ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Διδακτική προσέγγιση του 1ου και 3ου Νόμου του Νεύτωνα με τη χρήση εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας

Βασιλική Αγγέλη, Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος, Κωνσταντίνος Κώτσης

doi: 10.12681/codiste.6969

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 08/12/2025 09:55:53

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ 1ου ΚΑΙ 3ου ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Βασιλική Αγγέλη[1], Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος[2], Κωνσταντίνος Κώτσης[3]

[1]Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης, [2]ΕΔΙΠ ΠΤΔΕ Παν. Ιωαννίνων, [3]Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Ιωαννίνων

vangeli@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία μελετά την επίδραση διδακτικής παρέμβασης στον 1ο και 3ο νόμο του Νεύτωνα. Η διδακτική παρέμβαση ενσωματώνει δραστηριότητες με εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας με σκοπό την κατανόηση των φυσικών εννοιών. Οι εφαρμογές αναδεικνύουν τον αναπαραστατικό χαρακτήρα της εφαρμογής των φυσικών εννοιών και στοχεύουν στη μείωση των αντίστοιχων παρανοήσεων και τη βελτίωση της ικανότητας των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας εμφάνισαν σημαντικά μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας σε σχέση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου, ενώ παράλληλα η αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης ανέδειξε τη βελτίωση της κατανόησης των εννοιών, της συμμετοχής των μαθητών και των κινήτρων μάθησης.

Λέξεις κλειδιά: Επαυξημένη Πραγματικότητα, παρανοήσεις μαθητών, επίλυση προβλημάτων φυσικής, διδασκαλία 1ου και 3ου Νόμου του Νεύτωνα.

TEACHING APPROACH OF NEWTON'S 1ST AND 3RD LAWS USING AUGMENTED REALITY APPLICATIONS

Vasiliki Angeli[1], Konstantinos Georgopoulos[2], Konstantinos Kotsis[3]

[1] Secondary Education Teacher, [2]Laboratory Teaching Staff Department of Primary Education University of Ioannina, [3]Professor Department of Primary Education University of Ioannina

vangeli@sch.gr

ABSTRACT

This paper studies the effect of teaching intervention on Newton's 1st and 3rd laws. The didactic intervention integrates activities with Augmented Reality applications in order to understand physical concepts. The applications highlight the representational nature of the application of physical concepts and aim to reduce the corresponding misconceptions and improve students' ability to solve problems. According to the results, the students of the experimental group showed significantly higher success rates compared to the students of

the control group, while at the same time the evaluation of the teaching intervention highlighted the improvement of the understanding of the concepts, the participation of the students and the motivation to learn.

Keywords: Augmented Reality, student misconceptions, solving physics problems, teaching Newton's 1st and 3rd Laws.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη διδασκαλία της φυσικής, οι μαθητές μελετούν φυσικά φαινόμενα και εφαρμόζουν τις αντίστοιχες έννοιες, ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιούν γνώσεις και δεξιότητες τις οποίες θα πρέπει να συνδυάσουν οδεύοντας από το ειδικό στο γενικό και αντίστροφα (Redish, 1994). Όμως λόγω του αφαιρετικού χαρακτήρα των εννοιών, οι μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες, με αποτέλεσμα να θεωρούν τη φυσική δύσκολη, αφηρημένη, μη ενδιαφέρουσα και «κατάλληλη μόνο για εξαιρετικά ταλαντούχους και προικισμένους μαθητές» (Checkley, 2010˙ Utha et al., 2021). Οι δυσκολίες αυτές, ενισχύονται με την παραδοσιακή διδασκαλία, στο πλαίσιο της οποίας απουσιάζει η ερμηνεία των πληροφοριών που συνδέεται με τα υπό μελέτη φυσικά συστήματα, με επακόλουθο, οι μαθητές να αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση των φυσικών φαινομένων και στα πειράματα (Harwanto, 2019). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, μαθητές και φοιτητές δυσκολεύονται να μεταφέρουν και να εφαρμόσουν τη γνώση που έχουν αποκτήσει από τα Μαθηματικά στην επίλυση προβλημάτων Φυσικής, γιατί η εφαρμογή της δεν συνδέεται μόνο με τη διατύπωση απλών αφαιρετικών σχέσεων αλλά και με τον διαφορετικό συμβολισμό και τη συσχέτισή της με τα αντίστοιχα φυσικά μεγέθη (Γεωργόπουλος & Κολέζα, 2008˙ Heck & Ellermeijer, 2010˙ Redish, 2005˙ Tuminaro & Redish, 2004). Η ανωτέρω διαπίστωση δεν συνδέεται μόνο με τη χρήση των συμβόλων και τη γενική μορφή των εξισώσεων, αλλά περιλαμβάνει επιπλέον τις μεταβλητές, τις συναρτήσεις και τις γραφικές παραστάσεις (Γεωργόπουλος & Κολέζα, 2008˙ Heck & Ellermeijer, 2010).

Επιπλέον, κατά τη διδασκαλία των μαθημάτων είναι ισχυρή η επίδραση του κοινωνικοπολιτισμικού πλαισίου και ειδικότερα στη φυσική που μελετά φαινόμενα της καθημερινής ζωής, οι μαθητές πριν τη διδασκαλία ερμηνεύουν τα φαινόμενα σύμφωνα μα τις απόψεις τους, με αποτέλεσμα να αποκτούν γνώσεις, στάσεις, πεποιθήσεις και προκαταλήψεις που το σύνολο τους εκφράζεται με τον όρο «εναλλακτικές ιδέες».

Οι ανωτέρω παράγοντες, αφηρημένες έννοιες, εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών σε διαφορετικό πλαίσιο και οι εναλλακτικές ιδέες, δυσκολεύουν σημαντικά τη διδασκαλία της φυσικής (Inye, 2011˙ Ogunleye, 2009), παράλληλα όμως δημιουργεί και μια πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς (Fischer & Rieck, 2016).

Σημαντικός παράγοντας που συνεισφέρει στη διδασκαλία της φυσικής αποτελεί η χρήση των «ΤΠΕ» (Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών). Ειδικότερα, η επαυξημένη πραγματικότητα – ΕΠ (Augmented Reality) που αποτελεί μια νέα τεχνολογία παραλλαγής του εικονικού περιβάλλοντος, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να συμπληρώνει, εμπλουτίζει και «επαυξάνει» τον ψηφιακό κόσμο χωρίς να αντικαθιστά τον πραγματικό κόσμο. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η τεχνολογία της ΕΠ έχει χρησιμοποιηθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία, με πολύ θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (Fidan & Tuncel, 2019˙ Sung et al., 2019). Ενδεικτικά αναφέρονται παραδείγματα στη διδασκαλία, όπως της αλληλεπίδρασης Γης - Ηλίου και της εναλλαγής ημέρας – νύχτας (Kerawalla et al., 2006), της Νευτώνειας δύναμης και κίνησης (Enyedy et al., 2012), του φωτός και της οπτικής (δυνατότητα τροποποίησης τους τύπου, της διαμέτρου, της καμπυλότητας του φακού κ.α.) (Wozniak et al., 2015), της κυρτότητας του φακού (Cai et al., 2013), της μηχανικής (Daineko et al., 2018˙ Morales et al., 2019), της κίνησης και της δύναμης (Fidan & Tuncel, 2019), της ελεύθερης πτώσης (Sung et al., 2019), του ηλεκτρομαγνητισμού (Harun et al., 2020˙ Ibanez et al., 2014˙ Techakosit & Nilsook,

2015) και της ηλεκτρικής ενέργειας (Ibanez et al., 2015), της ελαστικής κρούσης (Wang et al., 2014), καθώς και της μεταφοράς της θερμότητας (Thees et al., 2020). Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή της σαν εικονικό εργαστήριο, όπου οι μαθητές αλληλεπιδρούν με τρισδιάστατα αντικείμενα σαν να βρίσκονται σε ένα εργαστήριο και να πειραματίζονται (Wulandari et al., 2021).

Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Στην παρούσα εργασία μελετάται η επίδραση διδακτικής παρέμβασης, μέσω του πλαισίου εφαρμογής δραστηριοτήτων επαυξημένης πραγματικότητας στην κατανόηση των φυσικών εννοιών, όπου αξιολογείται η βελτίωση της απόδοσης των μαθητών στην εμφάνιση παρανοήσεων και στην επίλυση προβλημάτων στον 1ο και 3ο νόμο του Νεύτωνα. Ειδικότερα διερευνάται κατά πόσο η εφαρμοζόμενη διδακτική παρέμβαση στην πειραματική ομάδα, έχει σαν αποτέλεσμα: α) τη μείωση των αντίστοιχων παρανοήσεων και β) τη βελτίωση της ικανότητας των μαθητών στην επίλυση των προβλημάτων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα -Ερευνητικό Εργαλείο

Το δείγμα της έρευνας αποτελούν 86 μαθητές της Α’ τάξης Γενικού Λυκείου, από Σχολείο της πόλης των Ιωαννίνων. Η καταγραφή των δεδομένων της έρευνας έγινε με ερωτηματολόγιο, που περιλαμβάνει τρεις ενότητες. Η πρώτη και δεύτερη, συμπληρώθηκε πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση και από τις δύο ομάδες, ενώ η τρίτη, μόνο από την πειραματική ομάδα μετά το τέλος της παρέμβασης. Στην πρώτη ενότητα που αποτελείται από επτά ερωτήσεις, διερευνώνται οι αντίστοιχες εναλλακτικές ιδέες, ενώ στη δεύτερη που περιλαμβάνει επτά προβλήματα στον 1ο και 3ο νόμο του Νεύτωνα, διερευνάται η ικανότητα των μαθητών στην επίλυση προβλήματος. Τέλος στην τρίτη ενότητα με έξι ερωτήσεις που δημιουργήθηκαν με το λογισμικό επαυξημένης πραγματικότητας METAVERSE, η πειραματική ομάδα αξιολογεί τη διδακτική παρέμβαση.

Διδακτική παρέμβαση

Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου, ακολούθησαν τις προβλεπόμενες οδηγίες διδασκαλίας στον 1ο και 3ο νόμο του Νεύτωνα σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών που εφαρμόζεται, ενώ οι μαθητές της πειραματικής ομάδας διδάχθηκαν την αντίστοιχη θεματική ενότητα με τη χρήση εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας (ΕΠ) οι οποίες δημιουργήθηκαν για το σκοπό αυτό με το λογισμικό ελεύθερης πρόσβασης BLIPPAR.

Οι εφαρμογές που δημιουργήθηκαν περιλάμβαναν βίντεο από παραδείγματα της καθημερινής ζωής, στα οποία διαπιστώνεται πως τα σώματα αντιστέκονται στη μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης, ανεξάρτητα εάν είναι ακίνητα ή κινούνται. Στις εφαρμογές που δημιουργήθηκαν οι μαθητές διαπιστώνουν ότι οι δυνάμεις εμφανίζονται κατά ζεύγη (δράση-αντίδραση), ενώ ασκούνται σε διαφορετικά σώματα. Σαν παράδειγμα αναφέρεται ότι, δημιουργήθηκε μια εφαρμογή ΕΠ, στην οποία ένα διαστημόπλοιο που ταξιδεύει στο διάστημα μένει από καύσιμα. Οι μαθητές διαπιστώνουν πως το διαστημόπλοιο συνεχίζει να κινείται παρόλο που δεν ασκείται σε αυτό καμία δύναμη (συνισταμένη των δυνάμεων μηδέν) και το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα. Επιπλέον η τελευταία δραστηριότητα που δημιουργήθηκε με το ελεύθερο λογισμικό METAVERSE, στοχεύει στην ευρύτερη κατανόηση της διδαχθείσας ενότητας και στην αξιολόγηση της διδασκαλίας από τους μαθητές.

Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Για τις ερωτήσεις της πρώτης και δεύτερης ενότητας του ερωτηματολογίου, υπολογίστηκε ανά ερώτηση ο δείκτης δυσκολίας (difficulty index) και ο βαθμός διάκρισης (discrimination index).

Ο δείκτης δυσκολίας, ορίζεται ως ο αριθμός των μαθητών που απάντησαν σωστά σε μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής, προς το σύνολο των μαθητών (Taib & Yusoff, 2014). Οι τιμές του κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1. Όσο πιο κοντά είναι η τιμή στο 1 τόσο μικρότερος είναι ο βαθμός δυσκολίας της ερώτησης, ενώ αντίθετα όσο πιο κοντά είναι η τιμή στο 0 τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός δυσκολίας της ερώτησης, ενώ το βέλτιστο εύρος είναι από 0,2 έως 0,8.

Ο βαθμός διάκρισης περιγράφει την ικανότητα μιας ερώτησης να διακρίνει μεταξύ υψηλών και χαμηλών βαθμολογιών και αντικατοπτρίζει το γνωστικό επίπεδο των μαθητών, ενώ οι τιμές του κυμαίνονται μεταξύ -1,00 και +1,00. Κατά συνέπεια, όταν ο βαθμός διάκρισης κυμαίνεται μεταξύ 0 και 0,2 θεωρείται ότι η ερώτηση δεν έχει διακριτική ικανότητα, όταν κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 0,4 έχει μέτρια διακριτική ικανότητα, ενώ όταν είναι μεγαλύτερος από 0,4 η ερώτηση έχει έντονη διακριτική ικανότητα. Επομένως, όταν αξιολογείται η γνώση που θα πρέπει να έχει κάθε μαθητής, αναμένετε ο βαθμός διάκρισης να είναι κοντά στο 0 (Pande et al., 2013).

Γενικά, οι δείκτες δυσκολίας και διάκρισης συνδέονται. Συχνά ερωτήσεις που έχουν υψηλή τιμή δείκτη δυσκολίας (ευκολότερες ερωτήσεις) εμφανίζουν κακή διάκριση, ενώ ερωτήσεις με χαμηλή τιμή δείκτη δυσκολίας (δυσκολότερες ερωτήσεις) εμφανίζουν καλή διάκριση (Carroll, 1993; Fowell et al., 1999).

Οι απαντήσεις των μαθητών αναλύθηκαν με τη χρήση του προγράμματος IBM SPSS Statistics 26.0 και σε κάθε ερώτηση υπολογίστηκαν οι συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών. Στη συνέχεια ελέγχθηκε εάν τα αποτελέσματα ακολουθούν κανονική κατανομή, με χρήση της δοκιμασίας Shapiro-Wilk. Δεδομένου ότι τα αποτελέσματα δεν βρέθηκαν να ακολουθούν κανονική κατανομή, επιλέχθηκαν οι μη παραμετρικές δοκιμασίες. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν στατιστικά με τη χρήση της δοκιμασίας McNemar, ενώ υπολογίστηκε και η συνολική βαθμολογία για τον κάθε μαθητή (αθροίζοντας το σύνολο των σωστών απαντήσεων). Ακολούθως, οι συνολικές βαθμολογίες αναλύθηκαν με τη χρήση των δοκιμασιών: Related-Samples Sign Test και Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όλες οι ερωτήσεις είχαν ικανοποιητικό βαθμό δυσκολίας και διάκρισης. Τα αποτελέσματα ανά ερώτημα είναι:

- *Ερώτημα 1: Κατά πόσο η εφαρμοζόμενη διδακτική παρέμβαση στην πειραματική ομάδα, είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση των αντίστοιχων παρανοήσεων;*

Με τη χρήση του ερωτηματολογίου εντοπίστηκαν οι ακόλουθες εναλλακτικές ιδέες:

1. Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη.
2. Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό.
3. Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους.
4. Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης.
5. Η αντίδραση στη δύναμη του βάρους ενός σώματος που βρίσκεται πάνω σε μια επιφάνεια, είναι στην επιφάνεια.
6. Ο νόμος δράσης-αντίδρασης ισχύει και όταν τα σώματα κινούνται.
7. Στο διάστημα τα σώματα έχουν αδράνεια.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των μαθητών:

Τα περιγραφικά αποτελέσματα που δείχνουν τις απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Σύνοψη των απαντήσεων των μαθητών

Εναλλακ-τική ιδέα	**Βαθμός δυσκολίας ερώτησης**	**Βαθμός διάκρισης ερώτησης**	**Απόδοση (%) Πειραματικής Ομάδας (ΠΡΙΝ)**	**Απόδοση (%) Πειραματικής Ομάδας (ΜΕΤΑ)**	**Απόδοση (%) Ομάδας Ελέγχου (ΠΡΙΝ)**	**Απόδοση (%) Ομάδας Ελέγχου (ΜΕΤΑ)**
(1)	0,42	0,63	23,3	84,4	23,3	32,6
(2)	0,60	0,57	58,1	76,1	41,9	65,1
(3)	0,79	0,47	69,8	91,3	72,1	81,4
(4)	0,67	0,51	51,2	84,8	81,4	76,7
(5)	0,42	0,51	20,9	69,6	32,6	25,6
(6)	0,69	0,49	62,8	87,0	69,8	69,8
(7)	0,42	0,54	25,5	71,7	41,9	62,8

- *Ερώτημα 2: Κατά πόσο η εφαρμοζόμενη διδακτική παρέμβαση στην πειραματική ομάδα, είχε σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της ικανότητας των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων φυσικής στον 1ο και 3ο νόμο του Νεύτωνα;*

Για την απάντηση στο ερώτημα 2, δόθηκαν στους μαθητές τα ακόλουθα προβλήματα:

1. Ένα διαστημόπλοιο ταξιδεύει στο διάστημα με ορισμένη ταχύτητα και ξαφνικά λόγω βλάβης δεν λειτουργούν οι κινητήρες του. Τι θα συμβεί: Α) Το διαστημόπλοιο θα σταματήσει Β) Το διαστημόπλοιο θα μειώσει την ταχύτητά του Γ) Το διαστημόπλοιο θα συνεχίσει να ταξιδεύει με την ίδια ταχύτητα Δ) Δεν ξέρω
2. Κατά την σύγκρουση ενός τρένου με ένα αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο συνθλίβεται: Α) Γιατί το αυτοκίνητο έχει μικρότερο βάρος Β) Γιατί το αυτοκίνητο έχει μικρότερη μάζα Γ) Γιατί το αυτοκίνητο δέχεται μεγαλύτερη δύναμη Δ) Γιατί το αυτοκίνητο κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα Ε) Δεν ξέρω
3. Βρισκόμαστε σε κινούμενο αυτοκίνητο και αφήνουμε από το ανοικτό παράθυρο να πέσει ένα μήλο. Α) Το μήλο θα πέσει στο έδαφος ακριβώς στο σημείο που το αφήσαμε Β) Το μήλο θα πέσει στο έδαφος πιο μπροστά από το σημείο που το αφήσαμε Γ) Το μήλο θα πέσει στο έδαφος πιο πίσω από το σημείο που το αφήσαμε Δ) Δεν ξέρω.
4. Όταν κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα, το νόμισμα θα πέσει: Α) Μπροστά από εσάς Β) Πίσω από εσάς Γ) Ακριβώς πάνω σε εσάς Δ) Δεν ξέρω.
5. Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά; Α) 50 Νιούτον Β) 500 Νιούτον Γ) Μηδέν Νιούτον Δ) 50 κιλά Ε) Δεν ξέρω.
6. Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 80 κιλά. Στη συνέχεια στέκεστε πάνω σε δύο ζυγαριές με το κάθε πόδι σας σε κάθε ζυγαριά και το βάρος σας μοιρασμένο εξίσου. Ποια θα είναι η ένδειξη της κάθε ζυγαριάς; Α) 80 κιλά η κάθε μία Β) 40 κιλά η κάθε μία Γ) 50 κιλά η κάθε μία Δ) Δεν ξέρω.

7. Καταφέρνουμε να βαδίσουμε γιατί: Α) Εμείς σπρώχνουμε το έδαφος προς τα πίσω και το έδαφος σπρώχνει εμάς προς τα μπροστά Β) Γιατί εμείς σπρώχνουμε το έδαφος προς τα κάτω και το έδαφος σπρώχνει εμάς προς τα πάνω Γ) Γιατί λόγω αδράνειας διατηρούμε την κίνησή μας Δ) Δεν ξέρω.

Τα περιγραφικά αποτελέσματα που δείχνουν τις απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Σύνοψη των απαντήσεων των μαθητών

Πρόβ-λημα	**Βαθμός δυσκολίας προβλήματος**	**Βαθμός διάκρισης προβλήματος**	**Απόδοση (%) Πειραματικής Ομάδας (ΠΡΙΝ)**	**Απόδοση (%) Πειραματικής Ομάδας (ΜΕΤΑ)**	**Απόδοση (%) Ομάδας Ελέγχου (ΠΡΙΝ)**	**Απόδοση (%) Ομάδας Ελέγχου (ΜΕΤΑ)**
(1)	0,46	0,66	30,2	93,5	48,8	53,5
(2)	0,56	0,68	44,2	80,4	48,8	67,4
(3)	0,31	0,57	11,6	56,5	23,3	27,9
(4)	0,50	0,31	27,9	37,0	51,2	58,1
(5)	0,09	0,15	9,3	21,7	14,0	11,6
(6)	0,50	0,22	51,2	60,9	55,8	58,1
(7)	0,48	0,62	30,2	78,3	34,9	44,2

Η αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης

Η αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης, πραγματοποιήθηκε με τις ακόλουθες ερωτήσεις:

1. Ήταν εύκολες οι εφαρμογές στη χρήση τους;
2. Οι εφαρμογές βοήθησαν να γίνουν ποιο κατανοητές οι έννοιες της φυσικής;
3. Έχει ενδιαφέρον η χρήση επαυξημένης πραγματικότητας στο μάθημα;
4. Θα προτιμούσες να γίνεται το μάθημα της φυσικής με χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας;
5. Η διεξαγωγή του μαθήματος με χρήση επαυξημένης πραγματικότητας με βοήθησε να μάθω περισσότερα πράγματα μόνος μου ή και με τους συμμαθητές μου
6. Η επαυξημένη πραγματικότητα μου κέντρισε το ενδιαφέρον και με έκανε να παρακολουθώ πιο πολύ το μάθημα

Τα περιγραφικά αποτελέσματα που δείχνουν τις απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Σύνοψη των απαντήσεων των μαθητών

Ερώτηση αξιολόγησης	**Συμφωνώ πολύ (%)**	**Συμφωνώ (%)**	**Ουδέτερος (%)**	**Διαφωνώ (%)**
(1)	31,11	37,78	31,11	
(2)	52,17	36,96	10,87	
(3)	76,09	19,57	4,35	
(4)	65,22	28,26	6,52	
(5)	45,65	36,96	17,39	
(6)	52,17	39,13	6,52	2,17

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη μελέτη των φυσικών φαινομένων, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία έχομε αφενός μεν την εμφάνιση των εναλλακτικών ιδεών και αφετέρου τη δυσκολία των μαθητών να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν τα φυσικά φαινόμενα και επιπλέον να επιλύσουν προβλήματα λόγω της διαφορετικής εφαρμογής των μαθηματικών στο πλαίσιο της φυσικής. Η παρούσα μελέτη προτείνει μια διδακτική παρέμβαση με σκοπό να μειώσει τη συχνότητα εμφάνισης των ανωτέρω προβλημάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα οι μαθητές της πειραματικής ομάδας εμφάνισαν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας στην πλειοψηφία των ερωτήσεων σε σχέση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου. Ειδικότερα, οι εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν είχαν σαν αποτέλεσμα τη μείωση της εμφάνισης των αντίστοιχων παρανοήσεων και τη βελτίωση της ικανότητας των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων στον 1ο και 3ο Νόμο του Νεύτωνα, ενώ παράλληλα αύξησε την κατανόηση και το ενδιαφέρον των μαθητών και βελτίωσε το κίνητρο μάθησης. Αναλυτικότερα:

Στο πρώτο ερώτημα - κατά πόσο η εφαρμοζόμενη διδακτική παρέμβαση είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των αντίστοιχων παρανοήσεων, παρατηρήθηκε ότι η πειραματική ομάδα παρουσίασε καλύτερη επίδοση σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, ειδικότερα στις παρανοήσεις (1), (5) και (7).

Στο δεύτερο ερώτημα - κατά πόσο η εφαρμοζόμενη διδακτική παρέμβαση, είχε σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της ικανότητας των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων φυσικής στον 1ο και 3ο νόμο του Νεύτωνα, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας παρουσίασαν υψηλότερες επιδόσεις σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, ειδικότερα στα προβλήματα (1), (3), (5) και (7).

Στην αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης, από την ποιοτική ερμηνεία των απαντήσεων καταγράφηκε η ενεργοποίηση και η συμμετοχή των μαθητών, ενώ παράλληλα αναδείχθηκε και ο υψηλός βαθμός οπτικοποίησης των αντίστοιχων εννοιών.

Τέλος προτείνεται η διδακτική πρόταση να αξιοποιηθεί από μεγάλο φάσμα των εκπαιδευτικών και σε διαφορετικές θεματικές ενότητες, διότι απαιτείται μόνο η χρήση smartphones ή tablets, ενώ οι εφαρμογές μπορούν να αξιοποιηθούν και από τους μαθητές σαν δραστηριότητες για εργασίες εκτός σχολείου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γεωργόπουλος, Κ., & Κολέζα, Ε. (2008). Διδακτικά προβλήματα από την μη συνύπαρξη Μαθηματικών και Φυσικής στο πρόγραμμα σπουδών. Στο Κ. Σκορδούλης, Θ. Νικολαΐδης, Ε. Κολέζα, Δ. Χασάπης (επιμ.), *Πρακτικά 4ης Συνάντησης Αθηνών - Ζητήματα Επιστήμης: Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδακτική*, (σ. 245-256).

Cai, S., Chiang, F. K., & Wang, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 856–865.

Carroll, R. G. (1993). Evaluation of vignette-type examination items for testing medical physiology. *The American Journal of Physiology*, 264(6 Pt 3). https://doi.org/10.1152/advances.1993.264.6.s11

Checkley, D. (2010). High School Students' Perception of Physics. *University of Lethbridge*, *Februari*.

Daineko, Y., Ipalakova, M., Tsoy, D., Shaipiten, A., Bolatov, Z., & Chinibayeva, T. (2018). Development of practical tasks in physics with elements of augmented reality for secondary educational institutions. In Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 10850 LNCS (pp. 404–412). https://doi.org/10.1007/978-3-319-95270-3_34

Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology: Fourth Edition*, 735–745. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59

Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G., & Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(3), 347–378. https://doi.org/10.1007/s11412-012-9150-3

Fidan, M., & Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers and Education*, *142*, 103635. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635

Fischer, C., & Rieck, K. (2016). Improving Teaching in Science and Mathematics. Proven Programs in Education: Classroom Management & Assessment, 110–115. https://doi.org/10.4135/9781483365633.n23

Fowell, S. L., Southgate, L. J., & Bligh, J. G. (1999). Evaluating assessment: The missing link? Medical Education, 33(4), 276–281. https://doi.org/10.1046/j.1365-2923.1999.00405.x

Harun, Tuli, N., & Mantri, A. (2020). Experience Fleming's rule in electromagnetism using augmented reality: Analyzing impact on students learning. *Procedia Computer Science*, 172, 660–668. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.086

Harwanto, U. N. (2019). What Makes Introductory Physics Difficult? *Jurnal Saintika Unpam : Jurnal Sains Dan Matematika Unpam*, *2*(1), 28. https://doi.org/10.32493/jsmu.v2i1.2916

Heck, A. & Ellermeijer, T. (2010). Mathematics assistants: meeting the needs of secondary school physics education. *Acta Didactica Napocensia*, 3(2), 17-34

Ibanez, M. B., Di-Serio, A., Villaran-Molina, D., & Delgado-Kloos, C. (2015). Augmented Reality-Based Simulators as Discovery Learning Tools: An Empirical Study. IEEE Transactions on Education, 58(3), 208–213. https://doi.org/10.1109/TE.2014.2379712

Ibanez, M. B., Di-Serio, A., Villaran-Molina, D., & Delgado-Kloos, C. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. Computers and Education, 71, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.004

Inye, H. (2011). Attitudes of Students Towards Science and Science Education in Nigeria. (a Case Study in Selected Secondary Schools in Obio/Akpor Local Government Area of Rivers State). *Continental Journal of Education Research*, 4(2), 33–51.

Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A. (2006). "Making it real": Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, 10(3–4), 163–174. https://doi.org/10.1007/s10055-006-0036-4

Morales, A. D., Sanchez, S. A., Pineda, C. M., & Romero, H. J. (2019). Use of Augmented Reality for the Simulation of Basic Mechanical Physics Phenomena. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 519(1), 012021. https://doi.org/10.1088/1757-899X/519/1/012021

Ogunleye, A. O. (2009). Teachers And Students Perceptions Of Students Problem-Solving Difficulties In Physics: Implications For Remediation. *Journal of College Teaching & Learning (TLC)*, 6(7). https://doi.org/10.19030/tlc.v6i7.1129

Redish, E. F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, 62(9), 796–803. https://doi.org/10.1119/1.17461

Sung, N. J., Ma, J., Choi, Y. J., & Hong, M. (2019). Real-time augmented reality physics simulator for education. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 9, Issue 19). https://doi.org/10.3390/app9194019

Taib, F., & Yusoff, M. S. B. (2014). Difficulty index, discrimination index, sensitivity and specificity of long case and multiple choice questions to predict medical students' examination performance. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 9(2), 110–114. https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2013.12.002

Techakosit, S., & Nilsook, P. (2015). Using Augmented Reality for Teaching Physics. In *International E-Learning Conference 2015*, Thailand Cyber University. (Issue July).

Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108, 106316. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316

Tuminaro, J. & Redish, E. F. (2004). Understanding Students' Poor Performance on Mathematical Problem Solving in Physics. In J. Marx, S. Franklin, K. Cummings (Eds.) *Physics Education Research Conference*, *AIP Conference Proceedings*, 720 (pp. 113-116)

Utha, K., Subba, B. H., Mongar, B. B., Hopwood, N., & Pressick-Kilborn, K. (2021). Secondary school students' perceptions and experiences of learning science and mathematics: the case of Bhutan. *Asia Pacific Journal of Education*. https://doi.org/10.1080/02188791.2021.1901652

Wang, H. Y., Duh, H. B. L., Li, N., Lin, T. J., & Tsai, C. C. (2014). An investigation of university students' collaborative inquiry learning behaviors in an augmented reality simulation and a traditional simulation. *Journal of Science Education and Technology*, 23(5), 682–691. https://doi.org/10.1007/s10956-014-9494-8

Wozniak, P., Vauderwange, O., Curticapean, D., Javahiraly, N., & Israel, K. (2015). Perform light and optic experiments in Augmented Reality. Education and Training in Optics and Photonics: ETOP 2015, 9793, 97930H. https://doi.org/10.1117/12.2223069

Wulandari, S., Wibowo, F. C., & Astra, I. M. (2021). A review of research on the use of augmented reality in physics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012058