ο ηλεκτρισμός στην καθημερινή μας ζωή (στη δυναμική του μορφή:

ηλεκτρικό ρεύμα) συσχετίζεται με τη θέρμανση των σωμάτων. Η τηλεόραση που είναι αναμμένη πολλή ώρα «καίει», ακόμη και το ρήμα «ανάβω» που χρησιμοποιούμε για να δηλώσουμε ότι θέτουμε μια ηλεκτρική συσκευή σε λειτουργία παραπέμπει σε θέρμανση-καύση. Κατά δεύτερο λόγο τα παιδιά έχουν ήδη διδαχθεί το κεφάλαιο «Θερμότητα» οπότε διαθέτουν ένα πλέγμα εννοιών κι ένα μοντέλο μικροσκοπικής αναπαράστασης της ύλης το οποίο προσαρμόζουν στην περίπτωση της ηλεκτρίσης των σωμάτων, και μάλιστα πολύ πιο εύκολα όταν μέσα στο μυαλό τους συγχέουν την ηλεκτρίση με τη θέρμανση.

Γενικά, όπου ζητείται παράδειγμα φορτισμένου (ηλεκτρισμένου) σώματος ή παράδειγμα φόρτισης σώματος, οι περισσότερες απαντήσεις περιλαμβάνουν τα παραδείγματα που συζητήθηκαν στο πλαίσιο του μαθήματος. Έχει ήδη αναφερθεί ότι τα συγκεκριμένα παραδείγματα προτιμώνται από τους μαθητές ίσως επειδή είναι και εξαιρετικά οικεία σ' αυτούς. Ωστόσο, θα πρέπει ο εκπαιδευτικός να επιδιώκει πάντα την ανακάλυψη-αναφορά ποικίλων παραδειγμάτων από την καθημερινή ζωή γιατί έτσι μόνο η επιστημονική γνώση αποκτά πραγματικό έρεισμα, και δεν συνιστά πληροφορία χρήσιμη μόνο για τις σχολικές εξετάσεις.

Μετά από τις διδασκαλίες, τα παιδιά φαίνεται να έχουν συνειδητοποιήσει την ύπαρξη θετικών και αρνητικών φορτίων στην ύλη αλλά δεν φαίνεται να έχουν συνειδητοποιήσει τη σταθερότητα του θετικού πλέγματος στα στερεά σώματα. Αρκετοί μαθητές, σε κάποια από τις ερωτήσεις ή σε κάποιο σχήμα, κάνουν έμμεση ή άμεση αναφορά σε μετακίνηση θετικών φορτίων αντιμετωπίζοντας με ισοδύναμο τρόπο τα θετικά και τα αρνητικά φορτία, μην αναγνωρίζοντας αυξημένη ευκινησία στα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια. Να υπενθυμιστεί ότι το λογισμικό προσέφερε πολλά στο ζήτημα της μικροσκοπικής αναπαράστασης του στερεού σώματος, αφού μόνο από μαθητές του πειραματικού τμήματος σχεδιάστηκαν μικροσκοπικές αναπαραστάσεις ηλεκτρισμένου σώματος με σταθερό θετικό πλέγμα. Θα πρέπει να σημειωθεί βέβαια ότι από το λογισμικό «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου» δεν γίνεται αναφορά σε αγωγούς και μονωτές, στον τρόπο δηλαδή με τον οποίο μπορούμε να μοντελοποιήσουμε τα δύο είδη στερεών σύμφωνα με το μοντέλο του «υλικού οικοδομήματος». Έτσι, τα παιδιά δυσκολεύονται να διαχωρίσουν την επαφή φορτισμένου σώματος με μονωτή και την επαφή φορτισμένου σώματος με αγωγό. Αναφέρει για παράδειγμα μια μαθήτρια ότι *«αν ένα θετικά φορτισμένο στυλό*

ακουμπήσει σε αρνητικά φορτισμένο χαρτάκι θα έλκει τα αρνητικά φορτία του χαρτιού κι έτσι θα φορτιστεί κι αυτό (το στυλό) αρνητικά». Το παράδειγμα δείχνει ότι το πότε συμβαίνει μετακίνηση ηλεκτρικού φορτίου και πότε αυτή σταματάει είναι κάτι εντελώς ασαφές για τη συγκεκριμένη μαθήτρια αλλά και πολλούς συμμαθητές της.

Η διαδικασία της επαγωγής είναι εξαιρετικά δυσνόητη για την πλειοψηφία των μαθητών. Ακόμη και μετά τη διδασκαλία ένας μαθητής αναφέρει βέβαια την επαγωγή ως τρόπο ηλέκτρισης των σωμάτων όπου όμως ισχυρίζεται ότι συμβαίνει μεταφορά ηλεκτρικού φορτίου από το φορτισμένο προς το αφόρτιστο σώμα. Είναι φανερό ότι η ηλέκτριση με επαγωγή και με επαφή δεν έχουν διαφοροποιηθεί στο μυαλό του συγκεκριμένου μαθητή. Να υπενθυμίσουμε ότι εσωτερική μετακίνηση ηλεκτρικών φορτίων σε ουδέτερο σώμα λόγω της προσέγγισης ενός ηλεκτρισμένου σώματος, υποδεικνύεται από δύο μόνο μαθητές σε σχήματα της ερώτησης 9 (Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν ένα ηλεκτρισμένο σώμα πλησιάζει ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα.). Και σ' αυτές τις περιπτώσεις ωστόσο δεν διατηρείται σαφώς η σταθερότητα του θετικού πλέγματος.

Σε κάποιες περιπτώσεις εξάλλου διακρίνεται η παράλληλη συμπίεση σχολικής και πρότερης γνώσης. Ένας μαθητής, για παράδειγμα, ενώ ισχυρίζεται στη δεύτερη ερώτηση ότι *«ηλεκτρισμένα σώματα είναι οι πρίζες και όλα τα άλλα σώματα που περιέχουν ρεύμα»*, στη συνέχεια όταν του ζητείται ένα παράδειγμα ηλέκτρισης σώματος αναφέρει το καλαμάκι που τρίβεται με χαρτί και κολλάει στον τοίχο επειδή είναι ηλεκτρισμένο. Αυτή η ασυνέπεια που εμφανίζουν οι ισχυρισμοί αρκετών μαθητών δεν φαίνεται να τους ενοχλεί και μία πιθανή εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι το ότι συχνά οι μαθητές δεν συνδέουν τη σχολική γνώση με τον πραγματικό κόσμο παρά την περιφρουρούν σε ένα ξεχωριστό τμήμα του εγκεφάλου τους για να τη χρησιμοποιήσουν μόνο μέσα στο σχολικό πλαίσιο.

Ακόμη και μετά τις διδασκαλίες πολλά παιδιά φαίνεται να ταυτίζουν την ύπαρξη ηλεκτρικών φορτίων ή/και ηλεκτρονίων με το ηλεκτρισμένο σώμα. Δεν έχουν αποδεχτεί δηλαδή το γεγονός ότι το ηλεκτρικό φορτίο προϋπάρχει στα σώματα αλλά οι δύο καταστάσεις του βρίσκονται σε ίσες ποσότητες κι έτσι αλληλοεξουδετερώνονται. Οι δε διαδικασίες ηλέκτρισης είναι διαδικασίες κατά τις οποίες καταστρέφεται ακριβώς αυτή η ισαριθμία θετικών και αρνητικών φορτίων.

Ένας μαθητής λέει χαρακτηριστικά, στην προσπάθειά του να ερμηνεύσει το γεγονός ότι το στυλό έλκει μικρά χαρτάκια μετά την τριβή του με μάλλινο ύφασμα: «Στο μάλλινο ύφασμα υπάρχουν ηλεκτρόνια δηλαδή είναι ηλεκτρικά φορτισμένο. Με την τριβή τα ηλεκτρόνια μετακινούνται στο στυλό και ο στυλός ηλεκτρίζεται. Έτσι μπορεί και έλκει μικρά χαρτάκια». Για τον συγκεκριμένο μαθητή δηλαδή, φαίνεται να είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός ηλεκτρισμένου σώματος αρχικά, από το οποίο να μετακινείται φορτίο προς το μη ηλεκτρισμένο και έτσι να ηλεκτρίζεται και αυτό. Ο μαθητής αυτός δεν φαίνεται να αποδέχεται ή να μπορεί να ερμηνεύσει το γεγονός ότι από δύο μη ηλεκτρισμένα σώματα προκύπτουν δύο ηλεκτρισμένα μετά από την μεταξύ τους τριβή.

Ένα άλλο θέμα που φαίνεται να χρειάζεται πολλή συζήτηση είναι το ζήτημα της γλώσσας στις Φυσικές Επιστήμες. Όπως αναφέρει ο Κόκκοτας (1998, σελ.74): *«Η χρήση του επιστημονικού λεξιλογίου από τους μαθητές είναι ένα δύσκολο θέμα που σε γενικές γραμμές προσδιορίζει την κατανόηση και την πρόοδό τους στις Φυσικές Επιστήμες»*. Ένας μαθητής είναι πιθανό να προσπαθήσει να αναφέρει ένα αντικείμενο, ένα φαινόμενο ή μια διαδικασία χωρίς να γνωρίζει τον κατάλληλο όρο ή να χρησιμοποιεί κάποιον όρο με λανθασμένη ή περιορισμένη σημασία. Οι γλωσσικές παρανοήσεις μπορεί να οφείλονται σε διάφορες αιτίες όπως: η ύπαρξη λέξεων με πολλαπλή σημασία, η οικονομία των λέξεων, η μη σωστή χρήση ουσιαστικών και ρημάτων και κυρίως ο μη σαφής προσδιορισμός του πλαισίου αναφοράς (context) στο οποίο χρησιμοποιείται κάθε φορά μια λέξη (Κόκκοτας, 1998). Ας αναφερθούν ως παράδειγμα οι απαντήσεις ενός μαθητή σχετικά με το τι συμβαίνει όταν πλησιάσουν δυο ηλεκτρισμένα σώματα ή όταν πλησιάσει ένα ηλεκτρισμένο σώμα σε ένα μη ηλεκτρισμένο (ερωτήσεις 6 και 8). Ισχυρίζεται λοιπόν ο συγκεκριμένος μαθητής ότι *«όταν πλησιάσουμε δύο ηλεκτρισμένα σώματα τότε απωθούνται επειδή τα ομώνυμα απωθούνται»* ενώ *«όταν πλησιάσουμε ένα ηλεκτρισμένο σώμα σε ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα τότε αυτά έλκονται επειδή και τα ετερόνυμα έλκονται»*. Από τις προαναφερθείσες απαντήσεις φαίνεται ότι οι όροι ομώνυμα και ετερόνυμα δεν δηλώνουν σώματα με όμοιο και αντίθετο φορτίο αντίστοιχα αλλά δηλώνουν σώματα που είναι και τα δύο ηλεκτρισμένα (ομώνυμα) ή το ένα ηλεκτρισμένο και το άλλο όχι (ετερόνυμα). Η σαφής ερμηνεία των καθαρά επιστημονικών όρων (όπως είναι στην προκειμένη περίπτωση οι όροι «ομώνυμα» και «ετερόνυμα») αλλά πολύ περισσότερο

των όρων που τυγχάνουν και λέξεις της καθομιλουμένης, φαίνεται ότι πρέπει να απασχολεί πολύ έντονα τον δάσκαλο των Φυσικών Επιστημών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να αναδειχθεί η αναγκαιότητα μιας δόκιμης παρουσίασης κατάλληλου μικροσκοπικού μοντέλου ώστε να μπορούν οι μαθητές να ερμηνεύουν τους τρόπους ηλέκτρισης των σωμάτων. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε το «μοντέλο του υλικού οικοδομήματος» όπως περιγράφεται από την Σταυρίδου (1995), (δες ενότητα 3.3), και μάλιστα όπως παρουσιάζεται από το λογισμικό «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου» (δες ενότητα 5.2). Λαμβάνοντας υπόψη τις εναλλακτικές απόψεις των μαθητών όπως αυτές παρουσιάζονται από τη διεθνή βιβλιογραφία, σχεδιάστηκε μια διδακτική παρέμβαση διάρκειας δύο διδακτικών ωρών η οποία αφορούσε στη διδασκαλία των τρόπων ηλέκτρισης των σωμάτων και της ερμηνείας αυτών, με τη χρήση του προαναφερθέντος λογισμικού. Εκτός από το πειραματικό τμήμα στο οποίο έγινε η διδακτική παρέμβαση υπήρξε και ένα τμήμα ελέγχου στο οποίο διδάχθηκε η αντίστοιχη ενότητα όπως αυτή παρουσιάζεται από το σχολικό εγχειρίδιο. Οι μαθητές και των δύο τμημάτων συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο πριν και ένα ερωτηματολόγιο μετά από τις διδασκαλίες (δες ενότητες 5.1 και 5.3) ώστε να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης.

Κατ' αρχήν, αναφορικά με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, επιβεβαιώθηκαν αρκετές από τις αναφορές της διεθνούς βιβλιογραφίας ενώ φαίνεται ότι προέκυψαν και κάποια νέα ευρήματα. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα δεδομένα της έρευνας υπάρχουν μαθητές οι οποίοι:

- συγχέουν τα ηλεκτροστατικά με τα μαγνητικά φαινόμενα και παρουσιάζουν σαν παραδείγματα ηλεκτρισμένων σωμάτων τους μαγνήτες (Guisasola et al., 2004· Σέρογλου, 2000),
- θεωρούν ότι το ηλεκτρικό φορτίο υπάρχει μόνο στα ηλεκτρισμένα σώματα, καθώς και ότι δημιουργείται κατά την ηλέκτριση-τριβή (Furio et al., 2004),
- δεν λαμβάνουν καθόλου υπόψη το φαινόμενο της ηλεκτρικής επαγωγής ή όταν αναφέρονται σ' αυτό δυσκολεύονται να το ερμηνεύσουν (Furio et al., 2004).

Ως προς τις αναπαραστάσεις ηλεκτρισμένου και μη ηλεκτρισμένου σώματος, σε αλληλεπίδραση ή όχι, υπάρχουν μαθητές οι οποίοι:

- σχεδιάζουν ίσο αριθμό θετικών και αρνητικών φορτίων στο ηλεκτρισμένο σώμα (Σταυρίδου, 1995),
- αναπαριστούν το φορτισμένο σώμα με ένα είδος φορτίου (Σταυρίδου, 1995),
- αναπαριστούν δύο ηλεκτρισμένα σώματα ή ένα ηλεκτρισμένο κι ένα μη ηλεκτρισμένο με τη μορφή ηλεκτρικών δίπολων, προς δικαιολόγηση της μεταξύ τους έλξης (Σταυρίδου, 1995).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί όμως, φαίνεται ότι υπάρχουν και κάποια νέα ευρήματα. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα δεδομένα της έρευνας υπάρχουν μαθητές οι οποίοι:

- συσχετίζουν με λανθασμένο τρόπο φαινόμενα της ηλεκτροστατικής με το ηλεκτρικό ρεύμα, όπως π.χ. θεωρούν ότι ηλεκτρισμένο σώμα είναι αυτό που συνδέεται με (ή διαρρέεται από) ηλεκτρικό ρεύμα, ταυτίζουν το ηλεκτρισμένο σώμα είτε με ηλεκτρικές συσκευές, είτε με στοιχεία του ηλεκτρικού δικτύου και περιγράφουν ως διαδικασία ηλέκτρισης τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ένα σώμα,
- με τον όρο ηλεκτρισμένα σώματα εννοούν τους καλούς αγωγούς του ηλεκτρισμού,
- συγχέουν τη διαδικασία της ηλέκτρισης με αυτή της θέρμανσης και σ' αυτό ίσως συντελεί και η τριβή ως διαδικασία ηλέκτρισης,
- ταυτίζουν, το ηλεκτρικό φορτίο με τα σωματίδια φορείς του (πρωτόνια και ηλεκτρόνια), είτε με πλήθος σωματιδίων,
- ταυτίζουν το ηλεκτρικό φορτίο με τις μπαταρίες,
- τοποθετούν το ηλεκτρικό φορτίο στον πυρήνα του ατόμου,
- θεωρούν ότι υπάρχουν τρία είδη φορτίου τα οποία και προσδιορίζουν ως θετικό, αρνητικό και ουδέτερο, οπότε το «ουδέτερο» δεν αντιπροσωπεύει γι' αυτούς την απουσία της συγκεκριμένης ιδιότητας (ηλεκτρικό φορτίο) αλλά μια τρίτη έκφρασή της.

Επίσης, στις αναπαραστάσεις ηλεκτρισμένου και μη ηλεκτρισμένου σώματος που σχεδιάζουν τα παιδιά, παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν μαθητές οι οποίοι:

- σημειώνουν άνισο πλήθος θετικών και αρνητικών φορτίων για το μη ηλεκτρισμένο σώμα,
- αναπαριστούν το μη ηλεκτρισμένο σώμα κενό,
- αναπαριστούν και το ηλεκτρισμένο και το μη ηλεκτρισμένο σώμα με ισοπληθή θετικά και αρνητικά φορτία αλλά στο ηλεκτρισμένο τοποθετούν περισσότερα

φορτία από το κάθε είδος, υποδηλώνοντας ότι το «μεγάλο» πλήθος φορτίων, κι όχι το πλεόνασμα ενός είδους, μετατρέπει το σώμα από αφόρτιστο σε φορτισμένο.

Η ερμηνεία των τρόπων ηλέκτρισης με αναφορά στη μικροσκοπική δομή της ύλης που συνιστά και τον κύριο άξονα της παρούσας εργασίας φαίνεται να είναι αρκετά σύνθετη γνώση η οποία πρέπει να υποστηρίζεται από κατάλληλο μικροσκοπικό μοντέλο. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, και στο έκτο κεφάλαιο, κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της έρευνας, φαίνεται ότι το μικροσκοπικό μοντέλο που παρουσιάζει το σχολικό εγχειρίδιο (με λέξεις και εικόνες) δεν επαρκεί για τη δημιουργία λειτουργικών αναπαραστάσεων στη σκέψη των μαθητών. Αντίθετα, το μοντέλο του υλικού οικοδομήματος όπως αυτό παρουσιάζεται από το λογισμικό «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου» φαίνεται να υποστηρίζει σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό τη δημιουργία των κατάλληλων αναπαραστάσεων της εσωτερικής δομής της ύλης, ώστε αυτοί να μπορούν να ερμηνεύουν σε ικανοποιητικό επίπεδο και τις διαδικασίες της ηλέκτρισης.

Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να αποδεχθούν και να χρησιμοποιήσουν στις ερμηνείες τους, κυρίως: α) τη σταθερότητα της θέσης των θετικά φορτισμένων σωματιδίων (σταθερότητα του θετικού πλέγματος) και β) την κινητικότητα των αρνητικά φορτισμένων σωματιδίων, χαρακτηριστικά των στερεών σωμάτων και τα δύο. Η χρήση του λογισμικού «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου» πλεονεκτεί έναντι του σχολικού εγχειριδίου στην παρουσίαση των δύο παραπάνω προτάσεων καθώς στις σελίδες του λογισμικού εμφανίζεται: α) μικροσκοπική αναπαράσταση ουδέτερου και φορτισμένου (θετικά και αρνητικά) σώματος και β) μικροσκοπική αναπαράσταση της συμπεριφοράς των φορτισμένων σωματιδίων στο εσωτερικό των σωμάτων κατά τις διαδικασίες ηλέκτρισης (τριβή, επαγωγή και επαφή) σε video animation.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της έρευνας οι επιδόσεις του πειραματικού τμήματος σε ερωτήσεις ερμηνείας τρόπων ηλέκτρισης (ερώτηση 4), σε ερωτήσεις περιγραφής αλληλεπιδράσεων (ερωτήσεις 6, 8 και Α) και σε ερωτήματα αναπαράστασης ηλεκτρισμένου και μη ηλεκτρισμένου σώματος σε αλληλεπίδραση ή όχι (ερωτήσεις 5, 7, 9 και Β) είναι αισθητά υψηλότερες σε σχέση με αυτές του τμήματος ελέγχου. Ωστόσο, υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης των μαθητικών επιδόσεων και για τον σκοπό αυτόν φαίνεται να είναι απαραίτητος επιπλέον χρόνος, τουλάχιστον άλλη μία διδακτική ώρα, ώστε οι μαθητές να έχουν την ευκαιρία να

παρουσιάσουν την άποψή τους και να τη συζητήσουν στο σύνολο της τάξης. Η συγκεκριμένη παρατήρηση αφορά σε δύο ερωτήματα των Φύλλων Εργασίας 1B και 2B (εργασία με το λογισμικό) όπου ζητούνται από τους μαθητές μικροσκοπικές σχηματικές αναπαραστάσεις σωμάτων κατά τις διαδικασίες ηλέκτρισης, καθώς και μία ερώτηση σωστού-λάθους στο τέλος του Φύλλου Εργασίας 2B.

Η χρήση κατάλληλου λογισμικού, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου επιζητείται η αισθητοποίηση ενός φαινομένου του οποίου δεν μπορούμε να έχουμε την άμεση εποπτεία, φαίνεται να έχει εξαιρετική σημασία για τη μάθηση αφού γίνεται δυνατό να προσφερθούν στους μαθητές οι λεγόμενες πολλαπλές αναπαραστάσεις για καλύτερη εμπέδωση της σχετικής γνώσης (Κολιάδης, 2002). Το εποικοδομητικού τύπου λογισμικό «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου», φάνηκε να υποστηρίζει αρκετά τη διαδικασία της μάθησης και μάλιστα σε ένα πεδίο αρκετά δύσκολο όπως η δημιουργία κατάλληλων μικροσκοπικών αναπαραστάσεων της ύλης προς ερμηνεία ηλεκτροστατικών φαινομένων. Ωστόσο δεν θα πρέπει να αγνοούμε την κοινωνική διάσταση της γνώσης και οι μαθητές φαίνεται να χρειάζονται περισσότερα περιθώρια ανταλλαγής και διαπραγμάτευσης των απόψεών τους. Το προαναφερθέν αίτημα θα μπορούσε να διερευνηθεί σε μια μελλοντική έρευνα. Βέβαια, η ενότητα της ηλεκτροστατικής γενικότερα, όπου οι ερμηνείες τοποθετούνται σε μικροσκοπικό επίπεδο παρέχει πολλά περιθώρια διερεύνησης των απόψεων των μαθητών, και των τρόπων με τους οποίους αυτοί αντιλαμβάνονται όρους, φαινόμενα, διαδικασίες και μοντέλα. Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της έρευνας επισημάνθηκε πολλές φορές η ανάγκη για περισσότερες διευκρινήσεις από την πλευρά των μαθητών. Φαίνεται, για παράδειγμα, ότι μια διεύρυνση της παρούσας έρευνας με πραγματοποίηση συνεντεύξεων με τους μαθητές θα πρόσφερε πολύ και ενδιαφέρον νέο υλικό προς μελέτη και επεξεργασία.

Επίσης, φαίνεται να υπάρχουν περιθώρια επεξεργασίας και του ίδιου του μοντέλου του υλικού οικοδομήματος ώστε να μπορεί να περιγράψει ακριβέστερα και τις διαφορές μεταξύ αγωγών και μονωτών. Η διαφοροποίηση της συμπεριφοράς μεταξύ των σωμάτων των δύο ομάδων έχει ουσιαστική σημασία για πολλά φαινόμενα της ηλεκτροστατικής και πολύ περισσότερο για τα φαινόμενα του δυναμικού ηλεκτρισμού τα οποία συνήθως διδάσκονται στη συνέχεια.

Τέλος, μέσα από το σύνολο των απαντήσεων αναδεικνύονται δύο επιμέρους ζητήματα-προβλήματα της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Αρκετοί ερευνητές έχουν εντοπίσει το γεγονός ότι **η πραγματοποίηση ενός πειράματος δεν οδηγεί απαραίτητα τον μαθητή στο αναμενόμενο συμπέρασμα** (Κουμαράς, 1989· Cartwright, 1989). Συχνά οι μαθητές «βλέπουν» πράγματα που ο εκπαιδευτικός ή ο ειδικός ή ο γνωρίζων γενικότερα δεν θα φαντάζονταν ποτέ, ακριβώς επειδή τον εμποδίζει η προϋπάρχουσα γνώση του. Το ζήτημα της γλώσσας φαίνεται επίσης ότι είναι πολύ σημαντικό. Η ορολογία των Φυσικών Επιστημών συνδυασμένη με τον καθημερινό λόγο δημιουργεί πολλές φορές ένα συνοθύλευμα λέξεων με αμφίβολη σημασία. Οι μαθητές συχνά δεν έχουν κατανοήσει το γεγονός ότι στο πλαίσιο της Επιστήμης οι λέξεις έχουν πιο αυστηρά προσδιορισμένη ερμηνεία (Κόκκοτας, 1998) και όχι σε κάθε περίπτωση την ίδια που έχουν και στην καθομιλούμενη γλώσσα. Ο εκπαιδευτικός λουπόν, βρισκόμενος σε συνεχή επαφή με τους μαθητές του θα πρέπει να ελέγχει και τα συμπεράσματα στα οποία αυτοί καταλήγουν και τη γλώσσα με την οποία τα εκφράζουν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγγλόφωνη

- Appleton, K. (1995). Student teacher's confidence to teach science: is more science knowledge necessary to improve self-confidence. *International Journal of Science Education*, 17(3), 357-369
- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Reinhart and Winston
- Binnie, A. (2001). Using the History of Electricity and Magnetism to Enhance Teaching. *Science and Education*, v10, pp.379-389
- Borges, A. & Gilbert, J. (1998). Models of magnetism. *International Journal of Science Education*, v20, n3, pp.361-378
- Brown, J.S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32-43
- Bruner, J. (1960). *The process of education*. New York: Vintage
- Campanario, J. (2002). The parallelism between scientists' and students' resistance to new scientific ideas. *International Journal of Science Education*, v24, n10, pp.1095-1110
- Cartwright, N. (1989). *Nature's Capacities and Measurements*. Oxford, Clarendon Press.
- Doise, W., Mugny, G. (1984). *The Social Development of the Intellect*. Oxford, Pergamon Press.
- Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: a constructivist view. *School Science Review*, 67, 443-456
- Driver, R., Guesne, E., & Timberghien, A. (Eds) (1993). Οι ιδέες των παιδιών στη Φυσική. Μετάφ. Κρητικός Θ., Σπηλιωτοπούλου-Παπαντωνίου Β., Σταυρόπουλος Α. ΕΝΩΣΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ, ΤΡΟΧΑΛΙΑ
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 12, 105-122
- Duit, R., & Treagust, D. (1998). Learning in science: from behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. J. Fraser and K. G. Tobin (Eds)

- International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp.3-25
- Furio, C., Guisasola, J., Almudi, J. & Ceberio, M. (2003). Learning the Electric Field Concept as Oriented Research Activity. *Science Education*, v87, pp.640-662
- Furio, C., Guisasola, J. & Almudi, J. (2004). Elementary Electrostatic Phenomena: Historical Hindrances and Students' Difficulties. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v4, n3, pp.291-313
- Gil-Perez, D., Guisasola, J., Moreno, A., Cachapuz, A., Pessoa de Carvalho, A., Martinez Torregrossa, J., Salinas, J., Valdes, P., Gonzalez, E., Gene Duch, A., Dumas-Carre, A., Tricarico, H. & Gallego, R. (2002). Defending Constructivism in Science Education. *Science & Education*, v11, pp.557-571
- Guisasola, J., Almudi, J. & Zubimendi, J. (2004). Difficulties in Learning the Introductory Magnetic Field Theory in the First Years of University. *Science Education*, v88, pp.443-464
- Guruswamy, C., Somers, M. & Hussey, R. (1997). Students' understanding of the transfer of charge between conductors. *Physics Education* (32) 2, pp91-96
- Haertel, H. (1993). New Approach to Introduce Basic Concepts in Electricity. In M. Caillot (ed.) *Learning Electricity and Electronics with Advanced Educational Technology*. Germany: NATO ASI Series
- Heering, P. (2000). Getting Shocks: Teaching Secondary School Physics Through History. *Science and Education*, v9, pp.363-373
- Jimenez Gomez, E. & Fernandez Duran, E. (1998). Didactic Problems in the Concept of Electric Potential Difference and an Analysis of its Philogenesis. *Science and Education*, v7, pp129-141
- Kipnis, N. (1998). A history of science approach to the nature of science: learning science by rediscovering it. In W. F. McComas (Ed) *The Nature of Science Education Rationales and Strategies*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp.177-196
- Lazarowitz, R. & Hertz-Lazariwitz, R. (1998). Cooperative learning in the science curriculum. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (eds) *International Handbook of Science Education*. G.B.: Kluwer Academic Publishers, pp.449-469

- Park, J., Kim, I., Kim, M. & Lee, M. (2001). Analysis of students' processes of confirmation and falsification of their prior ideas about electrostatics. *International Journal of Science Education*, v23, n12, pp.1219-1236
- Perkins, D. & Grotzer, T. (2000). Models and Moves: Focusing on Dimensions of Causal Complexity to Achieve Deeper Scientific Understanding. (Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, USA)
- Roth, W.-M. (1995). Authentic school science: knowing and learning in open inquiry laboratories. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers
- Scott, P. (1998). Teacher talk and meaning making in science classrooms: a Vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*, 32, 45-80
- Segré, E. (1997) *Ιστορία της Φυσικής*. (Μετάφ. Μεργιά Κ., Δανέζης Μ., Θεοδοσίου Σ.) Αθήνα: Διάυλος
- Seroglou, F., Koumaras, P. & Tselfes, V. (1998). History of Science and Instructional Design: The Case of Electromagnetism. *Science and Education*, v7, pp.261-280
- Shayer, M., & Adey, P. (1981). Towards a science for science teaching. Cognitive development and curriculum demand. London: Heinemann
- Sherwood, B. & Chabay, R. (1993). Electrical Interactions and the Atomic Structure of Matter: Adding Qualitative Reasoning to a Calculus Based Electricity and Magnetism Course. In M. Caillot (ed.) *Learning Electricity and Electronics with Advanced Educational Technology*. Germany: NATO ASI Series
- Shuell, T. (1987). Cognitive Psychology and Conceptual Change: Implication for Teaching Science. *Science Education*, 71
- Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82
- Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19
- Tobin, K. (1998). Issues and trends in the teaching of science. In B. J. Fraser and K. G. Tobin (Eds) *International Handbook of Science Education*. G.B.: Kluwer Academic Publishers, pp.129-151
- Tselfes, V. (1991). Teaching of Science in Compulsory Education – History of Science: What Possible Relation? (Paper presented in the Symposium:

The Educational Development of the History of Science, Thessaloniki, August 27-30, 1991)

- Viennot, L. & Rainson, S. (1999). Design and evaluation of a research-based teaching sequence: the superposition of electric field. *International Journal of Science Education*, v21, n1, pp.1-16
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Welzel, M. (1998). The emergence of complex cognition during a unit on static electricity. *International Journal of Science Education*, v20, n9, pp.1107-1118

Ελληνόφωνη

- Αντωνίου, Ν., Βαλαδάκης, Α., Δημητριάδης, Π., Παπαμιχάλης, Κ. & Παπατσιμίπα, Α. (2000). *ΦΥΣΙΚΗ β' γυμνασίου*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων
- Arons, A. (1992). *Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής*. (Μετάφ. Α. Βαλαδάκης) Αθήνα: Τροχαλία
- Βλάχος, Ι. (2004). *Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες – Η πρόταση της Εποικοδόμησης*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη
- Βυγκότσκι, Λ. (1988/1934). *Σκέψη και γλώσσα*. Μετάφραση: Ρόδη Αντζελίνα. Αθήνα: Εκδόσεις γνώση
- Haber-Schaim, U., Dodge, J. & Walter, J. (1992). *PSSC-ΦΥΣΙΚΗ*. (Μετάφ. Θ. Κωστίκας) Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου
- Καψάλης, Α. (1998). *Αξιολόγηση και βαθμολογία στο Δημοτικό Σχολείο*. Αθήνα: Gutenberg
- Κόκκοτας, Π. (1998). *Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. Αθήνα

- Κόκκοτας, Π., Ριζάκη, Α., Χαβιάρης, Π. & Χατζή, Μ. (2001). *ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ – Ε' τάξη*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων
- Κολιάδης, Ε. (2002). *Γνωστική Ψυχολογία Γνωστική Νευροεπιστήμη και Εκπαιδευτική Πράξη*. Αθήνα
- Κόμης, Β., Ράπτης, Α., Πολίτης, Π. & Δημητρακοπούλου, Α. (2004). Το εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης στη διδακτική των θετικών επιστημών. Στο Κεκκός Ι. (επιμέλεια), *Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών*. Αθήνα: Ατραπός, σελ. 111-134
- Κουμαράς, Π. (1989). *Μελέτη της Εποικοδομητικής Προσέγγισης στην Πειραματική Διδασκαλία του Ηλεκτρισμού*. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Πιλάτου, Β. (2003). *Μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων και των αναπαραστάσεων των μαθητών/τριών της Ε' και Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου, για το ηλεκτρικό ρεύμα και τις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές, σε ένα περιβάλλον συνεργατικής μάθησης*. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης)
- Σέρογλου, Φ. (2000). *Η συμβολή της ιστορίας της Φυσικής στο σχεδιασμό διδακτικού υλικού*. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. (Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης)
- Σταυρίδου, Ε. (1995). *Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης*. Αθήνα: Σαββάλας
- Σταυρίδου, Ε. (1999). Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου: ένα λογισμικό για τη διδασκαλία μοντέλων της δομής της ύλης στο Δημοτικό σχολείο και το Γυμνάσιο. Α' Μέρος: Φαινόμενα στατικού ηλεκτρισμού. *Επιθεώρηση Φυσικής*, τόμος Η, τεύχος 30, σελ.73-78
- Σταυρίδου, Ε. (2000). *ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ – Μια εφαρμογή στο Δημοτικό σχολείο*. Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας
- Σταυρίδου, Ε. & Σολομωνίδου, Χ.(1999) *ΕΝΝΟΙΕΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ Ι (Πανεπιστημιακές παραδόσεις)*. Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας
- Χριστιάς, Ι. (1992). *Θεωρία και μεθοδολογία της διδασκαλίας*. Αθήνα: Γρηγόρη

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α

Αγαπητέ φίλε μαθητή / Αγαπητή φίλη μαθήτρια, σε παρακαλούμε να συμπληρώσεις προσεκτικά το ερωτηματολόγιο που κρατάς στα χέρια σου, με το οποίο δεν επιθυμούμε να αξιολογήσουμε τις γνώσεις σου, ούτε να βαθμολογήσουμε το πόσο καλά θα απαντήσεις στα παρακάτω ερωτήματα. Εκείνο που μας ενδιαφέρει είναι να γνωρίσουμε τις απόψεις σου για κάποια θέματα ώστε να μπορέσουμε να βελτιώσουμε το μάθημα της Φυσικής.

Σε ευχαριστούμε για τη συνεργασία σου

Ημερομηνία:

Όνοματεπώνυμο:

1) Τι εννοούμε, κατά τη γνώμη σου, όταν λέμε ότι ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο;

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

2) Να αναφέρεις παραδείγματα σωμάτων τα οποία, κατά τη γνώμη σου, είναι ηλεκτρισμένα.

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

3) Μπορείς να δώσεις κάποια παραδείγματα όπου ένα σώμα να ηλεκτρίζεται με κάποιον τρόπο;

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

4) Εξήγησε με ποιον τρόπο ηλεκτρίζεται το σώμα στα παραπάνω παραδείγματα που ανέφερες.

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

5) Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν ένα σώμα δεν είναι ηλεκτρισμένο και όταν είναι ηλεκτρισμένο (το ίδιο σώμα);

6) Όταν πλησιάσουμε δύο ηλεκτρισμένα σώματα, τι νομίζεις ότι θα συμβεί; Δώσε ένα ή περισσότερα παραδείγματα.

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

7) Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν δύο σώματα είναι ηλεκτρισμένα και πλησιάζουν μεταξύ τους.

8) Όταν πλησιάσουμε ένα ηλεκτρισμένο σώμα σε ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα, τι νομίζεις ότι θα συμβεί; Δώσε ένα ή περισσότερα παραδείγματα.

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

9) Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν ένα ηλεκτρισμένο σώμα πλησιάζει ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα.

10) Τι είναι, κατά τη γνώμη σου, το ηλεκτρικό φορτίο και πού βρίσκεται;

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

11) Υπάρχουν πολλά είδη ηλεκτρικού φορτίου; Αν ναι, ποια είναι αυτά;

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

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Β

Αγαπητέ φίλε μαθητή / Αγαπητή φίλη μαθήτρια, σε παρακαλούμε να συμπληρώσεις προσεκτικά το ερωτηματολόγιο που κρατάς στα χέρια σου, με το οποίο δεν επιθυμούμε να αξιολογήσουμε τις γνώσεις σου, ούτε να βαθμολογήσουμε το πόσο καλά θα απαντήσεις στα παρακάτω ερωτήματα. Εκείνο που μας ενδιαφέρει είναι να γνωρίσουμε τις απόψεις σου για κάποια θέματα ώστε να μπορέσουμε να βελτιώσουμε το μάθημα της Φυσικής.

Σε ευχαριστούμε για τη συνεργασία σου

Ημερομηνία:

Όνοματεπώνυμο:

A) Γνωρίζεις πως όταν τρίψουμε ένα στυλό σε μάλλινο ύφασμα τότε αυτό μπορεί να έλκει μικρά κομματάκια χαρτιού. Πώς το εξηγείς αυτό;

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

B) Κάνε δύο σχήματα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη του στυλό και του χαρτιού. Στο πρώτο σχήμα να φαίνεται το στυλό και το χαρτάκι πριν τρίψουμε το στυλό με το μάλλινο ύφασμα ενώ στο δεύτερο σχήμα να φαίνεται το στυλό και το χαρτάκι αφού τρίψουμε το στυλό με το μάλλινο ύφασμα και το πλησιάσουμε στο χαρτάκι οπότε το χαρτάκι έλκεται.

1) Τι εννοούμε, κατά τη γνώμη σου, όταν λέμε ότι ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο;

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

2) Να αναφέρεις παραδείγματα σωμάτων τα οποία, κατά τη γνώμη σου, είναι ηλεκτρισμένα.

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

3) Μπορείς να δώσεις κάποια παραδείγματα όπου ένα σώμα να ηλεκτρίζεται με κάποιον τρόπο;

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

4) Εξήγησε με ποιον τρόπο ηλεκτρίζεται το σώμα στα παραπάνω παραδείγματα που ανέφερες.

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

5) Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν ένα σώμα δεν είναι ηλεκτρισμένο και όταν είναι ηλεκτρισμένο (το ίδιο σώμα);

6) Όταν πλησιάσουμε δύο ηλεκτρισμένα σώματα, τι νομίζεις ότι θα συμβεί; Δώσε ένα ή περισσότερα παραδείγματα.

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

7) Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν δύο σώματα είναι ηλεκτρισμένα και πλησιάζουν μεταξύ τους.

8) Όταν πλησιάσουμε ένα ηλεκτρισμένο σώμα σε ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα, τι νομίζεις ότι θα συμβεί; Δώσε ένα ή περισσότερα παραδείγματα.

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

9) Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις τι συμβαίνει στην ύλη όταν ένα ηλεκτρισμένο σώμα πλησιάζει ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα.

10) Τι είναι, κατά τη γνώμη σου, το ηλεκτρικό φορτίο και πού βρίσκεται;

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

11) Υπάρχουν πολλά είδη ηλεκτρικού φορτίου; Αν ναι, ποια είναι αυτά;

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

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1Α

Όνοματεπώνυμο: Τμήμα:

Ημερομηνία:

Επάνω στο θρανίο σας υπάρχουν πλαστικά καλαμάκια και χαρτί κουζίνας. Ακολουθήστε τις παρακάτω οδηγίες και σημειώστε τις παρατηρήσεις και τις απόψεις σας.

- 1) Ακουμπήστε ένα πλαστικό καλαμάκι με τον μεγάλο του άξονα παράλληλο σε έναν τοίχο ή τζάμι και αφήστε το. Τι παρατηρείτε;

.....

Πώς το εξηγείτε;

.....

.....

.....

- 2) Τρίψτε τώρα με λίγο χαρτί κουζίνας το καλαμάκι σε όλο του το μήκος 3-4 φορές, μη διστάζοντας να το κάνετε επίπεδο. Ακουμπήστε το στον τοίχο όπως προηγουμένως και αφήστε το. Τι παρατηρείτε;

.....

Πώς το εξηγείτε;

.....

.....

.....

Κάντε δύο σχήματα για να δείξετε τι συμβαίνει στην ύλη τόσο στο καλαμάκι όσο και στον τοίχο. Στο πρώτο σχήμα να φαίνεται το καλαμάκι και ο τοίχος πριν τρίψουμε το καλαμάκι με το χαρτί κουζίνας, ενώ στο δεύτερο να φαίνεται το καλαμάκι και ο τοίχος αφού τρίψουμε το καλαμάκι με το χαρτί κουζίνας και το πλησιάσουμε στον τοίχο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2Α

Όνοματεπώνυμο: Τμήμα:

Ημερομηνία:

Επάνω στο θρανίο σας υπάρχουν πλαστικά καλαμάκια, χαρτί κουζίνας και ένα ηλεκτρικό εκκρεμές.

1) Πλησιάστε ένα πλαστικό καλαμάκι κοντά στο αλουμινένιο δισκάκι του εκκρεμούς. Τι παρατηρείτε;

.....

Πώς το εξηγείτε;

.....

.....

.....

2) Τρίψτε τώρα με λίγο χαρτί κουζίνας το καλαμάκι σε όλο του το μήκος 3-4 φορές, μη διστάζοντας να το κάνετε επίπεδο και πλησιάστε το αργά στο αλουμινένιο δισκάκι του εκκρεμούς. Τι παρατηρείτε;

.....

Πώς το εξηγείτε;

.....

.....

.....

.....

Κάντε δύο σχήματα για να δείξετε τι συμβαίνει στην ύλη, τόσο στο καλαμάκι όσο και στο δισκάκι του εκκρεμούς. Στο πρώτο σχήμα να φαίνεται το καλαμάκι και το δισκάκι πριν την τριβή, ενώ στο δεύτερο να φαίνεται το καλαμάκι και το δισκάκι αφού τρίψουμε το καλαμάκι με το χαρτί κουζίνας και το πλησιάσουμε στον δίσκο.

3) Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα αλλά αυτή τη φορά να αφήσετε το καλαμάκι να ακουμπήσει στο αλουμιένιο δισκάκι του εκκρεμούς. Τι παρατηρείτε;

.....

Πώς το εξηγείτε;

.....

.....

.....

.....

Κάντε ένα σχήμα για να δείξετε τι συμβαίνει στην ύλη, τόσο στο καλαμάκι όσο και στο δισκάκι του εκκρεμούς μετά την επαφή.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1B

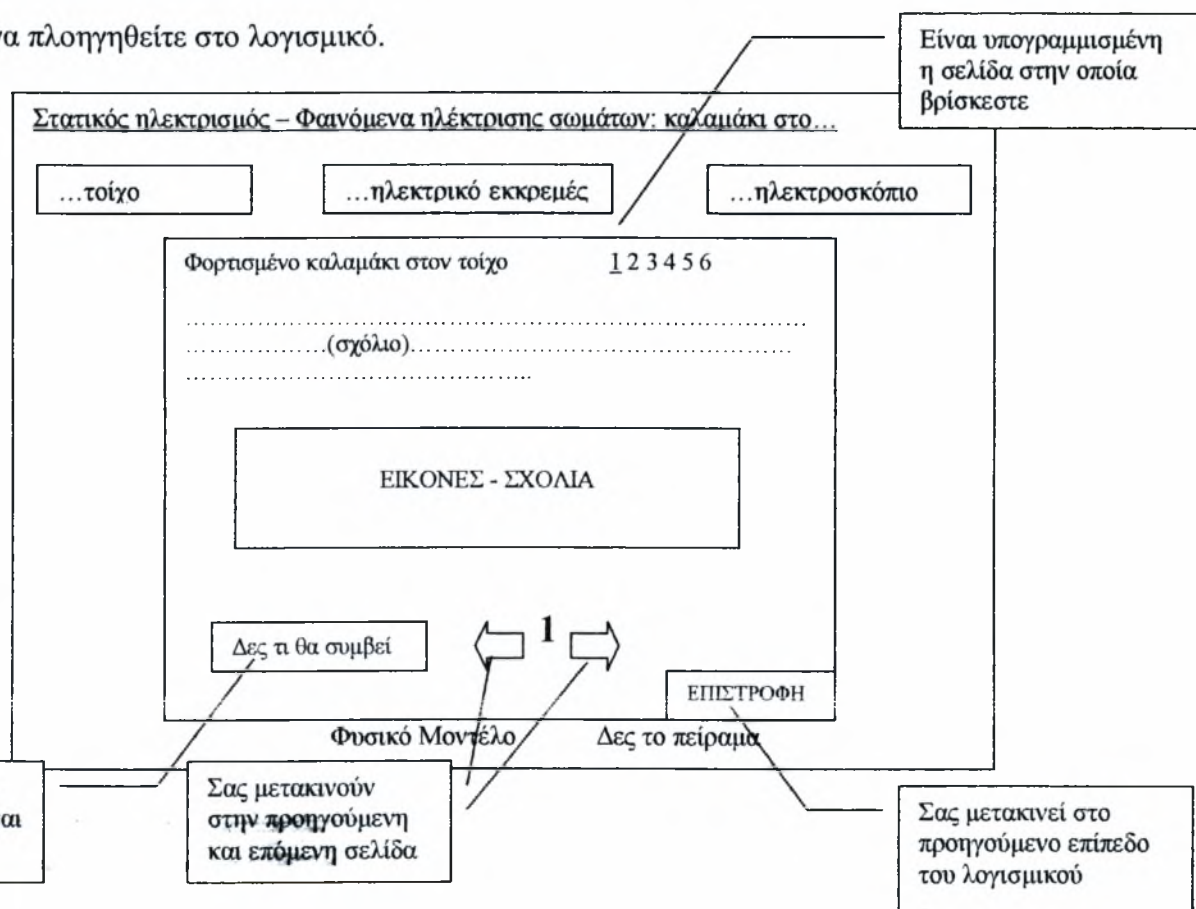
Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

1^ο Μέρος

Ανοίξτε τον υπολογιστή σας και ακολουθήστε τα παρακάτω βήματα.

- Βρείτε στην επιφάνεια εργασίας το εικονίδιο με τίτλο: «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου». Πρόκειται για το λογισμικό με το οποίο θα δουλέψουμε. Ανοίξτε το λογισμικό με διπλό κλικ (σ' όλες τις περιπτώσεις εννοείται αριστερό κλικ).
- Κάνετε κλικ οπουδήποτε πάνω στο παράθυρο για να δείτε τα περιεχόμενα του λογισμικού. Τώρα θα πρέπει να υπάρχουν στο παράθυρο οι εξής επιλογές: «Θερμική διαστολή των σωμάτων» και «Στατικός ηλεκτρισμός».
- Κάνετε κλικ στην επιλογή «Στατικός ηλεκτρισμός». Τώρα θα πρέπει να φαίνονται οι διαθέσιμες δραστηριότητες: «καλαμάκι στον... τοίχο», «καλαμάκι στο... ηλεκτρικό εκκρεμές», «καλαμάκι στο... ηλεκτροσκόπιο».
- Κάνετε κλικ στην επιλογή: «καλαμάκι στον... τοίχο»
- Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το παράθυρο το οποίο θα πρέπει να βλέπετε αυτή τη στιγμή και εξηγούνται οι βασικές του λειτουργίες που θα σας επιτρέψουν να πλοηγηθείτε στο λογισμικό.



2^ο Μέρος

Για να ξεκινήσουμε θα πρέπει να έχετε επιλέξει το σενάριο: «καλαμάκι στον... τοίχο» και να βρίσκεστε στην πρώτη του σελίδα.

1) Διαβάστε τα σχόλια και παρακολουθείστε την εξέλιξη του πειράματος χρησιμοποιώντας το κουμπί «Δες τι θα συμβεί» στις σελίδες 1 και 2 του σεναρίου.

2) Μετακινηθείτε στη σελίδα 3, διαβάστε την ερώτηση και συζητήστε μεταξύ σας για το ποια είναι η σωστή απάντηση. Επιλέξτε την και διαβάστε το σχόλιο που θα παρουσιαστεί. Αν δεν απαντήσατε σωστά ξανασυζητήστε μεταξύ σας και επαναλάβετε τη διαδικασία. Παρακάτω σημειώστε τη σειρά των απαντήσεων που επιλέξατε μέχρι να φτάσετε στη σωστή (π.χ. πρώτη, τρίτη, δεύτερη).

.....

3) Μετακινηθείτε στη σελίδα 4 και διαβάστε το σχόλιο σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο ηλεκτρίζονται τα σώματα. Κατόπιν απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

α) Πόσα θετικά και πόσα αρνητικά φορτία έχει το αφόρτιστο (ουδέτερο) σώμα που παρουσιάζεται στο σχήμα;

.....

β) Πόσα θετικά και πόσα αρνητικά φορτία έχει το αρνητικά φορτισμένο σώμα που παρουσιάζεται στο σχήμα;

.....

γ) Πόσα θετικά και πόσα αρνητικά φορτία έχει το θετικά φορτισμένο σώμα που παρουσιάζεται στο σχήμα;

.....

δ) Ποια φορτία παρατηρείτε να μετακινούνται;

.....

4) Αφού παρατηρήσετε πολύ καλά τις εικόνες της σελίδας 3 συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις με μία από τις προτεινόμενες κάθε φορά λέξεις:

α) Για να φορτιστεί θετικά ένα ουδέτερο στερεό σώμα (χάνει, παίρνει)
(θετικά, αρνητικά) φορτία.

β) Για να φορτιστεί αρνητικά ένα ουδέτερο στερεό σώμα (χάνει, παίρνει)
(θετικά, αρνητικά) φορτία.

5) Ανακοινώστε όλες οι ομάδες τις απαντήσεις σας στην προηγούμενη δραστηριότητα, δικαιολογώντας την επιλογή σας και συζητείστε τυχόν διαφωνίες.

6) Μετακινηθείτε στη σελίδα 5 του λογισμικού, διαβάστε το σχόλιο και παρακολουθείστε τι συμβαίνει στο καλαμάκι και στον τοίχο, μέσα στην ύλη τώρα πια, πατώντας το κουμπί «Δες τι θα συμβεί».

7) Συζητείστε μεταξύ σας και κάνετε δύο σχήματα όπου να δείχνετε τι θα συνέβαινε μέσα στην ύλη αν το καλαμάκι είχε φορτιστεί θετικά. Στο πρώτο σχήμα σχεδιάστε το ουδέτερο καλαμάκι και τον ουδέτερο τοίχο ενώ στο δεύτερο σχήμα σχεδιάστε το φορτισμένο καλαμάκι και τον τοίχο όταν το καλαμάκι έχει πλησιάσει σ' αυτόν.

8) Μετακινηθείτε στη σελίδα 6, διαβάστε την ερώτηση και συζητήστε μεταξύ σας για το ποια είναι η σωστή απάντηση. Επιλέξτε την και διαβάστε το σχόλιο που θα παρουσιαστεί. Αν δεν απαντήσατε σωστά ξανασυζητήστε μεταξύ σας και επαναλάβετε τη διαδικασία. Παρακάτω σημειώστε τη σειρά των απαντήσεων που επιλέξατε μέχρι να φτάσετε στη σωστή.

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2B

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

1^ο Μέρος

Ανοίξτε τον υπολογιστή σας και ακολουθήστε τα παρακάτω βήματα (όπως και στο προηγούμενο Φύλλο Εργασίας).

- Βρείτε στην επιφάνεια εργασίας το εικονίδιο με τίτλο: «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου». Πρόκειται για το λογισμικό με το οποίο θα δουλέψουμε. Ανοίξτε το λογισμικό με διπλό κλικ (σ' όλες τις περιπτώσεις εννοείται αριστερό κλικ).
- Κάνετε κλικ οπουδήποτε πάνω στο παράθυρο για να δείτε τα περιεχόμενα του λογισμικού. Τώρα θα πρέπει να υπάρχουν στο παράθυρο οι εξής επιλογές: «Θερμική διαστολή των σωμάτων» και «Στατικός ηλεκτρισμός».
- Κάνετε κλικ στην επιλογή «Στατικός ηλεκτρισμός». Τώρα θα πρέπει να φαίνονται οι διαθέσιμες δραστηριότητες: «καλαμάκι στον... τοίχο», «καλαμάκι στο... ηλεκτρικό εκκρεμές», «καλαμάκι στο... ηλεκτροσκόπιο».
- Κάνετε κλικ στην επιλογή: «καλαμάκι στο... ηλεκτρικό εκκρεμές».

Τώρα γνωρίζετε πώς να πλοηγηθείτε στο λογισμικό γι' αυτό θα πάμε κατευθείαν στο 2^ο Μέρος.

2^ο Μέρος

Για να ξεκινήσουμε θα πρέπει να έχετε επιλέξει το σενάριο: «καλαμάκι στο... ηλεκτρικό εκκρεμές» και να βρίσκεστε στην πρώτη του σελίδα.

1) Διαβάστε τα σχόλια και παρακολουθείστε την εξέλιξη του πειράματος χρησιμοποιώντας το κουμπί «Δες τι θα συμβεί» στις σελίδες 1 και 2 του σεναρίου.

2) Μετακινηθείτε στη σελίδα 3, διαβάστε την ερώτηση και συζητήστε μεταξύ σας για το ποια είναι η σωστή απάντηση. Επιλέξτε την και διαβάστε το σχόλιο που θα παρουσιαστεί. Αν δεν απαντήσατε σωστά ξανασυζητήστε μεταξύ σας και επαναλάβετε τη διαδικασία. Παρακάτω σημειώστε τη σειρά των απαντήσεων που επιλέξατε μέχρι να φτάσετε στη σωστή (π.χ. πρώτη, τρίτη, δεύτερη).

.....

3) Μετακινηθείτε στη σελίδα 4 και διαβάστε το σχόλιο σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο ηλεκτρίζονται τα σώματα.

4) Μετακινηθείτε στη σελίδα 5, διαβάστε το σχόλιο και παρακολουθείστε τι συμβαίνει στο καλαμάκι και στο δισκάκι του εκκρεμούς, μέσα στην ύλη τώρα πια, πατώντας το κουμπί «Δες τι θα συμβεί».

5) Συζητείστε μεταξύ σας και κάνετε τρία σχήματα όπου να δείχνετε τι θα συνέβαινε μέσα στην ύλη αν το καλαμάκι είχε φορτιστεί θετικά. Στο πρώτο σχήμα σχεδιάστε το ουδέτερο καλαμάκι και τον ουδέτερο δίσκο, στο δεύτερο σχήμα σχεδιάστε το φορτισμένο καλαμάκι και τον δίσκο του εκκρεμούς όταν το καλαμάκι έχει πλησιάσει σ' αυτόν, ενώ στο τρίτο σχήμα σχεδιάστε το καλαμάκι και τον δίσκο του εκκρεμούς αμέσως μετά αφού ακουμπήσουν.

6) Μετακινηθείτε στη σελίδα 6, διαβάστε την ερώτηση και συζητήστε μεταξύ σας για το ποια είναι η σωστή απάντηση. Επιλέξτε την και διαβάστε το σχόλιο που θα παρουσιαστεί. Αν δεν απαντήσατε σωστά ξανασυζητήστε μεταξύ σας και επαναλάβετε τη διαδικασία. Παρακάτω σημειώστε τη σειρά των απαντήσεων που επιλέξατε μέχρι να φτάσετε στη σωστή.

.....

7) Κάντε κλικ στη φράση «Φυσικό Μοντέλο», διαβάστε τη σελίδα που σας παρουσιάζεται και στη συνέχεια χαρακτηρίστε τις παρακάτω φράσεις με Σ αν είναι σωστές και με Λ αν είναι λανθασμένες:

α) Όλα τα σώματα αποτελούνται από θετικά και αρνητικά φορτισμένα σωματίδια.

β) Για να είναι ένα σώμα ηλεκτρικά ουδέτερο θα πρέπει να μην έχει ούτε θετικά ούτε αρνητικά φορτία.

γ) Ένα σώμα είναι θετικά φορτισμένο όταν έχει μόνο θετικά φορτία.

δ) Ένα σώμα είναι αρνητικά φορτισμένο όταν τα αρνητικά φορτία του είναι περισσότερα από τα θετικά του.

ε) Όταν τρίβουμε ένα καλαμάκι με χαρτί κουζίνας δημιουργούνται ηλεκτρικά φορτία κι έτσι το καλαμάκι ηλεκτρίζεται.

στ) Ένα σώμα μπορεί να φορτιστεί με τρεις τρόπους.

ζ) Κατά τη φόρτιση με επαγωγή θα πρέπει δύο τουλάχιστον σώματα να έρθουν σε επαφή.

η) Ένα στερεό σώμα μπορεί να φορτιστεί θετικά προσλαμβάνοντας επιπλέον θετικά φορτία από ένα άλλο στερεό σώμα.

Οι ομάδες να ανακοινώσετε τις απαντήσεις σας και να τις δικαιολογήσετε. Συζητήστε τυχόν διαφωνίες.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085590

