

Κριτήρια με τα οποία μη ειδικοί αποφασίζουν αν διάφορα φυσικά φαινόμενα έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία

ΦΑΝΗ ΣΕΡΟΓΛΟΥ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΟΥΜΑΡΑΣ
ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΧΑΤΖΗΠΑΝΤΕΛΗΣ
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ABSTRACT

Η έρευνά μας εστιάζεται στην αναζήτηση των λόγων που οδηγούν πληθυσμούς που δεν έχουν σπουδάσει ειδικά φυσική να αποφασίζουν αν φυσικά φαινόμενα έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές Α' Γυμνασίου και φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση έγιναν ατομικές σε βάθος συνεντεύξεις με 5 μαθητές και 5 φοιτητές. Οι συνεντεύξεις οδήγησαν στη δημιουργία ερωτηματολογίου, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στη δεύτερη φάση της έρευνας σε γραπτή μορφή. Στη φάση αυτή συμμετείχαν 109 μαθητές και 148 φοιτητές. Η τρίτη φάση έγινε μετά την ανάλυση των γραπτών απαντήσεων και περιλάμβανε 10 ατομικές σε βάθος συνεντεύξεις με στόχο την αποσαφήνιση καταγραμμένων αντιπροσωπευτικών απόψεων. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση των αντιστοιχιών ώστε να ελεγχθούν ενδεχόμενες διαφορές μεταξύ μαθητών και φοιτητών. Από την έρευνα προέκυψε ότι η πλειοψηφία μαθητών και φοιτητών, όταν τους δίνεται αριθμός φαινομένων και τους ζητείται να τα ομαδοποιήσουν έτσι ώστε τα φαινόμενα που ανήκουν στην ίδια ομάδα να έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία, σχηματίζουν τις ομαδοποιήσεις με βάση κυρίως την πεποίθηση ότι τα κοινά αποτελέσματα ή οι κοινές διαδικασίες που παρατηρούν στα φαινόμενα συνεπάγονται τη χρήση κοινών ερμηνευτικών εννοιών. Προέκυψαν χαρακτηριστικές ομαδοποιήσεις φαινομένων για τους μαθητές και φοιτητές, αλλά και όταν ακόμη διαμορφώνουν παρόμοιες ομαδοποιήσεις φαινομένων χρησιμοποιούν διαφορετικά κριτήρια.

Λέξεις κλειδιά: Ερμηνεία φυσικών φαινομένων, Κριτήρια κατηγοριοποίησης, Μη ειδικοί.

Εισαγωγή

Την τελευταία εικοσαετία πραγματοποιήθηκαν εκτεταμένες έρευνες πάνω στις απόψεις τις οποίες διαθέτουν μαθητές ή/και ενήλικες για την πρόβλεψη ή ερμηνεία φυσικών φαινομένων, όπως φαίνεται και από το πλήθος των γενικών και ειδικών συνεδρίων που ασχολήθηκαν με το θέμα (Duit, Jung, & Rhoneck, 1985. Novak, 1987, 1993). Εκτός από το πλήθος των καταγραμμένων απόψεων για κάθε πληθυσμό, υπάρχουν και συγκριτικές έρευνες από τις οποίες προκύπτει

ότι υπάρχουν ομοιότητες στις απόψεις μαθητών, φοιτητών και δασκάλων σε θέματα ηλεκτρικού ρεύματος (Webb, 1992), οπτικής (Feher & Rice, 1987), πίεσης (Rollnick & Rutherford, 1990) και θερμικών ιδιοτήτων των υλικών (Sciarretta, Stilli, & Vicentini-Missoni, 1990). Δε γνωρίζουμε έρευνες που να εστιάζονται στις αιτίες που πιθανόν να οδηγούν τα άτομα στη σύνδεση ή όχι φυσικών φαινομένων μεταξύ τους (με την έννοια ότι υπάρχει κοινή επιστημονική ερμηνεία στο υπόβαθρό τους), ή ακόμα έρευνες που ασχολούνται με ομοιότητες ή/και διαφορές στις αι-

τίες που οδηγούν ομάδες διαφορετικών ηλικιών να θεωρούν ότι φυσικά φαινόμενα έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Γνωρίζουμε μόνο μια σχετική έρευνα που αφορά στις διαφορές που υπάρχουν στον τρόπο που αρχάριοι και ειδικοί στις φυσικές επιστήμες κατατάσσουν σε ομάδες προβλήματα φυσικής ως προς τις ομοιότητες που θεωρούν ότι παρουσιάζει η λύση τους (Chi, Feltovich, & Glaser, 1981).

Έρευνες στην περιοχή του ηλεκτρισμού έχουν αποκαλύψει, μεταξύ άλλων, ότι οι μαθητές δε συνδέουν σε εννοιολογικό επίπεδο τα ηλεκτροστατικά με τα ηλεκτροδυναμικά φαινόμενα (Eylon & Ganiel, 1990. Frederiksen & White, 1992). Από τον Steinberg (Steinberg, 1983) διατυπώνεται η άποψη ότι αυτό οφείλεται στη μεγάλη αντιληπτική διαφορά που υπάρχει μεταξύ των αποτελεσμάτων των πειραμάτων του στατικού και του δυναμικού ηλεκτρισμού. Στο στατικό ηλεκτρισμό κυρίαρχα αποτελέσματα είναι οι έλξεις και οι απώσεις, οι οποίες είναι εντελώς διαφορετικές από τους αναμμένους λαμπτήρες που κυριαρχούν στα φαινόμενα του ηλεκτρικού ρεύματος (δυναμικός ηλεκτρισμός). Εκτός από τις αντιληπτικές διαφορές που υπάρχουν στα αποτελέσματα των πειραμάτων στατικού και δυναμικού ηλεκτρισμού, επιπλέον κατά την εκτέλεση αυτών των δύο ομάδων πειραμάτων ακολουθούνται διαφορετικές διαδικασίες, δηλ. στα ηλεκτροστατικά πειράματα είναι συνήθης η τριβή διάφορων αντικειμένων ενώ στα ηλεκτροδυναμικά πειράματα κυριαρχεί η κατασκευή κυκλωμάτων. Από τον Arons (Arons, 1990) διατυπώνεται η υπόθεση ότι σε πρωταρχικό στάδιο για τους περισσότερους μαθητές δεν είναι καθόλου προφανές ότι οι μπαταρίες και οι πρίζες του σπιτιού έχουν οποιαδήποτε σχέση με φαινόμενα τριβής.

Στην παρούσα εργασία αναζητήσαμε τις αιτίες που πιθανόν οδηγούν τους Έλληνες μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης και τους φοιτητές-υποψήφιους δάσκαλους στη σύνδεση ή όχι φαινομένων στατικού και δυναμικού ηλεκτρισμού μεταξύ τους. Ακόμα, ασχοληθήκαμε με τις ομοιότητες και τις διαφορές στις αιτίες που οδηγούν τις δύο ομάδες να διαμορφώσουν ή όχι

συνδετικούς κρίκους ανάμεσα σε αυτά τα φαινόμενα. Ελέγξαμε αν οι δύο αυτές ομάδες θεωρούν ότι συνδέονται, σε επίπεδο εννοιολογικό, φαινόμενα στα οποία εμφανίζεται παρόμοιο αντιληπτικό αποτέλεσμα ή φαινόμενα για την εμφάνιση των οποίων έχουν ακολουθηθεί από τον πειραματιστή παρόμοιες διαδικασίες ή/και αντίστροφως, δηλαδή αν οι συμμετέχοντες στην έρευνα θεωρούν ότι έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία φυσικά φαινόμενα τα οποία σχετίζονται στο πλαίσιο της φυσικής παρά το γεγονός ότι τα φαινόμενα αυτά δεν παρουσιάζουν παρόμοια αντιληπτικά αποτελέσματα ή ο πειραματιστής δεν έχει ακολουθήσει παρόμοιες διαδικασίες για την εκδήλωσή τους. Τα παραπάνω ελέγχθηκαν σε μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης (13 ετών) και σε φοιτητές υποψήφιους δασκάλους (19 - 21 ετών) με στόχο να ερευνηθεί πιθανή διαφοροποίηση τόσο όσον αφορά τη σύνδεση ή όχι φαινομένων μεταξύ τους, όσο και να μελετηθούν ενδεχόμενες ομοιότητες ή/και διαφορές στο είδος των συνδετικών κρίκων, μεταξύ των φυσικών φαινομένων, που χρησιμοποιούνται από τις δύο παραπάνω ομάδες συμμετεχόντων. Οι λόγοι που μας οδήγησαν σε αυτές τις ομάδες είναι ότι και οι δύο είναι ομάδες "μη ειδικών", δεν έχουν δηλαδή σπουδάσει ειδικά φυσική, και επιπλέον έχουν μια ηλικιακή διαφορά που συνεπάγεται διαφορετικό βαθμό γνωστικής ανάπτυξης.

Μέθοδος

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά περιγράφονται οι τρεις φάσεις της έρευνας, στη συνέχεια παρουσιάζονται οι συμμετέχοντες σε αυτές και περιγράφονται τα έργα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε φάση.

Σχέδιο της έρευνας

Φάση 1: Συνεντεύξεις και υπόδειξη έργων για το ερωτηματολόγιο. Στην πρώτη φάση έγιναν από τους ερευνητές ατομικές σε βάθος συνεντεύξεις. Στόχος της φάσης αυτής ήταν η δια-

μόρφωση του ερωτηματολογίου που θα χρησιμοποιούνταν στη δεύτερη φάση της έρευνας. Στις συνεντεύξεις παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες (5 μαθητές και 5 φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης) τρία έργα με φαινόμενα από την περιοχή του ηλεκτρισμού (τα έργα αυτά στη συνέχεια ονομάζονται για λόγους συντομίας “ηλεκτρικά έργα”) στην εργαστηριακή υλοποίηση των οποίων συμμετείχαν και οι ίδιοι. Από τους συμμετέχοντες στις συνεντεύξεις ζητήθηκε να απαντήσουν αν αυτά τα τρία φαινόμενα έχουν ή όχι κοινή επιστημονική ερμηνεία, καθώς επίσης και να περιγράψουν άλλα φαινόμενα, αν κατά τη γνώμη τους υπάρχουν, τα οποία έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία με ένα ή περισσότερα από τα τρία παραπάνω έργα.

Από τις απαντήσεις των μαθητών και φοιτητών, κατά τη διάρκεια των ατομικών συνεντεύξεων, υποδείχθηκαν τρία νέα έργα τα οποία και χρησιμοποιήθηκαν στο ερωτηματολόγιο στη Φάση 2.

Φάση 2: Το ερωτηματολόγιο. Τα παραπάνω οδήγησαν στη διαμόρφωση του ερωτηματολογίου που παρουσιάζεται στο Παράρτημα 1. Το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε 109 μαθητές και σε 148 φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης. Περιείχε τα τρία “ηλεκτρικά έργα” που χρησιμοποιήθηκαν στις συνεντεύξεις και τα τρία νέα έργα τα οποία υπέδειξαν με τις απαντήσεις τους στις συνεντεύξεις μαθητές και φοιτητές. Ζητούσε από τους συμμετέχοντες να κατατάξουν τα έξι αυτά φαινόμενα σε μία ή περισσότερες ομάδες, έτσι ώστε τα φαινόμενα που θα ανήκουν στην ίδια ομάδα να έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία και να αναφέρουν την κοινή επιστημονική ερμηνεία για κάθε ομάδα. Οι μαθητές και φοιτητές έγραψαν την ημερομηνία γενεθλίων τους ώστε να μπορούν να βρεθούν, αν οι ίδιοι το επιθυμούσαν, για επιπλέον διευκρίνιση των απόψεών τους στην τρίτη φάση της έρευνας.

Φάση 3: Σε βάθος ατομικές συνεντεύξεις. Στην τρίτη φάση έγιναν ατομικές σε βάθος συνεντεύξεις με 5 μαθητές και 5 φοιτητές με στόχο

επιπλέον διευκρινίσεις πάνω στις απόψεις που καταγράφηκαν με το ερωτηματολόγιο. Αυτοί οι μαθητές και φοιτητές επιλέχθηκαν από τους συμμετέχοντες στη δεύτερη φάση της έρευνας, μετά την ανάλυση των δεδομένων του ερωτηματολογίου. Κριτήριο για την επιλογή ήταν η άποψή τους να είναι αντιπροσωπευτική (δηλ. να δίνεται από έναν αριθμό συμμετεχόντων στην έρευνα) και να επιθυμούν να περιγράψουν διεξοδικά τους συλλογισμούς τους.

Συμμετέχοντες

Στη Φάση 1 συμμετείχαν 5 μαθητές ηλικίας 10 έως 14 ετών από σχολεία της Θεσσαλονίκης και 5 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης ηλικίας 19 έως 21 ετών. Στη Φάση 2 συμμετείχαν 109 μαθητές 13 ετών, οι οποίοι παρακολουθούσαν την Α' τάξη Γυμνασίων της Θεσσαλονίκης, και 148 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης ηλικίας 19 έως 21 ετών. Στη Φάση 3 συμμετείχαν 5 μαθητές και 5 φοιτητές, οι οποίοι επιλέχθηκαν από τους συμμετέχοντες στη Φάση 2. Στους φοιτητές η αναλογία αγοριών προς κορίτσια ήταν 1 προς 4, και στους μαθητές ήταν περίπου μισά μισά με ελαφρά υπεροχή στα κορίτσια.

Έργα

Φάση 1: Τα τρία “ηλεκτρικά έργα” που αντιμετώπισαν οι μαθητές και οι φοιτητές στις συνεντεύξεις ήταν τα εξής:

Έργο 1: Τρίβεται η άκρη ενός πλαστικού χάρακα με μάλλινο ύφασμα, και στη συνέχεια προσεγγίζεται σε μικρά χαρτάκια, τα οποία έλκει (E_1).

Έργο 2: Συνδέεται μια μπαταρία με μια λάμπα ώστε η λάμπα να φωτοβολεί (E_2).

Έργο 3: Γυρνώντας το μοχλό μιας ηλεκτρο-

στατικής γεννήτριας (μηχανή Wimshurt), οι δίσκοι της περιστρέφονται, τα μικρά βουρτσάκια της γεννήτριας τρίβονται πάνω σ' αυτούς και εμφανίζονται σπινθήρες ανάμεσα στις μεταλλικές σφαίρες των δύο πόλων της μηχανής (E_3).

Από τις απαντήσεις των μαθητών και φοιτητών, κατά τη διάρκεια των ατομικών συνεντεύξεων, υποδείχθηκαν τρία νέα έργα τα οποία και χρησιμοποιήθηκαν στο ερωτηματολόγιο στη Φάση 2. Συγκεκριμένα, ένα εντεκάχρονο κορίτσι είπε για το πρώτο ηλεκτρικό έργο "...ο χάρακας μαγνητίζεται και τα χαρτάκια κολλούν επάνω του..." Απαντήσεις σαν την προηγούμενη οδήγησαν στην εισαγωγή ενός έργου, το οποίο περιλάμβανε ένα μαγνητικό φαινόμενο. Μια δεκαεννιάχρονη φοιτήτρια, αναφερόμενη επίσης στο πρώτο έργο, είπε: "ο χάρακας έλκει τα χαρτάκια όπως η γη τραβάει προς το μέρος της ένα μπαλάκι που αφήνουμε ψηλά και το οποίο τελικά θα πέσει πάνω της ... το κοινό μεταξύ τους είναι η έλξη...". Το σχόλιο αυτό οδήγησε στην εισαγωγή ενός έργου το οποίο περιλάμβανε ένα φαινόμενο βαρύτητας. Ένα δεκατετράχρονο αγόρι ασχολούμενο με το τρίτο ηλεκτρικό έργο, αυτό με την ηλεκτροστατική γεννήτρια, είπε ότι θα πρέπει να έχει το φαινόμενο αυτό κοινή επιστημονική ερμηνεία με το άναμμα ενός σπύρτου "...πρέπει να έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία επειδή και τα δύο τρίβονται...". Ένα δεκατριάχρονο αγόρι επίσης αναφέρθηκε στο άναμμα ενός σπύρτου και είπε ότι έχει την ίδια επιστημονική ερμηνεία με το έργο με την ηλεκτροστατική γεννήτρια "... και το σπύρτο τρίβεται για να δημιουργηθεί η φλόγα. Και τα δύο τρίβονται... οι φλόγες που βλέπουμε είναι το ίδιο πράγμα". Τα παραπάνω οδήγησαν στην εισαγωγή ενός έργου το οποίο περιλαμβάνει ένα θερμικό φαινόμενο.

Φάση 2: Το ερωτηματολόγιο περιείχε τα τρία έργα που χρησιμοποιήθηκαν στη Φάση 1 και επιπλέον τα τρία νέα έργα τα οποία υπέδειξαν με τις απαντήσεις τους στις συνεντεύξεις οι μαθητές και φοιτητές που συμμετείχαν στη Φάση 1. Τα νέα αυτά έργα ήταν:

Έργο 4 (μαγνητικό έργο): Φέρεται ένας μαγνήτης κοντά σε καρφίτσες και τις έλκει (E_4).

Έργο 5 (έργο βαρύτητας): Μια μπάλα αφήνεται να πέσει από ψηλά (E_5).

Έργο 6 (θερμικό έργο): Το κεφάλι ενός σπύρτου τρίβεται στο σπιρτόκουτο και το σπύρτο ανάβει (E_6).

Φάση 3: Τα έργα που χρησιμοποιήθηκαν στην Φάση 3 ήταν ίδια με τα έργα της Φάσης 2. Στη φάση αυτή, οι ερευνητές συζήτησαν με τους συμμετέχοντες τις απαντήσεις που είχαν δώσει στο ερωτηματολόγιο κατά τη Φάση 2. Από τους συμμετέχοντες ζητήθηκε να περιγράψουν διεξοδικά τους συλλογισμούς τους.

Αποτελέσματα

Για τη στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της ανάλυσης αντιστοιχιών, που είναι κατάλληλη για ποιοτικά δεδομένα. Στην ανάλυση αυτή αναλύονται σε ένα κοινό σύστημα αξόνων οι γραμμές και οι στήλες ενός πίνακα διπλής εισόδου ώστε να επισημανθούν "οι ενδεχόμενες σχέσεις" μεταξύ τους. Κατά την υπόθεση της μεθόδου, γραμμές που τοποθετούνται από την ανάλυση γεωμετρικά "κοντά" σε στήλες χαρακτηρίζονται συναφείς με αυτές. Σε έναν πίνακα συνάφειας συνήθως καταγράφεται η κοινή εμφάνιση των τιμών δύο μεταβλητών (χαρακτηριστικών) σε ένα δείγμα. Στόχοι της ανάλυσης ήταν: α) να ερευνηθεί πιθανή διαφοροποίηση μεταξύ των φοιτητών και των μαθητών όσον αφορά την ομαδοποίηση ή όχι φαινομένων και β) να μελετηθούν ομοιότητες ή / και διαφορές στο είδος των συνδετικών κρίκων, μεταξύ των φυσικών φαινομένων, που χρησιμοποιούνται από τις δύο παραπάνω ομάδες συμμετεχόντων.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι ομαδοποιήσεις των έργων που έκαναν οι συμμετέχοντες καθώς κατέταξαν σε μία ή περισσότερες ομάδες τα έξι έργα με κριτήριο ότι τα αντίστοιχα φαινόμενα έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία.

Στην πρώτη στήλη δίνεται σε κάθε οριζόντια γραμμή η ομάδα έργων τα οποία οι μαθητές θεωρούν ότι έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία.

Πίνακας 1
Συχνότητες απαντήσεων για τις δύο ομάδες συμμετεχόντων

Απαντήσεις	Δείγμα		Σύνολο
	Μαθητές	Φοιτητές	
E_4-E_6	1		1
E_4-E_5	3	34	37
E_3-E_6	47	60	107
$E_3-E_4-E_6$		1	1
E_2-E_6	24	4	28
E_2-E_5		1	1
E_2-E_4	1	1	2
E_2-E_3	20	30	50
$E_2-E_3-E_6$	26	7	33
$E_2-E_3-E_5-E_6$	1		1
$E_2-E_3-E_4$		1	1
$E_2-E_3-E_4-E_6$	1		1
E_1-E_6	4	17	21
E_1-E_5		2	2
E_1-E_4	66	58	124
$E_1-E_4-E_6$	2		2
$E_1-E_4-E_5$	25	20	45
E_1-E_3		7	7
$E_1-E_3-E_6$	17	39	56
$E_1-E_3-E_4$	1		1
$E_1-E_3-E_4-E_6$	3	2	5
E_1-E_2	1	5	6
$E_1-E_2-E_4$		3	3
$E_1-E_2-E_4-E_5$		1	1
$E_1-E_2-E_3$		9	9
$E_1-E_2-E_3-E_6$		1	1
Σύνολο	243	303	546

Υπόμνημα: E_1 : Τρίβεται η άκρη ενός πλαστικού χάρακα με μάλλινο ύφασμα και στη συνέχεια προσεγγίζεται σε μικρά χαρτάκια, τα οποία έλκει.

E_2 : Συνδέεται μια μπαταρία με μια λάμπα ώστε η λάμπα να φωτοβολεί.

E_3 : Γυρνώντας το μοχλό μιας ηλεκτροστατικής γεννήτριας, οι δίσκοι της περιστρέφονται, τα μικρά βουρτσάκια της γεννήτριας τρίβονται πάνω σ' αυτούς και εμφανίζονται σπινθήρες ανάμεσα στις μεταλλικές σφαίρες των δύο πόλων της μηχανής.

E_4 : Φέρεται ένας μαγνήτης κοντά σε καρφίτσες και τις έλκει.

E_5 : Μια μπάλα αφήνεται να πέσει από ψηλά.

E_6 : Το κεφάλι ενός σπέρτου τρίβεται στο σπιντόκουτο και το σπέρτο ανάβει.

Στη δεύτερη στήλη δίνεται χωριστά ο αριθμός των μαθητών και των φοιτητών που κάνουν την ομαδοποίηση που αναφέρεται στην πρώτη στήλη. Στην τρίτη στήλη δίνεται ο συνολικός αριθμός των συμμετεχόντων που κάνουν την αντίστοιχη ομαδοποίηση. Σημειώνουμε ότι οι μαθητές ήταν 109 ενώ οι απαντήσεις που καταγράφονται στον Πίνακα 1 είναι 243 διότι πολλοί συμμετέχοντες δημιουργούσαν περισσότερες από μια ομάδες φαινομένων. Αντίστοιχα οι φοιτητές ήταν 148 και οι απαντήσεις που καταγράφονται στον Πίνακα 1 είναι 303. Στη συνέχεια μελετήσαμε τις δώδεκα πρώτες –κατά συχνότητα απαντήσεων– ομαδοποιήσεις έργων και παραλείψαμε τις τελευταίες δεκατέσσερις, οι οποίες είχαν γίνει από μεμονωμένους συμμετέχοντες, συνολικά 23. Από τις δώδεκα ομαδοποιήσεις έργων που μελετήσαμε, οι τρεις τελευταίες σε συχνότητα εμφάνισης συμπεριλήφθηκαν, παρά το ότι γίνονται από μικρό αριθμό συμμετεχόντων, διότι αφορούσαν ομαδοποιήσεις έργων που και από την επιστήμη ομαδοποιούνται στα πλαίσια του ηλεκτρισμού και μας οδηγούν σε συμπεράσματα σχετικά με τη σύνδεση ή όχι από τους συμμετέχοντες ηλεκτροστατικών και ηλεκτροδυναμικών φαινομένων.

Οι γραμμές και οι στήλες του πίνακα αντιστοιχίας μαθητών ή φοιτητών – απαντήσεων προβάλλονται σε έναν κύριο άξονα. Στο Πίνακα 1α δίνεται η ανάλυση των ομάδων των συμμετεχόντων στον άξονα 1 και στο Πίνακα 1β η ανάλυση των απαντήσεων στον άξονα 1.

Από τη στατιστική ανάλυση (Πίνακες 1α και 1β) προκύπτει ότι οι απαντήσεις των φοιτητών

χαρακτηρίζονται από τις ομαδοποιήσεις $E_1 - E_6$ και $E_1 - E_3 - E_6$, ενώ των μαθητών από τις ομαδοποιήσεις $E_1 - E_4 - E_5$, και $E_2 - E_3 - E_6$.

Στον Πίνακα 2, που ακολουθεί, φαίνονται τα είδη των κριτηρίων που χρησιμοποίησαν μαθητές και φοιτητές για να αποφασίσουν ότι τα αντίστοιχα φαινόμενα έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Ο πίνακας είναι χωρισμένος με μια οριζόντια γραμμή σε δύο μέρη. Το πρώτο οριζόντιο μέρος αναφέρεται στους μαθητές και το δεύτερο στους φοιτητές. Ο Πίνακας 2 είναι, επίσης, χωρισμένος σε δύο κατακόρυφα μέρη. Στο πρώτο κατακόρυφο μέρος αναγράφονται οι ομαδοποιήσεις των έργων που έχουν γίνει από κάθε ομάδα συμμετεχόντων. Στο δεύτερο μέρος, κάτω από τον τίτλο “Κατηγορία αιτιολογίας”, υπάρχουν επτά στήλες. Στη στήλη Α δίνεται ο αριθμός των μαθητών/φοιτητών που κατατάσσουν τα έργα στην ίδια ομάδα και το αιτιολογούν αναφέροντας επιστημονικές έννοιες, όπως, π.χ., “σε όλα έχουμε ηλεκτρισμό ή “σε όλα έχουμε ενέργεια” ή “σε όλα έχουμε θερμότητα” κ.τ.λ. (εννοιολογικό κριτήριο). Στη στήλη Β δίνεται ο αριθμός των μαθητών/φοιτητών που αιτιολογούν ότι τα φαινόμενα που κατατάσσουν στην ίδια ομάδα έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία επειδή βλέπουν σε αυτά τα ίδια αποτελέσματα, π.χ., έλξεις στα έργα E_1 και E_4 , λάμπεις στα έργα E_2 και E_3 (αντιληπτικό κριτήριο). Στη στήλη Γ δίνεται ο αριθμός των μαθητών / φοιτητών που αιτιολογούν την αποψη τους ότι τα φαινόμενα συσχετίζονται, επειδή σε όλα ο πειραματιστής έχει ακολουθήσει παρόμοιες διαδικασίες (διαδικαστικό κριτήριο), π.χ., τα έργα E_1 και E_3

Πίνακας 1α
Ανάλυση των δύο ομάδων συμμετεχόντων στον Άξονα 1

Δείγμα	Βάρος	Τιμή στον άξονα 1	Μεταβλητότητα	Συμμετοχή του σημείου στη μεταβλητότητα του άξονα 1
Μαθητές	.446	.710	.091	.554
Φοιτητές	.554	-.571	.073	.446
Σύνολο	1.000		.164	1.000

Πίνακας 1β
Ανάλυση των απαντήσεων στον Άξονα 1

Απαντήσεις	Βάρος	Τιμή στον άξονα 1	Μεταβλητότητα	Συμμετοχή του σημείου στη μεταβλητότητα του άξονα 1
E ₄ -E ₅	.071	-1.151	.038	.231
E ₃ -E ₆	.205	-.020	.000	.000
E ₂ -E ₆	.054	1.301	.037	.223
E ₂ -E ₃	.096	-.144	.001	.005
E ₂ -E ₃ -E ₆	.063	1.082	.030	.182
E ₁ -E ₆	.040	-.806	.011	.064
E ₁ -E ₄	.237	.274	.007	.044
E ₁ -E ₄ -E ₅	.086	.348	.004	.026
E ₁ -E ₃	.013	-1.408	.011	.065
E ₁ -E ₃ -E ₆	.107	-.448	.009	.053
E ₁ -E ₂	.011	-.881	.004	.022
E ₁ -E ₂ -E ₃	.017	-1.408	.014	.084
Σύνολο	1.000		.164	1.000

Υπόμνημα: E₁: Τρίβεται η άκρη ενός πλαστικού χάρακα με μάλλινο ύφασμα και στη συνέχεια προσεγγίζεται σε μικρά χαρτάκια, τα οποία έλκει.

E₂: Συνδέεται μια μπαταρία με μια λάμπα ώστε η λάμπα να φωτοβολεί.

E₃: Γυρνώντας το μοχλό μιας ηλεκτροστατικής γεννήτριας, οι δίσκοι της περιστρέφονται, τα μικρά βουρτσάκια της γεννήτριας τρίβονται πάνω σ' αυτούς και εμφανίζονται σπινθήρες ανάμεσα στις μεταλλικές σφαίρες των δύο πόλων της μηχανής.

E₄: Φέρεται ένας μαγνήτης κοντά σε καρφίτσες και τις έλκει.

E₅: Μια μπάλα αφήνεται να πέσει από ψηλά.

E₆: Το κεφάλι ενός σπέρτου τρίβεται στο σπριτόκουτο και το σπίρτο ανάβει.

έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία διότι και στα δύο έχουμε εμφάνιση των φαινομένων λόγω τριβής (οι βούρτσες της ηλεκτροστατικής γεννήτριας τρίβονται πάνω στις μεταλλικές της ακτίνες και ο χάρακας τρίβεται με το μάλλινο ύφασμα). Στην στήλη ΑΒ δίνεται ο αριθμός των μαθητών/φοιτητών που κατατάσσονται στα φαινόμενα, που αναφέρονται στην πρώτη περιοχή, στην ίδια ομάδα αναφέροντας αιτιολογήσεις των τύπων Α και Β ταυτόχρονα. Αντίστοιχα για τις στήλες ΑΓ, ΒΓ και ΑΒΓ.

Η κατάταξη των αιτιολογιών που αναφέρουν οι συμμετέχοντες στις παραπάνω κατηγορίες

πραγματοποιήθηκε ανεξάρτητα από δύο κριτές (τους δύο πρώτους από τους συγγραφείς τις παρούσας εργασίας). Στις περιπτώσεις διαφωνίας, οι οποίες ήταν ελάχιστες (συνολικά 12 ή 2%), η κατάταξη πραγματοποιούνταν ύστερα από διεξοδική συζήτηση μεταξύ των δύο κριτών. Βρέθηκε μόνο μια απάντηση που δεν εντάσσεται σε καμιά από τις τρεις κατηγορίες (αντιληπτικά, διαδικαστικά, εννοιολογικά κριτήρια) και δεν ταξινομήθηκε καθόλου.

Οι γραμμές και οι στήλες του πίνακα αντιστοιχίας ομάδας συμμετεχόντων – αιτιολογίας προβάλλονται σε έναν κύριο άξονα. Στον Πίνακα

Πίνακας 2
Συχνότητα απαντήσεων κατά ομάδα συμμετεχόντων σε σχέση με την αιτιολογία
που χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση

Απαντήσεις	Κατηγορία αιτιολογίας							Σύνολο
	Γ	Β	ΒΓ	Α	ΑΓ	ΑΒ	ΑΒΓ	
Απαντήσεις μαθητών								
E ₄ -E ₅		3						3
E ₃ -E ₆	5	11	17	3	8	1	2	47
E ₂ -E ₆		19		1		4		24
E ₂ -E ₃		2		12	2	4		20
E ₂ -E ₃ -E ₆		14		7		5		26
E ₁ -E ₆	4							4
E ₁ -E ₄		40	1	6		10		66
E ₁ -E ₄ -E ₅		17	1	1		6		25
E ₁ -E ₃ -E ₆	14				2		1	17
E ₁ -E ₂		1						1
Σύνολο	23	107	19	30	12	39	3	233
Απαντήσεις φοιτητών								
E ₄ -E ₆		8		18	1	7		34
E ₃ -E ₆	27	1	13	4	13		2	60
E ₂ -E ₆		1		1	2			4
E ₂ -E ₃				29		1		30
E ₂ -E ₃ -E ₆	2	2		2	1			7
E ₁ -E ₆	17							17
E ₁ -E ₄		10	1	41		6		58
E ₁ -E ₄ -E ₅		11		3		6		20
E ₁ -E ₃				7				7
E ₁ -E ₃ -E ₆	34		1	1	1	1	1	39
E ₁ -E ₂				5				5
E ₁ -E ₂ -E ₃				9				9
Σύνολο	80	33	15	120	18	21	3	290

Υπόμνημα: Α: Εννοιολογικά κριτήρια.

Β: Αντιληπτικά κριτήρια.

Γ: Διαδικαστικά κριτήρια.

ΑΒ: Εννοιολογικά και αντιληπτικά κριτήρια.

ΑΓ: Εννοιολογικά και διαδικαστικά κριτήρια.

ΒΓ: Αντιληπτικά και διαδικαστικά κριτήρια.

ΑΒΓ: Εννοιολογικά, αντιληπτικά και διαδικαστικά κριτήρια.

Πίνακας 2α
Ανάλυση των δύο ομάδων συμμετεχόντων στον Άξονα 1

Δείγμα	Βάρος	Τιμή στον άξονα 1	Μεταβλητότητα	Συμμετοχή του σημείου στη μεταβλητότητα του άξονα 1
Μαθητές	.445	.785	.135	.555
Φοιτητές	.555	-.629	.109	.445
Σύνολο	1.000		.244	1.000

Πίνακας 2β
Ανάλυση των απαντήσεων στον άξονα 1

Αιτιολογία	Βάρος	Τιμή στον άξονα 1	Μεταβλητότητα	Συμμετοχή του σημείου στη μεταβλητότητα του άξονα 1
Γ	.192	-.647	.040	.163
B	.262	.928	.111	.457
BΓ	.066	.396	.005	.021
A	.300	-.681	.069	.282
AΓ	.055	-.129	.000	.002
AB	.114	.573	.018	.075
ABΓ	.011	.157	.000	.001
Σύνολο	1.000		.244	1.000

Υπόμνημα: Α: Εννοιολογικά κριτήρια.

B: Αντιληπτικά κριτήρια.

Γ: Διαδικαστικά κριτήρια.

AB: Εννοιολογικά και αντιληπτικά κριτήρια.

AΓ: Εννοιολογικά και διαδικαστικά κριτήρια.

BΓ: Αντιληπτικά και διαδικαστικά κριτήρια.

ABΓ: Εννοιολογικά, αντιληπτικά και διαδικαστικά κριτήρια.

2α δίνεται η ανάλυση των πληθυσμών στον άξονα 1 και στον Πίνακα 2β η ανάλυση των αιτιολογιών στον άξονα 1.

Από τη στατιστική ανάλυση (Πίνακες 2α και 2β) προκύπτει ότι οι ομαδοποιήσεις που έχουν κάνει οι φοιτητές χαρακτηρίζονται κατά κύριο λόγο από τη χρήση διαδικαστικών (Γ) κριτηρίων και λιγότερο από τη χρήση εννοιολογικών (Α), ενώ των μαθητών κατά κύριο λόγο από τη χρήση

αντιληπτικών (B) κριτηρίων και λιγότερο από τη χρήση εννοιολογικών και αντιληπτικών (AB) κριτηρίων ταυτόχρονα. Στη συνέχεια, για τις πέντε πρώτες σε συχνότητα απαντήσεις (ομαδοποιήσεις έργων) αναλύθηκαν οι πίνακες αντιστοιχίας ομάδας συμμετεχόντων – αιτιολογίας. Για κάθε απάντηση δίνεται σε σχήμα η κοινή προβολή των τιμών στον κύριο άξονα ανάλυσης. Για τις υπόλοιπες επτά ομάδες έργων δεν έγινε η ανάλογη

ανάλυση λόγω του μικρού αριθμού των ατόμων, της μιας τουλάχιστον από τις ομάδες συμμετεχόντων που έδωσαν την αντίστοιχη απάντηση.

Παρουσίαση των ομαδοποιήσεων που κάνουν οι μαθητές/φοιτητές και των κριτηρίων που χρησιμοποιούν για κάθε ομαδοποίηση

α) Έργο έλξης χαρτιών από φορτισμένο χάρρακα (E_1) - Έργο έλξης καρφίτσας από μαγνήτη (E_2):

Υψηλά ποσοστά φοιτητών (58 στους 148 ή 39%) και μαθητών (66 στους 109 ή 61%) θεωρούν ότι η έλξη χαρτιών από το φορτισμένο χάρρακα και η έλξη από το μαγνήτη έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Από αυτούς, 41 φοιτητές (28%) και μόνο 6 (6%) μαθητές χρησιμοποιούν εννοιολογικά κριτήρια, π.χ., "και στα δύο έργα έχουμε ηλεκτρισμό (ή μαγνητισμό)". Από την άλλη μεριά, 40 μαθητές (37%) και μόνο 10 φοιτητές (7%) συσχετίζουν τα φαινόμενα με βάση την κοινή οπτική πληροφορία που έχουν, ότι δηλαδή και στα δύο βλέπουν έλξεις (αντιληπτικά κριτήρια). Σημειώνουμε ότι υπάρχουν 19 μαθητές (17%) και 6 φοιτητές (4%) που χρησιμοποιούν συγχρόνως εννοιολογικά και αντιληπτικά κριτήρια.

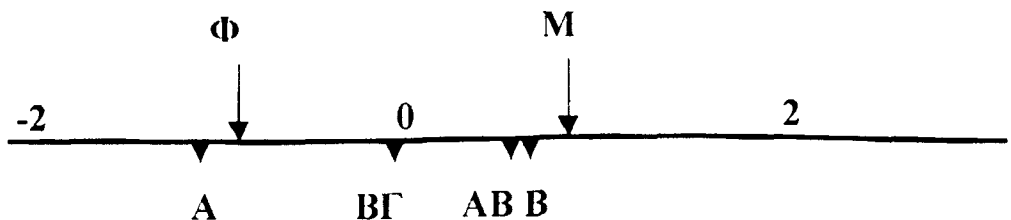
Από την προβολή των τιμών στον άξονα (βλέπε Σχήμα 1) προκύπτει ότι η παρούσα ομαδοποίηση χαρακτηρίζεται για τους φοιτητές από

τη χρήση εννοιολογικών (A) κριτηρίων, ενώ για τους μαθητές από τη χρήση, κατά κύριο λόγο, αντιληπτικών κριτηρίων (B) και λιγότερο από τη χρήση εννοιολογικών και αντιληπτικών (AB) κριτηρίων ταυτόχρονα.

β) Έργο εκπομπής σπινθήρα με ηλεκτροστατική γεννήτρια (E_3) - Έργο ανάμματος σπύρτου (E_4):

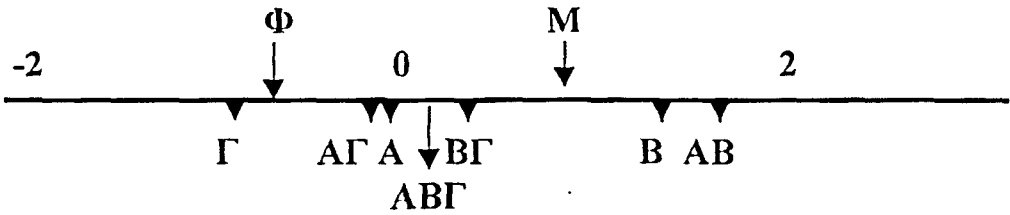
Οι 60 από τους 148 φοιτητές (40%) και οι 47 από τους 109 μαθητές (43%) θεωρούν ότι η λειτουργία της ηλεκτροστατικής γεννήτριας (E_3) και το άναμμα του σπύρτου (E_4) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Στην περίπτωση αυτή, 4 φοιτητές (3%) και 3 μαθητές (3%) αναφέρονται σε έννοιες, π.χ., ηλεκτρισμός, ενέργεια, θερμότητα (εννοιολογικά κριτήρια). Έντεκα μαθητές (10%) και μόνο 1 φοιτητής θεωρούν ότι τα φαινόμενα αυτά έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία λόγω των κοινών παρατηρούμενων αποτελεσμάτων, π.χ., λάμψεις (αντιληπτικά κριτήρια). Τέλος, 27 φοιτητές (18%) και 5 μόνο μαθητές (5%) θεωρούν ότι τα φαινόμενα αυτά έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία λόγω των κοινών διαδικασιών, π.χ., τριβή (διαδικαστικά κριτήρια). Υπάρχουν ακόμη 17 μαθητές (16%) και 13 φοιτητές (9%) που χρησιμοποιούν συγχρόνως αντιληπτικά και διαδικαστικά κριτήρια. Ομοίως υπάρχουν 13 φοιτητές (9%) και 8 μαθητές (7%) που χρησιμοποιούν συγχρόνως εννοιολογικά και διαδικαστικά κριτήρια.

Από την προβολή των τιμών στον άξονα



Σχήμα 1

Η κοινή προβολή των τιμών των πινάκων αντιστοιχίας ομάδων συμμετεχόντων - αιτιολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση E_1 - E_4 .



Σχήμα 2

Η κοινή προβολή των τιμών των πινάκων αντιστοιχίας ομάδων συμμετεχόντων – αιτιολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση E_3 - E_6 .

(βλέπε Σχήμα 2) προκύπτει ότι η παρούσα ομαδοποίηση χαρακτηρίζεται για τους φοιτητές από τη χρήση, κατά κύριο λόγο, διαδικαστικών κριτηρίων (Γ) και λιγότερο από την ταυτόχρονη χρήση εννοιολογικών και διαδικαστικών (ΑΓ) κριτηρίων, ενώ για τους μαθητές από τη χρήση, κατά κύριο λόγο, ταυτόχρονα αντιληπτικών και διαδικαστικών (ΒΓ) κριτηρίων και λιγότερο από τη χρήση αντιληπτικών (Β) κριτηρίων.

γ) Έργο έλξης χαρτιών από φορτισμένο χάρακα (E_1) - Έργο εκπομπής σπινθήρα με ηλεκτροστατική γεννήτρια (E_2) - Έργο ανάμματος σπίρτου (E_3):

Τριάντα εννέα φοιτητές (26%) και 17 μαθητές (16%) θεωρούν ότι τα έργα E_1 (έλξη των χαρτιών από το φορτισμένο χάρακα), E_2 (ηλεκτροστατική γεννήτρια) και E_3 (άναμμα σπίρτου) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Σχεδόν όλοι οι φοιτητές (34 φοιτητές ή 23%) και οι μαθητές (14 μαθητές ή 13%) αυτής της κατηγορίας οδηγούνται στο συμπέρασμα ότι τα φαινόμενα αυτά έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία, διότι παρόμοιες διαδικασίες (διαδικαστικό κριτήριο) ακολουθούνται για την εμφάνιση του αποτελέσματος και στα τρία αυτά έργα, δηλαδή τριβή από τον πειραματιστή.

Από την προβολή των τιμών στον άξονα (βλέπε Σχήμα 3) προκύπτει ότι η παρούσα ομαδοποίηση χαρακτηρίζεται για τους φοιτητές από

τη χρήση διαδικαστικών (Γ) κριτηρίων, ενώ για τους μαθητές από την ταυτόχρονη χρήση εννοιολογικών, αντιληπτικών και διαδικαστικών (ΑΒΓ) κριτηρίων.

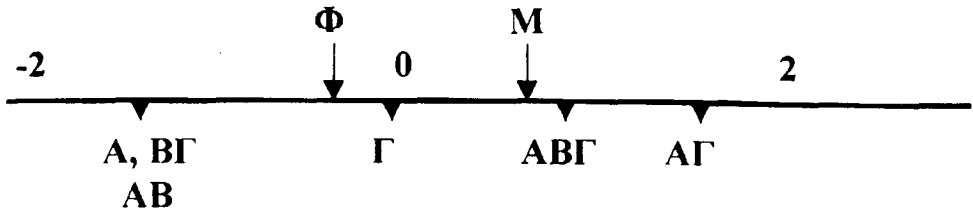
δ) Έργο φωτοβολίας της λάμπας (E_2) - Έργο εκπομπής σπινθήρα με ηλεκτροστατική γεννήτρια (E_3):

Τριάντα από τους 148 φοιτητές (20%) και 20 από τους 109 μαθητές (18%) θεωρούν ότι τα έργα με τη φωτοβολία της λάμπας (E_2) και την ηλεκτροστατική γεννήτρια (E_3) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Οι 29 φοιτητές (20%) και οι 12 μαθητές (11%) χρησιμοποιούν εννοιολογικούς συνδετικούς κρίκους, π.χ., λένε ότι υπάρχει ηλεκτρισμός και στα δύο έργα. Ενώ 4 μαθητές (4%) και ένας μόνο φοιτητής θεωρούν ότι τα δύο αυτά έργα έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία και οδηγούνται σε αυτό χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα εννοιολογικά και αντιληπτικά κριτήρια.

Από την προβολή των τιμών στον άξονα (βλέπε Σχήμα 4) προκύπτει ότι η παρούσα ομαδοποίηση χαρακτηρίζεται για τους φοιτητές από τη χρήση εννοιολογικών (Α) κριτηρίων, ενώ για τους μαθητές από την ταυτόχρονη χρήση εννοιολογικών και αντιληπτικών (ΑΒ) κριτηρίων.

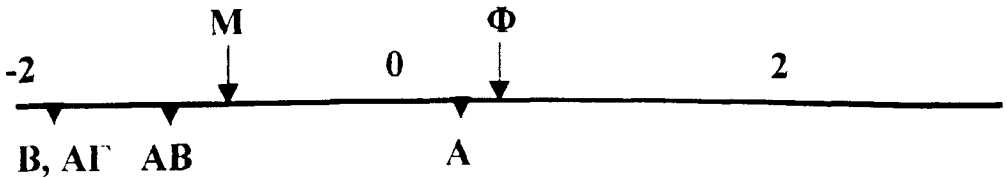
ε) Έργο έλξης χαρτιών από φορτισμένο χάρακα (E_1) - Έργο έλξης καρφίτσας από μαγνήτη (E_4) - Έργο πτώσης μπάλας (E_5):

Οι 20 από τους 148 φοιτητές (14%) και οι 25



Σχήμα 3

Η κοινή προβολή των τιμών των πινάκων αντιστοιχίας ομάδων συμμετεχόντων - αιτιολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση $E_1-E_3-E_6$.



Σχήμα 4

Η κοινή προβολή των τιμών των πινάκων αντιστοιχίας ομάδων συμμετεχόντων - αιτιολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση E_2-E_3 .

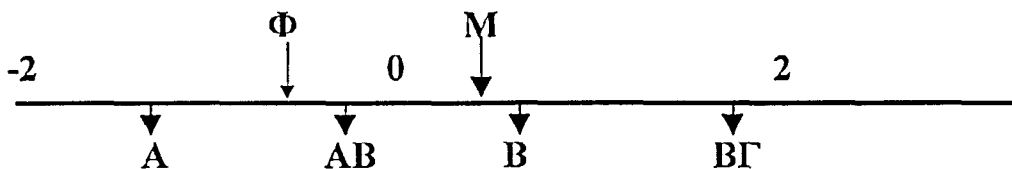
από τους 109 (23%) μαθητές θεωρούν ότι η έλξη χαρτιών από τον φορτισμένο χάρακα (E_1), έλξη καρφίτσας από το μαγνήτη (E_4) και η έλξη της μπάλας από τη γη (E_5) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Η πλειοψηφία αυτών των μαθητών (17 στους 25) και των φοιτητών (11 στους 20) συσχετίζουν τα έργα αυτά χρησιμοποιώντας αντιληπτικά κριτήρια, στηριζόμενοι στις έλξεις που παρατηρούν. Έξι ακόμη συμμετέχοντες από κάθε κατηγορία χρησιμοποιούν συγχρόνως εννοιολογικά και αντιληπτικά κριτήρια.

Από την προβολή των τιμών στον άξονα (βλέπε Σχήμα 5) προκύπτει ότι η παρούσα ομα-

δοποίηση χαρακτηρίζεται για τους φοιτητές, κατά κύριο λόγο, από την ταυτόχρονη χρήση εννοιολογικών και αντιληπτικών (AB) κριτηρίων και λιγότερο από τη χρήση εννοιολογικών (A) κριτηρίων, ενώ για τους μαθητές από τη χρήση αντιληπτικών (B) κριτηρίων.

στ) Έργο έλξης καρφίτσας από μαγνήτη (E_4) - Έργο πτώσης μπάλας (E_5):

Τριάντα τέσσερις από τους 148 φοιτητές (23%) και μόνο 3 από τους 109 μαθητές (3%) θεωρούν ότι η έλξη της καρφίτσας από το μαγνήτη (E_4) και η έλξη της μπάλας από τη γη (E_5) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Όλοι αυτοί οι μαθη-



Σχήμα 5

Η κοινή προβολή των τιμών των πινάκων αντιστοιχίας ομάδων συμμετεχόντων – αιτιολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση $E_1-E_4-E_5$.

τές (3%) και 8 από τους φοιτητές (5%) συσχετίζουν τα έργα αυτά χρησιμοποιώντας αντιληπτικά κριτήρια στηριζόμενοι στις έλξεις που παρατηρούν. Σημαντικό είναι ότι πάνω από τους μισούς φοιτητές (οι 18 στους 34) που εντάσσουν αυτά τα έργα σε μια ομάδα αναφέρονται σε έννοιες, π.χ. “μαγνητισμός και στις δυο περιπτώσεις”.

ζ) Έργο φωτοβολίας της λάμπας (E_2) - Έργο εκπομπής σπινθήρα με ηλεκτροστατική γεννήτρια (E_3) - Έργο ανάμματος σπίρτου (E_6):

Επτά από τους φοιτητές (5%) και 26 από τους μαθητές (24%) θεωρούν ότι τα έργα E_2 (φωτοβολία της λάμπας), E_3 (ηλεκτροστατική γεννήτρια) και E_6 (άναμμα σπίρτου) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Δεκατέσσερις από τους μαθητές (13%) και μόνο 2 από τους φοιτητές (1%) οδηγούνται σε αυτό γιατί παρατηρούν και στα τρία φαινόμενα ίδια αποτελέσματα (λάμψεις), αναφέρουν δηλαδή αντιληπτικά κριτήρια.

η) Έργο φωτοβολίας της λάμπας (E_2) - Έργο ανάμματος σπίρτου (E_6):

Τέσσερις από τους 148 φοιτητές (3%) και 24 από τους 109 μαθητές (22%) θεωρούν ότι η φωτοβολία της λάμπας (E_2) και το άναμμα του σπίρτου (E_6) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Οι 19 από τους μαθητές (17%) και μόνο 1 από τους φοιτητές θεωρούν ότι τα δύο φαινόμενα έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία λόγω των λάμψεων (αντιληπτικό κριτήριο: η κοινή οπτική πληροφο-

ρία) που παρατηρούν και στα δύο.

θ) Έργο έλξης χαρτιών από φορτισμένο χάρακα (E_1) - Έργο ανάμματος σπίρτου (E_6):

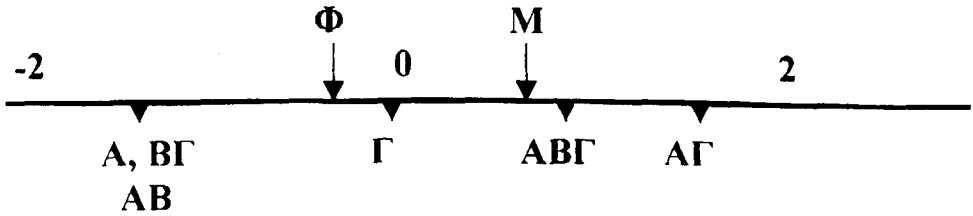
Οι 17 από τους 148 φοιτητές (11%) και οι 4 από τους 109 μαθητές (4%) θεωρούν ότι η έλξη του φορτισμένου χάρακα (E_1) και το άναμμα του σπίρτου (E_6) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Όλοι οι φοιτητές και οι μαθητές που συνδέουν το θερμικό έργο με την έλξη του φορτισμένου χάρακα αναφέρουν διαδικαστικά κριτήρια, δηλαδή ότι “και στα δύο ο πειραματιστής τρίβει”.

ι) Έργο έλξης χαρτιών από φορτισμένο χάρακα (E_1) - Έργο φωτοβολίας της λάμπας (E_2) - Έργο εκπομπής σπινθήρα με ηλεκτροστατική γεννήτρια (E_3) (και τα τρία αυτά έργα, από την πλευρά της φυσικής, αναφέρονται στον Ηλεκτρισμό):

Μόνο 9 από τους 148 φοιτητές (6%), και κανένας από τους μαθητές, κατατάσσουν σε μια ομάδα και τα τρία αυτά έργα. Όλοι αυτοί οι φοιτητές χρησιμοποιούν εννοιολογικά κριτήρια: “υπάρχει ηλεκτρισμός και στις τρεις περιπτώσεις”.

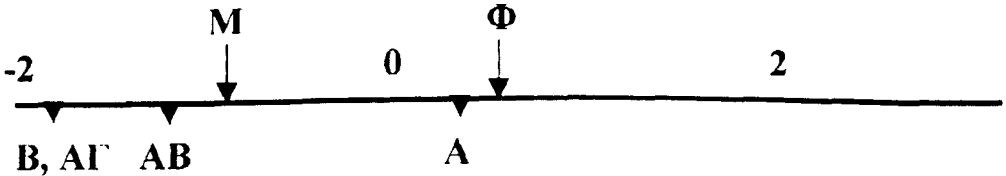
ια) Έργο έλξης χαρτιών από φορτισμένο χάρακα (E_1) - Έργο εκπομπής σπινθήρα με ηλεκτροστατική γεννήτρια (E_3):

Μόνο 7 φοιτητές (5%) και κανένας από τους μαθητές θεωρούν ότι τα έργα με την έλξη των χαρτιών από το φορτισμένο χάρακα (E_1) και την



Σχήμα 3

Η κοινή προβολή των τιμών των πινάκων αντιστοιχίας ομάδων συμμετεχόντων - αιτιολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση $E_1-E_3-E_6$.



Σχήμα 4

Η κοινή προβολή των τιμών των πινάκων αντιστοιχίας ομάδων συμμετεχόντων - αιτιολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση E_2-E_3 .

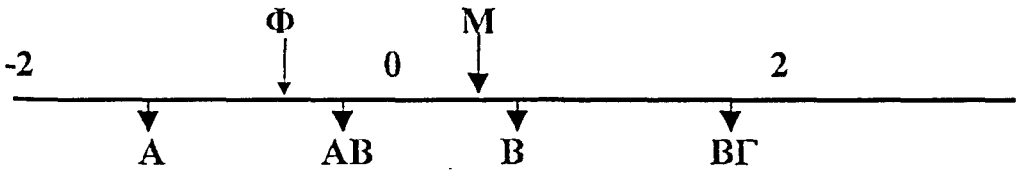
από τους 109 (23%) μαθητές θεωρούν ότι η έλξη χαρτιών από τον φορτισμένο χάρακα (E_1), έλξη καρφίτσας από το μαγνήτη (E_4) και η έλξη της μπάλας από τη γη (E_5) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Η πλειοψηφία αυτών των μαθητών (17 στους 25) και των φοιτητών (11 στους 20) συσχετίζουν τα έργα αυτά χρησιμοποιώντας αντιληπτικά κριτήρια, στηριζόμενοι στις έλξεις που παρατηρούν. Έξι ακόμη συμμετέχοντες από κάθε κατηγορία χρησιμοποιούν συγχρόνως εννοιολογικά και αντιληπτικά κριτήρια.

Από την προβολή των τιμών στον άξονα (βλέπε Σχήμα 5) προκύπτει ότι η παρούσα ομα-

δοποίηση χαρακτηρίζεται για τους φοιτητές, κατά κύριο λόγο, από την ταυτόχρονη χρήση εννοιολογικών και αντιληπτικών (ΑΒ) κριτηρίων και λιγότερο από τη χρήση εννοιολογικών (Α) κριτηρίων, ενώ για τους μαθητές από τη χρήση αντιληπτικών (Β) κριτηρίων.

στ) Έργο έλξης καρφίτσας από μαγνήτη (E_4) - Έργο πτώσης μπάλας (E_5):

Τριάντα τέσσερις από τους 148 φοιτητές (23%) και μόνο 3 από τους 109 μαθητές (3%) θεωρούν ότι η έλξη της καρφίτσας από το μαγνήτη (E_4) και η έλξη της μπάλας από τη γη (E_5) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Όλοι αυτοί οι μαθη-



Σχήμα 5

Η κοινή προβολή των τιμών των πινάκων αντιστοιχίας ομάδων συμμετεχόντων – αιτιολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση E_1 - E_4 - E_5 .

τές (3%) και 8 από τους φοιτητές (5%) συσχετίζουν τα έργα αυτά χρησιμοποιώντας αντιληπτικά κριτήρια στηριζόμενοι στις έλξεις που παρατηρούν. Σημαντικό είναι ότι πάνω από τους μισούς φοιτητές (οι 18 στους 34) που εντάσσουν αυτά τα έργα σε μια ομάδα αναφέρονται σε έννοιες, π.χ. “μαγνητισμός και στις δυο περιπτώσεις”.

ζ) Έργο φωτοβολίας της λάμπας (E_2) - Έργο εκπομπής σπινθήρα με ηλεκτροστατική γεννήτρια (E_3) - Έργο ανάμματος σπύρτου (E_6):

Επτά από τους φοιτητές (5%) και 26 από τους μαθητές (24%) θεωρούν ότι τα έργα E_2 (φωτοβολία της λάμπας), E_3 (ηλεκτροστατική γεννήτρια) και E_6 (άναμμα σπύρτου) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Δεκατέσσερις από τους μαθητές (13%) και μόνο 2 από τους φοιτητές (1%) οδηγούνται σε αυτό γιατί παρατηρούν και στα τρία φαινόμενα ίδια αποτελέσματα (λάμψεις), αναφέρουν δηλαδή αντιληπτικά κριτήρια.

η) Έργο φωτοβολίας της λάμπας (E_2) - Έργο ανάμματος σπύρτου (E_6):

Τέσσερις από τους 148 φοιτητές (3%) και 24 από τους 109 μαθητές (22%) θεωρούν ότι η φωτοβολία της λάμπας (E_2) και το άναμμα του σπύρτου (E_6) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Οι 19 από τους μαθητές (17%) και μόνο 1 από τους φοιτητές θεωρούν ότι τα δύο φαινόμενα έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία λόγω των λάμψεων (αντιληπτικό κριτήριο: η κοινή οπτική πληροφο-

ρία) που παρατηρούν και στα δύο.

θ) Έργο έλξης χαρτιών από φορτισμένο χάρακα (E_1) - Έργο ανάμματος σπύρτου (E_6):

Οι 17 από τους 148 φοιτητές (11%) και οι 4 από τους 109 μαθητές (4%) θεωρούν ότι η έλξη του φορτισμένου χάρακα (E_1) και το άναμμα του σπύρτου (E_6) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Όλοι οι φοιτητές και οι μαθητές που συνδέουν το θερμικό έργο με την έλξη του φορτισμένου χάρακα αναφέρουν διαδικαστικά κριτήρια, δηλαδή ότι “και στα δύο ο πειραματιστής τρίβει”.

ι) Έργο έλξης χαρτιών από φορτισμένο χάρακα (E_1) - Έργο φωτοβολίας της λάμπας (E_2) - Έργο εκπομπής σπινθήρα με ηλεκτροστατική γεννήτρια (E_3) (και τα τρία αυτά έργα, από την πλευρά της φυσικής, αναφέρονται στον Ηλεκτρισμό):

Μόνο 9 από τους 148 φοιτητές (6%), και κανένας από τους μαθητές, κατατάσσουν σε μια ομάδα και τα τρία αυτά έργα. Όλοι αυτοί οι φοιτητές χρησιμοποιούν εννοιολογικά κριτήρια: “υπάρχει ηλεκτρισμός και στις τρεις περιπτώσεις”.

ια) Έργο έλξης χαρτιών από φορτισμένο χάρακα (E_1) - Έργο εκπομπής σπινθήρα με ηλεκτροστατική γεννήτρια (E_3):

Μόνο 7 φοιτητές (5%) και κανένας από τους μαθητές θεωρούν ότι τα έργα με την έλξη των χαρτιών από το φορτισμένο χάρακα (E_1) και την

ηλεκτροστατική γεννήτρια (E_3) έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Μεγάλος αριθμός μαθητών συνδέει αυτά τα έργα μεταξύ τους αλλά συγχρόνως και με το (E_6) (βλέπε γ).

ιβ) Έργο έλξης χαρτιών από φορτισμένο χάρακα (E_1) - Έργο φωτοβολίας της λάμπας (E_2):

Μόνο 5 από τους 148 φοιτητές (3%) και 1 από τους 109 μαθητές (1%) θεωρούν ότι έχει κοινή επιστημονική ερμηνεία το ηλεκτροστατικό φαινόμενο (η έλξη των χαρτιών από το φορτισμένο χάρακα) E_1 και το ηλεκτροδυναμικό (η φωτοβολία της λάμπας) E_2 . Όλοι αυτοί οι φοιτητές αναφέρουν το ακόλουθο εννοιολογικό κριτήριο: "Υπάρχει ηλεκτρισμός και στις δύο περιπτώσεις". Από τις συνεντεύξεις που πήραμε από μαθητές, μετά το ερωτηματολόγιο, προκύπτει ότι ο κύριος λόγος που θεωρούν ότι τα δύο φαινόμενα δεν μπορεί να έχουν ίδια επιστημονική ερμηνεία είναι τα διαφορετικά αποτελέσματα των δύο έργων "μα ούτε στη λάμπα έχω έλξεις, ούτε στο στυλό λάμπεις".

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των γραπτών ερωτηματολογίων οδηγηθήκαμε στα εξής συμπεράσματα:

α) Ομάδες "μη ειδικών" (στη συγκεκριμένη έρευνα μαθητές και φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης) δε συνδέουν τα ηλεκτροστατικά (έργο E_1) με τα ηλεκτροδυναμικά φαινόμενα (έργα E_2 και E_3), γεγονός που συμφωνεί και με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (Eylon & Ganiel, 1990. Frederiksen & White, 1992). Ταυτόχρονα, όμως, συνδέουν μεταξύ τους τα ηλεκτροστατικά (έργο E_1), τα μαγνητικά (έργο E_4) και τα βαρυτικά φαινόμενα (έργο E_5), γεγονός που έχει αναφερθεί και από τον Arons (Arons, 1990), και τα ηλεκτροδυναμικά που συνοδεύονται με εκπομπή λάμπης (έργα E_2 και E_3) με άλλα φωτεινά φαινόμενα (έργο E_6).

β) Ομάδες "μη ειδικών" θεωρούν ότι διάφορα φαινόμενα έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούν για την ομαδοποίησή τους είναι:

Αισθητηριακές αντιλήψεις. Τα κοινά αντιληπτικά αποτελέσματα, στην περίπτωση μας οι έλξεις (ηλεκτροστατικά, μαγνητικά και βαρυτικά φαινόμενα) ή οι λάμπεις (φωτοβολία της λάμπας, άναμμα του σπέρτου, ηλεκτρικός σπινθήρας της ηλεκτροστατικής γεννήτριας) οδηγούν στην άποψη ότι τα φαινόμενα αυτά έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Το κριτήριο αυτό (αντιληπτικό κριτήριο) χαρακτηρίζει κατά κύριο λόγο τις ομαδοποιήσεις των μαθητών (Πίνακες 2α και 2β).

Κοινή παρατηρούμενη διαδικασία κατά την εκτέλεση του πειράματος. Το τρίψιμο, στο χάρακα, στην ηλεκτροστατική γεννήτρια και στο άναμμα του σπέρτου, οδηγεί στην άποψη ότι τα φαινόμενα αυτά έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Το κριτήριο αυτό (διαδικαστικό κριτήριο) χαρακτηρίζει κατά κύριο λόγο τις ομαδοποιήσεις των φοιτητών (Πίνακες 2α και 2β).

Εννοιολογικά κριτήρια. Μόνο οι ομαδοποιήσεις των φοιτητών χαρακτηρίζονται από τη χρήση εννοιολογικών κριτηρίων, σε μικρότερο βαθμό από ό,τι από τη χρήση διαδικαστικών. Τέλος, οι ομαδοποιήσεις των μαθητών χαρακτηρίζονται, σε μικρότερο βαθμό από ό,τι από τη χρήση αντιληπτικών κριτηρίων, από τη χρήση συγχρόνως εννοιολογικών και αντιληπτικών κριτηρίων.

Όταν ζητείται από τους συμμετέχοντες να σχηματίσουν ομάδες φαινομένων με βάση τις κοινές έννοιες που χαρακτηρίζουν αυτά τα φαινόμενα, οι μαθητές σχηματίζουν τις ομάδες κυρίως με βάση την πεποίθηση ότι τα κοινά αντιληπτικά αποτελέσματα συνεπάγονται τη χρήση κοινών ερμηνευτικών εννοιών, ενώ οι φοιτητές κυρίως με βάση την πεποίθηση ότι οι κοινές διαδικασίες που παρατηρούν στα φαινόμενα συνεπάγονται τη χρήση κοινών ερμηνευτικών εννοιών. Αυτό χαρακτηριστικά φαίνεται στις ομαδοποιήσεις που χαρακτηρίζουν τις απαντήσεις των μαθητών (ομαδοποιήσεις E_2 - E_3 - E_6 και E_1 - E_4 - E_5) και φοιτητών (ομαδοποιήσεις E_1 - E_3 - E_6 και E_1 - E_6). Οι μαθητές ομαδοποιούν τα έργα E_3 - E_6 με το έργο E_2 λόγω των λάμπων που βλέπουν και στα τρία έργα, ενώ οι φοιτητές ομαδοποιούν τα ίδια

έργα $E_3 - E_6$ με το E_1 λόγω της διαδικασίας τριβής που υπάρχει και στα τρία έργα. Ομοίως οι μαθητές ομαδοποιούν το έργο E_1 με τα έργα $E_4 - E_5$ λόγω των έλξεων που βλέπουν και στα τρία έργα ενώ οι φοιτητές ομαδοποιούν το ίδιο έργο E_1 με το E_6 λόγω της διαδικασίας τριβής που υπάρχει και στα δύο έργα. Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά των μαθητών έχουν βρεθεί σε έρευνα (Chi et al., 1981), που αφορά στις διαφορές που υπάρχουν στον τρόπο που αρχάριοι και ειδικοί στις φυσικές επιστήμες ταξινομούν σε ομάδες προβλήματα φυσικής με κριτήριο τις ομοιότητες που θεωρούν ότι παρουσιάζει η λύση τους. Οι αρχάριοι θεωρούν ότι προβλήματα μηχανικής λύνονται με παρόμοιο τρόπο όταν αναφέρονται σε καταστάσεις που παρουσιάζουν κοινά "επιφανειακά χαρακτηριστικά", π.χ., ταξινομούν στην ίδια ομάδα προβλήματα που αφορούν ελατήρια και σε άλλη ομάδα προβλήματα που αφορούν κεκλιμένα επίπεδα. Αντίθετα οι ειδικοί κατηγοριοποιούν τα προβλήματα με βάση αρχές της φυσικής, π.χ., η αρχή διατήρησης της ενέργειας μπορεί να αποτελέσει την κοινή βάση για να λυθούν προβλήματα και με ελατήρια και με κεκλιμένα επίπεδα, άρα οι ειδικοί ταξινομούν τα παραπάνω προβλήματα στην ίδια ομάδα.

Τα ερωτήματα που γεννιούνται από τα αποτελέσματα της έρευνάς μας είναι:

α) Πώς μπορεί να εξηγηθεί το γεγονός ότι τα αντιληπτικά κριτήρια χαρακτηρίζουν τις ομαδοποιήσεις των μαθητών ενώ τα διαδικαστικά κριτήρια τις ομαδοποιήσεις των φοιτητών;

β) Πώς μπορεί να εξηγηθεί το ότι τα εννοιολογικά κριτήρια χαρακτηρίζουν τις ομαδοποιήσεις των φοιτητών;

γ) Ποια εξήγηση μπορεί να έχει το ότι οι ομαδοποιήσεις των μαθητών χαρακτηρίζονται, εκτός από τη χρήση των αντιληπτικών κριτηρίων, και από τη χρήση εννοιολογικών και αντιληπτικών κριτηρίων ταυτόχρονα;

Όσον αφορά το πρώτο ερώτημα: Οι μαθητές φαίνεται ότι παρατηρούν περισσότερο "στατικά" (παρατηρούν τα φαινόμενα σε να φωτογραφίζουν στιγμιότυπα) και έτσι τα αποτελέσματα των φαινομένων (αντιληπτικά κριτήρια) τους οδηγούν στην άποψη ότι τα φαινόμενα αυτά έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία. Άποψή μας είναι ότι οι μαθητές παρουσιάζουν στις απαντήσεις τους υψηλά ποσοστά αντιληπτικών κριτηρίων, μια και η σύνδεση σε επίπεδο αισθητηριακών αντιλήψεων απαιτεί να λαμβάνουν, να αναγνωρίζουν και να συγκρίνουν αισθητηριακές αντιλήψεις - με κυρίαρχες τις οπτικές αντιλήψεις (Leuvenberg & Boselie, 1988. Pettersson, 1989. Rumelhart, 1980), βήματα στη γνωστική εξέλιξη που οι εντεκάχρονοι μαθητές συνήθως έχουν πραγματοποιήσει. Από την άλλη μεριά, οι φοιτητές φαίνεται να παρατηρούν περισσότερο "εξελικτικά" (τοποθετούν σε μια σειρά τα "στιγμιότυπα" τους και στη συνέχεια τα αναγνωρίζουν και τα αναφέρουν στην εξέλιξη του φαινομένου). Έτσι οι απαντήσεις τους χαρακτηρίζονται από τη χρήση διαδικαστικών κριτηρίων, δηλ. θεωρούν ότι φαινόμενα έχουν κοινή επιστημονική ερμηνεία επειδή παρατηρούν ίδιες διαδικασίες κατά την εξέλιξη τους. Άποψή μας είναι ότι η δημιουργία διαδικαστικών συνδετικών κρίκων, αποτελεί μια γνωστική λειτουργία ανώτερη από τη δημιουργία αντιληπτικών συνδετικών κρίκων επειδή όταν κάποιος διαμορφώνει ένα διαδικαστικό συνδετικό κρίκο μεταξύ δύο φαινομένων συσχετίζει μια σειρά γεγονότων αναγνωρίζοντας μια διαδικασία και στη συνέχεια αναγνωρίζει παρόμοιες διαδικασίες να παρουσιάζονται σε διαφορετικά φαινόμενα. Τα παραπάνω μπορεί να αποτελούν μια απάντηση στο γεγονός ότι οι φοιτητές χρησιμοποιούν συχνότερα διαδικαστικά κριτήρια στους συλλογισμούς τους. Από την άλλη μεριά, μια ακόμη πιθανή εξήγηση θα μπορούσε να είναι το γεγονός ότι οι φοιτητές έστω και περιορισμένα, κατά τη φοίτησή τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, έχουν ασχοληθεί με την επίλυση ποσοτικών προβλημάτων σε αρκετά από τα οποία λαμβάνεται υπόψη μια διαδικασία εξέλιξης. Οι μαθητές του πληθυσμού της έρευνας δεν έχουν καμιά εμπειρία με αυτά. Η ενασχόληση των φοιτητών με την επίλυση ποσοτικών προβλημάτων έχει ίσως συμβάλει στην επικέντρωσή τους στις διαδικασίες.

Στο δεύτερο ερώτημα μια πιθανή απάντηση

είναι ότι η σύνδεση των αισθητηριακών αντιλήψεων με τις αντίστοιχες έννοιες και στη συνέχεια η χρήση των εννοιών στην εξήγηση των φαινομένων απαιτεί τόσο τη γνώση των εννοιών αυτών όσο και προηγμένες νοητικές ικανότητες. Οι φοιτητές του δείγματος, αν και δεν έχουν δεχτεί ειδική εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες, έχουν ασχοληθεί με αυτές για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από τους μαθητές των 13 ετών, άρα έχουν μεγαλύτερη γνώση των απαιτούμενων εννοιών. Επιπλέον οι φοιτητές έχουν και νοητικές ικανότητες ανώτερες από τους 13χρονους μαθητές.

Σχετικά με το τρίτο ερώτημα, η αποψή μας είναι ότι οι μαθητές νιώθουν αβέβαιοι με την αναφορά εννοιών τις οποίες απομνημόνευσαν στο σχολείο και για ενίσχυση καταφεύγουν ταυτόχρονα στην αναφορά κοινών μεταξύ των φαινομένων παρατηρούμενων αποτελεσμάτων.

Θεωρούμε ότι παρόμοιες έρευνες θα μπορούσαν να οδηγήσουν τελικά στην επιλογή έργων κατάλληλων για την εννοιολογική σύνδεση φαινομένων που οι ομάδες μη ειδικών δεν τα συσχετίζουν και/ή τη διαφοροποίηση φαινομένων που αυτοί συσχετίζουν σε αντίθεση με το επιστημονικό πρότυπο. Έτσι, π.χ., η δυνατότητα της παρατήρησης έλξης μικρών κομματιών χαρτιού από τις μεταλλικές σφαίρες των πόλων της ηλεκτροστατικής γεννήτριας, και στη συνέχεια η δημιουργία σπινθήρα μεταξύ των μεταλλικών σφαιρών των πόλων της ηλεκτροστατικής γεννήτριας θα μπορούσαν να οδηγήσουν στη σύνδεση της έλξης μικρών χαρτιών από το φορτισμένο χάρακα με τη δημιουργία ηλεκτρικού σπινθήρα μεταξύ των φορτισμένων μεταλλικών σφαιρών της γεννήτριας. Ομοίως, η δυνατότητα της παρατήρησης ότι ο μαγνήτης έλκει μόνο σιδηρομαγνητικά υλικά ενώ το φορτισμένο στυλό έλκει και άλλα υλικά, π.χ., χαρτιά, τα οποία στη συνέχεια απωθεί, μπορεί τελικά να οδηγήσει στη διαφοροποίηση ηλεκτροστατικών και μαγνητικών φαινομένων (Seroglou, Koumaras, & Tselfes, 1998).

Βιβλιογραφία

- Arons, A. B. (1990). *A guide to introductory physics teaching*. New York: Wiley.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Duit, R., Jung, W., & Rhoneck, C. (Eds.). (1985). *Aspects of understanding electricity: The proceedings of an international workshop*. Kiel, Germany: Institut fuer die Paedagogik der Naturwissenschaften an der Universitaet Kiel.
- Eylon, B. S., & Ganiel, U. (1990). Macro-micro relations: The missing link between electrostatics and electrodynamics in students' reasoning. *International Journal of Science Education*, 12(1), 79-94.
- Feher, E., & Rice, K. (1987). A comparison of teacher - student conceptions in optics. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Vol. II, pp. 108-117). Ithaca, NY: Cornell University.
- Frederiksen, J. R., & White, B. Y. (1992). Mental models and understanding: A problem for science education. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology* (pp. 211-226). Berlin: Springer.
- Leeuwenberg, E., & Boselie, F. (1988). Against the likelihood principle in visual form perception. *Psychological Review*, 95, 485-491.
- Novak, J. D. (Ed.). (1987). *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University.
- Novak, J. D. (Ed.). (1993). *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University.
- Petterson, R. (1989). *Visuals for information. Research and practice*. Englewood Cliffs, NJ: E-

- educational Technology Publications.
- Rollnick, M., & Rutherford, M. (1990). African primary school teachers - what ideas do they hold on air and air pressure? *International Journal of Science Education*, 12(1), 101-113.
- Rumelhart, D. E. (1980). Schemata: The building blocks of cognition. In R. Spiro, B. Bruce, & W. Brewer (Eds.), *Theoretical issues in reading comprehension*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sciarretta, M. R., Stilli, R., & Vicentini Missoni, M. (1990). On the thermal properties of materials: Common-sense knowledge of Italian students and teachers. *International Journal of Science Education*, 12(4), 369-379.
- Steinberg, M. S. (1983). Reinventing electricity. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University.
- Webb, P. (1992). Primary science teachers' understandings of electric current. *International Journal of Science Education*, 14(4), 423-429.
- Seroglou, F., Koumaras, P., & Tselfes, V. (1998). History of science and instructional design: The case of electromagnetism. *Science and Education*, 7(3), 261-280.

Criteria that lead non-experts to give a common scientific explanation to natural phenomena

FANNY SEROGLOU, PANAGIOTIS KOUMARAS, & THEODORE CHADJIPADELIS
Aristotle University of Thessaloniki, Greece

ABSTRACT

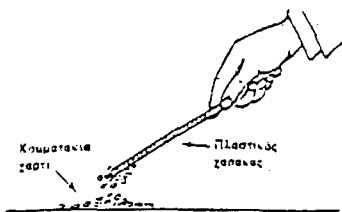
Our research is focused on the study of the factors that drive populations of non-experts to decide whether some natural phenomena share a common scientific explanation. The sample consisted of pupils attending the first grade of high-school and students of School of Education. The research was carried out in three phases: individual in-depth interviews with 5 pupils and 5 students, which led to the creation of a questionnaire; distribution of the questionnaire to 109 pupils and 148 students, and 10 in-depth interviews after the questionnaire analysis for further clarification of pupils' and students' reasoning. Correspondence analysis was applied to test possible differences between pupils' and students' reasoning. The results indicated that the majority of pupils and students when asked to form groups of phenomena that share a common scientific explanation, formed groups based on the belief that the common results or common procedures that they observed in these phenomena imply the use of common explanatory concepts. Pupils and students tend to form certain characteristic groups of phenomena. However, the criteria that lead students to give a common scientific explanation to a group of phenomena are different from the criteria that pupils use in their reasoning even in the cases that both populations form the same groups of phenomena.

Key words: Categorisation criteria, Explanation of natural phenomena, Non-experts.

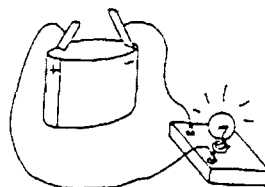
Address: Panagiotis Koumaras, School of Education, Aristotle University of Thessaloniki, 540 06 Thessaloniki, Greece. Tel.: *30-31-991215, Fax: *30- 31-991211, E-mail: koumaras@eled.auth.gr

Παράρτημα 1 Ερωτηματολόγιο

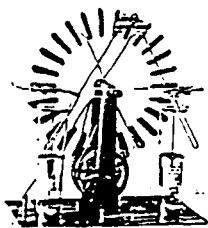
1. Τρίβουμε την άκρη ενός πλαστικού χάρακα με μάλλινο ύφασμα. Την πλησιάζουμε σε μικρά κομματάκια χαρτί. Παρατηρούμε ότι τα έλκει.



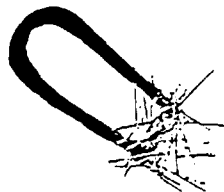
2. Συνδέουμε μια μπαταρία με μια λάμπα. Παρατηρούμε ότι η λάμπα φωτοβολεί.



3. Γυρνώντας το μοχλό της μηχανής, οι δίσκοι της περιστρέφονται και τα μικρά βουρτσάκια τρίβονται πάνω σ' αυτούς. Παρατηρούμε ότι εμφανίζονται σπίνες ανάμεσα στις δύο μεταλλικές σφαίρες της μηχανής.



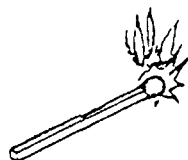
4. Φέρνουμε ένα μαγνήτη κοντά σε καρφίτσες. Παρατηρούμε ότι τις έλκει.



5. Αφήνουμε μια μπάλα από ψηλά. Παρατηρούμε ότι πέφτει.



6. Τρίβουμε το κεφάλι ενός σπύρτου στο σπιντόκουτο. Παρατηρούμε ότι το σπύρτο ανάβει.



Μπορείς να κατατάξεις τα παραπάνω φαινόμενα σε μία ή περισσότερες ομάδες, έτσι ώστε τα φαινόμενα στην κάθε μία να δέχονται κοινή επιστημονική ερμηνεία;

Σχημάτισε την ομάδα, ή τις ομάδες, και ανέφερε την κοινή επιστημονική ερμηνεία για κάθε ομάδα.