

Ο νόμος του Ωμ μέσα από τη διερευνητική μάθηση και το εικονικό εργαστήριο Tinkercad Circuits

Γιωτόπουλος Γεώργιος

Εκπαιδευτικός ΠΕ.84, M.Ed., M.Sc.
Υποδιευθυντής στο ΔΙΕΚ Πάτρας,
ggiotop@gmail.com

Παναγιώτου Δήμητρα

Εκπαιδευτικός ΠΕ 83, M.Ed,
Υποδιευθύντρια στο ΔΙΕΚ Καρδίτσας,
dpanagioutou9@gmail.com

Μαυραντζάς Νικόλαος

Εκπαιδευτικός Πληροφορικής ΠΕ86, M.Sc.
nikmavr@sch.gr

Περίληψη

Οι μαθητές έχουν τις δικές τους ιδέες σε σχέση με το πώς λειτουργούν τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Η χρήση του Νόμου του Ωμ είναι ένας τρόπος για να αναπαρασταθεί η σχέση μεταξύ ρεύματος, τάσης και αντίστασης. Για έναν μαθητή που θέλει να γνωρίζει σε ένα ποιοτικό επίπεδο ποια ακολουθία φαινομένων κάνουν τη λάμπα να ανάψει σε ένα απλό κύκλωμα ή για ένα καθηγητή που θέλει να στηρίξει τους μαθητές του σε αυτό το πλαίσιο, μόνο η μαθηματική σχέση δεν είναι ιδιαίτερα χρήσιμη. Σε αυτό το σημείο έρχεται συνήθως η χρήση των ΤΠΕ να συμπληρώσει την εκπαιδευτική διαδικασία. Η επιτυχία στο να λύνει κάποιος ποσοτικά προβλήματα χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ωμ δεν είναι ένας αξιόπιστος τρόπος για να μετρηθεί η εννοιολογική κατανόηση του θέματος. Στη συγκεκριμένη εργασία μελετάται ο νόμος του Ωμ μέσα από το εικονικό εργαστήριο Tinkercad Circuits, ενώ παράλληλα ερευνάται αρχικά το γνωστικό επίπεδο των μαθητών. Η παρουσίαση του σεναρίου ακολουθεί τη διερευνητική προσέγγιση και περιλαμβάνει πέντε κύριες φάσεις, αυτές της εμπλοκής-προσανατολισμού, της εννοιολόγησης και αναγνώρισης της πρότερης γνώσης, της έρευνας, της ερμηνείας των αποτελεσμάτων και της συζήτησης. Η αποτίμηση που πραγματοποιήθηκε, έδειξε ότι υπήρξε καθολική αποδοχή του τρόπου με τον οποίο έγινε το μάθημα και ότι όλοι (100%) απόκτησαν καινούργια γνώση σχετικά με το νόμο του Ωμ.

Λέξεις κλειδιά: Εικονικά Εργαστήρια, Σενάριο, Tinkercad Circuits, Διερευνητική μάθηση

Εισαγωγή

Οι εικονικές, αλληλεπιδραστικές και δυναμικές αναπαραστάσεις πειραματικών διατάξεων και υλικών, οι οποίες παρέχονται μέσα από προσομοιώσεις στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ορίζονται ως Εικονικά Εργαστήρια (ΕΕ) και η χρήση τους επεκτείνεται ευρέως σε διαδικτυακές πλατφόρμες ή σε ειδικά σχεδιασμένα τεχνολογικά εμπλουτισμένα μαθησιακά περιβάλλοντα (Zacharia & Olymriou, 2011). Τα ΕΕ παρέχουν συνήθως τη δυνατότητα διαφόρων προσομοιώσεων πραγματικών αντικειμένων που θα μπορούσε ο μαθητής να χρησιμοποιήσει σε ένα πραγματικό εργαστήριο. Η χρήση των ΕΕ μπορεί να δώσει στους μαθητές τη δυνατότητα να ερευνήσουν διάφορες περιπτώσεις φαινομένων που δεν θα μπορούσαν να μελετηθούν σε ένα πραγματικό εργαστήριο.

Τα ΕΕ δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να προσομοιώνουν πειράματα μερικά από τα οποία δεν θα μπορούσαν να τα πραγματοποιήσουν με άλλο τρόπο ή να σχεδιάζουν και να υλοποιούν νέα, βασισμένα σε θεωρίες μη αποδεδειγμένες. Επιτρέπουν τη φθηνή και εύκολη πραγματοποίηση συνηθισμένων πειραμάτων (επαναλαμβάνοντας τα όσες φορές χρειασθεί) για κατανόηση και εξάσκηση. Σε μερικές περιπτώσεις γίνονται αναντικατάστατα, είτε γιατί αποτελούν δοκιμές υψηλού κινδύνου (για το χρήστη ή το πραγματικό εργαστήριο), είτε γιατί δεν υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός (γιατί τα απαραίτητα εργαστήρια έχουν υψηλό κόστος κατασκευής κ.λπ.). Πρόκειται για περιβάλλοντα δηλαδή που ενθαρρύνουν τη συχνή επαναληπτική εκτέλεση πειραμάτων. Επίσης, επιτρέπουν την τέλεση επικίνδυνων πειραμάτων ή πειραμάτων με λίγες πιθανότητες επιτυχίας ώστε να διερευνηθούν οι αιτίες αποτυχίας τους στην πραγματική φυσική τους εκτέλεση (Zacharia & Olymπίου, 2011). Στοιχεία από το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό σενάριο έχουν αντληθεί από την Εκπαίδευση Επιμορφωτών Β' Επιπέδου Τ.Π.Ε. στα Πανεπιστημιακά Κέντρα Επιμόρφωσης (ΠΑ.Κ.Ε.) (Παναγιώτου, 2018).

Ο Tsihouridis και οι συνεργάτες του (2015), στο πλαίσιο χρησιμοποίησης ενός σύνθετου λογισμικού προσομοίωσης κυκλωμάτων που παρείχε ταυτόχρονα εργαλεία ενός πραγματικού εργαστηρίου και ενός ΕΕ, αναφέρουν στα συμπεράσματά της έρευνάς τους ότι η ύπαρξη της δυνατότητας παράλληλης υποστήριξης της διδασκαλίας ηλεκτρικών κυκλωμάτων από ΕΕ και πραγματικά εργαστήρια, έχει τα καλύτερα αποτελέσματα στη διαδικασία της μάθησης αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα και των δύο ειδών εργαστηρίων. Επιπλέον η εναλλαγή από το πραγματικό στο εικονικό εργαστήριο είναι ένας τρόπος να διατηρηθεί αμείωτο το ενδιαφέρον των μαθητών ενισχύοντας την κριτική τους σκέψη.

Παρόμοια στοιχεία προκύπτουν και από μία έρευνα που πραγματοποίησαν οι Kolloffel & de Jong (2013), η οποία αφορούσε τη διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων σε μαθητές της επαγγελματικής εκπαίδευσης. Οι Kolloffel & de Jong θεωρούν τη σχέση ανάμεσα στα πραγματικά εργαστήρια και τα ΕΕ συμπληρωματική και επιπλέον υποστηρίζουν ότι η χρήση της παιδαγωγικής στρατηγικής της διερεύνησης στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων για τα περιβάλλοντα των ΕΕ στη διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων οδηγεί στα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα.

Το ΕΕ που επιλέχθηκε στο σενάριο που αφορά τον Νόμο του Ωμ είναι το Tinkercad Circuits κυρίως εξαιτίας της δυνατότητας ρεαλιστικής απεικόνισης που αυτό προσφέρει. Μέσα από τις δραστηριότητες που καλούνται να υλοποιήσουν στο φύλλο εργασίας δίνεται στους μαθητές μία εξήγηση για το πώς το ρεύμα από τη μπαταρία προσαρμόζεται σε μία πιο μικρή τιμή όταν αυξάνεται η αντίσταση του κυκλώματος και πώς οι αλλαγές σε ένα σημείο του κυκλώματος επηρεάζουν όλο το κύκλωμα και προς τις δύο κατευθύνσεις. Οι μαθητές μέσα από το περιβάλλον εργασίας του ΕΕ μπορούν να κάνουν διάφορες δοκιμές με υλικά και εξαρτήματα που μοιάζουν με αυτά που έχουν στο πραγματικό εργαστήριο και με αυτά που έχουν στο σπίτι τους. Σε πολλές περιπτώσεις του δίνεται μία οπτική αναπαράσταση-απάντηση και όχι αλγεβρική, για τις αλλαγές που γίνονται σε ένα κύκλωμα.

Το σενάριο ακολουθεί τη διερευνητική προσέγγιση η οποία είναι μία παιδαγωγική στρατηγική στο πλαίσιο της οποίας οι μαθητές ακολουθούν μεθόδους και διαδικασίες που έχουν πολλές ομοιότητες με αυτές των ερευνητών και σκοπός του είναι η οικοδόμηση της γνώσης. Το πλαίσιο διερευνητικής μάθησης που προτείνουν οι Pedaste et al. (2015) περιλαμβάνει πέντε κύριες φάσεις, αυτές της εμπλοκής-προσανατολισμού, της εννοιολόγησης και αναγνώρισης της πρότερης γνώσης, της έρευνας, της ερμηνείας των αποτελεσμάτων και της συζήτησης. Το ΕΕ Tinkercad Circuits μπορεί να υποστηρίξει τη διδακτική προσέγγιση της διερεύνησης στο πλαίσιο του συγκεκριμένου περιεχομένου.

Γνωστικές παρανοήσεις για τον Νόμο του Ωμ

Μεγάλο μέρος της ευθύνης για την ύπαρξη δυσκολιών στην κατανόηση των επιστημονικών απόψεων αποδίδεται στη δημιουργία, εκ μέρους των μαθητών, εναλλακτικών τρόπων ερμηνείας των φυσικών φαινομένων, γνωστών ως «παρανοήσεων» (misconceptions/preconceptions). Ο Licht (1991) αναφέρει επιπλέον, ότι οι μαθητές δεν κάνουν περιστασιακά λάθη, αλλά οι διαισθητικές τους ιδέες και οι ερμηνείες που δίνουν σε φυσικά φαινόμενα ακολουθούν συγκεκριμένα μοντέλα. Ο Ηλεκτρισμός επιπλέον αποτελεί ένα από τα πιο δύσκολα θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Η αόρατη φύση του, το κάνει αφηρημένο θέμα διδασκαλίας. Αυτό που είναι απαραίτητο, είναι ο μαθητής να αναπτύξει ένα νοητικό μοντέλο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κάνει προβλέψεις για τη συμπεριφορά βασικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων (Carlton, 1999).

Όταν οι μαθητές μελετούν τα ηλεκτρικά φαινόμενα, τους ζητείται να κάνουν συλλογισμούς με αφηρημένες έννοιες όπως ρεύμα, τάση και ενέργεια. Δύο ιδιαίτερα σημαντικές δυσκολίες κατανόησης φαίνεται να προέρχονται από αυτό. Πρώτον, συναντούν μεγάλη δυσκολία στη διαφοροποίηση των εννοιών. Αυτό έχει ως συνέπεια να βλέπουμε συχνά τους όρους ενέργεια, ρεύμα, ισχύς, ηλεκτρισμός, φορτίο και τάση να χρησιμοποιούνται ως συνώνυμα, αν και μεγάλο μέρος της ορολογίας του βασικού ηλεκτρισμού αποκτάται ακόμα και πριν την τυπική διδασκαλία. Δεύτερον, οι μαθητές σχηματίζουν μία ποικιλία εννοιολογικών μοντέλων μέσω των οποίων “κατανοούν” τα φαινόμενα που αντιμετωπίζουν. Όπως σε διάφορες άλλες περιοχές, η έρευνα έχει αποκαλύψει ότι μερικά από αυτά τα μοντέλα, αφού σχηματιστούν, έχουν την τάση να παρουσιάζουν εκπληκτική ανθεκτικότητα στην αλλαγή δια της διδασκαλίας (Driver, Guesne & Tiberghien, 1993).

Ακόμα και αν δοθεί στους μαθητές μία επιστημονική εξήγηση για ένα φαινόμενο με εμπειρικά παρατηρήσιμα δεδομένα τα οποία μπορούν να στηρίξουν αυτή την εξήγηση υπάρχει πιθανότητα να δεχτούν αυτή την εξήγηση μόνο για ορισμένες περιπτώσεις και να διατηρήσουν τις δικές τους εναλλακτικές ιδέες για όλες τις υπόλοιπες. Για παράδειγμα, ενώ μπορεί οι μαθητές να δεχτούν ότι το ρεύμα κυκλοφορεί μέσα σε μία απλή μπαταρία και έναν λαμπτήρα στο εργαστήριο, πιθανότατα πολλοί από αυτούς δεν θα αλλάξουν τις μη επιστημονικές τους ιδέες σε σχέση με τη ροή του ρεύματος σε ένα φακό ή σε κάποια άλλη συσκευή. Πρέπει λοιπόν να δίνουμε στους μαθητές διάφορα παρόμοια παραδείγματα και περιπτώσεις στις οποίες έχουμε την εξέλιξη ενός φαινομένου για να επιτύχουμε μέσα από τη συζήτηση και την επίλυση προβλήματος, την κατανόηση μίας νέας ιδέας ή έννοιας (Osborne, 1982).

Η χρήση των ΕΕ στην επαγγελματική εκπαίδευση και συγκεκριμένα στη διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων δεν είναι κάτι καινούργιο. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η διδασκαλία που υποστηρίζεται από περιβάλλοντα ΕΕ οδηγεί σε βαθιά κατανόηση σύνθετων εννοιών σε αυτό το πεδίο. Τα ΕΕ περιέχουν μοντέλα που έχουν σχεδιαστεί για να πραγματοποιούν προσομοιώσεις συστημάτων, διαδικασιών και φαινομένων (Kolloffel & de Jong, 2013).

Ο νόμος του Ωμ συσχετίζει τρία βασικά μεγέθη και οι πιο συνηθισμένες εναλλακτικές (προβληματικές) αντιλήψεις των μαθητών σε σχέση με αυτά και σε σχέση με τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα είναι οι ακόλουθες:

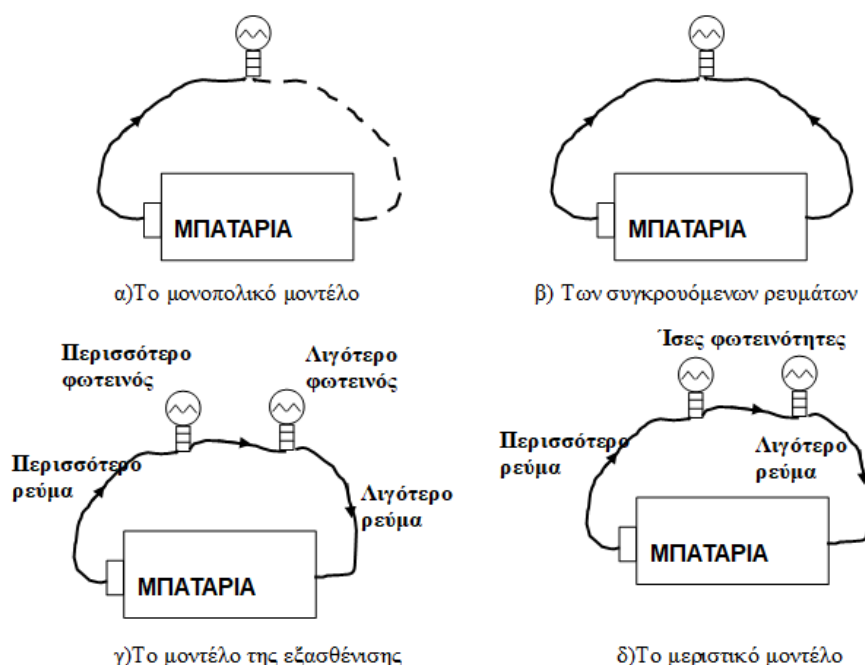
- Υπάρχουν τέσσερα βασικά εννοιολογικά μοντέλα που χρησιμοποιούν συνήθως οι μαθητές για να περιγράψουν τη ροή του ρεύματος σε ένα απλό κύκλωμα (Osborne, 1983) (Εικόνα 1):

- Το μονοπολικό μοντέλο. Οι μαθητές θεωρούν δηλαδή ότι δεν υπάρχει ρεύμα στη διαδρομή επιστροφής και ότι μόνο ο ένας ακροδέκτης του τροφοδοτικού είναι ενεργός. Έτσι στο εργαστηριακό μάθημα, συνδέουν στο κύκλωμα μόνο τον έναν ακροδέκτη, θεωρώντας ότι ο άλλος δεν είναι ενεργός.

- Το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων. Οι μαθητές θεωρούν ότι το ρεύμα ρέει προς τη λάμπα ή την αντίσταση και από τους δύο πόλους της μπαταρίας.

- Το μοντέλο της εξασθένησης του ρεύματος. Οι μαθητές θεωρούν ότι το ρεύμα που κυκλοφορεί στο κύκλωμα κάνει την εξής πορεία: φεύγει από τον έναν ακροδέκτη της μπαταρίας, κάποιο μέρος του καταναλώνεται στον λαμπτήρα και επιστρέφει πίσω στον άλλο ακροδέκτη της μπαταρίας λιγότερο ρεύμα.

- Το μεριστικό μοντέλο. Σύμφωνα με αυτό, το ρεύμα διαιρείται και μοιράζεται ισόποσα στα στοιχεία του κυκλώματος.



Εικόνα 1: Τα μοντέλα των μαθητών για το ρεύμα σε απλά κυκλώματα (τα βέλη δείχνουν την κατεύθυνση της ροής του ρεύματος) (Osborne, 1983).

- Οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες σε σχέση με το να κατανοήσουν ότι υπάρχουν δύο διαφορετικές μεταβλητές, η τάση και το ρεύμα, οι οποίες είναι απαραίτητες για να ερμηνεύσουν ένα απλό κύκλωμα. Σε πολλές εργασίες που αφορούν κυκλώματα συνεχούς ρεύματος, οι μαθητές χρησιμοποιούν μία έννοια που ονομάζουν ρεύμα ή ενέργεια και έχει τις ιδιότητες της κίνησης, της αποθήκευσης και της κατανάλωσης (Psillos et. al., 1988).

- Η διαφορά δυναμικού παραμένει μία αφηρημένη έννοια στην οποία αναφέρονται οι μαθητές είτε με τον νόμο του Ωμ ($V=RI$) είτε πειραματικά με την ανάγνωση της ένδειξης ενός βολτόμετρου. Κατά αυτόν τον τρόπο δεν αντιλαμβάνονται ότι η διαφορά δυναμικού μπορεί να υπάρξει μεταξύ μη συνδεδεμένων σημείων ενός ηλεκτρικού κυκλώματος. Ο μηχανισμός που συνδέει τη διαφορά δυναμικού με το ρεύμα δεν γίνεται κατανοητός από τους μαθητές και η σχέση μεταξύ τους παραμένει μαθηματική. Δηλαδή, όταν τα προβλήματα παρουσιάζονται στους μαθητές με αριθμητικά δεδομένα αυτοί χρησιμοποιούν

τους νόμους του Ωμ ή του Kirchhoff για να τα λύσουν μάλλον με έναν μηχανικό τρόπο. Όταν όμως τους παρουσιάζεται ένα πρόβλημα που χρειάζεται μία ποιοτική διερεύνηση και μία βαθύτερη κατανόηση των φυσικών επιστημών και όχι μία επίλυση με αλγόριθμους, τότε αντιμετωπίζουν πολλά προβλήματα. Στο πλαίσιο αυτό οι μαθητές έχουν την τάση να υιοθετούν μία «μερική» άποψη για το κύκλωμα: δεν αντιλαμβάνονται ότι η αλλαγή σε ένα σημείο του κυκλώματος επιφέρει αλλαγές σε ολόκληρο το κύκλωμα (Cohen et al., 1983).

- Σε ένα κύκλωμα με ένα βρόχο η τάση μπορεί να μοντελοποιηθεί ως ένα είδος ώθησης. Επειδή όμως αυτή είναι πάντα σε αναλογία με το ρεύμα οι μαθητές δυσκολεύονται να τη διακρίνουν σαν έννοια από το ρεύμα (Millar & Beh, 1993). Στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων χρησιμοποιούνται συχνά σχηματικά διαγράμματα τα οποία αναπαριστούν τα στοιχεία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και εξετάζουν τη συμπεριφορά τους. Το πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές αυτά που αναπαριστούν τα σχηματικά διαγράμματα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων είναι μία σημαντική πλευρά της κατανόησης που έχουν πάνω στα ηλεκτρικά κυκλώματα (Engelhardt et al., 2004)

Ανάλυση των δραστηριοτήτων του σεναρίου

Το σενάριο ακολουθούσε τη διερευνητική προσέγγιση με τα παρακάτω βήματα:

1. Εμπλοκή - Προσανατολισμός: Στους μαθητές δόθηκαν παραδείγματα με την πρακτική εφαρμογή του νόμου του Ωμ σε κυκλώματα που συναντούν στην καθημερινότητα τους. Επισημάνθηκε επίσης η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στα τρία βασικά μεγέθη της τάσης, της έντασης του ρεύματος και της αντίστασης σε ένα απλό κύκλωμα.

2. Εννοιολόγηση και αναγνώριση πρότερης γνώσης: Σε αυτό το στάδιο ανακλήθηκαν οι πρότερες γνώσεις των μαθητών, ως συνέχεια της φάσης του προσανατολισμού και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν μετά από συζήτηση με τους μαθητές οι παρακάτω υποθέσεις:

- Υπόθεση 1η: Όταν αυξάνω την τάση τροφοδοσίας ενός απλού κυκλώματος με μία ωμική αντίσταση η ένταση του ρεύματος αυξάνεται ανάλογα.

- Υπόθεση 2η: Όταν μειώνω την τάση τροφοδοσίας ενός απλού κυκλώματος με μία ωμική αντίσταση η ένταση του ρεύματος μειώνεται ανάλογα.

- Υπόθεση 3η: Όταν αυξάνω την ωμική αντίσταση ενός απλού κυκλώματος η ένταση του ρεύματος μειώνεται ανάλογα.

- Υπόθεση 4η: Όταν μειώνω την ωμική αντίσταση ενός απλού κυκλώματος η ένταση του ρεύματος αυξάνεται ανάλογα.

3. Έρευνα - Πειραματισμός: Σε αυτό το στάδιο οι μαθητές με τη βοήθεια του Φύλλου Εργασίας πραγματοποίησαν την εξερεύνηση.

Η πρώτη δραστηριότητα συνδέθηκε με τον στόχο του σεναρίου που έχει σχέση με τη σωστή σύνδεση των οργάνων μέτρησης και τις ενδείξεις που παίρνουμε από αυτά σε ένα απλό κύκλωμα.

Ζητήθηκε από τους μαθητές να επαναλάβουν για διαφορετικές τιμές τα εξής βήματα:

- Πείραμα και συλλογή δεδομένων: Οι μαθητές κατασκεύασαν ένα απλό κύκλωμα με έναν αντιστάτη, μία πηγή τροφοδοσίας, ένα βολτόμετρο και ένα αμπερόμετρο στο

Tinkercad Circuits. Στη συνέχεια πραγματοποιήσαν το πείραμα αλλάζοντας την τάση τροφοδοσίας και κατέγραψαν σε Πίνακα τις τιμές που προέκυψαν.

- Έλεγχος υποθέσεων: Στις ομάδες τους οι μαθητές παρατήρησαν και συζήτησαν τα αποτελέσματα/τιμές που προέκυψαν από την εκτέλεση της προσομοίωσης με τις αντίστοιχες τιμές, επιχείρησαν να βγάλουν συμπεράσματα για τις σχέσεις που συνδέουν τα μεγέθη και παρατήρησαν τη γραφική παράσταση τάσεως-ρεύματος.

Στη δεύτερη δραστηριότητα ζητήθηκε από τους μαθητές να πραγματοποιήσουν τα εξής βήματα:

- Πείραμα και συλλογή δεδομένων: Οι μαθητές χρησιμοποιώντας το κύκλωμα που κατασκεύασαν στην 1^η δραστηριότητα Tinkercad Circuits πραγματοποίησαν το πείραμα αλλάζοντας την αντίσταση του κυκλώματος και κατέγραψαν σε Πίνακα τις τιμές που προέκυψαν.
- Έλεγχος υποθέσεων: Στις ομάδες τους οι μαθητές παρατήρησαν και συζήτησαν τα αποτελέσματα/τιμές που προέκυψαν από την εκτέλεση της προσομοίωσης με τις αντίστοιχες τιμές και επιχείρησαν να βγάλουν συμπεράσματα για τις σχέσεις που συνδέουν τα μεγέθη.

Η τάξη από την αρχή είχε οργανωθεί σε ομάδες των δύο ατόμων και όλες οι ερωτήσεις ζητήθηκαν να συζητηθούν και να απαντηθούν μέσα στην ομάδα αυτή.

4. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων: Είναι το πιο σημαντικό στάδιο της διερευνητικής προσέγγισης και περιλαμβάνει τα επιμέρους στάδια της διευκρίνησης και ανταλλαγής ιδεών μεταξύ των μαθητών, της οικοδόμησης της νέας γνώσης και της εξαγωγής συμπερασμάτων που σχετίζονται με το ερευνητικό ερώτημα.

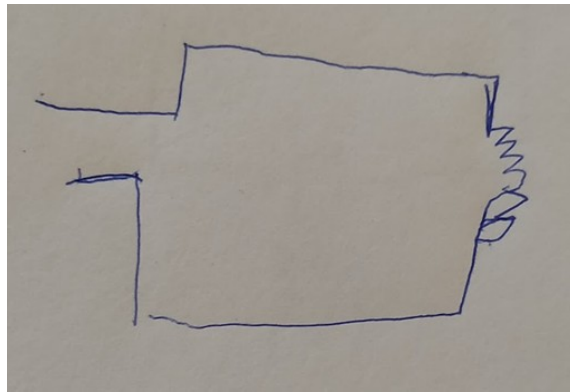
Πιο αναλυτικά οι μαθητές σε αυτό το στάδιο διαπίστωσαν μετά από παρακίνηση του εκπαιδευτικού μέσα στην ομάδα τους την επαλήθευση των ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν. Παρατήρησαν μέσα από τις δραστηριότητες του Φύλλου Εργασίας, ότι η ένταση του ρεύματος μειώνεται με την αύξηση της αντίστασης στο κύκλωμα και αντίστοιχα αυξάνεται με την αύξηση της τάσης στο τροφοδοτικό. Επιπλέον, είχαν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν τη γραμμική σχέση τάσης-ρεύματος στη γραφική παράσταση που δημιούργησαν από τις μετρήσεις που παίρνουν στο κύκλωμα.

5. Συζήτηση: Παρουσιάστηκαν μετά την υλοποίηση του Φύλλου Εργασίας τα ευρήματα και τα αποτελέσματα της κάθε ομάδας μαθητών στην ολομέλεια. Επιπλέον, οι μαθητές κλήθηκαν να αναλογιστούν πάνω στον τρόπο που οι αρχικές ιδέες τους έχουν αλλάξει (μεταγνώση), με ερωτήσεις που τους έκανε ο εκπαιδευτικός σε σχέση με το πως η αλλαγή σε ένα σημείο του κυκλώματος αλλάζει όλο το κύκλωμα, την έννοια της Ηλεκτρεγερτικής Δύναμης (ΗΕΔ) που είναι ανεξάρτητη από την ύπαρξη κλειστού κυκλώματος, την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος (ως αποτέλεσμα) και το πώς μεταβάλλεται με την αλλαγή της ολικής αντίστασης ή της τάσης τροφοδοσίας στο κύκλωμα, το τι είναι βραχυκύκλωμα και τι συνέπειες θα είχε αυτό σε ένα πραγματικό εργαστήριο.

Το σενάριο πραγματοποιήθηκε στο χώρο του ΣΕΚ (Σχολικού Εργαστηριακού Κέντρου) Πάτρας, σε συνεργασία με τη Διεύθυνση και το εκπαιδευτικό προσωπικό του 9^{ου} Εσπερινού ΕΠΑΛ Πάτρας. Στην παρουσίαση του σεναρίου συμμετείχαν συνολικά 7 μαθητές, έξι άνδρες και μια γυναίκα. Η ενότητα που παρουσιάστηκε αφορούσε στο νόμο του Ωμ του μαθήματος της Ηλεκτροτεχνίας (Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος) – Εργαστηριακό μέρος. Η ενότητα απευθυνόταν σε μαθητές της Β΄ τάξης Ημερήσιου ΕΠΑ.Λ. του Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού.

Πριν μοιραστεί το φύλλο εργασίας, οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν γραπτώς στις κάτωθι τέσσερις ερωτήσεις:

1. Από ποια μεγέθη αποτελείται ο νόμος του Ωμ; (Γράψτε τα 'γράμματα' του τυπολογίου; Το 71,5% απάντησε $R=\Omega$ (σωστή απάντηση), $I=A$, $V=U$, ενώ το 28,5% απάντησε $R=\Omega$, $I=A$, $V=0$.
2. Γράψτε τον τύπο που αφορά στο νόμο του Ωμ. Το 42,8% απάντησε $I=V/R$ (σωστή απάντηση), ενώ το 28,5% έγραψε $U=I/R$, το 14,2% έγραψε $U=1/R$ και το 14,2% σημείωσε, $I=V \cdot R$.
3. Τι θεωρείτε ότι κάνει ο νόμος του Ωμ; Το 57,1% δεν απάντησε καθόλου, το 28,6% απάντησε «Όταν ξέρουμε τα δύο μεγέθη, βρίσκουμε το ζητούμενο μέγεθος», ενώ το 14,2% απάντησε «είναι ο τύπος που μας βοηθάει να βρούμε τα ποσά που μας λείπουν και αυτά που έχουμε».
4. Σχεδιάστε ένα απλό κύκλωμα που υλοποιεί το νόμο του Ωμ. Το 85,71% σχεδίασε σωστά ένα σχετικό κύκλωμα. Στην εικόνα πιο κάτω, δίνεται η λανθασμένη σχεδιαστικά απάντηση.

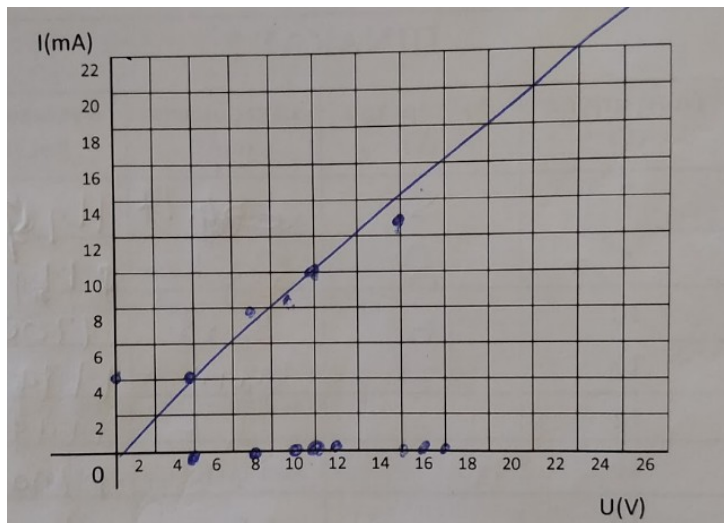


Εικόνα 2. Κύκλωμα υλοποίησης του νόμου του Ωμ.

Απόκλιση διαπιστώθηκε στην υλοποίηση του φύλλου εργασίας και συγκεκριμένα στην ερώτηση:

Τι παρατηρείτε ότι συμβαίνει με την τιμή του ρεύματος στο αμπερόμετρο όσο αυξάνεται η τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος; Το 57,14% απάντησε ότι «αυξάνεται η τάση, αυξάνεται και το ρεύμα», ενώ το 42,86% δεν έδωσε κάποια απάντηση.

Τελειώνοντας, σχεδίασαν την χαρακτηριστική τάσης - ρεύματος, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.



Εικόνα 3. Χαρακτηριστική τάσης - ρεύματος.

Στο τέλος του σεναρίου, οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν γραπτώς σε τρεις ερωτήσεις σχετικές με την αξιολόγηση του επιμορφωτή και της διαδικασίας που ακολούθησε. Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

1. Σας άρεσε γενικά ως διαδικασία υλοποίησης; Το 57,14% απάντησε «Ναι, μου άρεσε πολύ», ενώ το 42,86% απάντησε «Ήταν πολύ καλή παρουσίαση και η διαδικασία μάθησης απλή»
2. Θεωρείτε ότι μάθατε καινούργια πράγματα; Το 100% απάντησε «Ναι»
3. Τι θα αλλάζατε στον τρόπο με τον οποίο έγινε το μάθημα; Το 100% απάντησε «Τίποτα»

Συμπεράσματα

Το σενάριο αυτό ακολούθησε τη διερευνητική προσέγγιση. Δόθηκε φύλλο εργασίας στην ενότητα που αφορούσε στο νόμο του Ωμ και υλοποιήθηκε με χρήση του ΕΕ Tinkercad Circuits. Οι μαθητές είχαν αρκετά κενά σε γνωστικό επίπεδο, γεγονός που αποτυπώνεται από τις ερωτήσεις που απάντησαν γραπτώς πριν από τη χορήγηση του φύλλου εργασίας. Κατά τη διάρκεια υλοποίησης του σεναρίου οι μαθητές συνεργάστηκαν σε ομάδες προκειμένου να απαντήσουν στα σχετικά ερωτήματα που είχαν να κάνουν με τη σχεδίαση του κυκλώματος στο ΕΕ, καθώς και στη συμπλήρωση των ερωτημάτων - ασκήσεων του φύλλου εργασίας. Στο τέλος, διατύπωσαν γραπτά τις απόψεις τους για το συγκεκριμένο τρόπο προσέγγισης του νόμου του Ωμ, όπου υποστήριξαν ότι έμαθαν σε ποσοστό 100% «καινούργια πράγματα» και ότι δεν θα άλλαζαν τίποτα (100%) στον τρόπο με τον οποίο έγινε το μάθημα.

Αναφορές

Carlton, K. (1999). Teaching electric current and electric potential. *Physics Education*, 34(6), 341 - 345.

Cohen, R., Eylon, B. & Ganiel, U., (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Association of Physics Teachers*, 5, 407 - 412.

[Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. \(1993\). Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες. Επιμέλεια: Ένωση Ελλήνων Φυσικών. Αθήνα: Τροχαλία.](#)

Engelhardt, P.V. & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Association of Physics Teachers*, 72(1), 98- 114.

Harms U. (2000). *Virtual and remote labs in physics education*. 2nd European Conf. Physics Teaching Engineering Education, Budapest, Hungary, Jun. 2000.

Kolloffel, B., & de Jong, T. (2013). Conceptual understanding of electrical circuits in secondary vocational engineering education: Combining traditional instruction with inquiry learning in a virtual lab. *Journal of Engineering Education*, 102, 375-393.

Licht, P. (1991). Using a Diagnostic Test of Pupils' Alternative Conceptions to Plan a Teaching Strategy on Electric Circuits. *European Journal of Teacher Education*, 14(1), 19 - 30.

Osborne, R. (1982). Conceptual change - For pupils and teachers. *Research in Science Education*, 12, 25 - 31.

Osborne, R. (1983). Towards Modifying Children's Ideas about Electric Current. *Research in Science and Technological Education*, 1, 73 - 82.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.

Psillos, D., Koumaras, P. & Tiberghien, A. (1988). Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on DC circuits. *International Journal of Science Education*, 10(1), 29 - 43.

Schauble, L., Klopfer, L. E., & Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 859-882.

Shepardson, D.P. & Moje, E.B. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuits. *International Journal of Science Education*, 21(1), 77-94.

Tsihouridis C., Vavougiou D., Ioannidis G. S, Alexias A, Argyropoulos C. & Poulis S. (2015). *The effect of teaching electric circuits switching from real to virtual lab or vice versa. A case study with junior high-school learners*. 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL), Florence, 2015, pp. 643-649.

Zacharia Z. C. & Olympiou G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning & Instruction*, 21 (3), 317-331.

Παναγιώτου, Δ. (2018). Π6-Συστάδα9-Εκπαίδευση Επιμορφωτών Εκπαιδευτικό Σενάριο_3-9-1. Εκπαίδευση Επιμορφωτών Β' Επιπέδου Τ.Π.Ε. στα Πανεπιστημιακά Κέντρα Επιμόρφωσης (ΠΑ.Κ.Ε.) ΣΥΣΤΑΔΑ 9: Εκπαιδευτικοί Μηχανικοί.