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

Βελτιώνοντας πτυχές της πρακτικής που αφορά στον σχεδιασμό λύσεων σε μαθητές του Γυμνασίου μέσω μαθημάτων για τις δυνάμεις που βασίζονται στη «μάθηση τριών διαστάσεων»

Μαργαρίτα Παπακωνσταντίνου, Μιχαήλ Σκουμιός

doi: 10.12681/codiste.7308

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 08/12/2025 19:44:53

ΒΕΛΤΙΩΝΟΝΤΑΣ ΠΤΥΧΕΣ ΤΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΠΟΥ ΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΛΥΣΕΩΝ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΟΥ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΜΕΣΩ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗ «ΜΑΘΗΣΗ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ»

Μαργαρίτα Παπακωνσταντίνου[1], Μιχαήλ Σκουμιός[2]

[1]Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης, [2]Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Αιγαίου

skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία διερευνά τη συμβολή μιας σειράς μαθημάτων για τις δυνάμεις, σε πτυχές της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων σε μαθητές. Συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τις δυνάμεις, το οποίο εφαρμόστηκε σε 20 μαθητές του Γυμνασίου. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίων και των φύλλων εργασίας των μαθητών. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι, μέσω αυτής της σειράς μαθημάτων, είναι εφικτή η βελτίωση των ακόλουθων πτυχών της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων στους μαθητές: καθορισμός προβλήματος, προσδιορισμός κριτηρίων και περιορισμών, σχεδίαση και κατασκευή ενός μοντέλου/πρωτότυπου και λήψη απόφασης αποδοχής ή απόρριψης του μοντέλου/πρωτότυπου.

Λέξεις κλειδιά: σχεδιασμός λύσεων, πρακτικές, μάθηση τριών διαστάσεων

IMPROVING MIDDLE SCHOOL STUDENTS' ASPECTS OF PRACTICE RELATED TO DESIGNING SOLUTIONS THROUGH LESSONS ABOUT FORCES BASED ON "THREE-DIMENSIONAL LEARNING" APPROACH

Authors: Margarita Papakonstantinou[1], Michael Skoumios[2]

Affiliations: [1]2nd Gymnasio Paleou Falirou, [2]Department of Primary Education, University of the Aegean

skoumios@rhodes.aegean.gr

ABSTRACT

This study investigates the impact of a sequence of lessons about forces on students' aspects of practice related to designing solutions. Instructional materials about forces were developed and applied to 20 students of Gymnasium. Data collection was carried out through questionnaires and worksheets. From the analysis of the data, it emerged that, through this sequence of lessons, it is possible to improve the following aspects of practice related to designing solutions: defining a problem, specifying criteria and constraints, designing and making a model/prototype, and deciding to accept or reject a model/prototype.

Keywords: designing solutions, practices, three-dimensional learning

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ πρότεινε ένα πλαίσιο για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες που βασίζεται σε τρεις διαστάσεις: τις πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, τις εγκάρσιες έννοιες και τις βασικές ιδέες («μάθηση τριών διαστάσεων») (NRC, 2012). Με βάση αυτό, αναπτύχθηκαν τα Πρότυπα των Φυσικών Επιστημών Νέας Γενιάς (NGSS Lead States, 2013). Έχει υποστηριχτεί ότι η κατανόηση των βασικών ιδεών και των εγκάρσιων εννοιών από τους μαθητές εδράζεται στην εμπλοκή τους με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (NRC, 2012˙ Schwarz et al., 2017). Συνεπώς, η ανάπτυξη στους μαθητές πτυχών αυτών των πρακτικών κρίνεται απαραίτητη.

Ο όρος πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αναφέρεται στις πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες όταν διερευνούν και οικοδομούν μοντέλα και θεωρίες για το φυσικό κόσμο και οι μηχανικοί καθώς σχεδιάζουν και κατασκευάζουν μοντέλα και συστήματα (NRC, 2012). Έχουν προταθεί οκτώ πρακτικές για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012): (α) υποβολή ερωτημάτων (για τις Φυσικές Επιστήμες) και καθορισμός προβλημάτων (για τη Μηχανική), (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων (για τις Φυσικές Επιστήμες) και σχεδιασμός λύσεων (για τη Μηχανική), (ζ) εμπλοκή με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Μία από αυτές τις πρακτικές αφορά στη συγκρότηση εξηγήσεων (για τις Φυσικές Επιστήμες) και στο σχεδιασμό λύσεων (για τη Μηχανική). Η εργασία αυτή εστιάζεται στο σχεδιασμό λύσεων και ειδικότερα, στις ακόλουθες πτυχές που σχετίζονται με αυτή την πρακτική: καθορισμός προβλήματος προς επίλυση, προσδιορισμός κριτηρίων και περιορισμών που το προϊόν του σχεδιασμού λύσης πρέπει να πληροί, σχεδίαση ενός μοντέλου/πρωτότυπου ώστε να πληροί κάποιο κριτήριο ή περιορισμό, καθώς επίσης και λήψη απόφασης αποδοχής ή απόρριψης του μοντέλου/πρωτότυπου (NGSS Lead States, 2013).

Η εννοιολογική περιοχή των δυνάμεων και της κίνησης επιλέχθηκε ως αντικείμενο αυτής της εργασίας επειδή οι δυνάμεις συνδέονται με καταστάσεις της καθημερινής ζωής, η διδασκαλία των δυνάμεων και της κίνησης περιέχεται σε όλα τα αναλυτικά προγράμματα και στις τρεις εκπαιδευτικές βαθμίδες (Δημοτικό, Γυμνάσιο, Λύκειο) και έρευνες έχουν καταδείξει ότι οι μαθητές έχουν και χρησιμοποιούν αντιλήψεις που συνήθως είναι διαφορετικές από αυτές της σχολικής γνώσης (Brown & Clement, 1987).

Αναφορικά με τις δυνάμεις και την κίνηση έχουν διερευνηθεί επαρκώς οι αντιλήψεις των μαθητών και έχει μελετηθεί η επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών (Bruun & Christiansen, 2016˙ Halim et al., 2014). Αν και προέκυψε ότι οι διδακτικές παρεμβάσεις επίδρασαν στις αντιλήψεις των μαθητών, ωστόσο τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών δεν ήταν αρκούντως ικανοποιητικά (Syuhendri, 2017). Αξίζει να επισημανθεί ότι στις περισσότερες από αυτές τις έρευνες έχει μελετηθεί η επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων αποκλειστικά στις αντιλήψεις των μαθητών.

Επίσης, η έρευνα που έχει μελετήσει τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στο πλαίσιο της «μάθησης τριών διαστάσεων» στις πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής που αναπτύσσουν οι μαθητές είναι περιορισμένη και εστιάζεται σε άλλες εννοιολογικές περιοχές εκτός αυτής των δυνάμεων και της κίνησης (Fick & Songer, 2017˙ Rönnebeck et al., 2016˙ Xiang et al., 2022). Ειδικότερα, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που διερευνά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην πρακτική που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων (Pitaloka et al., 2021).

Συνεπώς, απουσιάζουν έρευνες που να διερευνούν την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων, βασισμένων στην προσέγγιση της «μάθησης τριών διαστάσεων», σε πτυχές της πρακτικής η οποία αφορά στο σχεδιασμό λύσεων που αναπτύσσουν οι μαθητές. Η παρούσα εργασία εστιάζεται σε αυτό το ζήτημα.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

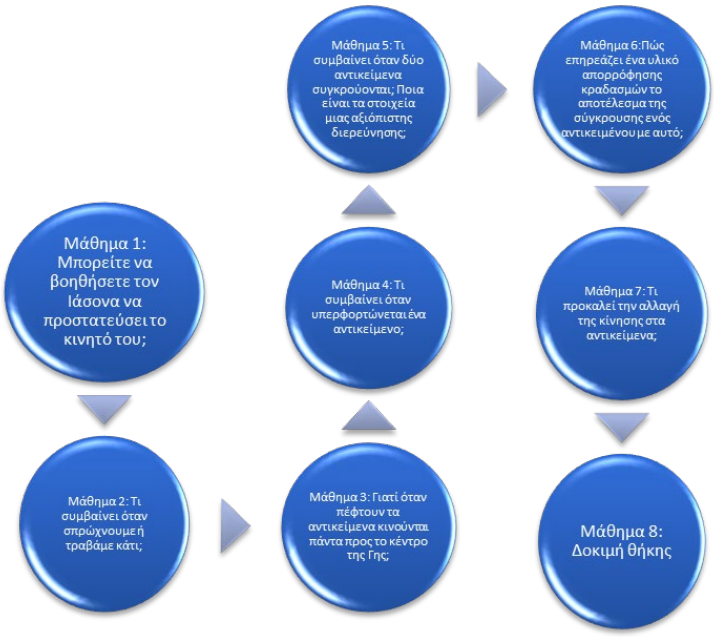
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης για τις δυνάμεις η οποία εδράζεται στην προσέγγιση της «μάθησης τριών διαστάσεων» σε πτυχές της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων που αναπτύσσουν οι μαθητές του Γυμνασίου. Ειδικότερα, η εργασία αυτή επιδιώκει να απαντήσει στο ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα: ποια η συμβολή μιας σειράς μαθημάτων για τις δυνάμεις, που βασίζεται στην προσέγγιση της «μάθησης των τριών διαστάσεων», σε πτυχές της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων (καθορισμός προβλήματος προς επίλυση, προσδιορισμός κριτηρίων και περιορισμών, σχεδιασμός μοντέλου/πρωτότυπου ώστε να εκπληρώνει ένα κριτήριο ή ένα περιορισμό, λήψη απόφασης αποδοχής ή απόρριψης ενός μοντέλου/πρωτότυπου) σε μαθητές της Β΄ τάξης του Γυμνασίου;

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία ήταν η μικτή προσέγγιση. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση (πιλοτική έρευνα) αναπτύχθηκε το νέο εκπαιδευτικό υλικό μιας σειράς μαθημάτων για τις δυνάμεις (φύλλα εργασίας) και ένα ερωτηματολόγιο. Στη δεύτερη φάση εφαρμόστηκε η σειρά μαθημάτων και συμπληρώθηκε το ερωτηματολόγιο από τους μαθητές πριν και μετά τη σειρά μαθημάτων (προ-τεστ, μετά-τεστ).

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 20 μαθητές οι οποίοι φοιτούσαν στη Β΄ τάξη του Γυμνασίου. Οι μαθητές ανήκαν στο ίδιο τμήμα ενός δημόσιου Γυμνασίου.

Το εκπαιδευτικό υλικό για τις δυνάμεις που αναπτύχθηκε, βασίστηκε στην προσέγγιση της «μάθησης των τριών διαστάσεων» (Schwarz et al., 2017). Ειδικότερα, η ανάπτυξή του βασίστηκε: (α) στα προσδοκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα, όπως αυτά έχουν καθοριστεί από τα Πρότυπα Φυσικών Επιστημών Νέας Γενιάς (NGSS Lead States, 2013), (β) σε αρχές που αναφέρονται στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού Φυσικών Επιστημών που συνάδουν με το πλαίσιο της «μάθησης των τριών διαστάσεων» (NRC, 2012), (γ) σε πλαίσια που αφορούν στη δόμηση της ενότητας των μαθημάτων (Krajcik et al., 2014) και των επιμέρους μαθημάτων που την συνθέτουν (Bybee et al., 2006) και (δ) στην εμπειρία από την πιλοτική εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σε μαθητές. Όλη η σειρά των μαθημάτων αναφέρεται στη λύση ενός προβλήματος. Ειδικότερα, παρουσιάζεται στους μαθητές ένα πρόβλημα από την καθημερινή τους ζωή που άπτεται στα ενδιαφέροντά τους. Σύμφωνα με αυτό το πρόβλημα, το κινητό τηλέφωνο ενός υποτιθέμενου φίλου τους, σε μια ενδεχόμενη πτώση του, θα μπορούσε να υποστεί θραύση. Ζητείται από τους μαθητές να βρουν τρόπο να προστατέψουν αυτό το τηλέφωνο. Το ερώτημα που διέπει όλη την ενότητα των μαθημάτων είναι: «Μπορώ να προστατέψω το κινητό μου τηλέφωνο από ζημιές;». Η ενότητα των μαθημάτων για τις δυνάμεις και την κίνηση που συγκροτήθηκε αποτελείται από οκτώ μαθήματα, όπου κάθε μάθημα επικεντρώνεται σε ένα ερώτημα (βλ. Σχήμα 1). Ανάμεσα στις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού, υπήρχαν δραστηριότητες που παρείχαν ευκαιρίες στους μαθητές να καθορίσουν προβλήματα προς επίλυση, να προσδιορίσουν κριτήρια και περιορισμούς που τα προϊόντα του σχεδιασμού της λύσης πρέπει να πληρούν, να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν μοντέλα/πρωτότυπα ώστε να πληρούν κριτήρια ή περιορισμούς και να λαμβάνουν αποφάσεις αποδοχής ή απόρριψης των μοντέλων/πρωτότυπων.

Σχήμα 1. Η ενότητα των μαθημάτων για τις δυνάμεις και την κίνηση: τα επιμέρους μαθήματα και τα αντίστοιχα ερωτήματά τους.



Το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε περιείχε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου οι οποίες εστιάζονταν σε πτυχές της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων (καθορισμός προβλήματος προς επίλυση, προσδιορισμός κριτηρίων και περιορισμών που το προϊόν του σχεδιασμού λύσης πρέπει να πληροί, σχεδίαση ενός μοντέλου/πρωτότυπου ώστε να πληροί κάποιο κριτήριο ή περιορισμό, καθώς επίσης και λήψη απόφασης αποδοχής ή απόρριψης του μοντέλου/πρωτότυπου). Για την αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών έγινε ανάλυση περιεχομένου και με τη βοήθεια κλίμακας διαβαθμισμένων κριτηρίων κατηγοριοποιήθηκαν οι απαντήσεις σε τρία επίπεδα (βλ. Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Παραδείγματα κλιμάκων διαβαθμισμένων κριτηρίων για τις ακόλουθες δύο πτυχές της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων: καθορισμός προβλήματος προς επίλυση, σχεδίαση ενός μοντέλου/πρωτότυπου ώστε να πληροί κάποιο κριτήριο.

Πτυχές της πρακτικής	**Επίπεδα**	**Περιγραφή**
Καθορισμός προβλήματος προς επίλυση	Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει κανένα πρόβλημα
	Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει πρόβλημα μη σχετικό με τη λύση που ζητείται ή σχετικό αλλά ελλιπές
	Επίπεδο 2	Ο μαθητής προτείνει πρόβλημα σχετικό με τη λύσης που ζητείται και με πλήρη διατύπωση
Σχεδίαση ενός μοντέλου/πρωτότυπου ώστε να πληροί κάποιο κριτήριο	Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν πρότεινε κατάλληλο κριτήριο αλλά ούτε και κατάλληλη ιδέα σχεδιασμού
	Επίπεδο 1	Ο μαθητής πρότεινε κατάλληλο κριτήριο αλλά ακατάλληλη ιδέα σχεδιασμού ή πρότεινε ακατάλληλο κριτήριο αλλά κατάλληλη ιδέα σχεδιασμού
	Επίπεδο 2	Ο μαθητής πρότεινε κατάλληλο κριτήριο και κατάλληλη ιδέα σχεδιασμού

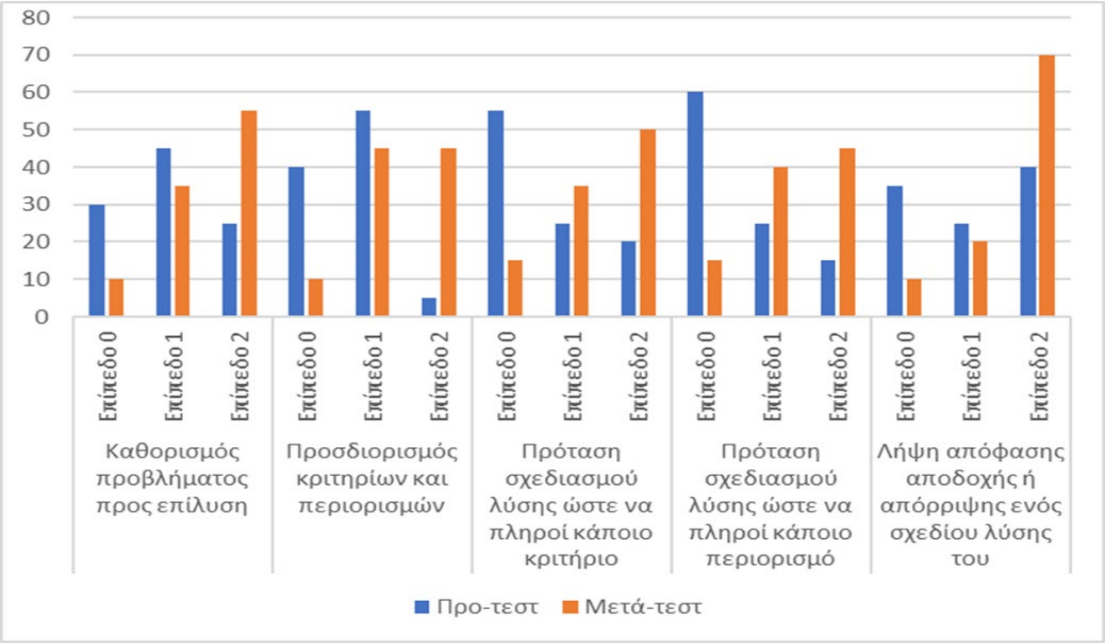
Πέραν των παραπάνω απαντήσεων των μαθητών στα ερωτηματολόγια, ως δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν και οι απαντήσεις των μαθητών στα φύλλα εργασίας κατά τη διάρκεια της σειράς μαθημάτων, οι οποίες αναλύθηκαν με τον ίδιο τρόπο.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια, διαπιστώθηκε ότι είναι βελτιωμένα τα επίπεδα των απαντήσεων των περισσότερων μαθητών στο μετά-τεστ σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα στο προ-τεστ για τις πτυχές της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων (καθορισμός προβλήματος προς επίλυση, προσδιορισμός κριτηρίων και περιορισμών, σχεδιασμός μοντέλου/πρωτότυπου

ώστε να εκπληρώνει ένα κριτήριο ή ένα περιορισμό, λήψη απόφασης αποδοχής ή απόρριψης ενός μοντέλου/πρωτότυπου) (βλ. Σχήμα 2).

Σχήμα 2. Εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των μαθητών σε πτυχές της πρακτικής σχεδιασμού λύσης στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ.



Ειδικότερα, η αύξηση στο ποσοστό των δύο υψηλότερων επιπέδων ήταν: 20% για τον καθορισμό προβλήματος προς επίλυση, 30% για τον προσδιορισμό κριτηρίων και περιορισμών, 40% για τον σχεδιασμό μοντέλου/πρωτότυπου ώστε να εκπληρώνει ένα κριτήριο, 45% για τον σχεδιασμό μοντέλου/πρωτότυπου ώστε να εκπληρώνει ένα περιορισμό και 25% για τη λήψη απόφασης αποδοχής ή απόρριψης ενός μοντέλου/πρωτότυπου (Σχήμα 2).

Επίσης, η μελέτη των απαντήσεων όλων των μαθητών στα φύλλα εργασίας, κατά τη διάρκεια της σειράς μαθημάτων, ανέδειξε τις «μαθησιακές διαδρομές» τους αναφορικά με την εξέλιξη πτυχών της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων. Προέκυψε ότι οι περισσότεροι μαθητές παρουσίασαν σταδιακή βελτίωση στα επίπεδα των απαντήσεών τους κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων που ενέπλεκαν την πρακτική του σχεδιασμού λύσεων (βλ. Πίνακα 2).

Πίνακας 2. Η εξέλιξη των επιπέδων της πρακτικής του σχεδιασμού λύσης ανά μαθητή κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών.

Μαθητές	Δραστηριότητες 1.2 και 1.3	Δραστηριότητα 1.4	Δραστηριότητες 4.2 και 4.3	Δραστηριότητα 7.4
M1	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 1	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M3	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M4	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M5	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M6	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M7	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M8	Απών	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M9	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M10	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
M11	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M12	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M13	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M14	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M15	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M16	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M17	Επίπεδο 0	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M18	Επίπεδο 1	Επίπεδο 1	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
M19	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
M20	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία αυτή αποσκοπούσε στη διερεύνηση της επίδρασης μιας σειράς μαθημάτων για τις δυνάμεις η οποία εδράζεται στην προσέγγιση της «μάθησης τριών διαστάσεων» σε πτυχές της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων που αναπτύσσουν οι μαθητές της Β΄ τάξης του Γυμνασίου.

Από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στο προ-τεστ, διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι μαθητές δεν είχαν αναπτυγμένες τις πτυχές της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων. Ειδικότερα, δεν ήταν ικανοί να καθορίζουν προβλήματα προς επίλυση, να προσδιορίζουν κριτήρια και περιορισμούς που τα προϊόντα του σχεδιασμού της λύσης πρέπει να πληρούν, να σχεδιάζουν και να κατασκευάζουν μοντέλα/πρωτότυπα ώστε να πληρούν κριτήρια ή περιορισμούς και να λαμβάνουν αποφάσεις αποδοχής ή απόρριψης των μοντέλων/πρωτότυπων. Τα παραπάνω ευρήματα μπορεί να αποδοθούν στο ότι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών συνήθως δεν παρέχονται ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλέκονται με πρακτικές της Μηχανικής και ειδικότερα να σχεδιάζουν λύσεις σε προβλήματα (Pitaloka et al., 2021). Επιπρόσθετα, η ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής του Γυμνασίου για τις δυνάμεις και την κίνηση έδειξε ότι σπάνια παρέχονται ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλακούν με δραστηριότητες που εμπλέκουν πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, ενώ απουσιάζουν δραστηριότητες που να εμπλέκουν και τις τρεις διαστάσεις της μάθησης (πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, εγκάρσιες έννοιες και βασικές ιδέες) (Papakonstantinou & Skoumios, 2021).

Η βελτίωση των πτυχών της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων σε μαθητές, μέσω της σειράς μαθημάτων για τις δυνάμεις που εφαρμόστηκε (όπως προέκυψε τόσο από τις απαντήσεις των μαθητών στο μετά-τεστ όσο και από τη μελέτη του λόγου των μαθητών κατά τη διάρκεια της σειράς των μαθημάτων), αναδείχθηκε εφικτή. Ειδικότερα, μέσω αυτής της σειράς μαθημάτων, οι περισσότεροι μαθητές ήταν σε θέση να καθορίζουν προβλήματα προς επίλυση, να προσδιορίζουν κριτήρια και περιορισμούς που τα προϊόντα του σχεδιασμού της λύσης πρέπει να πληρούν, να σχεδιάζουν και να κατασκευάζουν μοντέλα/πρωτότυπα ώστε να πληρούν κριτήρια ή περιορισμούς και να λαμβάνουν αποφάσεις αποδοχής ή απόρριψης των μοντέλων/πρωτότυπων.

Τα αποτελέσματα αυτά είναι δυνατόν να αποδοθούν σε λόγους που σχετίζονται με τη διδακτική προσέγγιση που ακολουθήθηκε («μάθηση τριών διαστάσεων»). Ερευνητικά δεδομένα έχουν δείξει ότι οι διδακτικές παρεμβάσεις που βασίζονται σε αυτή τη διδακτική προσέγγιση μπορούν να βελτιώσουν τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών (Underwood et al., 2021˙ Xiang et al., 2022). Επίσης, η βελτίωση των πτυχών της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό λύσεων στους μαθητές θα μπορούσε να αποδοθεί στις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού. Υπήρχαν δραστηριότητες που έδιναν ευκαιρίες στους μαθητές να καθορίζουν προβλήματα προς επίλυση, να προσδιορίζουν κριτήρια και περιορισμούς που τα προϊόντα του σχεδιασμού της λύσης πρέπει να πληρούν, να σχεδιάζουν και να κατασκευάζουν μοντέλα/πρωτότυπα ώστε να πληρούν κριτήρια ή περιορισμούς και να λαμβάνουν αποφάσεις αποδοχής ή απόρριψης των μοντέλων/πρωτότυπων. Αυτές οι δραστηριότητες μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν ικανότητες σχεδιασμού λύσεων σε προβλήματα (Pitaloka et al., 2021).

Ωστόσο, τα ευρήματα της εργασίας υπόκεινται σε περιορισμούς που αφορούν στο δείγμα των μαθητών. Επίσης, η εργασία εστιάστηκε μόνο σε μια πρακτική και δεν εξέτασε την εξέλιξη άλλων πρακτικών, καθώς επίσης και των εγκάρσιων εννοιών και των βασικών ιδεών που αφορούν στις δυνάμεις και την κίνηση.

Προτείνεται να μελετηθεί η συμβολή αυτής της σειράς μαθημάτων στην εξέλιξη βασικών ιδεών (που αφορούν στην εννοιολογική περιοχή των δυνάμεων) και εγκάρσιων εννοιών των μαθητών, καθώς επίσης και άλλων πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής σε μαθητές. Επίσης, προτείνεται να μελετηθεί η συμβολή αυτής της σειράς μαθημάτων στην εξέλιξη της συνύπαρξης των τριών διαστάσεων της μάθησης (πρακτικών, βασικών ιδεών, εγκάρσιων εννοιών) στο λόγο των μαθητών κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών, ζήτημα για το οποίο η έρευνα είναι ιδιαίτερα περιορισμένη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Brown, D. E., & Clement, J. (1987). Misconceptions concerning Newton's law of action and reaction: The underestimated importance of the third law. In J. Novak (ed.), *Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, volume III (pp. 39-53). Cornell University Press: Ithaca, New York.

Bruun, J., & Christiansen, F. V. (2016). Kinaesthetic activities in physics instruction: Image schematic justification and design based on didactic situations. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, *12*(1), 56-72. https://doi.org/10.5617/nordina.969

Bybee, R. W., Taylor, J. A, Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. & Landes, A. (2006). *The BSCE 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness.* Colorado Springs: BSCS.

Fick, S. J. & Songer, N. B. (2017). Characterizing middle grade students integrated alternative science knowledge about the effects of climate change. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 3(2), 138–156. https://doi.org/10.21891/jeseh.325792

Halim, L., Yong, T. K. & Meerah, T. S. M. (2014). Overcoming Students' Misconceptions on Forces in Equilibrium: An Action Research Study. *Creative Education*, 5, 1032-1042. https://doi.org/10.4236/ce.2014.511117.

Krajcik, J., Codere, S., Dahsah, C., Bayer, R. & Mun, K. (2014). Planning Instruction to Meet the Intent of the Next Generation Science Standards, *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 157-175, https://doi.org/10.1007/s10972-014-9383-2

National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.

NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

Papakonstantinou, M., & Skoumios, M. (2021). Analysis of Greek Middle-school Science Textbooks about Forces and Motion from the Perspective of Three-dimensional Learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 17*(12), em2039. https://doi.org/10.29333/ejmste/11309

Pitaloka N.R.D., Suyanta, S. & Huda K. (2021). Improving constructing explanations and designing solutions skills based on NGSS through project-based learning: A systematic review. Proceedings of the 6th Asia-Pacific education and science conference. Purwokerto, Indonesia. https://doi.org/10.4108/eai.19-12-2020.2309170

Schwarz, C. & Passmore, C. & Reiser, B. (2017). *Helping Students make Sense of the World through Next Generation Science and Engineering Practices*. Arlington, VA: The National Science Teachers Association (NSTA) Press.

Syuhendri, S. (2017). A Learning Process Based on Conceptual Change Approach to Foster Conceptual Change in Newtonian Mechanics. *Journal of Baltic Science Education, 16*, 228-240. https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.228.

Underwood, S.M., Kararo, A.T., & Gadia, G. (2021). Investigating the impact of three-dimensional learning interventions on student understanding of structure–property relationships. *Chemistry Education Research and Practice, 22*, 247–262. https://doi.org/10.1039/D0RP00216J

Xiang, L., Goodpaster, S. & Mitchell, A. (2022). Supporting three-dimensional learning on ecosystems using an agent-based computer model. *Journal of Science Education and Technology, 31*(2), 473–489. https://doi.org/10.1007/s10956-022-09968-x