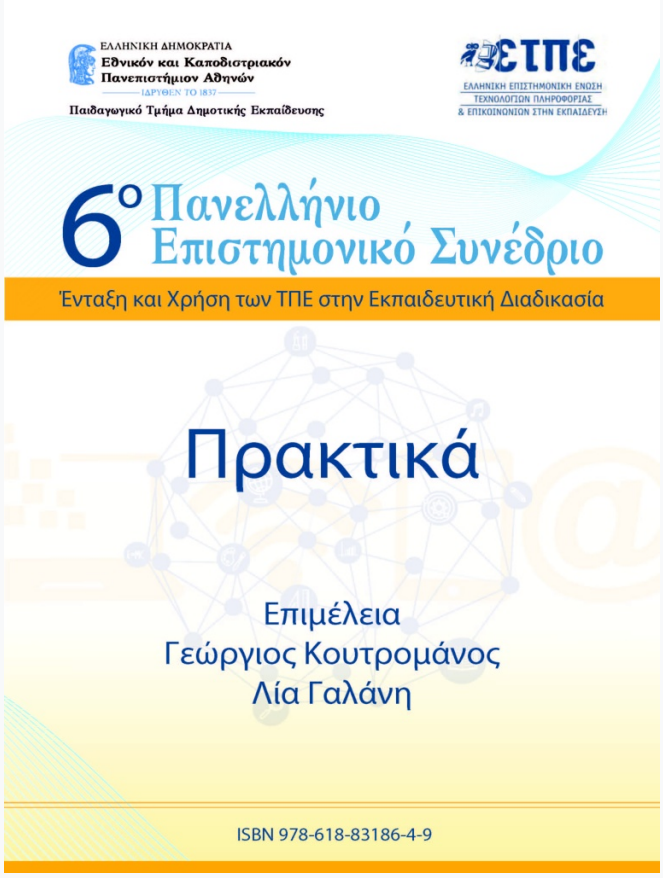
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2019)

6ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»



Μια παραδειγματική περίπτωση σχεδιασμού STEM μαθημάτων: «Το ελατήριο»

Γεώργιος Πολυζώης, Βασίλειος Κεράστας, Χρήστος Μάντζιος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Πολυζώης Γ., Κεράστας Β., & Μάντζιος Χ. (2022). Μια παραδειγματική περίπτωση σχεδιασμού STEM μαθημάτων: «Το ελατήριο». *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 259–270. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3647

Μια παραδειγματική περίπτωση σχεδιασμού STEM μαθημάτων: «Το ελατήριο»

Γεώργιος Πολυζώης, Βασίλειος Κεράστας, Χρήστος Μάντζιος
gpolizois@edc.uoc.gr, basileioskerastas@yahoo.gr, xridoma@gmail.com
Πρότυπο Γυμνάσιο Ρεθύμνου

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια προσέγγιση του μαθήματος της φυσικής της Α΄ γυμνασίου «Μετρήσεις Μάζας-Τα Διαγράμματα» μέσα από τη λογική του σχεδιασμού μιας διδασκαλίας STEM. Συγκεκριμένα στο μάθημα των μαθηματικών διδάχτηκαν οι καρτεσιανές συντεταγμένες και η δημιουργία γραφικών παραστάσεων. Κατόπιν με την αξιοποίηση προσομοίωσης, που δημιουργήθηκε με το λογισμικό Geogebra, οι μαθητές ανά ομάδες τριών ατόμων στο εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου, «υπολόγισαν» την άγνωστη μάζα ενός αντικειμένου μέσα από την σταδιακή δημιουργία του αντίστοιχου διαγράμματος. Η όλη προσέγγιση διάρκεσε τέσσερις (4) διδακτικές ώρες. Η παρέμβαση συνεχίστηκε με τους μαθητές στο εργαστήριο φυσικών επιστημών, για δυο (2) διδακτικές ώρες. Οι μαθητές, ανά ομάδες τεσσάρων ατόμων αφού κατασκεύασαν την πειραματική διάταξη, πραγματοποίησαν τις μετρήσεις, σχεδίασαν τη γραφική παράσταση βαθμονόμησης του ελατηρίου της κάθε ομάδας, υπολόγισαν την μάζα του βιβλίου φυσικής τους και συζήτησαν θέματα που άπτονται τόσο της πρακτικής φύσεως του πειράματος όσο και της θεωρητικής του επεξεργασίας και ερμηνείας.

Λέξεις κλειδιά: Γραφική αναπαράσταση, Ελατήριο, Geogebra

Εισαγωγή

Η αξιοποίηση των ΤΠΕ στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά συνοδεύεται από μια ευρεία βιβλιογραφική υποστήριξη (Harter, 1991; Laws, 1991; Redish & Wilson, 1993; McDermott, 1987), η οποία αναφέρεται στην εκπαιδευτική τους αξία και τη μαθησιακή τους αποτελεσματικότητα. Παρόλη την ευρύτητα των ερευνητικών δεδομένων, εργασίες μετα-ανάλυσης των ερευνών και ντοκουμέντα ανασκόπησης δεν υποστηρίζουν με σαφήνεια ότι οι προσομοιώσεις αποτελούν ένα αναντικατάστατο εργαλείο, το οποίο διευκολύνει και αυξάνει την κατανόηση στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά (Schacter, 1999; Osborne & Hennessy, 2003).

Στις ερωτήσεις του Turkle το 1997 (όπως αναφέρεται από τους Finkelstein et al., 2005): «Γιατί δεκαεξάχρονοι πρέπει να τοποθετούν εικονικές χημικές ενώσεις σε εικονικά ποτήρια; Γιατί δεκαοκτάχρονοι πρέπει να εκτελούν εικονικά εργαστήρια στο εργαστήριο φυσικών επιστημών;» οι συχνές απαντήσεις είναι γιατί οι προσομοιώσεις κοστίζουν λιγότερα χρήματα, γιατί δεν υπάρχουν πολλοί καθηγητές φυσικών επιστημών κ.ά. Αλλά αυτές οι απαντήσεις προκαλούν με επίταση ένα άλλο ερώτημα: «Μήπως αξιοποιούμε την τεχνολογία των υπολογιστών όχι γιατί διδάσκει καλύτερα, αλλά γιατί έχουμε χάσει την πολιτική βούληση να χρηματοδοτήσουμε την εκπαίδευση επαρκώς;».

Με αυτόν τον χαρακτηριστικό τρόπο τίθεται, εκτός των άλλων, το πρόβλημα της βελτίωσης των εκπαιδευτικών κυρίως όψεων της χρήσης των προσομοιώσεων και των υπολογιστών γενικότερα. Η σκεπτικιστική στάση για την αξιοποίηση των προσομοιώσεων εκφράζεται και από την θεατρική ερώτηση του Steinberg (2000): "To stimulate or not to stimulate?"

Γ. Κουτρομάνος, Λ. Γαλάνη (επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία», σ. 259-270, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 18-20 Οκτωβρίου 2019. ISBN 978-618-83186-4-9.

Η παρούσα εργασία υιοθετεί την απάντηση των Finkelstein et al. (2005): «Ναι, αν οι προσομοιώσεις είναι κατάλληλα σχεδιασμένες και εφαρμόζονται στο κατάλληλο εκπαιδευτικό πλαίσιο» και επιπλέον προσθέτει ότι αξίζει να δοκιμαστεί και η συνύπαρξή τους με εργαστηριακά πειράματα.

Το θεωρητικό πλαίσιο

Σημείο αφετηρίας της συγκεκριμένης εργασίας αποτελεί η πρόκληση του STEM (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014).). Το πλαίσιο του STEM που θα εφαρμοστεί στην περίπτωση που εξετάζει η παρούσα εργασία διαπλέκει με συστηματικό τρόπο τις συνιστώσες του (Φυσικές επιστήμες, Τεχνολογία, επιστήμη Μηχανικού, Μαθηματικά), αξιοποιεί τη διδακτική επιλογή των Πολλαπλών Αναπαραστάσεων (Ainsworth, 2008) και επιλέγει συγκεκριμένες επιστημονικές πρακτικές με τις οποίες θα εμπλακούν οι μαθητές.

Οι Φυσικές επιστήμες εμπλέκονται στην συγκεκριμένη περίπτωση ως περιεχόμενο. Μελετάται το απλό φυσικό σύστημα σώματος - ελατηρίου και αξιοποιείται στον προσδιορισμό του βάρους είτε σωμάτων στα οποία το βάρος τους μας είναι ήδη γνωστό είτε σε σώματα αγνώστου βάρους.

Η τεχνολογία αναφέρεται ως ΤΠΕ και αξιοποιεί το λογισμικό Geogebra (Hohenwarter & Lavicza, 2009). Πρόσφατα το λογισμικό άρχισε να αξιοποιείται και στη διδασκαλία της φυσικής. Έτσι, γύρω από το Geogebra "χτίστηκε" μια κοινότητα μάθησης όχι μόνον για τα μαθηματικά, αλλά γενικότερα για τη μοντελοποίηση, καθώς και για τη δημιουργία προσομοιώσεων (www.geogebra.org). Στην παρούσα εργασία το λογισμικό Geogebra αξιοποιήθηκε με σκοπό να υλοποιήσει την περίπτωση που θα αναπτυχθεί σε επόμενη παράγραφο.

Η επιστήμη της Μηχανικής στην παρούσα εργασία αξιοποιείται στην επίλυση προβλημάτων τα οποία παρουσιάζονται κατά την εκτέλεση της πρακτικής εργασίας (πειράματος). Συγκεκριμένα προσαρμόζεται το ελατήριο στην συσκευή στήριξης, προσκολλάται στη συσκευή στήριξης μετρική ταινία ώστε να γίνονται με μεγαλύτερη ακρίβεια οι μετρήσεις, επιλέγεται το ύψος της συσκευής στήριξης ώστε να είναι ικανό να επιτρέπει τις αντίστοιχες επιμηκύνσεις του ελατηρίου και τέλος επιλέγονται τόσο τα σταθμά γνωστού βάρους (Εικόνες 1, 2, 3) που θα ζυγίζονται για να μελετηθεί η επιμήκυνση του ελατηρίου, όσο και ο τρόπος που θα στηριχθεί το σώμα άγνωστης μάζας στην συγκεκριμένη περίπτωση το βιβλίο της Φυσικής.

Εικόνα 1. Μετά από «δοκιμές» κρίθηκε σκόπιμη η επικόλληση χαρτοταινίας προκειμένου να σημειωθούν οι ενδείξεις της επιμήκυνσης του ελατηρίου και στη συνέχεια να μετρηθούν με την χρήση χάρακα.

Εικόνα 2. Η ανάρτηση του βιβλίου φυσικής δεν έγινε από όλες τις ομάδες με τον ίδιο τρόπο με αποτέλεσμα να υπάρξει αφορμή για συζήτηση!

Εικόνα 3. Μια ενδεδειγμένη ανάρτηση του βιβλίου φυσικής.

Τα Μαθηματικά αποτελούν το δεύτερο «θέμα» της συγκεκριμένης εργασίας. Αξιοποιήθηκε περιεχόμενο από την ενότητα «συστήματα συντεταγμένων».

Στην επιλογή του STEM ασκούνται κριτικές για τον τεχνικό και θετικιστικό χαρακτήρα του. Έτσι, νεότερες προσεγγίσεις ενσωματώνουν στο STEM στοιχεία τέχνης (STEAM, όπου A=art) (Henriksen, 2017) ή στοιχεία ενσωμάτωσης της γλώσσας (STEAL, όπου L= Language) (Lems & Stegemoller, 2014) στοχεύοντας στην ενίσχυση του ανθρωπιστικού χαρακτήρα του STEM με την άμβλυνση του τεχνοκρατικού του περιεχομένου. Στην συγκεκριμένη εργασία είναι δυνατόν να προστεθούν στοιχεία από την Ιστορία των Επιστημών (HOS, History of Science) κάτι που προγραμματίζεται σε επόμενες εφαρμογές της. Συγκεκριμένα είναι δυνατόν να διερευνηθεί ο πολυδιάστατος ρόλος του Καρτέσιου (Decartes) στα Μαθηματικά, την Φυσική και την Φιλοσοφία (The Scientific Revolution and the Enlightenment (1500–1780)).

Η περιληπτική και εστιασμένη στην παρούσα περίπτωση παρουσίαση του πλαισίου του STEM ολοκληρώνεται με παρουσίαση της διδακτικής επιλογής δύο σημαντικών θεμάτων: (α) των επιστημονικών πρακτικών και (β) των πολλαπλών αναπαραστάσεων.

Οι επιστημονικές πρακτικές

Η πρακτική εργασία σε πολλές χώρες διαδραματίζει βασικό ρόλο στην εκπαίδευση της επιστήμης. Στην παρούσα εργασία με το όρο "πρακτική άσκηση" εννοείται η πειραματική διαδικασία, η οποία μπορεί να λαμβάνει χώρα είτε σε τάξη (με μεταφορά του κατάλληλου

εξοπλισμού) είτε στο σχολικό εργαστήριο. Η μορφή της πειραματικής διαδικασίας μπορεί να περιλαμβάνει πείραμα επίδειξης ή μετωπική εκτέλεση πειραμάτων από μαθητές σε ομάδες.

Το πείραμα μπορεί να εκπληρώνει διπλό ρόλο. Στον πρώτο του ρόλο, είναι δυνατόν να μην είναι απομονωμένο ή διαχωρισμένο από το αντίστοιχο περιεχόμενο του μαθήματος (θεωρία) αντίθετα είναι δυνατόν να ενισχύει την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών και να τη συνδέει με (πειραματικές) αποδείξεις ώστε να επιτυγχάνεται βαθιά κατανόηση που είναι απαραίτητη για τη μεταφορά γνώσης από τη μία περιοχή σε μία άλλη (Pellegrino & Hilton, 2012). Σχετικά με το δεύτερο ρόλο του, το πείραμα συνδέεται με τον πραγματικό κόσμο και συνεισφέρει στην κατανόηση της φύσης της επιστήμης (NOS).

Συμπληρωματικά με τους δύο ρόλους του, η ένταξή του πειράματος στη σχολική πρακτική, συνεισφέρει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται (AP Physics 1 and 2 Inquiry-Based Lab Investigations, 2015): (α) με το ρόλο των αριθμών, την ποσοτική δηλαδή πραγμάτευση των δεδομένων και ειδικότερα στην αξιοποίησή τους στις μετρήσεις και τους υπολογισμούς, (β) με κατασκευή πινάκων και γραφικών παραστάσεων, (γ) με ανάλυση αποτελεσμάτων, ερμηνεία δεδομένων, αξιολόγηση της ακρίβειας, (δ) με προφορική, εικονική και γραπτή επικοινωνία, (ε) με το επιστημονικό επιχείρημα (ισχυρισμός, σκεπτικό, αποδείξεις – claim, rationale, evidence) (Sampson, Grooms, & Walker, 2009).

Ο ρόλος της πρακτικής εργασίας και η ένταξή της στη διδασκαλία της επιστήμης, επηρεάζεται από, αλλά ταυτόχρονα και αντανακλά, πολιτισμικές και φιλοσοφικές / επιστημολογικές παραδοχές (Koponen & Mantyla, 2006). Την τελευταία εικοσαετία η ένταξη του πειράματος στην σχολική πρακτική ταυτίστηκε με τον όρο "διερώτηση" (inquiry).

Όμως, ο όρος "διερώτηση" (inquiry) παρουσιάζει "πολυσημία" ως προς τα ποια είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Οι Asay & Orgill (2010) σε μια επισκόπηση των άρθρων του περιοδικού "The Science Teacher" από το 1998 έως το 2007 αναφέρουν διαφορετικές εννοιολογήσεις του όρου. Συγκεκριμένα περιγράφουν τον όρο ως: ανακαλυπτική μάθηση (discovery learning) χειροπιαστές δραστηριότητες (hands on activities) προσανατολισμό σε αυθεντικά προβλήματα, διαλόγους/αντιλογίες (classroom debate).

Στα Next Generation Science Standards (NGSS, 2013), καθώς και στον οδηγό εκπαιδευτικούτου The College Board (AP Physics 1 and 2 Inquiry-Based Lab Investigations, 2015), όρος "inquiry". όπως και συναφείς όροι "επιστημονική μέθοδος", "πρακτική εργασία" αντικαθίστανται από τον όρο "επιστημονική πρακτική ή επιστημονικές πρακτικές". Ο προτεινόμενος όρος "επιστημονικές πρακτικές" σχετίζεται με: (1) τις ερωτήσεις, (2) την εξέλιξη και αξιοποίηση μοντέλων, (3) τον σχεδιασμό και την πραγματοποίηση πειραμάτων, (4) την ανάλυση και την ερμηνεία δεδομένων, (5) τη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (6) την κατασκευή (οικοδόμηση) εξηγήσεων, (7) την άσκηση σε επιχειρήματα που πηγάζουν από στοιχεία.

Το τι σημαίνει να δρα και να διαλέγεται ο μαθητής ως επιστήμονας είναι μία πρόκληση για το σχολικό εκπαιδευτικό σύστημα. Οι πεποιθήσεις και οι απόψεις των εκπαιδευτικών για το ρόλο της πρακτικής εργασίας είναι καθοριστικές για την προώθηση ενσωμάτωση τέτοιων πρακτικών στα μαθήματά τους και έχουν μελετηθεί από διάφορες πλευρές (Staer et al, 1998; Tsai, 2003). Η παρούσα εργασία υιοθετεί τον όρο επιστημονικές πρακτικές αντί του όρου μάθηση με διερώτηση.

Οι επιστημονικές πρακτικές πρέπει να εμπλέκουν τους μαθητές κατά τέτοιον τρόπο ώστε να ενισχύουν τη μάθηση, καθώς και να εξελίσσουν την κριτική τους σκέψη αλλά και τις ικανότητές τους για την επίλυση προβλημάτων. Στη βιβλιογραφία καταγράφονται μοντέλα που αξιολογούν τα διάφορα επίπεδα εφαρμογής επιστημονικών πρακτικών που επιτυγχάνονται με τις πειραματικές δραστηριότητες (Rezba, Auldridge, & Rhea, 1998, όπως αναφέρεται στο Bell et al., 2005). Συνήθως προτείνονται 4 ή 5 επίπεδα αξιολόγησης

αρχίζοντας από το επίπεδο 1, της απλής επικύρωσης (όπου συσκευές, διαδικασία, πρόβλημα και απάντηση είναι δοσμένα στους μαθητές) μέχρι το επίπεδο 4 της ανοικτής επιστημονικής πρακτικής (όπου συσκευές, διαδικασία, πρόβλημα και απάντηση είναι ανοικτή επιλογή των μαθητών) (Staer, Goodrum, & Hacking, 1998).

Πολλαπλές Εξωτερικές Αναπαραστάσεις (Multiple External Representation – MER)

Το θεωρητικό πλαίσιο της παρούσας εργασίας στηρίζεται στην αξιοποίηση των πολλαπλών εξωτερικών αναπαραστάσεων των εννοιών που εισάγουν οι Φυσικές επιστήμες και τα Μαθηματικά. Οι πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις (Multiple External Representation – MER) αποτελούν προνομιακό πεδίο μελέτης της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Polizois & Valanides, 2010), των Μαθηματικών (Rau, Aleven, & Rummel, 2017.) και του νεοαναδυόμενου πεδίου του οπτικού γραμματισμού (Gilbert, Reiner, & Nakhleh, 2007).

Έρευνες στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Meltzer, 2005), αλλά και ανάλογες στη διδακτική των Μαθηματικών (Taşar, 2010) έχουν καταγράψει δυσκολίες των μαθητών στην αξιοποίηση των πολλαπλών αναπαραστάσεων. Η δυνατότητα μετάφρασης των πληροφοριών από μία αναπαράσταση σε μία άλλη είναι "ζωτικής" σημασίας για την κατανόηση στις Φυσικές επιστήμες και τα Μαθηματικά (Ainsworth, 2008). Η απόκτηση αυτής της ικανότητας, καθώς και η δυνατότητα να κατανοούνται όλες οι πληροφορίες που περιέχονται σε μια στατική ή δυναμική αναπαράσταση, σχετίζονται με τον οπτικό εγγραμματισμό (visual learning) των μαθητών (Gilbert, 2007).

Η κατασκευή νοήματος με την αξιοποίηση των εξωτερικών αναπαραστάσεων των Φυσικών επιστημών και των Μαθηματικών ορίζεται ως οπτικοποίηση (visualization) (Gilbert, 2007). Η οπτικοποίηση (visualization) συνδέεται και με εσωτερικές αναπαραστάσεις, νοητικές δηλαδή κατασκευές του μαθητή (Rapp, 2005), αλλά στην παρούσα εργασία δεν θα ασχοληθούμε με αυτόν τον τύπο οπτικοποίησης.

Η οπτικοποίηση συνδέεται ευθέως με εκείνη την πλευρά μάθησης των Φυσικών επιστημών και των Μαθηματικών, που σχετίζεται με την ανάπτυξη και την εξέλιξη ποιοτικών και ποσοτικών μοντέλων. Η παραγωγή μοντέλων, η διαδικασία δηλαδή της μοντελοποίησης, συνιστά μία από τις κορυφαίες επιστημονικές δραστηριότητες. Επιδίωξη της οπτικοποίησης είναι να εμπλακούν οι μαθητές σε αυτήν την επιστημονική δραστηριότητα, χειριζόμενοι και διαπλέκοντας μεταξύ τους τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά μοντέλα (Gilbert, 2007). Οι μαθητές συνήθως δεν εμπλέκονται σε διαδικασίες κατασκευής δικών τους μοντέλων, που να αξιοποιούν ή να οπτικοποιούν τις εξωτερικές αναπαραστάσεις των Φυσικών επιστημών και των Μαθηματικών, καθώς η καθημερινή σχολική πρακτική εστιάζει κατά κύριο λόγο σε φορμαλιστικούς/αλγεβρικούς υπολογισμούς.

Αντίθετα, στην εργασία αυτή επιδιώκουμε να εμπλακούν οι μαθητές στην ερμηνεία και κατασκευή πολλαπλών αναπαραστάσεων. Η ιδέα περιλαμβάνει τη δυνατότητα να χειριστούν αναπαραστάσεις και νοήματα με την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών και να αναπτύξουν ολοκληρωμένα μοντέλα. Ο χειρισμός αυτός (οπτικοποίηση) ουσιαστικά περιλαμβάνει: (α) τον έλεγχο του μαθηματικού μοντέλου, (β) τη δράση στις πολλαπλές αναπαραστάσεις του μοντέλου Η δράση πάνω στις αναπαραστάσεις του μοντέλου γίνεται με εξειδικευμένα εργαλεία (Πολυζώης, 2014). Στην παρούσα περίπτωση γίνεται με το εργαλείο κατασκευής μίας πολυγωνικής γραμμής και το εργαλείο κατασκευής της γραμμής τάσης του λογισμικού Geogebra και (γ) τη μετατόπιση από το μαθηματικό μοντέλο στο φυσικό.

Η περίπτωση της εργασίας

Σε προηγούμενη σχολική χρονιά ένας από τους συγγραφείς (Χημικός) είχε διαπιστώσει την δυσκολία των μαθητών να χρησιμοποιούν το ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων. Μετά από συζήτηση, αποφασίστηκε την τρέχουσα σχολική χρονιά (2018-2019) να πραγματοποιηθεί μια εργασία STEM με σκοπό να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν το Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων ώστε στη συνέχεια να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε πειράματα της φυσικής στο εργαστήριο φυσικοχημείας.

Αποφασίστηκε μια διδακτική ακολουθία τεσσάρων (4) διδακτικών ωρών στα μαθηματικά η οποία κατέληγε στην αξιοποίηση μιας προσομοίωσης με το λογισμικό Geogebra, ζύγισης σώματος με τη βοήθεια ελατηρίου. Κατόπιν στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών οι μαθητές εκτέλεσαν το πείραμα ζύγισης σώματος με τη βοήθεια ελατηρίου.

Μεθοδολογία: περιεχόμενο και προσέγγιση

Στο μαθηματικό περιεχόμενο οι μαθητές ανά δύο (2) εργάστηκαν στο εργαστήριο πληροφορικής Παρακάτω δίνεται ένας πίνακας με τη συνοπτική παρουσίαση της μαθηματικής παρέμβασης.

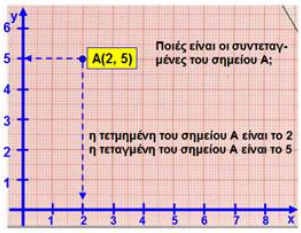
1η Διδακτική ώρα

Α) Γίνεται μια μικρή αναφορά στον «δημιουργό» του συστήματος συντεταγμένων, στον Rene Descartes. (η όλη αναφορά γίνεται μόνο για το 1ο τεταρτημόριο)

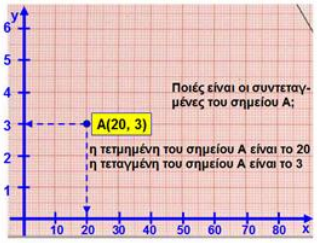
Β) «Διαβάζουμε» την θέση ενός σημείου στο σύστημα συντεταγμένων σύμφωνα με τις συντεταγμένες του (βλ. Εικόνα 4 και 5), και τοποθετούμε ένα σημείο στο ορθοκανονικό και στο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων.

Γ) Οι μαθητές εμπεδώνουν τα παραπάνω (βλ. Εικόνα 6 και 7).

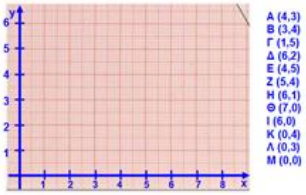
Δ) Οι μαθητές επεκτείνουν τις δεξιότητές τους κατασκευάζοντας μια πολύγωνική γραμμή (βλ. Εικόνα 8) (διαφορετική αναπαράσταση: «από τα σημεία στη συνεχή γραμμή»)



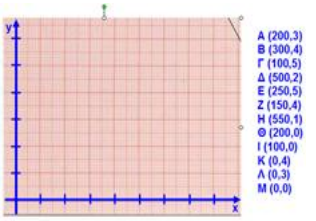
Εικόνα 4



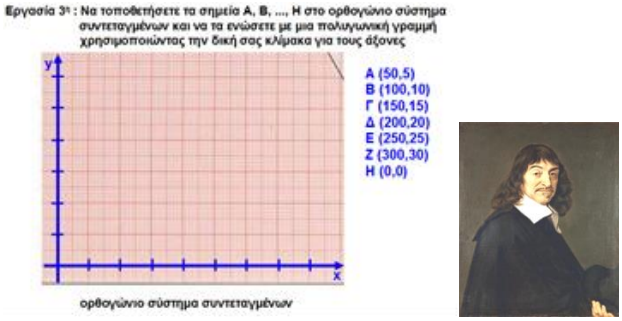
Εικόνα 5



Εικόνα 6



Εικόνα 7



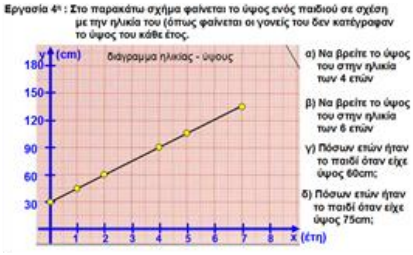
Εικόνα 8

2η Διδακτική ώρα

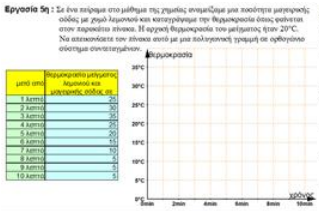
Α) Οι μαθητές να «διαβάζουν» μια πολύ-γωνική γραμμή και απαντούν σε διάφορες ερωτήσεις (βλ. Εικόνα 9).

Β) Οι μαθητές επεκτείνουν τις δεξιότητές τους από-τυπώνοντας έναν πίνακα τιμών σε ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων (βλ. εικόνα 10).

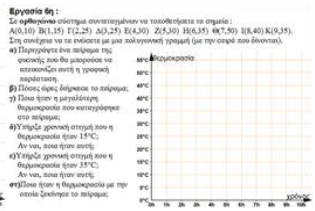
Γ) Οι μαθητές κατά-σκευάζουν μια πολύ-γωνική γραμμή και να εξάγουν συμπεράσματα (βλ. Εικόνα 11). (διαφορετική αναπαράσταση:« από τον πίνακα, στα σημεία και στη συνεχή γραμμή»)



Εικόνα 9



Εικόνα 10



Εικόνα 11

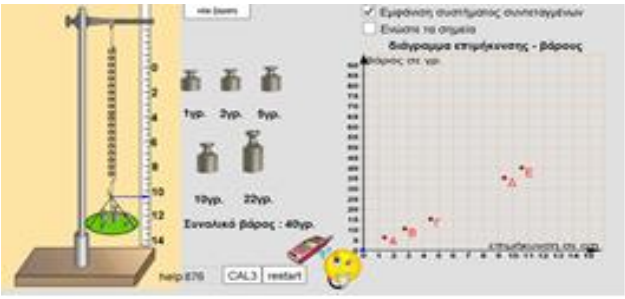
3η Διδακτική ώρα

Σκοπός του πειράματος προσομοίωσης είναι οι μαθητές να βρουν το βάρος ενός κινητού τηλεφώνου χρησιμοποιώντας έναν αυτοσχέδιο μηχανισμό ζύγισης.

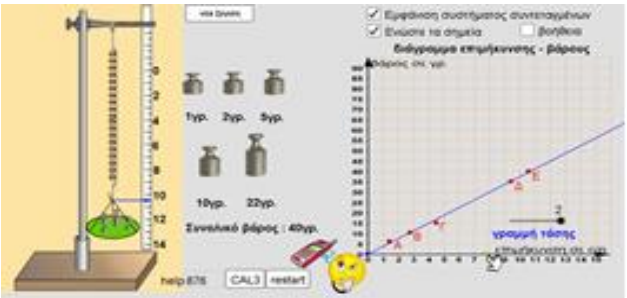
Διαδικασία:

Οι μαθητές «τοποθετούν» διαδοχικά τα διαθέσιμα σταθμά πάνω στο ζυγό: Παρατηρούν την επιμήκυνση του ελατηρίου και αποτυπώνουν πέντε (5) μετρήσεις στο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων το όποιο δίνεται στην επιφάνεια εργασίας τους στον Η/Υ (βλ. Εικόνα 12).

[Ο αρχικός σχεδιασμός αυτής της διαδικασίας έγινε όταν στην ύλη της Α' Τάξης του γυμνασίου ήταν τα ανάλογα ποσά. Μετά την αφαίρεση αυτού του σημαντικότατου κεφαλαίου το πρόγραμμα σχεδιάστηκε ώστε να υπάρχει πάντα ένα σφάλμα στις μετρήσεις (αυτό μπορεί σχετίζεται με την σκουριά που ενδεχομένως υπάρχει στο ελατήριο, στον τρόπο που η θερμοκρασία και η υγρασία επηρεάζουν την επιμήκυνση του

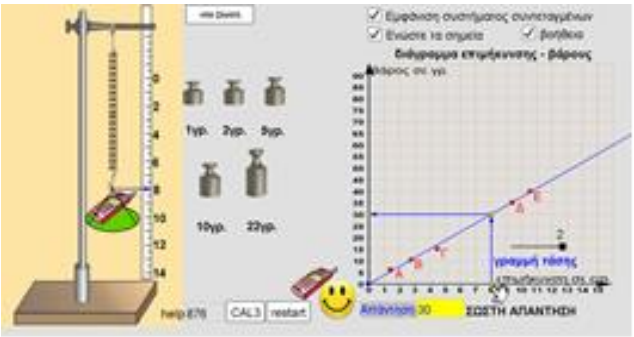


Εικόνα 12



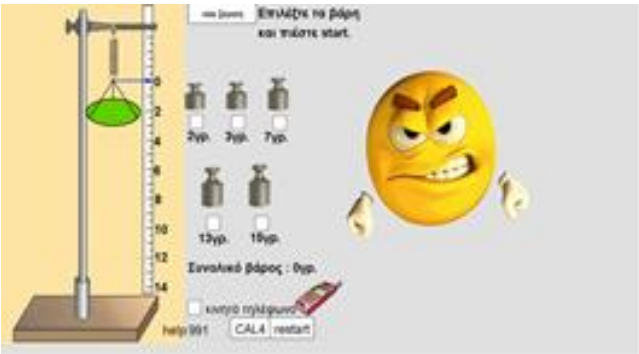
Εικόνα 13

ελατηρίου, την σύνδεση του ελατηρίου στο βραχίονα κτλ.).
Για παράδειγμα, όταν ένας μαθητής τοποθετήσει στον ζυγό σταθμά μάζας 10 γραμμαρίων και η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι 7 εκατοστά, επαναλαμβάνοντας την διαδικασία για τα 10 γραμμάρια η επιμήκυνση δεν είναι πλέον 7 εκατοστά.]
Οι μαθητές με την βοήθεια του προγράμματος (δράση στην αναπαράσταση):
κατασκευάζουν τη γραμμή τάσης (βλ. Εικόνα 13) και «ζυγίζουν» το κινητό (βλ. εικόνα 14) και με την βοήθεια της γραμμής τάσης συμπεραίνουν το βάρος του /μάζα του.



Εικόνα 14

4Η Διδακτική ώρα
Οι μαθητές εκτελούν την προηγούμενη διαδικασία με σκοπό την εύρεση του βάρους / μάζας του κινητού. Αυτήν τη φορά όμως τους περιμένει μια έκπληξη (βλ. Εικόνα 15). Δεν υπάρχει στην οθόνη τους το ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων.
Παρόλα αυτά, έχουν στη διάθεσή τους ένα φύλλο millimetre πάνω στο οποίο θα αποτυπώσουν τις μετρήσεις, θα κατάσκευάσουν την γραμμή τάσης και θα συμπεράνουν κατά προσέγγιση το βάρος / μάζα του κινητού.



Εικόνα 15

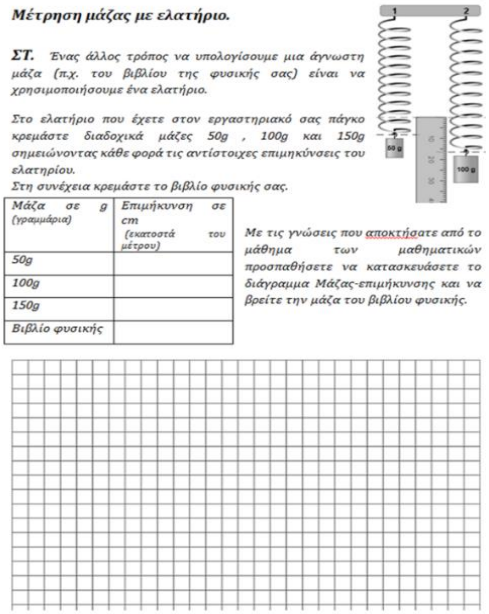
Στο περιεχόμενο της φυσικής οι μαθητές ανά τέσσερεις (4) εργάστηκαν στο εργαστήριο Φυσικών Επιστήμων. Αξιοποιήθηκε για δύο (2) διδακτικές ώρες το παρακάτω φύλλο εργασίας (Εικόνα 16).

1Η Διδακτική ώρα :
Στους μαθητές δόθηκε χρόνος να κατασκευάσουν την πειραματική διάταξη που θα θεωρούσαν ως ενδεδειγμένη και στη συνέχεια καθοδηγήθηκαν στην τελική πειραματική διάταξη (εικόνες 1, 2 και 3), ώστε να καταγράψουν τις μετρήσεις στον πίνακα του φύλλου εργασίας (Εικόνα 16). Οι ομάδες που ολοκλήρωσαν τις μετρήσεις παρακινήθηκαν να ξεκινήσουν την κατασκευή του διαγράμματος.

Στους υπόλοιπους μαθητές η κατασκευή του διαγράμματος δόθηκε ως εργασία για το σπίτι.

2Η Διδακτική ώρα :

Η συνεργασία μεταξύ των μελών της κάθε ομάδας οδήγησε στην ολοκλήρωση του διαγράμματος από όλους του μαθητές (όπου κρίθηκε σκόπιμο υπήρχε και η συνδρομή του διδάσκοντα) και στη συνέχεια έγινε αρχικά μια επισήμανση των δυσκολιών των μαθητών στα διάφορα στάδια κατασκευής του διαγράμματος καθώς και η συζήτηση για την βέλτιστη ευθεία και την συμπερίληψη σε αυτήν του σημείου (0, 0).



Μέτρηση μάζας με ελατήριο.

ΣΤ. *Ένας άλλος τρόπος να υπολογίσουμε μια άγνωστη μάζα (π.χ. του βιβλίου της φυσικής σας) είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα ελατήριο.*

Στο ελατήριο που έχετε στον εργαστηριακό σας πάγκο κρεμάστε διαδοχικά μάζες 50g , 100g και 150g σημειώνοντας κάθε φορά τις αντίστοιχες επιμηκύνσεις του ελατηρίου.

Στη συνέχεια κρεμάστε το βιβλίο φυσικής σας.

Μάζα σε g (γραμμάρια)	*Επιμήκυνση σε cm (εκατοστά του μέτρου)*
50g	
100g	
150g	
Βιβλίο φυσικής	

Με τις γνώσεις που αποκτήσατε από το μάθημα των μαθηματικών προσπαθήσετε να κατασκευάσετε το διάγραμμα Μάζας-επιμήκυνσης και να βρείτε την μάζα του βιβλίου φυσικής.

Εικόνα 16

Και στις δύο παρεμβάσεις. εκτός των εκπαιδευτικών της τάξης που πραγματοποιούσαν τα μαθήματά τους. παρίστατο και δεύτερος εκπαιδευτικός, ο ίδιος και τις δύο φορές, πραγματοποιώντας συμμετοχική παρατήρηση. Με τον τρόπο αυτό η εργασία εντάσσεται στον συμμετοχικό και συνεργατικό χαρακτήρα της έρευνας δράσης (Κατσαρού & Τσάφος, 2003). Αυτός ο χαρακτήρας δημιουργεί ένα χώρο επικοινωνίας (Kemmis, 2001), ο οποίος θεωρείται σημαντικός παράγοντας του αλληλεπιδραστικού διαλόγου που διεξάγεται μεταξύ των εκπαιδευτικών, με στόχο την αντιμετώπιση άμεσων πρακτικών προβλημάτων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση είχε συμφωνηθεί να καταγραφούν ποιοτικά θέματα που σχετίζονται με το γνωστικό αποτέλεσμα, στις συγκεκριμένες θεματικές ενότητες, ώστε να αναλυθούν και να στηρίξουν μια πιο λεπτομερή προσέγγιση στην επόμενη χρονιά. Μεθοδολογικά λοιπόν η παρέμβαση αποτέλεσε τον πρώτο κύκλο της ερευνάς δράσης (Kemmis & McTaggart, 2000). Επιπλέον επιδιώχθηκε με την ευκαιρία της συμμετοχικής παρατήρησης οι εκπαιδευτικοί να εργαστούν από κοινού και να διαμοιραστούν με ευχαρίστηση τις ιδέες τους (Stevenson, 2008).

Συζήτηση των αποτελεσμάτων και υποδείξεις

Θα παραθέσουμε συνοπτικά τα συμπεράσματα της παρέμβασής μας μιας και μας ενδιάφερε περισσότερο η ποιοτική προσέγγιση των διδασκαλιών και λιγότερο η λεπτομερής ανάλυσή τους.

Μετά την πραγματοποίηση της διαδικασίας έχουν αμβλυνθεί η δυσκολίες στα:

- Τι είναι διάγραμμα;
- Πως βαθμολογώ τους άξονες;
- Πως επιλέγω την κλίμακα σε κάθε άξονα;
- Μπορώ να έχω διαφορετική κλίμακα;
- Πως «αξιοποιώ» την ευθεία;

Ένα ζήτημα που συζητήθηκε ακροθιγώς στη διδασκαλία των μαθηματικών και με λεπτομέρεια, με τη βοήθεια δύο ερωτημάτων, στη διδασκαλία της φυσικής είναι το θέμα της αρχής των αξόνων.

- Πρώτο ερώτημα:

Κ: «*Το (0,0) πρέπει να τοποθετηθεί στους άξονες; Δηλαδή είναι σημείο που πρέπει να προστεθεί στον πίνακα που συμπληρώσατε;*»

Οι απαντήσεις των μαθητών ήταν θετικές, με διάφορες ερμηνείες, όπως:

Μ1: «*ναι, για καλύτερο υπολογισμό*»

Μ2: «*ναι, γιατί είναι η αρχή των μετρήσεων*»

Μ3: « *ναι, για να ευθυγραμμίσουμε σωστά την ευθεία*»

Με αφορμή την τελευταία απάντηση τέθηκε το:

- Δεύτερο ερώτημα:

Κ: «*Θα περνά η ευθεία από το (0,0) ;*»

Οι απαντήσεις των μαθητών ήταν αόριστες (Μ4: «*εξαρτάται από το πώς έχουμε κάνει την ευθεία*», Μ5: «*ανάλογα με τις μετρήσεις*» με σε περίπου ίσο αριθμό συμφωνία και διαφωνίας με το ερώτημα).

Στο σημείο αυτό διαφάνηκε, με τον πλέον καθαρό τρόπο, ότι οι μαθητές δεν μπόρεσαν να μεταφέρουν τη γνώση τους από τα μαθηματικά στη φυσική. Ενώ το πρόγραμμα Geogebra είχε κατασκευάσει τη γραμμή τάσης να μην περνά από την αρχή των αξόνων, δεν μπορέσαν να ανακαλέσουν αυτή τη γνώση τους, επιχειρηματολογώντας για την «βέλτιστη ευθεία» ην ευθεία που περνά εγγύτερα από *όλα* τα σημεία που έχουν μετρηθεί.

Αναστοχασμός- προτάσεις - επεκτάσεις

Ο αναστοχασμός στην πραγματοποίηση των διδασκαλιών μας οδηγεί στην επανάληψη τους (δεύτερος ή και τρίτος κύκλος ερευνάς δράσης) με βασικό στόχο την καταγραφή των αδυναμιών των μαθητών τόσο όταν μεταβαίνουν από μια αναπαράσταση σε μία άλλη στα μαθηματικά ή τη φυσική, όσο και όταν μεταφέρουν τις γνώσεις τους από το ένα μάθημα στο άλλο. Κύριος στόχος όμως θα είναι η μελέτη της γλώσσας των μαθητών.

Η εισαγωγή των μαθητών στο λόγο των μαθηματικών και της φυσικής αναγνωρίζεται ευρέως ως περίπλοκη υπόθεση. Οι μαθητές έρχονται στο σχολείο με ανεπίσημους τρόπους ομιλίας τους οποίους μεταφέρουν στις σχολικές τάξεις. Η διδασκαλία στα σχολικά μαθηματικά και τη σχολική φυσική πρέπει να ενθαρρύνει τους μαθητές στην μετάβαση από την άτυπη ομιλούμενη γλώσσα στην επίσημη γλώσσα των μαθηματικών και της φυσικής (Adler, 2002). Η παραδειγματική μας περίπτωση θα επιδιώξει οι μαθητές να νοηματοδοτήσουν την εργασία τους στα μαθηματικά και τη φυσική και να μεταγράψουν τις δικές τους άτυπες εκφράσεις σε αποδεκτή επιστημονική ορολογία.

Οι εκπαιδευτικοί ευχαριστήθηκαν την συνεργασία τους και έχουν συμφωνήσει ότι θα επιχειρούν να μεταφέρουν τα συμπεράσματά τους στον ερευνητικό χώρο, με συμμετοχή σε συνέδρια, στοχεύοντας με τον επίσημο αυτό τρόπο να κατοχυρώνουν επιστημονικά τμήματά των θεματικών της διδασκαλίας τους που βελτιώνουν τη μάθηση των μαθητών τους.

Αναφορές

Adler, J. (2002). *Language (S) As Resource and the Dilemma of Code-Switching*. Teaching Mathematics in Multilingual Classrooms (pp. 72–93). Dordrecht: Springer.

Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 191–208). Netherlands: Springer.

Asay, L. D., & Orgill, M. (2010). Analysis of essential features of inquiry found in articles published in The Science Teacher, 1998–2007. *Journal of Science Teacher Education*, *21*(1), 57–79.

Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. *The Science Teacher*, *72*(7), 30–33.

Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., & Le Master, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, *1*(1), 010103.

Gilbert, J. K. (2007). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In Visualization: Theory and practice in science education, Gilbert, J. K., Reiner, M. and Nakhleh, M. (Eds) (pp. 3–24). Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Gilbert, J. K., Reiner, M., & Nakhleh, M. B. (Eds.). (2007). *Visualization: Theory and Practice in Science Education: Theory and Practice in Science Education* (Vol. 3). Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Harter, W. G. (1991). Nothing going nowhere fast: Computer graphics in physics courses. *Computers in Physics*, *5*(5), 466–478.

Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. *The STEAM Journal*, *3*(1), 11.

Hohenwarter, M., & Lavicza, Z. (2009). The strength of the community: How GeoGebra can inspire technology integration in mathematics teaching. *MSOR Connections*, *9*(2), 3–5.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. A. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research* (p. 180). Washington, DC: National Academies Press.

Kemmis, S. (2001). Exploring the relevance of critical theory for action research: Emancipatory Action Research in the Footsteps of Jürgen Habermas. In P. Reason & H. Bradbury (Eds.), *Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice* (pp. 91–102). London: Sage.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (2000). Participatory Action Research, in N. Denzin & Y. Linkoln (Eds.), *Handbook of Qualitative Research* (pp. 567–605). Thousand Oaks, CA: Sage.

Koponen, I., & Mantyla, T. (2006). Generative Role of Experiments in Rhysics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, *15*, 31–54.

Laws, P. W. (1991). The role of computers in introductory physics courses. *Computers in Physics*, *5*(5), 552–552.

Lems, K., & Stegemoller, J. (2014). Unpacking the Language of STEM for English Language Learners.

Manual, A. T. S. (2015). AP® Physics 1 and 2 Inquiry-Based Lab Investigations.

McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & Van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics *American Journal of Physics*, *55*(6), 503–513.

National Research Council (2013). Next Generation Science Standards.

Osborne, J., & Hennessy, S. (2003). Literature review in science education and the role of ICT: Promise, problems and future directions.

Polizois, G., & Valanides, N. (2010). Visualizing the Solutions of Chemical Problems Relating to Solubility, 42nd Annual Conference of the International Visual Literacy Association: *Visual Literacy in the 21st Century: Trends, Demands and Capacities*, Cyprus, September 29th to October 3rd, 2010.

Rapp, D. N. (2005). Mental models: Theoretical issues for visualizations in science education. In *Visualization in science education* (pp. 43–60). Netherlands: Springer.

Rau, M. A., Aleven, V., & Rummel, N. (2017). Supporting students in making sense of connections and in becoming perceptually fluent in making connections among multiple graphical representations. *Journal of Educational Psychology*, *109*(3), 355.

Redish, E. F., & Wilson, J. M. (1993). Student programming in the introductory physics course: MUPPET.

Rezba, R. J., Auldridge, T., & Rhea, L. (1998). *Teaching and Learning the Basic Science Skills*. Richmond, VA: Dept. of Education, Office of Elementary and Middle School Instructional Services, VHS.

Schacter, J. (1999). The impact of education technology on student achievement: What the most current research has to say.

Staer, H., Goodrum, D., & Hackling, M. (1998). High School Laboratory Work in Western Australia: Openness to Inquiry. *Research in science education*, *28*(2), 219–228.

Steinberg, R. N. (2000). Computers in teaching science: To simulate or not to simulate?. *American Journal of Physics*, *68*(S1), S37–S41.

Taşar, M. F. (2010). What part of the concept of acceleration is difficult to understand: the mathematics, the physics, or both?. *ZDM*, *42*(5), 469–482.

The Scientific Revolution and the Enlightenment (1500–1780). Retrieved May 10, 2019, from https://www.tamaqua.k12.pa.us/cms/lib07/PA01000119/Centricity/Domain/119/TheScientificRevolution.pdf

Tsai, C. C. (2003). Taiwanese science students' and teachers' perceptions of the laboratory learning environments: exploring epistemological gaps. *International Journal of Science Education, 25*(7), 847–860.

Κατσαρού, Ε., & Τσάφος, Β. (2003). *Από την Έρευνα στη Διδασκαλία.* Αθήνα: Εκδόσεις Σαββάλα.

Πολυζώης, Γ. (2014). Αξιοποίηση και αξιολόγηση μιας διδακτικής πρακτικής στο πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση. Λύση προβλημάτων κινηματικής σε ψηφιακό περιβάλλον. Πρακτικά *9ου Πανελλήνιου Συνέδριου με Διεθνή Συμμετοχή. Τεχνολογίες Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 3-5 Οκτωβρίου 2014. Πανεπιστημιούπολη Γάλλου, Ρέθυμνο.