

Αξιοποίηση και αποτίμηση διαδραστικής εκπαιδευτικής τεχνολογίας κατά τη διδασκαλία του μοντέλου του ηλεκτρικού ρεύματος στη Φυσική της Γ΄ Γυμνασίου

Πιερράτος Θεόδωρος¹, Τσακμάκη Παρασκευή², Πολάτογλου Χαρίτων³

¹ Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου

pierratos@gmail.com

² Καθηγήτρια Φυσικής, Γυμνάσιο Γουμένισσας Κιλκίς

vtsakmaki@gmail.com

³ Αν. Καθηγητής του Τμ. Φυσικής, Α.Π.Θ.

hariton@physics.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας αξιοποιήθηκε ένα ασύρματο σύστημα καταγραφής απαντήσεων κατά τη διδασκαλία του μοντέλου του ηλεκτρικού ρεύματος στη Φυσική της Γ΄ Γυμνασίου σε δύο σχολικά τμήματα. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή ενός πρωτότυπου εκπαιδευτικού σεναρίου που ενσωματώνει χαρακτηριστικά που ευνοούν την ενεργό μάθηση. Για να αποτιμηθεί η διδακτική παρέμβαση οι μαθητές απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης επιχειρήθηκε να αποτιμηθεί με τον υπολογισμό του δείκτη κέρδους $\langle g \rangle$ και την ανάλυση των συζητήσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά την εφαρμογή του σεναρίου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά μας η παρέμβαση, με βάση το δείκτη $\langle g \rangle$, κατατάσσεται στις μέσης αποτελεσματικότητας διδακτικές παρεμβάσεις. Επιπλέον, η αξιοποίηση του συστήματος φαίνεται ότι οδηγεί σε βαθύτερη κατανόηση των εννοιών, ενεργοποιεί το σύνολο των μαθητών κατά την εκπαιδευτική διαδικασία και δημιουργεί θετικότερη στάση απέναντι στο μάθημα της Φυσικής.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: διαδραστική εκπαιδευτική τεχνολογία, κλίκερς, Φυσική, ηλεκτρικό ρεύμα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μεταβολές που έχουν συμβεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες τόσο στην αγορά εργασίας όσο και στη διεθνή πολιτική σκηνή έχουν καταστήσει επιτακτική την ανάγκη γραμματισμού στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) όλων των πολιτών και έχουν φέρει τη διδασκαλία των ΦΕ, και της Φυσικής ειδικότερα, στο προσκήνιο (Beichner *et al.*, 1995). Έχει προκύψει έτσι η ανάγκη κατανόησης εκείνων των μεθόδων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε αποτελεσματική διδασκαλία της Φυσικής αλλά και των μηχανισμών που θα επιτρέψουν την εκπαίδευση των φυσικών-εκπαιδευτικών ώστε να καταφέρουν να εφαρμόσουν αυτές τις μεθόδους.

Πολλές έρευνες έχουν γίνει σε όλο τον κόσμο με σκοπό την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της παραδοσιακής διδασκαλίας (McDermott & Redish, 1999). Σύμφωνα με τον Hake (1998), ανεξάρτητα από το διδάσκοντα, το μέγεθος της τάξης ή το εκπαιδευτικό ίδρυμα, οι σπουδαστές κατακτούν λιγότερο από το 30% της νέας γνώσης που τους προσφέρεται μέσω της παραδοσιακής διδασκαλίας. Αντίστοιχα, οι Wieman και Perkins (2005) αναφέρουν ότι μόλις το 10% των φοιτητών τους μπόρεσαν να απαντήσουν σωστά σε μία ερώτηση ανάκλησης πληροφορίας η οποία δόθηκε ρητά κατά τη διάρκεια διάλεξης, δεκαπέντε λεπτά μετά την παρουσίαση της πληροφορίας.

Ένα από τα σημεία στα οποία η παραδοσιακή διδασκαλία της Φυσικής εμφανίζει σημαντική ανεπάρκεια είναι η αδυναμία εμπλοκής όλων των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία (Caldwell, 2007; Reay *et al.*, 2008), τη στιγμή που η εμπλοκή φαίνεται ότι είναι αναγκαία συνθήκη για τη μάθηση (Beatty, 2004; Carini, Kuh, & Klein, 2006; Bransford *et al.*, 1999).

Ένας τρόπος εμπλοκής των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι η εισαγωγή ενεργών μεθόδων διδασκαλίας (Beatty, 2004; Crouch & Mazur, 2001), μεθόδων οι οποίες απαιτούν περισσότερη συζήτηση και ανταλλαγή επιχειρημάτων μεταξύ των μαθητών.

Μία ευρέως χρησιμοποιούμενη παιδαγωγική προσέγγιση ενεργούς διδασκαλίας είναι η διδασκαλία μεταξύ ομότιμων (peer instruction) η οποία εισήχθη από τον Mazur (1997) ειδικά για τη διδασκαλία της Φυσικής και έκτοτε έχει χρησιμοποιηθεί σε όλα σχεδόν τα γνωστικά αντικείμενα. Η μέθοδος αυτή, η οποία έχει αποδειχθεί αρκετά αποτελεσματική (Fagan *et al.*, 2002) συνίσταται στην διατύπωση, σε τακτά χρονικά διαστήματα, μίας εννοιολογικού περιεχομένου ερώτησης, την οποία

απαντά κάθε μαθητής μόνος του. Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν σε ομάδες προσπαθώντας να πείσουν ο ένας τον άλλο για την ακρίβεια της απάντησής του. Μετά από αυτή την αλληλεπίδραση μεταξύ των ομότιμων μαθητών, οι τελευταίοι έχουν την ευκαιρία να απαντήσουν ξανά. Ακολουθεί η αποκάλυψη της σωστής απάντησης από το διδάσκοντα και η δικαιολόγηση της.

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε να ελεγχθεί η άποψη ότι η ενεργός εμπλοκή των μαθητών στη διδακτική διαδικασία μπορεί να επιτευχθεί με την ανάδραση σε πραγματικό χρόνο και τη διαμορφωτική αξιολόγηση που παρέχει η σύγχρονη εκπαιδευτική τεχνολογία, σε συνδυασμό με μια διδακτική μέθοδο που αποτελεί εκδοχή της διδασκαλίας μεταξύ ομότιμων.

Σύμφωνα με τους Roschelle et al. (2004) η συλλογή και η ανάλυση των δεδομένων που θεωρούνται ζωτικής σημασίας για τη διαμορφωτική αξιολόγηση της διδακτικής αλληλεπίδρασης διδάσκοντα-διδασκομένων μπορεί να επιτευχθεί σε μια διασυνδεδεμένη τάξη. Με τον τελευταίο αυτό όρο δεν εννοείται κατ' ανάγκη μία τάξη με υπολογιστές που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο, αλλά μία τάξη στην οποία είναι διαθέσιμη σύγχρονη ασύρματη τεχνολογία συλλογής και καταγραφής των απαντήσεων των διδασκομένων, απαντήσεις που μπορούν να προβάλλονται άμεσα στην ολομέλεια και να συζητούνται.

Ο Salend (2009) έχει περιγράψει νέου τύπου διαδραστικά συστήματα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενεργοποιήσουν τις διαδικασίες μάθησης και να παράσχουν αποτελεσματική χρήση της αξιολόγησης των μαθητών σε πραγματικό χρόνο. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα καταγραφής απαντήσεων (classroom response system – CRS). Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από εξειδικευμένους υπολογιστές παλάμης με δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας με έναν σταθμό βάσης (Fies & Marshall, 2006). Τα δεδομένα συλλέγονται από το σταθμό βάσης και προωθούνται στον Η/Υ με τον οποίο είναι συνδεδεμένος. Σε κάθε μονάδα (κλίκερ) αποδίδεται είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα ένας μοναδικός αριθμός αναγνώρισης που λειτουργεί ως ταυτότητα του χρήστη της συγκεκριμένης μονάδας. Έτσι οι μαθητές μπορούν να δέχονται ερωτήσεις (τις ίδιες ή διαφορετικές ανά μαθητή ή ανά ομάδα) στην οθόνη της συσκευής τους και να απαντούν στέλνοντας, ανάλογα με την ερώτηση, ανοικτό κείμενο (μέχρι 90 χαρακτήρες), αριθμητικά αποτελέσματα, απαντήσεις σε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, απαντήσεις τύπου Σωστό – Λάθος και απαντήσεις ακολουθίας («να βάλετε στη σωστή σειρά»). Οι μαθητές ενημερώνονται μέσω κατάλληλης 'νεδειξης στην οθόνη τους ότι η απάντησή τους καταχωρήθηκε, ενώ υπάρχει η δυνατότητα να ενημερώνονται αν έχουν απαντήσει σωστά ή λανθασμένα (ανάδραση μαθητών). Μέσω λογισμικού, το οποίο συνοδεύει το σύστημα καταγραφής απαντήσεων, αμέσως μετά τη λήξη αποστολής απαντήσεων (μετά από καθορισμένο χρόνο ή όταν το επιλέξει ο διδάσκων) παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία για τις απαντήσεις που δόθηκαν, οι οποίες μάλιστα μπορούν συσχετισθούν με συγκεκριμένες ομάδες μαθητών ή με προηγούμενες απαντήσεις. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να προβάλλονται σε όλη την τάξη με τη βοήθεια προβολικού συστήματος ή μόνο στην οθόνη της συσκευής του διδάσκοντος, ανάλογα με το σύστημα που χρησιμοποιείται.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν τα δύο τμήματα της Γ' Γυμνασίου ενός σχολείου της Κεντρικής Μακεδονίας. Συμμετείχαν 37 μαθητές συνολικά οι οποίοι κατανεμήθηκαν στα δύο τμήματα ως εξής: 22 μαθητές στο τμήμα Γ₁ και 15 μαθητές στο τμήμα Γ₂.

Η διάρκεια της παρέμβασης ήταν 4 διδακτικές ώρες. Κατά τη διάρκεια της πρώτης διδακτικής ώρας εξηγήθηκε η χρήση του συστήματος καταγραφής απαντήσεων και οι μαθητές εξοικειώθηκαν με τη χρήση του απαντώντας σε δύο γενικές ερωτήσεις. Στη συνέχεια τέθηκαν πέντε συνολικά ερωτήσεις για να καταγράψουν τη γνωστική αφετηρία των μαθητών. Οι ερωτήσεις αυτές αντλήθηκαν από το σταθμισμένο ερωτηματολόγιο DIRECT (Engelhardt & Beichner, 2004) και ήταν, με τη σειρά που τέθηκαν, οι ερωτήσεις 1, 7, 8, 11 και 20 του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου (Παράρτημα Α). Η επιλογή των ερωτήσεων στηρίχθηκε στη συνάφειά τους με το αντικείμενο διαπραγμάτευσης αλλά και τους διδακτικούς στόχους του σεναρίου. Οι μαθητές απάντησαν κάθε ερώτηση χωρίς να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους. Μετά από κάθε απάντηση προβλήθηκε η κατανομή των απαντήσεων όλων των μαθητών και ο διδάσκων-ερευνητής ζήτησε από μαθητές που έδωσαν διαφορετικές απαντήσεις να δικαιολογήσουν την άποψή τους στην ολομέλεια. Ο διδάσκων δεν πήρε θέση για τη σωστή απάντηση αλλά δεσμεύτηκε να δώσει απαντήσεις μετά την ολοκλήρωση της τέταρτης διδακτικής ώρας.

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης και της τρίτης διδακτικής ώρας εφαρμόστηκε το εκπαιδευτικό σενάριο που αναπτύχθηκε για τη διδασκαλία του μοντέλου του ηλεκτρικού ρεύματος (Πιερράτος,

2013, σελ. 76-93). Το σενάριο είχε ως στόχο την πειραματική διδασκαλία του μοντέλου του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από στοχευμένες δραστηριότητες διάφορων παιδαγωγικών προσεγγίσεων: διδασκαλία καθοδηγούμενη από ερωτήσεις (driven question instruction), πειραματική διερεύνηση, συζήτηση σε επίπεδο ομάδων (διδασκαλία ομότιμων) και ευρεία συζήτηση στην ολομέλεια (Παράρτημα Β). Και στα δύο τμήματα όλοι οι μαθητές χρησιμοποίησαν το σύστημα καταγραφής απαντήσεων για να απαντήσουν στις ερωτήσεις που τέθηκαν.

Κατά τη διάρκεια της τέταρτης διδακτικής ώρας οι μαθητές απάντησαν ξανά, χρησιμοποιώντας το σύστημα καταγραφής απαντήσεων, στις ίδιες πέντε ερωτήσεις που είχαν τεθεί κατά την πρώτη διδακτική ώρα. Οι μαθητές απάντησαν κάθε ερώτηση χωρίς να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους. Μετά από κάθε απάντηση προβλήθηκε η κατανομή των απαντήσεων όλων των μαθητών και ο διδάσκων-ερευνητής ζήτησε από μαθητές που έδωσαν διαφορετικές απαντήσεις να δικαιολογήσουν την άποψή τους στην ολομέλεια. Στο τέλος κάθε συζήτησης ο ερευνητής παρουσίασε τη σωστή απάντηση και τους λόγους για τους οποίους αυτή ήταν σωστή.

Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε το σύστημα καταγραφής απαντήσεων Verdict plus της εταιρείας Hitachi. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τριάντα (30) χειριστήρια (κλίκερς) για τους εκπαιδευόμενους, ένα ειδικό χειριστήριο για το διδάσκοντα, έναν πομποδέκτη ραδιοκυμάτων και αντίστοιχους φορτιστές. Το χειριστήριο του διδάσκοντα μπορεί να ελέγχει τη ροή της εκπαιδευτικής διαδικασίας αλλάζοντας την προβαλλόμενη διαφάνεια, ξεκινώντας ή ολοκληρώνοντας τη διαδικασία ψηφοφορίας. Το χειριστήριο των μαθητών περιλαμβάνει οθόνη στην οποία οι μαθητές λαμβάνουν μηνύματα, βλέπουν την απάντηση που έχουν πληκτρολογήσει πριν την αποστείλουν, λαμβάνουν ανάδραση για την ορθότητα της απάντησής τους (εφόσον το επιθυμεί ο διδάσκων). Υπάρχουν επίσης 19 πλήκτρα μέσω των οποίων μπορούν να επιλέξουν την απάντησή τους (ανάλογα με τον τύπο της ερώτησης) ή να εισάγουν κείμενο.

Για τη συλλογή των δεδομένων αξιοποιήθηκε το λογισμικό που συνοδεύει το σύστημα καταγραφής: το Verdict plus (έκδοση 1.5.7). Το λογισμικό αυτό συνεργάζεται αυτόματα με το λογισμικό παρουσιάσεων Power Point. Μόλις ολοκληρωθεί η εκπαιδευτική διαδικασία παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας πολλαπλών αναφορών ανά ερώτηση, ανά μαθητή ή για ολόκληρη την τάξη. Τα δεδομένα μπορούν να εξαχθούν σε διάφορες μορφές (HTML, PDF, XLS, CVS, JPG) επιτρέποντας έτσι την επεξεργασία τους ή ακόμη και την αυτόματη ενημέρωση καρτέλας επίδοσης κάθε μαθητή.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Προκειμένου να ποσοτικοποιήσουμε τη μεταβολή ενός μεγέθους, μπορούμε αρχικά να υπολογίσουμε τη διαφορά της τελικής από την αρχική τιμή. Μιλώντας για την αποτελεσματικότητα μιας διδακτικής παρέμβασης συνήθως η αρχική τιμή αφορά στο ποσοστό σωστών απαντήσεων σε κάποιο σταθμισμένο τεστ που συμπληρώνεται πριν την παρέμβαση και η τελική τιμή στο ποσοστό των σωστών απαντήσεων στο ίδιο τεστ μετά την παρέμβαση. Όμως η μέτρηση αυτή εξαρτάται από το δείγμα και είναι δύσκολο να συγκριθεί με μεταβολές που έχουν μετρηθεί σε διαφορετικά δείγματα πληθυσμού.

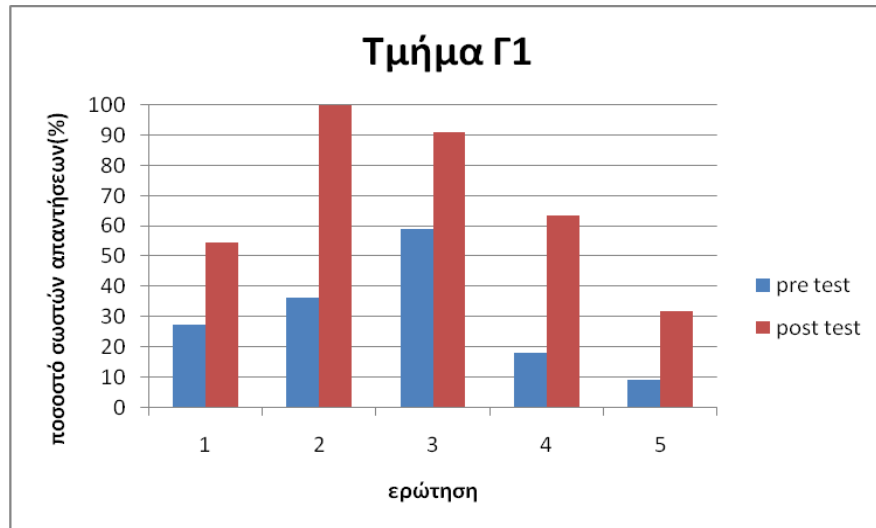
Υπάρχουν διάφοροι δείκτες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να μετρήσουν τη σχετική μεταβολή ενός μεγέθους. Ο πιο διαδεδομένος στο χώρο της διδακτικής, αν και εξακολουθούν να υπάρχουν ερωτηματικά κατά πόσο μία τέτοια μέτρηση είναι καταρχήν δυνατή (Cronbach & Furby, 1970), είναι αυτός του Hake. Ο Hake (1998), εισήγαγε έναν δείκτη, το μέσο κανονικοποιημένο κέρδος <g>, ως έναν τρόπο ανάλυσης της αποτελεσματικότητας μίας διδακτικής μεθόδου όπως μετριέται από διαγνωστικά τεστ κλειστού τύπου όπως είναι το DIRECT (Engelhardt & Beichner, 2004). Ο δείκτης ορίζεται ως ο λόγος του πραγματικού μέσου κέρδους (<%post> - <%pre>) προς το μέγιστο δυνατό μέσο κέρδος (100% - <%pre>), όπου <%post> είναι η μέση τιμή του ποσοστού των σωστών απαντήσεων της τάξης στο τελικό τεστ και <%pre> είναι η μέση τιμή του ποσοστού των σωστών απαντήσεων της τάξης στο αρχικό τεστ. Για να υπολογιστεί η ποσότητα <%pre> (ή αντίστοιχα η ποσότητα <%post>) υπολογίζουμε αρχικά για κάθε μαθητή το λόγο των σωστών απαντήσεων που έδωσε ο εκάστοτε μαθητής στο αρχικό τεστ (ή στο τελικό τεστ αντίστοιχα) προς το συνολικό αριθμό των ερωτήσεων που τέθηκαν και τον ανάγουμε σε ποσοστό. Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη μέση τιμή των ποσοστών όλων των μαθητών. Ο Hake (1998) κατηγοριοποίησε τις τιμές του <g> από 0 – 0.3 ως χαμηλό κέρδος, 0.3 – 0.7 ως μέσο κέρδος και 0.7 – 1 ως υψηλό κέρδος.

Εφαρμόζοντας τη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω για τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές των δύο τμημάτων στις πέντε ερωτήσεις στο αρχικό και στο τελικό ερωτηματολόγιο, προέκυψαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

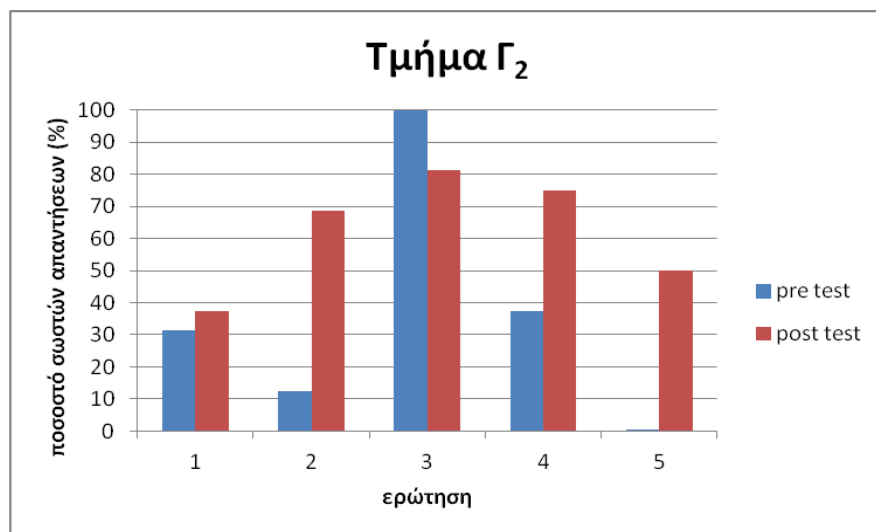
	Γ_1 (N=22)	Γ_2 (N=15)	$\Gamma_1+\Gamma_2$ (N=37)
<%pre>	31	41	35
<%post>	68	68	68
<g>	0.54	0.45	0.51

Πίνακας 1: Υπολογισμός του δείκτη του μέσου κανονικοποιημένου κέρδους <g>.

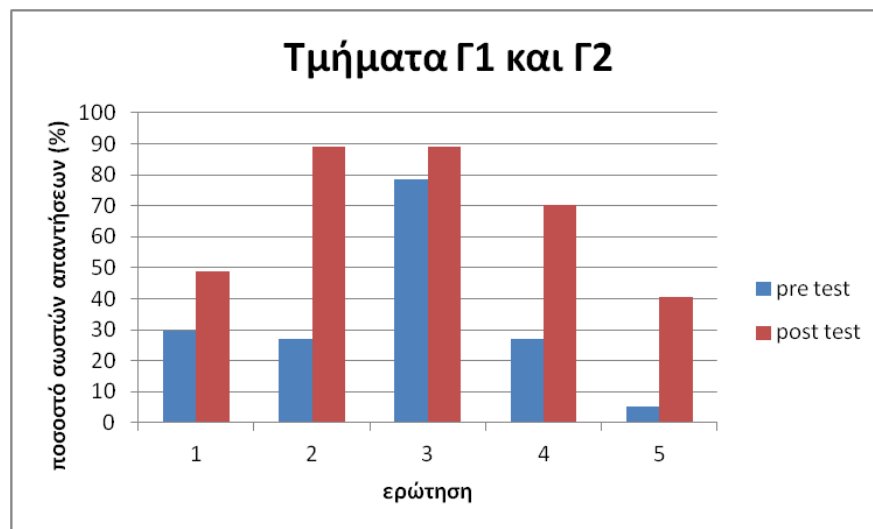
Στα Διαγράμματα 1, 2 και 3 δίνονται τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων ανά ερώτηση για κάθε ένα τμήμα ξεχωριστά αλλά και συγκεντρωτικά, αντίστοιχα.



Διάγραμμα 1. Τα ποσοστά σωστών απαντήσεων του τμήματος Γ1.



Διάγραμμα 2. Τα ποσοστά σωστών απαντήσεων του τμήματος Γ2.



Διάγραμμα 3. Τα συνολικά ποσοστά σωστών απαντήσεων των δύο τμημάτων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 1 η διδακτική παρέμβαση που επιχειρήθηκε στα δύο τμήματα της Γ' Γυμνασίου θεωρείται ως μέσης αποτελεσματικότητας. Σύμφωνα με τον Hake (1998) οι περισσότερες παραδοσιακές διδασκαλίες κατατάσσονται στις χαμηλής αποτελεσματικότητας. Το γεγονός αυτό φαίνεται να υποδεικνύει ότι αξιοποίηση της διαδραστικής τεχνολογίας των συστημάτων καταγραφής απαντήσεων και του παιδαγωγικού χειρισμού που αυτή συνεπάγεται, μπορεί να οδηγήσει, υπό συνθήκες, στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

Ωστόσο, η αποτίμηση της διδασκαλίας με βάση τα ποσοστά σωστών απαντήσεων και την επεξεργασία τους που ακολουθεί, αποτυπώνει ένα μέρος μόνο των ωφελιών που μπορεί να συνεπάγεται η χρήση ενός συστήματος καταγραφής απαντήσεων. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 2, η ερώτηση 3 συγκεντρώνει ποσοστό 100% σωστών απαντήσεων των μαθητών του τμήματος Γ₂ από τον πρώτο ακόμη γύρο (pre test) δίνοντας την εντύπωση ότι οι μαθητές κατανοούν σε υψηλό επίπεδο τις εμπλεκόμενες έννοιες. Ωστόσο η εικόνα αυτή είναι αμφισβητήσιμη όπως προκύπτει από τις συζητήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην ολομέλεια της τάξης. Έτσι, ενώ η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί σωστά, στη συγκεκριμένη ερώτηση (Engelhardt & Beichner, 2004, ερώτηση 8), ότι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η ίδια στα σημεία 1 και 2, οι περισσότεροι μαθητές πιστεύουν, λανθασμένα, ότι αυτό συμβαίνει επειδή τα δύο σημεία ισαπέχουν από την πηγή. Η κατάσταση αυτή, όπως προκύπτει από τις συζητήσεις που έλαβαν χώρα κατά την τέταρτη ώρα της διδακτικής παρέμβασης, φάνηκε να διαφοροποιείται μετά τη διδακτική παρέμβαση μολονότι τα αντίστοιχα ποσοστά των σωστών απαντήσεων παρουσιάζουν μικρή μείωση. Οι μαθητές, σε σημαντικό ποσοστό, επιχειρηματολόγησαν χρησιμοποιώντας πλέον το σωστό μοντέλο του ηλεκτρικού ρεύματος και την αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου, ως αποτέλεσμα της διαπραγματεύσεως που επιχειρήθηκε κατά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού σεναρίου. Η βελτίωση αυτή δεν αποτυπώνεται στο δείκτη <g> που χρησιμοποιήθηκε.

Επιπλέον, υπάρχουν στοιχεία που καταγράφηκαν στις δύο τάξεις που χρησιμοποίησαν το σύστημα καταγραφής απαντήσεων τα οποία συνηγορούν επίσης προς τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας. Ενδεικτικά, στα δύο τμήματα που χρησιμοποιήθηκε το σύστημα παρατηρήθηκε η ενεργός συμμετοχή της πλειοψηφίας των μαθητών. Όλοι οι μαθητές μίληκαν στη διαδικασία να στείλουν την απάντησή τους στις ερωτήσεις που τέθηκαν, ακόμη κι αν μερικοί από αυτούς δεν προσπάθησαν να εμβαθύνουν στις εμπλεκόμενες έννοιες της Φυσικής. Μεγάλο μέρος του μαθητικού πληθυσμού αυτών των τάξεων συμμετείχε στις συζητήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Η συμμετοχή στο μάθημα, ιδιαίτερα των «αδύναμων» μαθητών, οδηγεί σε θετικότερη στάση απέναντι στο μάθημα, ευνοεί την κοινωνικοποίηση των μαθητών και αυξάνει την ικανότητά του να εκφράσουν τις σκέψεις τους χρησιμοποιώντας την επιστημονική γλώσσα (Beatty, 2004). Οι δεξιότητες αυτές αποτελούν προϊόντα μιας αποτελεσματικής διδασκαλίας (Bransford *et al.*, 1999). Οι μαθητές, όπως προκύπτει από συζητήσεις που ακολούθησαν τη διδακτική παρέμβαση, θεώρησαν ότι το μάθημα της Φυσικής έγινε πιο προσιτό και πιο ευχάριστο με την αξιοποίηση του

συστήματος καταγραφής απαντήσεων και τις συζητήσεις που έλαβαν χώρα. Επιπλέον, θεώρησαν ότι η προσπάθεια παρουσίασης προβλημάτων σε συμμαθητές τους, πέρα από την ανάπτυξη της ομαδικότητας τους βοήθησε να καταλάβουν καλύτερα και οι ίδιοι το εννοιακό περιεχόμενο των προβληματικών καταστάσεων.

Από την άλλη, η υιοθέτηση της παιδαγωγικής μεθόδου της διδασκαλίας μεταξύ ομότιμων και η αποστολή απάντησης εκ μέρους όλων των διδασκόμενων με τα κλίκερς, απαίτησε αρκετό διδακτικό χρόνο. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε κάλυψη μικρότερου ποσοστού διδακτέας ύλης γεγονός που απαιτεί προσεκτικό χειρισμό εκ μέρους του εκπαιδευτικού. Βέβαια, οι έννοιες που τίθενται υπό διαπραγμάτευση με τον τρόπο αυτό εξαντλούνται σε πολύ μεγαλύτερο βάθος.

Θα ήταν ερευνητικά ενδιαφέρον να επιχειρηθεί η διερεύνηση της αξιοποίησης νέας γενιάς συστημάτων καταγραφής απαντήσεων και συγκεκριμένα των «έξυπνων» κινητών τηλεφώνων. Ήδη υπάρχουν διαθέσιμες δωρεάν εφαρμογές (Socrative, 2013) που αξιοποιώντας το διαδίκτυο επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων από τα κινητά τηλέφωνα, τα οποία εν προκειμένω λειτουργούν ως εξελιγμένων δυνατοτήτων συσκευές κλίκερς.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Beatty, I. D. (2004). *Transforming student learning with classroom communication systems*. Ανακτήθηκε στις 14/9/2010 από <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/ERB0403.pdf>

Beichner, R., Hake, R., McDermott, L., Mestre, J., Redish, E., Reif, F. & Risley, J. (1995). *Support of Physics-Education Research as a Subfield of Physics: Proposal to the NSF Physics Division*. Ανακτήθηκε στις 10/10/2011 από <http://www.ncsu.edu/per/Articles/NSFWhitePaper.pdf>.

Bransford J.D., Brown AL & Cocking RR (1999). *How people learn: brain, mind, experience, and school*. National Academy Press, Washington, DC.

Caldwell, J. E. (2007). Clickers in the large classroom: Current research and best-practice tips. *CBE Life Sciences Education*, 6, 9-20.

Carini, R. M., Kuh, G. D., & Klein, S. P. (2006). Student engagement and student learning: Testing the linkages. *Research in Higher Education*, 47(1), 1-32.

Cronbach, L. J. & Furby, L. (1970). How should we measure 'change'—Or should we? *Psychol. Bull.* 74, 68–80.

Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *Am. J. Phys.*, 69, 970-977.

Engelhardt, P., & Beichner, R. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *Am. J. Phys.*, 72, 98– 115.

Fagan, A. P., Crouch, C. H., & Mazur, E. (2002). Peer instruction: Results from a range of classrooms. *The Physics Teacher*, 40(4), 206–209.

Fies, C. & Marshall, J. (2006). Classroom response systems: A review of the literature. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 101-109.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics text data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.*, 66(1), 64–74.

Mazur, E. (1997). *Peer instruction A Users Manual*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.

McDermott, L. & Redish, E. (1999). Resource Letter PER-1: Physics Education Research. *Am. J. Phys.*, 67, 755-767.

Reay, N. W., Li, P., & Bao, L. (2008). Testing a new voting machine question methodology. *Am. J. Phys.*, 76(2), 171-178.

Roschelle, J., Penuel, W. R. & Abrahamson, L. (2004). The networked classroom. *Educational Leadership*, 61(5), 50-54.

Salend, S. J. (2009). Technology-based classroom assessments: Alternative to testing. *Teaching Exceptional Children*, 41(6), 48-58.

Socrative (2013). <http://www.socrative.com/>

Wieman, C.E. & Perkins, K.K. (2005). Transforming Physics Education. *Physics Today*. 58: 11.

Πιερράτος, Θ. (2013). *Μελέτη διδακτικών δράσεων για τη διδακτική της Φυσικής μέσω καταγραφής και αποτίμησης*. Διδακτορική διατριβή. Διαθέσιμη στη διεύθυνση: <http://invenio.lib.auth.gr/record/131146/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Ακολουθούν οι ερωτήσεις που τέθηκαν στο αρχικό και στο τελικό ερωτηματολόγιο. Δίπλα στον αριθμό κάθε ερώτησης (1-5) δίνεται σε παρένθεση ο αριθμός της ερώτησης στο ερωτηματολόγιο DIRECT(Engelhardt & Beichner, 2004).

1. (1) Τα φορτία σε μία λάμπα μετατρέπονται σε φως;

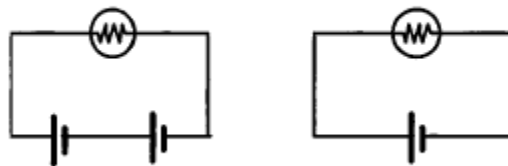
A. Ναι, τα φορτία που κινούνται μέσα από το σύρμα της λάμπας ζεσταίνουν λόγω τριβής το σύρμα και έτσι παράγεται φως.

B. Ναι, εκπέμπονται φορτία από το σύρμα της λάμπας.

Γ. Όχι, το φορτίο διατηρείται. Απλά μετατρέπεται σε μία άλλη μορφή, για παράδειγμα, σε θερμότητα και φως.

Δ. Όχι, το φορτίο διατηρείται. Φορτία που κινούνται μέσα στο σύρμα ζεσταίνουν λόγω τριβής το σύρμα και έτσι παράγεται φως.

2. (7) Σύγκρινε τις φωτεινότητες των όμοιων λαμπτήρων στα κυκλώματα 1 και Ποιος λαμπτήρας είναι πιο φωτεινός;



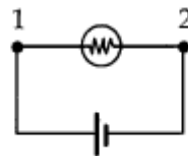
Κύκλωμα 1 Κύκλωμα 2

A. ο λαμπτήρας του κυκλώματος 1

B. ο λαμπτήρας του κυκλώματος 2

Γ. οι δύο λαμπτήρες είναι εξίσου φωτεινοί

3. (8) Να συγκρίνεις το ηλεκτρικό ρεύμα στο σημείο 1 με το ηλεκτρικό ρεύμα στο σημείο 2. Σε ποιο σημείο είναι μεγαλύτερο το ρεύμα;



A. στο σημείο 1

B. στο σημείο 2

Γ. και στα δύο σημεία το ρεύμα είναι το ίδιο

4. (11) Γιατί τα φώτα στο σπίτι σου ανάβουν σχεδόν ακαριαία μόλις ανοίξεις το διακόπτη;

A. Φορτία υπάρχουν ήδη μέσα στα σύρματα. Όταν ανοίγω το διακόπτη τα φορτία αναδιατάσσονται ταχύτατα μέσα στο κύκλωμα

B. Τα φορτία αποθηκεύουν ενέργεια. Όταν ανοίγω το διακόπτη η ενέργεια απελευθερώνεται.

Γ. Τα φορτία ταξιδεύουν ταχύτατα (σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός) μέσα στο σύρμα.

Δ. Τα κυκλώματα σε κάθε σπίτι είναι σε παράλληλη σύνδεση, οπότε ένα ηλεκτρικό ρεύμα ήδη ρέει σε αυτά.

5. (20) Το ηλεκτρικό πεδίο μέσα στο σύρμα μιας αναμμένης λάμπας είναι:

A. ίσο με μηδέν επειδή το σύρμα είναι αγωγός

B. ίσο με μηδέν επειδή υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει το σύρμα

Γ. είναι διάφορο από μηδέν επειδή το κύκλωμα είναι κλειστό και υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα

Δ. είναι διάφορο από μηδέν επειδή υπάρχουν φορτία πάνω στο σύρμα της λάμπας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Το σενάριο που αξιοποιήθηκε εφαρμόστηκε σε δύο διδακτικές ώρες. Ακολουθεί η συνοπτική παρουσίαση του φάσεων εξέλιξης του σεναρίου ανά διδακτική ώρα. Το πλήρες σενάριο είναι διαθέσιμο στο Πιερράτος (2013, σελ. 76-93).

1η Διδακτική ώρα

Α' Φάση: Εισαγωγή. Παρουσιάζεται ένα φαινόμενο με το οποίο όλοι οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι (ένα λαμπάκι που ανάβει όταν συνδέεται με μία μπαταρία) για να δείχθει ότι η γνώση απλά και μόνο του ονόματος ενός φαινομένου δε δίνει από μόνη της καμία ουσιαστική πληροφορία. Τίθεται ο βασικός στόχος του μαθήματος.

Β' Φάση: Σύνδεση με την ηλεκτροστατική. Επιχειρείται να οικοδομηθεί πειραματικά ότι ο πυκνωτής είναι μία αποθήκη φορτίου. Απαιτείται οι μαθητές να έχουν ξεκαθαρίσει πώς ένα σώμα φορτίζεται από επαφή ή/και εξ επαγωγής.

Γ' Φάση: Αγωγοί και μονωτές. Επιδιώκεται να δείχθει πειραματικά ότι όταν οι οπλισμοί του πυκνωτή ενωθούν με αγωγίμο υλικό εκφορτίζονται.

Δ' Φάση: Ο πυκνωτής ως πηγή ενέργειας. Επιδιώκεται να δείχθει πειραματικά ότι κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης ενός πυκνωτή μπορεί να ανάψει ένα λαμπάκι όπως ακριβώς ανάβει και με μία μπαταρία.

Ε' Φάση: Εξαγωγή συμπερασμάτων. Οι μαθητές καταλήγουν ότι η διαδικασία που συμβαίνει μέσα στο καλώδιο κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης του πυκνωτή και κατά τη λειτουργία της μπαταρίας είναι η ίδια, αφού προκαλεί ίδια αποτελέσματα.

2η Διδακτική ώρα

Α' Φάση: Σύνδεση με τα προηγούμενα. Τι είδους φορτία κινούνται μέσα στους μεταλλικούς αγωγούς; Επιχειρείται να τεκμηριωθεί ότι οι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος στους μεταλλικούς αγωγούς είναι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Β' Φάση: Πόσο γρήγορα κινούνται τα ηλεκτρόνια; Επιχειρείται να προκληθεί γνωστική σύγκρουση στους μαθητές ώστε να προκύψει η ανάγκη εισαγωγής του μοντέλου του ηλεκτρικού ρεύματος.

Γ' Φάση: Τι αλλάζει όταν συνδέσουμε μία μεγαλύτερη μπαταρία σε ένα κύκλωμα και ο λαμπτήρας φωτοβολεί εντονότερα; Επιχειρείται η ποιοτική εισαγωγή της έννοιας «ένταση ηλεκτρικού ρεύματος».

Δ' Φάση: Εφαρμογή του μοντέλου του ηλεκτρικού ρεύματος για την ερμηνεία πραγματικών καταστάσεων. Γιατί φωτοβολεί ένας λαμπτήρας; Επιχειρείται η ενεργειακή περιγραφή του μοντέλου του ηλεκτρικού ρεύματος που έχει αναπτυχθεί.

Ε' Φάση: Εφαρμογή του μοντέλου της διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Αξιολόγηση της διδασκαλίας.