

## Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Τόμ. 5, Αρ. 1 (2025)

Τόμ. 5 Αρ. 1 (2025)



Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Δραστηριοτήτων  
Υλικών Κατασκευών για τη Διεπιστημονική  
Προσέγγιση της Διδασκαλίας Φυσικής και  
Μαθηματικών στο Δημοτικό

Μαρία Σοφαδίτη, Γεώργιος Κρητικός

doi: [10.12681/riste.37752](https://doi.org/10.12681/riste.37752)

### Βιβλιογραφική αναφορά:

Σοφαδίτη Μ., & Κρητικός Γ. (2025). Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Δραστηριοτήτων Υλικών Κατασκευών για τη Διεπιστημονική Προσέγγιση της Διδασκαλίας Φυσικής και Μαθηματικών στο Δημοτικό. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, 5(1), 1–25. <https://doi.org/10.12681/riste.37752>

ΑΡΘΡΟ ΚΑΛΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ

# Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Δραστηριοτήτων Υλικών Κατασκευών για τη Διεπιστημονική Προσέγγιση της Διδασκαλίας Φυσικής και Μαθηματικών στο Δημοτικό

Μαρία Σοφαδίτη<sup>1</sup> και Γεώργιος Κρητικός<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, 4<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Πρέβεζας

<sup>2</sup> Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και

του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

*sofaditimaria@gmail.com, gkritikos@aegean.gr*

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια διδακτική παρέμβαση που στόχο είχε τη σύνδεση των Μαθηματικών και της Φυσικής μέσα από κατασκευαστικές δραστηριότητες στο Δημοτικό. Εξετάστηκε πώς οι μαθητές/τριες της Στ' τάξης οικοδομούν τις έννοιες της ενέργειας και του λόγου δύο μεγεθών μέσω σχεδιασμού και υλοποίησης υλικών κατασκευών, με ή χωρίς ψηφιακή ενίσχυση. Η παρέμβαση υλοποιήθηκε με 15 μαθητές/τριες και συνδύασε ποιοτική και ποσοτική ανάλυση (pre/post-tests, φύλλα εργασίας, βιντεοσκοπήσεις, αναστοχασμοί). Τα ευρήματα δείχνουν ότι η διεπιστημονική προσέγγιση ενισχύει την κατανόηση των μορφών και μετατροπών της ενέργειας, ενώ οι κατασκευές διευκόλυναν τη νοηματοδότηση του λόγου μεγεθών, ιδιαίτερα όταν τα μεγέθη διέφεραν ως προς τις μονάδες μέτρησης. Οι μαθητές/τριες ανέφεραν υψηλό ενδιαφέρον και θετική εμπειρία.

**Λέξεις κλειδιά:** διεπιστημονικότητα, λόγος μεγεθών, μορφές ενέργειας, κατασκευές.

## Abstract

This study presents a teaching intervention aimed at connecting Mathematics and Physics through construction-based activities in primary school. It examined how 6th grade students developed the concepts of energy and ratio of quantities through the design and implementation of material constructions, with or without digital enhancement. The intervention involved 15 students and combined qualitative and quantitative analysis (pre/post-tests, worksheets, video recordings, reflections). The findings show that the interdisciplinary approach enhanced the understanding of energy forms and transformations, while constructions facilitated the meaningful use of ratios, especially when the quantities differed in units of measurement. Students reported high engagement and positive experiences.

**Keywords:** interdisciplinarity, ratio of quantities, forms of energy, constructions

## Εισαγωγή

Η διεπιστημονική προσέγγιση στη διδασκαλία αποτελεί σημαντική κατεύθυνση της σύγχρονης εκπαίδευσης, καθώς ανταποκρίνεται στην καλλιέργεια δεξιοτήτων σύνδεσης γνώσεων από διαφορετικά πεδία. Επιπλέον, αποσκοπεί στη δημιουργία ενός κοινού πλαισίου μάθησης που ανταποκρίνεται σε σύνθετα προβλήματα της πραγματικής ζωής και καλλιεργεί την ολιστική σκέψη των μαθητών/τριών (Nikitina, 2006). Ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, η ενσωμάτωση εννοιών διαφορετικών επιστημών μέσα από βιωματικές και κατασκευαστικές δραστηριότητες μπορεί να λειτουργήσει ενισχυτικά στη γνωστική ανάπτυξη των παιδιών.

Στο ελληνικό Δημοτικό Σχολείο, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και η διδασκαλία των Μαθηματικών συχνά πραγματοποιούνται ως δύο διακριτές διαδικασίες, με αποτέλεσμα να χάνονται ευκαιρίες ουσιαστικής διασύνδεσης. Παρότι στη βιβλιογραφία εντοπίζονται ποικίλες προσπάθειες διεπιστημονικών προσεγγίσεων, φαίνεται να υπάρχει ένα ερευνητικό κενό σε ό,τι αφορά στην ένταξη αφηρημένων μαθηματικών εννοιών, όπως ο λόγος δύο μεγεθών, σε αυθεντικές καταστάσεις από τις Φυσικές Επιστήμες στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Επιπλέον, παραμένει ζητούμενο το πώς η ενεργός εμπλοκή των μαθητών/τριών σε κατασκευαστικές δραστηριότητες μπορεί να υποστηρίξει τη βαθύτερη κατανόηση αυτών των εννοιών.

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να δώσει εμπειρικά δεδομένα που θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στην κάλυψη αυτού του ερευνητικού κενού. Για τον σκοπό αυτό, σχεδιάσαμε και εφαρμόσαμε μία διδακτική παρέμβαση που επιδιώκει τη διεπιστημονική μετάβαση από την έννοια του λόγου δύο μεγεθών (Μαθηματικά) στη σύγκριση ποσοτήτων ενέργειας (Φυσική), μέσω κατασκευών με υλικά της καθημερινότητας και απλές μηχανικές δομές, στο πλαίσιο κατασκευαστικών δραστηριοτήτων (Papert, 1993). Η διδακτική προσέγγιση αξιοποιεί υλικά με και χωρίς ψηφιακή ενίσχυση, ενώ ο σχεδιασμός της επικεντρώνεται κυρίως στην ενεργή εμπλοκή των μαθητών/τριών. Η εργασία επιχειρεί να αναδείξει τις δυνατότητες και τις προκλήσεις μίας τέτοιας προσέγγισης μέσα σε πραγματικό σχολικό πλαίσιο.

## Θεωρητικό πλαίσιο

Ο κατασκευαστικός εποικοδομητισμός διατυπώθηκε από τον Seymour Papert (Papert, 1993· Papert & Harel, 1991) και βασίζεται στις αρχές του εποικοδομητισμού (constructivism) του Jean Piaget. Ο Papert επέκτεινε τη θεωρία του Piaget και εισήγαγε την έννοια της μάθησης μέσω της κατασκευής, τονίζοντας τη σημασία της ενεργούς εμπλοκής του/της μαθητή/τριας στην οικοδόμηση της γνώσης. Ωστόσο, ο Papert υποστήριξε ότι η μάθηση είναι πιο αποτελεσματική όταν οι μαθητές/τριες δημιουργούν απτές ή ψηφιακές κατασκευές. Οι κατασκευές παρέχουν αυθεντικά περιβάλλοντα, όπου η μάθηση συνδέεται με τον πειραματισμό, τη συνεργασία και τον αναστοχασμό. Ο κατασκευαστικός εποικοδομητισμός συμβαδίζει με την ιδέα της «μάθησης μέσω της πράξης» (learning by doing). Ο ρόλος της τεχνολογίας ήταν ιδιαίτερα σημαντικός για τον Papert και γι' αυτό σχεδίασε και ανέπτυξε τη γλώσσα προγραμματισμού Logo, μέσω της οποίας τα παιδιά έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν

κατασκευές σε ψηφιακούς μικρόκοσμους. Εφαρμογές όπως το Scratch και το Lego wedo βασίζονται στις αρχές του κατασκευαστικού εποικοδομητισμού.

Η διδακτική μας προσέγγιση βασίστηκε στο διδακτικό μοντέλο 5E (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate), το οποίο αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα μοντέλα διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά, προωθώντας τη διερευνητική μάθηση και την ενεργή συμμετοχή των μαθητών/τριών (Bybee, 2014; Bybee et al., 2006). Το μοντέλο 5E αποτελείται από πέντε διαδοχικές φάσεις:

1. Ενεργοποίηση (Engage): Ο/η εκπαιδευτικός προσελκύει το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών, αναζητώντας τις προϋπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις τους σχετικά με το θέμα που θα μελετήσουν.
2. Εξερεύνηση (Explore): Οι μαθητές/τριες συμμετέχουν σε δραστηριότητες που τους επιτρέπουν να διερευνήσουν το θέμα και να συλλέξουν δεδομένα. Η φάση αυτή προάγει την ενεργή μάθηση μέσω της πειραματικής διαδικασίας και της συνεργασίας.
3. Ερμηνεία (Explain): Οι μαθητές/τριες, βασιζόμενοι/ες στις εμπειρίες τους από την εξερεύνηση, διατυπώνουν ερμηνείες για το θέμα που μελέτησαν.
4. Επεξεργασία (Elaborate): Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις γνώσεις και δεξιότητες που απέκτησαν σε νέες καταστάσεις, εμβαθύνοντας στην κατανόηση, διευρύνοντας ακόμα περισσότερο τις γνώσεις τους και αναπτύσσοντας περαιτέρω τις δεξιότητές τους.
5. Αξιολόγηση (Evaluate): Η τελική φάση περιλαμβάνει την αξιολόγηση της επίτευξης των διδακτικών στόχων, μέσα από διάφορες μεθόδους, όπως τεστ, παρουσιάσεις ή αναστοχαστικές δραστηριότητες.

Η εφαρμογή του μοντέλου 5E έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στην ενίσχυση της κατανόησης των μαθητών/τριών και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης. Η διερευνητική μάθηση μέσω του μοντέλου 5E συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων, όπως η διατύπωση ερωτημάτων, η συλλογή και ανάλυση δεδομένων, η εξαγωγή συμπερασμάτων και η επικοινωνία των αποτελεσμάτων (Stefanidou et al., 2020). Η ενσωμάτωση του μοντέλου 5E στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά μαθησιακά οφέλη, όπως η ενεργή συμμετοχή των μαθητών/τριών, η ανάπτυξη κριτικής σκέψης και η βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών.

Κατά τον σχεδιασμό των δραστηριοτήτων της παρούσας έρευνας, υιοθετήσαμε τη διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας, μέσω της οποίας οι μαθητές/τριες εμπλέκονται σε δραστηριότητες, των οποίων το γνωστικό περιεχόμενο εκτείνεται σε διαφορετικές επιστήμες (όπως Φυσικές Επιστήμες και Μαθηματικά) με βάση ένα κοινά εμφανιζόμενο σημείο, το οποίο λειτουργεί ως επικοινωνιακός χώρος μεταξύ τους. Η κάθε επιστήμη διατηρεί την ταυτότητά της, αλλά η μία επηρεάζει την άλλη. Μέσω της κατάλληλα σχεδιασμένης διδασκαλίας δίνεται η δυνατότητα στους/στις μαθητές/τριες να συνδέσουν τις επιστήμες, με αποτέλεσμα

να προκύπτουν συγκλίσεις και αποκλίσεις νοημάτων (Κρητικός & Μούτσιος-Ρέντζος, 2018). Μέσω της διεπιστημονικότητας τα φαινόμενα προσεγγίζονται ολιστικά καταρρίπτοντας τους γνωστικούς φραγμούς των επιστημονικών πεδίων (Σκουμπουρδή & Σκουμιάς, 2016). Ολιστικά προγράμματα τα οποία συνδυάζουν τα Μαθηματικά και τη Φυσική επιβάλλονται από την ίδια την καθημερινότητα με την οποία έρχονται σε επαφή οι μαθητές/τριες (Czerniak & Johnson, 2014). Ακόμη, μέσω της διεπιστημονικότητας παρουσιάζονται πολλαπλές οπτικές καλλιεργώντας πολλαπλές νοημοσύνες στους/στις μαθητές/τριες δίνοντας την ευκαιρία να υπάρξουν διαφορετικές μορφές διδασκαλίας (Σπύρτου & Ζάχου, 2015). Η διεπιστημονικότητα συμβάλει στη διαμόρφωση καλύτερων μαθησιακών αποτελεσμάτων, ενώ οι μαθητές/τριες ξεφεύγουν από τα παραδοσιακά πρότυπα διδασκαλίας γνωρίζοντας τις επιστήμες μέσα από ένα κοινό πλαίσιο μάθησης (Czerniak et al., 1999). Επιπλέον, υιοθετούν μία θετική στάση για τα Μαθηματικά γιατί αντιλαμβάνονται πως εμφανίζονται και σε άλλα επιστημονικά πεδία (Díez-Palomar et al., 2014).

Σύμφωνα με την Nikitina (2006), οι διεπιστημονικές διδακτικές προσεγγίσεις οργανώνονται γύρω από τρεις στρατηγικές. Η πρώτη στρατηγική, «πλαισιοποίηση» (contextualizing), επικεντρώνεται στη νοηματοδότηση των εννοιών μέσα από ιστορικά, πολιτισμικά ή φιλοσοφικά πλαίσια. Η σύνδεση των επιστημών επιτυγχάνεται μέσω του πλαισίου που περιβάλλει τις έννοιες, χωρίς απαίτηση για αυστηρή εννοιολογική συσχέτιση. Η δεύτερη στρατηγική, «εννοιολόγηση» (conceptualizing), εστιάζει στον εντοπισμό κοινών εννοιών που λειτουργούν ως εννοιολογικοί σύνδεσμοι μεταξύ διαφορετικών πεδίων. Η τρίτη στρατηγική, «επικέντρωση στο πρόβλημα» (problem-centring), οργανώνει τη διδασκαλία γύρω από αυθεντικά προβλήματα που απαιτούν γνώσεις από πολλές επιστήμες (π.χ. περιβαλλοντικά ζητήματα, βιοηθική, τεχνολογικές λύσεις). Η διδακτική μας πρόταση εντάσσεται στη στρατηγική της εννοιολόγησης (conceptualizing), καθώς επικεντρώνεται στους εννοιολογικούς συνδέσμους μεταξύ Φυσικής και Μαθηματικών. Συγκεκριμένα, εστιάζουμε στη σύγκριση ποσοτήτων και τη χρήση του λόγου ως εργαλείου ποσοτικοποίησης. Μέσα από τη διαχείριση καταστάσεων μετατροπής ενέργειας και την έκφραση σχέσεων μεταξύ δύο μεγεθών, οι μαθητές/τριες καλούνται να αναγνωρίσουν ότι πίσω από διαφορετικές επιστημονικές αναπαραστάσεις υπάρχει ένα κοινό μαθηματικό υπόβαθρο.

### **Η ενέργεια και ο λόγος μεγεθών**

Η έννοια της ενέργειας κατέχει κεντρική θέση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Ωστόσο, η πολυπλοκότητα και ο αφηρημένος της χαρακτήρας την καθιστούν ιδιαίτερα απαιτητική για τους/τις μαθητές/τριες. Όπως υποστηρίζουν οι Neumann et al. (2013), η ενέργεια είναι έννοια-γέφυρα μεταξύ διαφορετικών φαινομένων, η οποία όμως συχνά εισάγεται με τρόπο αποσπασματικό ή καθαρά περιγραφικό. Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, οι μαθητές/τριες συνήθως αναπαριστούν την ενέργεια ως «κάτι που ρέει» ή ως «αντικείμενο» και δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη μετατροπή και τη διατήρηση της ενέργειας (Driver & Warrington, 1985). Οι διδακτικές παρεμβάσεις που ενσωματώνουν εμπειρικά δεδομένα

και κατασκευές φαίνεται να συμβάλλουν στην υπέρβαση αυτών των δυσκολιών (Lemeignan & Weil-Barais, 1994).

Αντίστοιχα, η έννοια του λόγου δύο μεγεθών στα Μαθηματικά εισάγεται συνήθως μέσα από εμπειρικά παραδείγματα, όπως η ταχύτητα ή η πυκνότητα, αλλά παρουσιάζει έντονες γνωστικές προκλήσεις, κυρίως λόγω της απαιτούμενης αφαίρεσης και της μεταβλητής φύσης των συγκρινόμενων μεγεθών (Lamon, 1993· Lobato et al., 2010). Οι μαθητές/τριες συχνά περιορίζονται στο να τον αντιλαμβάνονται ως «πράξη διαίρεσης» και όχι ως σχέση δύο μεγεθών (Matthews & Ellis, 2018). Η ελλιπής κατανόηση δυσχεραίνει την εφαρμογή της έννοιας σε φαινόμενα της Φυσικής, όπου ο λόγος εκφράζει σχέσεις μεταξύ φυσικών μεγεθών. Η χρήση αυθεντικών πλαισίων, όπως πειράματα ή κατασκευές, ενισχύει τη σημασιολογική εδραίωση της έννοιας και τη μετάβαση από ποιοτική σε ποσοτική σκέψη (Koerber et al., 2015).

## Περιγραφή της διδακτικής παρέμβασης

Πριν ξεκινήσουν την ενασχόλησή τους με τις δραστηριότητες, οι μαθητές/τριες απάντησαν σε ένα pre-test (προ-διαγνωστική αξιολόγηση, βλ. Παράρτημα), με στόχο την ανίχνευση του γνωστικού επιπέδου τους.

### Φάση 1: Ενεργοποίηση

Στην πρώτη φάση των δραστηριοτήτων, που αποτέλεσε τη φάση ενεργοποίησης με διάρκεια 20 λεπτά, οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες των 5 ατόμων. Παρακολούθησαν βίντεο με διάφορες σκηνές της καθημερινής ζωής όπου εμφανίζεται η ενέργεια στις διάφορες μορφές της. Στη συνέχεια, συζήτησαν στις ομάδες τους και κατέγραψαν τις μορφές ενέργειας που παρατήρησαν στο βίντεο. Κάθε ομάδα παρουσίασε τα αποτελέσματά της στην ολομέλεια της τάξης. Έγινε συζήτηση με τους/τις συμμαθητές/τριες τους και τη δασκάλα σχετικά με το ποιες μορφές ενέργειας παρατήρησαν στο βίντεο. Επιπλέον, οι μαθητές/τριες σύγκριναν τις ποσότητες ενέργειας που εμφανίζονται στις διάφορες καταστάσεις (π.χ. το αυτοκίνητο χρειάζεται περισσότερη ενέργεια από το μηχανάκι). Ωστόσο, για τη σύγκριση δεν χρειάστηκε η χρήση του λόγου ενεργειών.

Στη συνέχεια, οι μαθητές/τριες εργάστηκαν με δύο μινιατούρες καρυοθραύστη (από το ομώνυμο παραμύθι, Εικόνα 1) διαφορετικού ύψους. Κλήθηκαν να μετρήσουν τα ύψη τους με χάρακα, να συγκρίνουν τις τιμές και να αιτιολογήσουν γραπτά τις απαντήσεις τους στο φύλλο εργασίας. Η δραστηριότητα αυτή αποτέλεσε το πρώτο βήμα για την κατανόηση της σύγκρισης ποσοτήτων και στη συνέχεια του λόγου δύο μεγεθών, προετοιμάζοντας και την εισαγωγή της ενέργειας ως συγκρίσιμης ποσότητας. Αφού είχαν προηγουμένως συζητήσει παραδείγματα όπου η ενέργεια εμφανίζεται και μετατρέπεται, οι μαθητές/τριες οδηγήθηκαν να εκφράσουν τότε «χρειάζεται περισσότερη» ή «λιγότερη» ενέργεια. Έτσι εξασκήθηκαν στη σύγκριση δύο τιμών, έστω και χωρίς τη χρήση μαθηματικού λόγου.

Με την εισαγωγή του καρνοθραύστη, η σύγκριση μεταφέρθηκε πλέον σε μετρήσιμα μεγέθη, δηλαδή, τα μήκη των δύο καρνοθραυστών. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, άρχισαν να καλλιεργούν την ικανότητα σύγκρισης δύο τιμών σε πιο «χειροπιαστή» μορφή, καθώς πλέον αφορούσε μετρήσιμα μεγέθη. Η διεπιστημονική διάσταση της προσέγγισής μας έγκειται στη λειτουργική μετάβαση από τη Φυσική στα Μαθηματικά και αντίστροφα, αξιοποιώντας ως κοινό εργαλείο τον λόγο για τη σύγκριση μεγεθών, ενώ δεν εστιάζουμε στην ανάπτυξη μιας ενιαίας έννοιας στα δύο γνωστικά πεδία. Ειδικότερα, αξιοποιείται ως κοινός παιδαγωγικός άξονας η έννοια του λόγου για τη σύγκριση μεγεθών, ώστε οι μαθητές/τριες να κατανοήσουν πώς ένα εργαλείο μαθηματικής σκέψης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη Φυσική για την περιγραφή και κατανόηση φαινομένων, ενισχύοντας έτσι την επιστημονική τους σκέψη και τη διεπιστημονική σύνδεση των γνώσεων τους.

**Εικόνα 1.** Μινιατούρες καρνοθραύστη για σύγκριση τιμών (ύψους)



## **Φάση 2: Εξερεύνηση**

Στη δεύτερη φάση (εξερεύνηση), διάρκειας 135 λεπτών, οι μαθητές/τριες ενεπλάκησαν σε επιστημονικές διαδικασίες, υλοποιώντας κατασκευές. Αρχικά, σε κάθε ομάδα μαθητών/τριών παρουσιάστηκε ένα διαφορετικό σενάριο (Εικόνα 2) από την καθημερινή ζωή. Για να μελετήσουν το σενάριο, θα έπρεπε να ανακαλέσουν και να εφαρμόσουν γνώσεις από τα επιστημονικά πεδία των Μαθηματικών και της Φυσικής.

## Εικόνα 2. Τα σενάρια στη φάση εξερεύνησης

**ΣΕΝΑΡΙΟ 1:** Μία οικογένεια μένει στην Αθήνα και έχει ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Τις μέρες των Χριστουγέννων θα πάει διακοπές στη Θεσσαλονίκη. Έχει υπολογιστεί πως η ενέργεια που θα καταναλώσει το αυτοκίνητο είναι 10.000 kWh. Γνωρίζουμε πως η απόσταση Αθήνα-Θεσσαλονίκη είναι 500 χλμ.



**ΣΕΝΑΡΙΟ 2:** Μία οικογένεια μένει στο Ρέθυμνο και έχει ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Αποφασίζει να πάει διακοπές στον Άγιο Νικόλαο. Ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο αναπαριστά την κίνηση του πραγματικού αυτοκινήτου της οικογένειας. Αντικαθιστώντας την πραγματική απόσταση Ρεθύμνου-Άγιου Νικολάου με την απόσταση 3 μέτρων στην αυλή του σχολείου, αφήνουμε το αυτοκίνητο να κινηθεί και μετράμε τον χρόνο που έκανε το αυτοκίνητο να διανύσει αυτή την απόσταση, ο οποίος είναι 30 δευτερόλεπτα.



**ΣΕΝΑΡΙΟ 3:** Είναι πραγματικότητα και αφορά μια νέα τεράστια υπεράκτια ανεμογεννήτρια που μπορεί να τροφοδοτήσει ένα σπίτι για 2 ημέρες με μία μόνο περιστροφή της. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί «Γολιάθ» των ανεμογεννητριών. Η τουρμπίνα GE Haliade-X έχει τεράστια χωρητικότητα 13.000 kW. Στις Η.Π.Α. από το 1908 υπήρχαν ανεμογεννήτριες οι οποίες είχαν χωρητικότητα έως 25 kW.



Κάθε ομάδα εργάστηκε σε ένα από τα παραπάνω σενάρια. Τα τρία σενάρια επιλέχθηκαν ώστε να καλύπτουν διαφορετικές μετατροπές ενέργειας από διαφορετικές πηγές ενέργειας (1. ηλεκτρικός σταθμός φόρτισης, 2. ήλιος, 3. άνεμος). Κατά τη μελέτη των σεναρίων, τέθηκαν δύο ερωτήματα. Στο πρώτο ερώτημα, που αφορά στη φάση της εξερεύνησης, τους ζητήθηκε να αναφέρουν τις μετατροπές της ενέργειας που εμφανίζονται στο σενάριο. Το δεύτερο ερώτημα αφορά στη φάση της ερμηνείας και περιγράφεται παρακάτω.

Στη συνέχεια, οι μαθητές/τριες κλήθηκαν να δημιουργήσουν μία κατασκευή και να απαντήσουν σε σχετικά ερωτήματα. Για κάθε σενάριο, οι μαθητές/τριες επέλεξαν τα υλικά της κατασκευής τους μέσα από τρεις επιλογές: Α) υλικά από σετ ρομποτικής (με ψηφιακή ενίσχυση), Β) υλικά καθημερινής χρήσης και τεχνολογικά υλικά (χωρίς ψηφιακή ενίσχυση), Γ) συνδυασμό των Α και Β. Τα διαθέσιμα σετ ρομποτικής ήταν το Lego wedo 2.0 και το Discovering STEM – Solar Power (Converting Sunlight to Electricity). Τα υλικά καθημερινής χρήσης και τεχνολογικά υλικά, χωρίς ψηφιακή ενίσχυση, ήταν τα εξής: καπάκια, καλαμάκια, χαρτόνια, καλώδια, μπαταρίες, κινητήρες, φωτοβολταϊκά πάνελ, φτερωτή.

### Φάση 3: Ερμηνεία

Στην τρίτη φάση (ερμηνεία), διάρκειας 135 λεπτών, οι μαθητές/τριες κλήθηκαν να απαντήσουν σε ένα δεύτερο ερώτημα, υπολογίζοντας τον λόγο δύο μεγεθών που εμπλέκονταν στο σενάριό τους και ερμηνεύοντας τη σχέση τους με ανάγωγο κλάσμα. Η ερμηνεία έγινε

σε δύο στάδια, αρχικά, πριν την υλοποίηση των κατασκευών τους και, στη συνέχεια, μετά την υλοποίηση. Συγκεκριμένα, στην πρώτη ομάδα ζητήθηκε να υπολογίσουν τον λόγο της ενέργειας που καταναλώνει το αυτοκίνητο προς την απόσταση που διανύει. Στη δεύτερη ομάδα ζητήθηκε να υπολογίσουν τον λόγο της απόστασης που διανύει το αυτοκινητάκι προς τον χρόνο που χρειάζεται. Η τρίτη ομάδα κλήθηκε να υπολογίσει τον λόγο της ισχύος της σύγχρονης ανεμογεννήτριας προς την αντίστοιχη ισχύ του προηγούμενου αιώνα. Οι μαθητές/τριες περιέγραψαν τη διαδικασία που ακολούθησαν για να καταλήξουν στα συμπεράσματά τους, τα οποία ανακοίνωσαν στην τάξη και αφορούσαν στις μετατροπές ενέργειας και στον λόγο δύο μεγεθών. Ακολούθως, παρακολούθησαν ένα βίντεο με παραδείγματα μετατροπής της ενέργειας και κλήθηκαν να τα εντοπίσουν, πρώτα ως ομάδα και μετά ως ολόκληρα. Με βάση τις μετατροπές της ενέργειας που παρατήρησαν, συζήτησαν για τον λόγο δύο μεγεθών με παραδείγματα από την καθημερινή τους ζωή, ερμηνεύοντας τη σχέση των δύο μεγεθών που βρίσκονται στον λόγο.

#### **Φάση 4: Επεξεργασία**

Στην τέταρτη φάση (επεξεργασία), διάρκειας 135 λεπτών, όλοι/ες μαζί οι μαθητές/τριες σχεδίασαν μια κοινή κατασκευή, με στόχο να συμβούν όσο το δυνατό περισσότερες μετατροπές ενέργειας. Στη συνέχεια, με υλικά που είχαν φέρει από το σπίτι τους ή που είχαν ζητήσει από τη δασκάλα τους, υλοποίησαν την κατασκευή που είχαν σχεδιάσει οι ίδιοι/ες. Ακολούθως, χωρίστηκαν και πάλι στις ομάδες τους και, με βάση την κοινή κατασκευή τους, δημιούργησαν ένα μαθηματικό πρόβλημα ανά ομάδα αναζητώντας τον λόγο δύο μεγεθών. Ο ρόλος της δασκάλας ήταν υποστηρικτικός μόνο στα σημεία που τα παιδιά ζητούσαν βοήθεια. Αρχικά, η δασκάλα ενημέρωσε τα παιδιά ότι θα πρέπει να σχεδιάσουν μία κατασκευή με όσο το δυνατό περισσότερες μετατροπές ενέργειας. Παράλληλα, ζήτησε να καταγράψουν σε ένα χαρτί τα υλικά που θα χρειαστούν για την κατασκευή που θα δημιουργήσουν με βάση το σχέδιό τους, διαχωρίζοντάς τα σε αυτά που θα φέρουν από το σπίτι τους και σε αυτά που θα χρειαστούν από τη δασκάλα. Αφού δημιούργησαν όλοι/ες μαζί την κατασκευή τους, δούλεψαν και πάλι στις ξεχωριστές ομάδες, προσπαθώντας να γράψουν ένα μαθηματικό πρόβλημα με βάση την κοινή κατασκευή, το οποίο να έχει ως ζητούμενο τον λόγο δύο μεγεθών. Τέλος, τους ζητήθηκε να ερμηνεύσουν τη σχέση των δύο μεγεθών του λόγου μέσα από το αντίστοιχο ανάγωγο κλάσμα.

#### **Φάση 5: Αξιολόγηση**

Στην πέμπτη φάση (αξιολόγηση), διάρκειας 25 λεπτών, οι μαθητές/τριες συμπλήρωσαν ένα φύλλο αναστοχασμού σχετικά με τη διδακτική πορεία που ακολούθησαν και τα οφέλη που αποκόμισαν από αυτή. Συγκεκριμένα, αναστοχάστηκαν πάνω στη συνεργασία και την επικοινωνία που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο των ομάδων για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων, περιγράφοντας τι τους έκανε εντύπωση από τη διδασκαλία και τα συναισθήματα που ένιωσαν

κατά τη διάρκεια της. Παράλληλα, συζήτησαν με στόχο να σκιαγραφήσουν τη γνωστική τους πορεία και, έτσι, να αναπτύξουν τις μεταγνωστικές τους δεξιότητες. Τα ερωτήματα του φύλλου αναστοχασμού ήταν τα εξής:

1. Ποια δραστηριότητα σου άρεσε περισσότερο; Γιατί;
2. Τι δεν σου άρεσε; Γιατί;
3. Τι σου προκάλεσε έκπληξη από όσα έμαθες; Γιατί;
4. Τι σε δυσκόλεψε περισσότερο; Γιατί;
5. Τι θα μπορούσε να γίνει καλύτερα στην επόμενη εργασία;
6. Ποια είναι τα συναισθήματά σου για αυτή τη διδασκαλία;

Επιπλέον, συμπλήρωσαν ένα post-test (μετά-διαγνωστική αξιολόγηση), ώστε να παρατηρήσουμε την εξέλιξη στις γνώσεις που απέκτησαν σχετικά με τις μετατροπές της ενέργειας και του λόγου δύο μεγεθών. Το post-test περιείχε τις ίδιες ερωτήσεις που περιείχε και το pre-test.

## Στόχος της διδακτικής παρέμβασης

Η διδακτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε είχε στόχο να διερευνηθούν τα εξής ζητήματα:

1. Πώς επιδρά η διεπιστημονική προσέγγιση στην οικοδόμηση των διαφορετικών μορφών ενέργειας και του λόγου δύο μεγεθών από μαθητές/τριες Στ' Δημοτικού κατά τη δημιουργία υλικών κατασκευών;
1. Ποια υλικά (με ψηφιακή ενίσχυση, χωρίς ψηφιακή ενίσχυση, ή συνδυασμό τους) προτιμούν οι μαθητές/τριες Στ' Δημοτικού κατά τη δημιουργία υλικών κατασκευών σχετικά με τις μορφές ενέργειας και τον λόγο δύο μεγεθών;

Με τον όρο «υλικά με ψηφιακή ενίσχυση» εννοούμε υλικά τα οποία είναι διασυνδεδεμένα με κάποια ψηφιακή διάταξη ή υλικά που είναι μέρος ενός σετ ρομποτικής. Παρότι σε ένα σετ ρομποτικής δεν έχουν όλα τα υλικά άμεση διασύνδεση με κάποια ψηφιακή διάταξη (π.χ. τα τουβλάκια του Lego wedo), τα κατατάσσουμε στα υλικά με ψηφιακή διασύνδεση, καθώς έχουν σχεδιαστεί για να υλοποιούν κατασκευές με ψηφιακό έλεγχο μέσω προγραμματισμού με ψηφιακούς ελεγκτές και αισθητήρες.

## Αποτίμηση της διδακτικής παρέμβασης

Η διδακτική παρέμβαση εφαρμόστηκε σε 15 παιδιά της Στ' τάξης σε σχολείο του Ρεθύμνου, ενώ η διδασκαλία σχεδιάστηκε και πραγματοποιήθηκε από την ερευνήτρια, εκπαιδευτικό ΠΕ70. Η χρονική διάρκεια της παρέμβασης ήταν 12 διδακτικές ώρες (10 για τη διδασκαλία και 2 για τη συμπλήρωση των pre-test και post-test). Τα παιδιά χωρίστηκαν σε τρεις πενταμελείς ομάδες.

Για συλλογή των δεδομένων σχεδιάσαμε τα εξής εργαλεία: ένα pre-test, ένα post-test, βιντεοσκοπήσεις, φύλλα εργασίας και ένα φύλλο αναστοχασμού. Αρχικά, οι μαθητές/τριες συμπλήρωσαν ένα pre-test, προκειμένου να ανιχνευθεί το γνωστικό τους επίπεδο. Κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές/τριες συμπλήρωσαν φύλλα εργασίας για τη δραστηριότητα αφόρμησης, για το σενάριο που μελέτησαν και για την αντίστοιχη κατασκευή τους. Η διαδικασία υλοποίησης όλων των κατασκευών βιντεοσκοπήθηκε ξεχωριστά για κάθε ομάδα και συνολικά για την κοινή κατασκευή τους. Οι βιντεοσκοπήσεις πραγματοποιήθηκαν, ώστε να καταγράψουμε τις πιθανές δυσκολίες που θα αντιμετώπιζαν οι μαθητές/τριες κατά την υλοποίηση των κατασκευών, καθώς και αν θα μπορούσαν να εντοπίσουν τα λάθη τους και να τα διορθώσουν. Τέλος, μετά τη διδακτική παρέμβαση, οι μαθητές/τριες συμπλήρωσαν ένα φύλλο αναστοχασμού για την αποτίμηση της εμπειρίας τους και την ενίσχυση των μεταγνωστικών τους δεξιοτήτων, καθώς και ένα post-test, ώστε να εντοπιστεί η εξέλιξη στο γνωστικό τους επίπεδο.

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με συνδυασμό ποσοτικών και ποιοτικών τεχνικών, με κύρια έμφαση στην ποιοτική ερμηνεία των μαθησιακών διεργασιών, λόγω του μικρού μεγέθους του δείγματος. Τα pre-test και post-test αξιοποιήθηκαν για την περιγραφική αποτύπωση των μεταβολών στις απαντήσεις των μαθητών/τριών. Οι απαντήσεις κωδικοποιήθηκαν ως προς την πληρότητα και την ακρίβεια με βάση κριτήρια που καθορίστηκαν εκ των προτέρων (π.χ. χρήση σωστής ορολογίας, αναφορά σε ενεργειακές μετατροπές, ορθότητα διατύπωσης του λόγου). Τα φύλλα εργασίας αναλύθηκαν με ποιοτική ανάλυση περιεχομένου. Δόθηκε έμφαση στην ερμηνεία των στρατηγικών που χρησιμοποίησαν οι μαθητές/τριες για να καταγράψουν και να αναλύσουν τις λειτουργίες των κατασκευών τους, καθώς και στις διατυπώσεις τους για την έννοια του λόγου. Οι βιντεοσκοπήσεις αξιοποιήθηκαν για την παρακολούθηση της προόδου, της συνεργασίας και της ενεργής εμπλοκής των ομάδων. Τέλος, τα φύλλα αναστοχασμού αναλύθηκαν ερμηνευτικά ως προς τις προσωπικές προσλήψεις των μαθητών/τριών για τη μαθησιακή εμπειρία. Εστίασαμε στη γλώσσα που χρησιμοποίησαν (π.χ. λέξεις που δηλώνουν προσπάθεια, δυσκολία, ενθουσιασμό), καθώς και στη μεταγνώση, όπου αυτή διατυπωνόταν ρητά (π.χ. «τώρα καταλαβαίνω γιατί...», «δεν κατάλαβα αυτό γιατί...»).

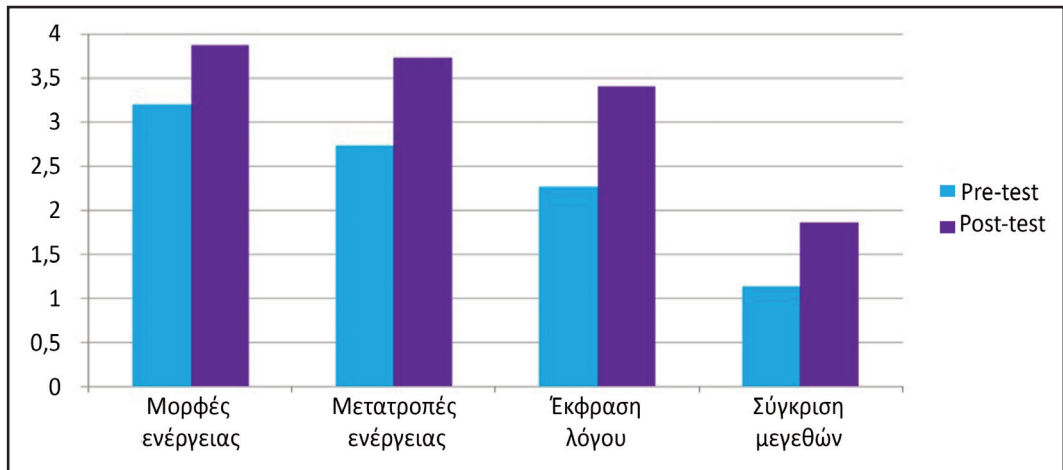
### **Απαντήσεις στα pre/post-tests**

Μέσω της αξιολόγησης των pre-test και post-test, οι απαντήσεις των μαθητών/τριών κατηγοριοποιήθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες:

- α. Αναγνώριση μορφών ενέργειας (ερωτήσεις 1, 2, 3, 4 των pre/post-tests)
- β. Αναγνώριση μετατροπών ενέργειας (ερωτήσεις 2, 3, 4 των pre/post-tests)
- γ. Έκφραση της σχέσης δύο μεγεθών σε λόγο (ερώτηση 5 των pre/post-tests)
- δ. Σύγκριση δύο μεγεθών με βάση τον λόγο τους (ερώτηση 6 των pre/post-tests)

Στο Διάγραμμα 1 φαίνονται οι μέσοι όροι βαθμολογίας των απαντήσεων των μαθητών/τριών σε κλίμακα 0 έως 4, ξεχωριστά για καθεμιά από τις παραπάνω κατηγορίες.

**Διάγραμμα 1.** Απαντήσεις μαθητών/τριών στα pre-test και post-test



Σχετικά με το πρώτο ζήτημα προς διερεύνηση (επίδραση της διεπιστημονικής προσέγγισης στην οικοδόμηση των διαφορετικών μορφών ενέργειας και του λόγου δύο μεγεθών), από την ανάλυση των pre/post-tests διαπιστώθηκε ότι μετά τη διδακτική παρέμβαση τα περισσότερα παιδιά αναγνώρισαν τις μορφές ενέργειας, καθώς και τις μετατροπές ενέργειας. Στην έκφραση του λόγου δύο μεγεθών, αρχικά, εξέφραζαν αντίστροφα τους λόγους (τοποθετούσαν αντίστροφα τους αριθμούς στον αριθμητή και τον παρονομαστή), ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση βελτιώθηκε η επίδοση όλων των παιδιών εκφράζοντας σωστά τους λόγους. Μετά τη διδακτική παρέμβαση φάνηκε να κατανοούν καλύτερα τη σχέση των δύο όρων που βρίσκονται στο λόγο παρατηρώντας κάποιους/ες μαθητές/τριες να κάνουν διαίρεση ή απλοποίηση ώστε να συγκρίνουν τους όρους του κλάσματος.

### **Ευρήματα από τα φύλλα εργασίας**

Από τις απαντήσεις στα φύλλα εργασίας διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι/ες μαθητές/τριες μπορούσαν να αναγνωρίσουν τις διάφορες μορφές ενέργειας καθώς και τις μετατροπές ενέργειας που παρατηρούσαν στις δραστηριότητες δημιουργίας κατασκευών. Στη δραστηριότητα με τη σύγκριση ύψους των καρνοθραυστών, μια ομάδα σκέφτηκε να κάνει διαίρεση των τιμών ύψους, ώστε να συγκρίνει τις δύο τιμές, ενώ οι άλλες δύο ομάδες έκαναν τη σύγκριση μέσω αφαίρεσης.

Αναφορικά με το φύλλο εργασίας για τη μελέτη των τριών σεναρίων, στο πρώτο ερώτημα (αναφορά στις μετατροπές της ενέργειας που εμφανίζονται στο σενάριο), η πρώτη ομάδα απάντησε «*από χημική σε ηλεκτρική, κινητική, δυναμική*», η δεύτερη ομάδα «*από ηλιακή σε ηλεκτρική, κινητική*» και η τρίτη ομάδα «*από ηλεκτρική σε κινητική*». Σε γενικές γραμμές, οι μαθητές/τριες δεν δυσκολεύτηκαν στον εντοπισμό των μετατροπών ανάμεσα στις μορφές ενέργειας.

Αναφορικά με το δεύτερο ζήτημα προς διερεύνηση (εύρεση του λόγου δυο μεγεθών και ερμηνεία της σχέσης τους), και οι τρεις ομάδες υπολόγισαν σωστά τον λόγο και το αντίστοιχο ανάγωγο κλάσμα, αλλά καμία ομάδα δεν κατάφερε να ερμηνεύσει τη σχέση των μεγεθών μέσα από τον λόγο τους. Συγκεκριμένα, η πρώτη ομάδα σχημάτισε σωστά τον λόγο της ενέργειας που καταναλώνει το ηλεκτρικό αυτοκίνητο προς την απόσταση που διανύει, καθώς και το ανάγωγο κλάσμα ( $10000/500=20/1$ ). Η δεύτερη ομάδα σχημάτισε σωστά τον λόγο της απόστασης προς τον χρόνο που χρειάστηκε το ηλιακό αυτοκινητάκι, καθώς και το ανάγωγο κλάσμα ( $3/30=1/10$ ). Η τρίτη ομάδα σχημάτισε σωστά τον λόγο των δύο διαφορετικών ισχύων των ανεμογεννητριών, καθώς και το ανάγωγο κλάσμα ( $13000/25=520/1$ ).

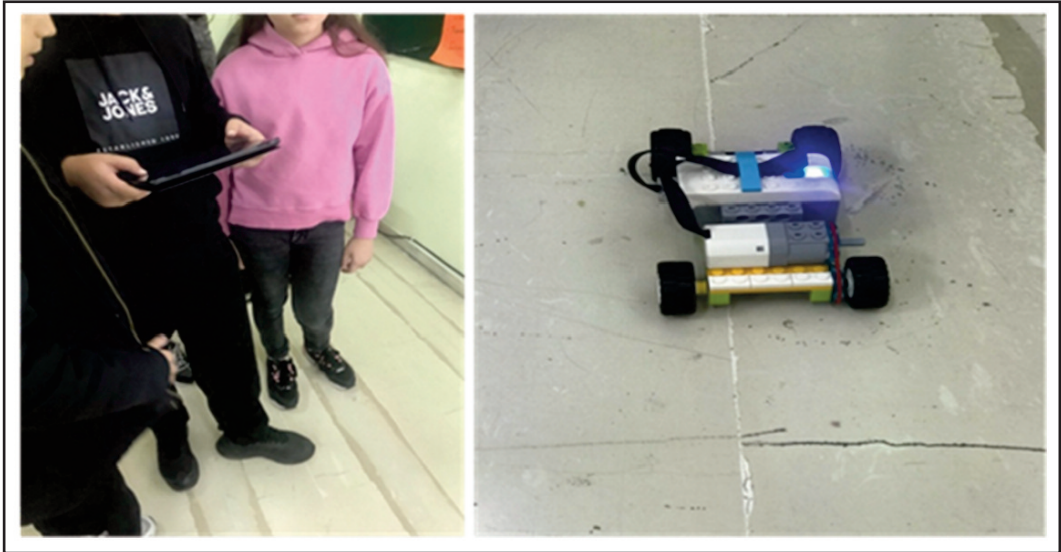
Στη συνέχεια, οι περισσότεροι/ες μαθητές/τριες υπολόγισαν τη διαφορά των δύο μεγεθών με αφαίρεση, ώστε να εκφράσουν τη σχέση των δύο μεγεθών. Οι ομάδες που μελέτησαν τα σενάρια 1 και 2 δεν μπορούσαν να ερμηνεύσουν το αποτέλεσμα της αφαίρεσης, καθώς τα μεγέθη που αφαιρέσαν ήταν διαφορετικά (ενέργεια/απόσταση, απόσταση/χρόνος). Αντίθετα, η ομάδα που μελέτησε το σενάριο 3, στο οποίο τα μεγέθη που αφαιρέσαν ήταν ίδια (ισχύς), έδωσε την ερμηνεία ότι η σύγχρονη ανεμογεννήτρια έχει μεγαλύτερη ισχύ (κατά 12975 kW). Μετά από επισημάνση της δασκάλας, σύμφωνα και με τις οδηγίες του φύλλου εργασίας, τους ζητήθηκε ερμηνεύσουν η σχέση των δύο μεγεθών μέσα από τους λόγους και τα αντίστοιχα ανάγωγα κλάσματα που είχαν ήδη υπολογίσει. Ωστόσο, καμία ομάδα δεν κατάφερε να δώσει κάποια ερμηνεία.

Η υλοποίηση των κατασκευών φαίνεται να βοήθησε σημαντικά τις δύο από τις τρεις ομάδες στην ερμηνεία του λόγου των μεγεθών. Συγκεκριμένα, μετά την ολοκλήρωση των κατασκευών, η πρώτη ομάδα ερμήνευσε σωστά ότι το αυτοκίνητο καταναλώνει 20 kWh για κάθε 1 χλμ. που διανύει. Η δεύτερη ομάδα ερμήνευσε σωστά ότι για κάθε 1 μέτρο που κινείται το αυτοκινητάκι χρειάζεται 10 δευτερόλεπτα. Ωστόσο, η τρίτη ομάδα δεν κατάφερε να ερμηνεύσει την τιμή του λόγου, ότι δηλαδή η σύγχρονη τουρμπίνα έχει 520 φορές μεγαλύτερη ισχύ σε σχέση με αυτές του προηγούμενου αιώνα.

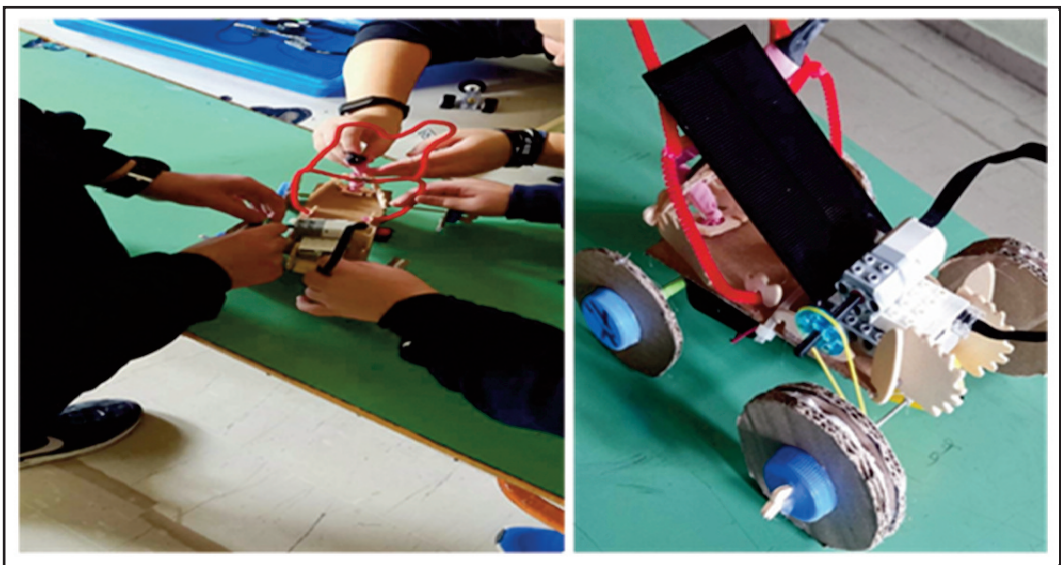
Σχετικά με την επιλογή των υλικών από τους/τις μαθητές/τριες, μία από τις τρεις ομάδες αποφάσισε να δημιουργήσει κατασκευές με υλικά που είχαν ψηφιακή ενίσχυση. Οι άλλες δύο ομάδες επέλεξαν να δημιουργήσουν κατασκευές με συνδυασμό υλικών χωρίς ψηφιακή ενίσχυση και υλικών με ψηφιακή ενίσχυση. Συγκεκριμένα, η πρώτη ομάδα αποφάσισε να κατασκευάσει ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο μέσω του σετ ρομποτικής Lego wedo 2.0 (Εικόνα 3). Η δεύτερη ομάδα αποφάσισε να κατασκευάσει ένα ηλιακό αυτοκινητάκι με φωτοβολταϊκό πάνελ, τον κινητήρα του σετ ρομποτικής Discovering STEM – Solar Power (Conver-

ting Sunlight to Electricity) και απλά υλικά όπως καλώδια, καπάκια, καλαμάκια και χαρτόνι (Εικόνα 4). Η τρίτη ομάδα επέλεξε να κατασκευάσει μια ανεμογεννήτρια συνδυάζοντας υλικά από το σετ ρομποτικής Lego wedo 2.0 και μια φτερωτή από χαρτόνι (Εικόνα 5).

**Εικόνα 3.** Η κατασκευή της ομάδας που μελέτησε το σενάριο 1

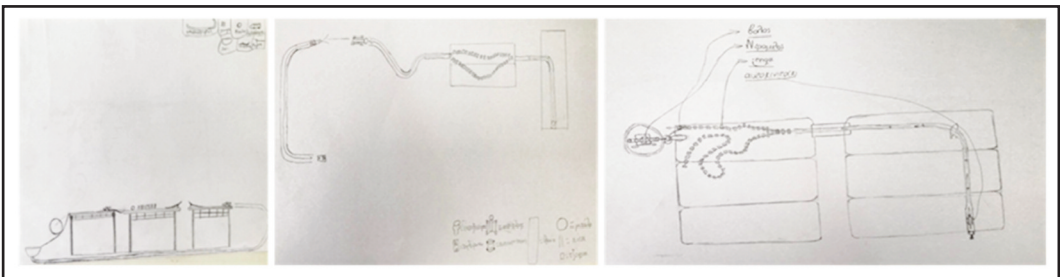


**Εικόνα 4.** Η κατασκευή της ομάδας που μελέτησε το σενάριο 2



**Εικόνα 5.** Η κατασκευή της ομάδας που μελέτησε το σενάριο 3

Στη συνέχεια, οι ομάδες συνεργάστηκαν ως ολομέλεια για τον σχεδιασμό και τη δημιουργία μιας κατασκευής, στην οποία να εμφανίζονται όσο το δυνατό περισσότερες μετατροπές ενέργειας. Στην Εικόνα 6 παρουσιάζονται τα σχέδια των μαθητών/τριών, ενώ στην Εικόνα 7 φαίνεται η αντίστοιχη κατασκευή τους. Κατά τον σχεδιασμό, οι μαθητές/τριες κατέγραφαν τα υλικά που θα χρειαζόνταν για την κοινή κατασκευή. Ο σχεδιασμός περιλάμβανε ένα αυτοκινητάκι θα κινούνταν πάνω σε ένα αυτοκινητόδρομο το οποίο θα παρέσερνε κομμάτια ντόμινο που θα είχαν στηθεί, ενώ εκείνα θα έσπρωχναν ένα μπουκάλι που θα άδειαζε το νερό του σε ένα μεγαλύτερο μπουκάλι, το οποίο με τη σειρά του θα άδειαζε το νερό του σε έναν νερόμυλο. Χρειάστηκε να φέρουν τα εξής υλικά από το σπίτι τους: κομμάτια ντόμινο, αυτοκινητάκι-αυτοκινητόδρομο, βιβλία, 1 μικρό και 1 μεγάλο πλαστικό μπουκάλι νερού, μπαλάκι, σχοινί, χωνί, λεκάνη, πλαστικά ποτηράκια. Επιπλέον, προμηθεύτηκαν από το σχολείο τη ρόδα που θα χρησιμοποιούσαν για τον νερόμυλο.

**Εικόνα 6.** Το σχέδιο της κοινής κατασκευής των μαθητών/τριών

**Εικόνα 7.** Η κοινή κατασκευή των μαθητών/τριών



Τέλος, οι μαθητές/τριες έπρεπε να γράψουν ανά ομάδα ένα μαθηματικό πρόβλημα που να σχετίζεται με την κοινή κατασκευή τους και να εμπλέκεται ένας λόγος μεγεθών. Σε αυτό το στάδιο, οι μαθητές/τριες φάνηκε να δυσκολεύονται πολύ να εκφράσουν τις ιδέες τους στο γραπτό λόγο, να συνδέσουν τους αριθμούς με την πλοκή του προβλήματος και να διατυπώσουν ερωτήματα με ζητούμενο τον λόγο δύο μεγεθών. Ύστερα από συζήτηση της δασκάλας με κάθε ομάδα διαπιστώθηκε πως, ενώ οι μαθητές/τριες είχαν σκεφτεί το περιεχόμενο του μαθηματικού προβλήματος δεν μπορούσαν να το διατυπώσουν και να το εκφράσουν γραπτώς. Η δασκάλα τους παρότρυνε να καταγράψουν, αρχικά, τα δεδομένα και ζητούμενα που θα περιλάμβανε το πρόβλημά τους. Τους συμβούλεψε στην ερώτηση του προβλήματος να εντάξουν τα ζητούμενα που είχαν καταγράψει. Επίσης, η δασκάλα τους παρότρυνε να επιλέξουν αριθμητικά δεδομένα που ο λόγος τους να μπορεί εύκολα να απλοποιηθεί σε ανάγωγο κλάσμα. Τα προβλήματα που δημιούργησε η κάθε ομάδα και κατέγραψε στα φύλλα εργασίας είναι τα εξής:

- Ομάδα 1: Όλη η κατασκευή είναι 12 μέτρα και το αυτοκινητάκι μπορεί να διανύσει απόσταση 6 μέτρων. Ποιος είναι ο λόγος των μέτρων της κατασκευής προς την απόσταση που διανύει το αυτοκινητάκι;
- Ομάδα 2: Ο Γιώργος έχει 600 αυτοκινητάκια και ο Γιάννης έχει 200 αυτοκινητάκια. Ποιος είναι ο λόγος των αυτοκινήτων του Γιώργου με τον λόγο των αυτοκινήτων του Γιάννη;
- Ομάδα 3: Ένα αυτοκίνητο πέφτει από τη γέφυρα και σπρώχνει τον βόλο ο οποίος διανύει απόσταση 5 εκατοστών. Αν ο νερόμυλος δώσει ενέργεια στο αυτοκίνητο το αυτοκίνητο θα διανύσει 20 εκατοστά απόσταση. Ποιος είναι ο λόγος των 5 εκατοστών προς τα 20 εκατοστά που θα διανύσει το αυτοκίνητο;

Παρατηρούμε πως υπήρξαν κάποιες εκφραστικές αστοχίες, όπως στη διατύπωση του ερωτήματος στη δεύτερη και τρίτη ομάδα. Η δεύτερη ομάδα χρησιμοποίησε την έκφραση «ο λόγος των αυτοκινήτων του Γιώργου με τον λόγο των αυτοκινήτων του Γιάννη», αντί «ο

λόγος των αυτοκινήτων του Γιώργου προς τα αυτοκίνητα του Γιάννη». Η τρίτη ομάδα κατέγραψε στη διατύπωση του ερωτήματος τις αριθμητικές τιμές της απάντησης («Ποιος είναι ο λόγος των 5 εκατοστών προς τα 20 εκατοστά που θα διανύσει το αυτοκίνητο;» αντί «Ποιος είναι ο λόγος της απόστασης του βόλου προς την απόσταση που θα διανύσει το αυτοκίνητο;»).

Δυσκολία εμφανίστηκε και στην ερμηνεία των λόγων που υπολόγισαν στην απάντηση των ερωτημάτων, παρότι οι ίδιοι/ες είχαν θέσει το ερώτημα. Παρατηρήθηκε πως δυσκολεύτηκαν να εντοπίσουν και να συσχετίσουν τα δεδομένα του σεναρίου. Συγκεκριμένα, η ομάδα 3 υπολόγισε αντίστροφα τον ζητούμενο λόγο, ενώ δεν έδωσε καμία ερμηνεία. Επιπλέον, δεν υπολόγισαν το ανάγωγο κλάσμα.

### **Ευρήματα από τις βιντεοσκοπήσεις**

Με βάση τις βιντεοσκοπήσεις της διαδικασίας υλοποίησης των κατασκευών, τα δεδομένα που προύψαν συνοψίζονται στα εξής. Οι μαθητές/τριες φάνηκε ότι μπορούν να εντοπίσουν τα λάθη τους και να επαναπροσδιορίσουν την πορεία της κατασκευής τους. Συγκεκριμένα, η ομάδα που μελέτησε το σενάριο 1 συνάντησε δυσκολία στη λειτουργία του αυτοκινήτου. Μετά την πρώτη προσπάθεια, το αυτοκίνητο-ρομπότ δεν ξεκινούσε. Στη συνέχεια, αφαίρεσαν και επανατοποθέτησαν τη μπαταρία, χωρίς αποτέλεσμα. Τέλος, επαναπρογραμματίσαν το ρομπότ αλλάζοντας τις εντολές κατεύθυνσης, οπότε το αυτοκίνητο άρχισε να κινείται. Η ομάδα που μελέτησε το σενάριο 2, στην προσπάθεια λειτουργίας του ηλιακού αυτοκινήτου δεν λειτουργούσε ο διακόπτης που συνέδεε το φωτοβολταϊκό πάνελ με το μοτεράκι. Οι μαθητές/τριες έλεγξαν τα καλώδια, τις συνδέσεις και διαπίστωσαν πως υπάρχει βλάβη στον διακόπτη τον οποίο αντικατέστησαν με νέο. Η τρίτη ομάδα δεν φάνηκε να αντιμετωπίζει κάποια ιδιαίτερη δυσκολία, ενώ η κατασκευή τους λειτούργησε με την πρώτη προσπάθεια.

Στη δημιουργία της κοινής κατασκευής (με όσο το δυνατό περισσότερες μετατροπές ενέργειας), οι μαθητές/τριες βελτίωναν συνεχώς την κατασκευή τους ώστε να πετύχουν τον αρχικό τους σχεδιασμό. Για να πετύχουν τη λειτουργία της κατασκευής που είχαν σχεδιάσει έκαναν τις εξής βελτιώσεις που προέκυψαν μετά από 23 αποτυχημένες προσπάθειες λειτουργίας του. Τοποθέτησαν σε κατάλληλη θέση τα κομμάτια ντόμινο, ώστε να μην διακόπτεται η ροή ενέργειας, αναπροσάρμοζαν το ύψος της γέφυρας ώστε το αυτοκίνητάκι να αποκτήσει μεγαλύτερη δυναμική ενέργεια, η οποία με τη σειρά της μπορεί να μετατραπεί σε μεγαλύτερη κινητική ενέργεια στα ντόμινο. Τέλος τοποθέτησαν το μπουκάλι πάνω σε ένα χάρτινο ρολό δίνοντας του κλίση ώστε να πέσει το νερό από μεγαλύτερο ύψος, ενώ έδεσαν στο καπάκι ένα βαρίδιο το οποίο θα άνοιγε το καπάκι και θα ανάγκαζε το νερό να πέσει.

## **Ευρήματα από το φύλλο αναστοχασμού**

Από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών στο φύλλο αναστοχασμού φάνηκε να τους άρεσαν κυρίως οι δραστηριότητες σχεδιασμού και υλοποίησης των κατασκευών, ενώ δεν ανέφεραν κάτι που να μην τους άρεσε. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι εντυπωσιάστηκαν όταν συνειδητοποιήσαν πως σε μία κατασκευή μπορούν να συμβούν πολλές μετατροπές ενέργειας, ενώ ανέφεραν ότι ένιωσαν έκπληξη όταν διαπίστωσαν πως η ενέργεια υπάρχει παντού. Παράλληλα, τους φάνηκε πρωτότυπη η διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας, καθώς ήταν περίεργο γι' αυτούς/ές το γεγονός ότι διδάσκονταν Μαθηματικά και Φυσική ταυτόχρονα.

Σχετικά με τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν, αναφέρθηκε πως τους δυσκόλεψε η δημιουργία κοινής κατασκευής. Ανέφεραν ότι τους δυσκόλεψε ο λόγος και η συσχέτιση των τιμών, αλλά τελικά δήλωσαν πως τα κατανόησαν. Επιπλέον, κατέγραψαν ότι δυσκολεύτηκαν στις βελτιώσεις της κοινής κατασκευής ώστε να πετύχουν τον αρχικό σχεδιασμό τους.

Στην ερώτηση τι θα μπορούσε να γίνει καλύτερα, ένας μαθητής ανέφερε πως θα μπορούσαν να συνεργαστούν καλύτερα στην ομάδα τους, ενώ κάποιος άλλος κατέγραψε πως θα μπορούσαν να διαβάζουν καλύτερα την ερώτηση της κάθε δραστηριότητας που είχαν να πραγματοποιήσουν. Οι υπόλοιποι/ες μαθητές/τριες δεν έκαναν κάποια πρόταση.

Τέλος, όλοι/ες δήλωσαν ότι ένιωσαν χαρούμενοι/ες για τη συμμετοχή τους στις δραστηριότητες υλοποίησης κατασκευών, παρά τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν. Γενικότερα, προέκυψε ότι είχαν ευχάριστη εμπειρία από την ενασχόλησή τους στις δραστηριότητες και, κυρίως, στον σχεδιασμό και στην υλοποίηση των κατασκευών τους.

## **Συζήτηση και Συμπεράσματα**

Με βάση τα ευρήματα της παρούσας διδακτικής παρέμβασης, φαίνεται πως η διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας στα Μαθηματικά και τη Φυσική επιδρά θετικά στην οικοδόμηση των μορφών ενέργειας και του λόγου δύο μεγεθών από μαθητές/τριες της Στ' Δημοτικού κατά την υλοποίηση κατασκευών. Το πόρισμα αυτό συμφωνεί με σχετικές έρευνες από τη βιβλιογραφία, κατά τις οποίες η διεπιστημονικότητα συμβάλλει στη βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών/τριών (Σκουμπουρδή & Σκουμιός, 2016· Berlin & White, 2010). Επιπλέον, η διασύνδεση των Αναλυτικών Προγραμμάτων των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών φαίνεται να συμβάλλει θετικά στα μαθησιακά αποτελέσματα (Czeraniak et al., 1999), ενώ η διεπιστημονική διδασκαλία προσφέρει στους/στις μαθητές/τριες ευκαιρίες οι οποίες προάγουν τη μάθηση στις δύο επιστήμες μέσα από ένα κοινό πλαίσιο (Díez-Palomar et al., 2014).

Στην προσέγγισή μας, ο σχεδιασμός μιας κοινής κατασκευής αποτέλεσε τον συνδετικό κρίκο ανάμεσα στα Μαθηματικά και στη Φυσική, καθώς η διδασκαλία σχεδιάστηκε με σκοπό οι μαθητές/τριες να πραγματοποιήσουν συνδέσεις των δύο επιστημών μέσω ενός κοινού επικοινωνιακού χώρου αλλά ταυτόχρονα να διατηρούν την ταυτότητά τους, όπως περιγράφεται και στην έρευνα των Μούτσιος-Ρέντζος κ.ά. (2018). Η έκφραση του λόγου

δύο μεγεθών προκάλεσε δυσκολία σε κάποιους/ες μαθητές/τριες ακόμη και μετά τη δραστηριότητα αφόρμησης και τη μελέτη του σεναρίου, πριν την υλοποίηση των κατασκευών. Όπως φάνηκε, αρχικά, οι μαθητές/τριες δεν αναγνώρισαν ότι από τον λόγο δύο μεγεθών μπορεί να προκύψει μία σχέση ανάμεσά τους. Γενικότερα, φάνηκε ότι οι μαθητές/τριες κατέφυγαν στην αφαίρεση για να συσχετίσουν δύο μεγέθη. Ωστόσο, όταν τα μεγέθη ήταν διαφορετικά, κατέληξαν σε αδιέξοδο αναφορικά με την ερμηνεία του αποτελέσματος της αφαίρεσης.

Όσον αφορά στον λόγο των μεγεθών και το αντίστοιχο ανάγωγο κλάσμα, πριν τις κατασκευές οι μαθητές/τριες δεν κατάφεραν να ερμηνεύσουν τη σχέση ανάμεσα στα εμπλεκόμενα μεγέθη. Αντίθετα, μετά τις κατασκευές ο λόγος των μεγεθών και το αντίστοιχο ανάγωγο κλάσμα, φάνηκε να νοηματοδοτεί τη σχέση των εμπλεκόμενων μεγεθών, όταν αυτά ήταν διαφορετικά. Από την άλλη, όταν τα μεγέθη ήταν ίδια, ακόμα και μετά τις κατασκευές οι μαθητές/τριες δεν κατάφεραν να νοηματοδοτήσουν την τιμή του λόγου. Φαίνεται, λοιπόν, ότι η ύπαρξη διαφορετικών μονάδων μέτρησης βοήθησε τους/τις μαθητές/τριες να συσχετίσουν τα εμπλεκόμενα μεγέθη (kWh/km, m/s), σε αντίθεση με τον αδιάστατο λόγο ίδιων μεγεθών (kW/kW) που προκάλεσε δυσκολία στη νοηματοδότησή του.

Η κοινή κατασκευή που έπρεπε να σχεδιάσουν μόνοι/ες τους οι μαθητές/τριες με υλικά της επιλογής τους, ώστε να συμβούν όσο το δυνατό περισσότερες μετατροπές ενέργειας, τους δυσκόλεψε τόσο κατά τον σχεδιασμό, όσο και κατά την υλοποίησή της. Για την επιτυχία της κατασκευής, οι μαθητές/τριες αναγκάστηκαν να κάνουν κάποιες βελτιώσεις, κάτι που ενεργοποίησε τον προβληματισμό την επιμονή τους ώστε να πετύχει η κατασκευή. Το γεγονός αυτό συγκλίνει με πορίσματα από έρευνες (Λιάπη & Τσαπαρλής, 2007· Χαλκιά, 1993), οι οποίες υποστηρίζουν πως όταν οι μαθητές/τριες συμμετέχουν σε κατασκευές, ενεργοποιείται το ενδιαφέρον τους, ειδικά όταν οι κατασκευές συνδέονται με την καθημερινή τους ζωή, συνειδητοποιώντας ότι η σχολική γνώση είναι στενά συνδεδεμένη με τον πραγματικό κόσμο.

Η επιλογή υλικών με ψηφιακή ενίσχυση από όλους τους/τις μαθητές/τριες επέφερε θετικά αποτελέσματα, τόσο γνωστικά (μορφές ενέργειας, λόγος μεγεθών, σχέση μεγεθών), όσο και συναισθηματικά (ευχάριστη συμμετοχή στις δραστηριότητες). Επιπλέον, στην κοινή κατασκευή, οι μαθητές/τριες επέλεξαν να χρησιμοποιήσουν υλικά από την καθημερινή τους ζωή λόγω της εξοικείωσης τους με αυτά και επειδή μπορούσαν να τα φέρουν άμεσα και γρήγορα στο επόμενο μάθημα αφού τα είχαν ήδη στο σπίτι τους. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι μαθητές/τριες χρησιμοποιώντας πειράματα με υλικά από την καθημερινή τους ζωή αντιλαμβάνονται καλύτερα τα φυσικά φαινόμενα και αποκτούν θετική στάση στη μάθηση (Κουμαράς, 2000). Επίσης συνδέουν το υπό μελέτη φαινόμενο με το πραγματικό και όχι με ιδεατές καταστάσεις (Χαλκιά, 1993).

Μέσω της αξιολόγησης και του αναστοχασμού που πραγματοποιήθηκε μετά το πέρας των δραστηριοτήτων υλοποίησης των κατασκευών, φάνηκε πως οι κατασκευές κέντρισαν το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών. Η διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας ήταν

πρωτόγνωρη εμπειρία για εκείνους/ες. Ωστόσο, τους φάνηκε ευχάριστη εμπειρία, ενώ παράλληλα τους έκανε εντύπωση πως μπορούν να διδάσκονται ταυτόχρονα Φυσική και Μαθηματικά.

Συνοψίζοντας, με βάση τα ευρήματα της παρούσας έρευνας και λαμβάνοντας υπόψη τις σχετικές έρευνες, φαίνεται πως η διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών ενδεικνύεται για την ολιστική προσέγγιση της γνώσης, επιτυγχάνοντας σημαντικά οφέλη στη μάθηση (Σκουμπουρδή & Σκουμιός, 2016´ Berlin & White, 2010´ Davison et al., 1995´ Ríordáin et al., 2016). Η δημιουργία κατασκευών μπορεί να αποτελέσει σημείο εκκίνησης για την οικοδόμηση της γνώσης από τους/τις μαθητές/τριες, καθώς μέσω αυτών νοηματοδοτούν τις σχέσεις ανάμεσα στα εμπλεκόμενα μεγέθη και μούνται σε επιστημονικές διαδικασίες σε πλαίσια συνεργασίας και αναστοχασμού (Σκουμιός, 2016´ Koronen & Mäntylä, 2006). Δεδομένου ότι τα παιδιά του 21<sup>ου</sup> αιώνα είναι εξοικειωμένα με τα ψηφιακά περιβάλλοντα, η αξιοποίηση υλικών με ψηφιακή ενίσχυση κατά την υλοποίηση κατασκευών μπορεί να επιφέρει σημαντικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη τόσο της μαθηματικής γνώσης (Geiger et al., 2015), όσο και του επιστημονικού συλλογισμού (Koerber et al., 2015´ Kuhn et al., 2000). Παράλληλα, η ψηφιακή τεχνολογία μπορεί να δημιουργήσει οικεία και ευχάριστα προς τα παιδιά μαθησιακά περιβάλλοντα.

## Περιορισμοί και Προεκτάσεις

Η παρούσα διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε περιορισμένο αριθμό μαθητών/τριών (δεκαπέντε) Στ' τάξης του Δημοτικού. Θα μπορούσε να ισχυροποιηθεί αν πραγματοποιούνταν σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών/τριών καθώς και από μεγαλύτερο αριθμό εκπαιδευτικών πραγματοποιώντας την ίδια διδακτική προσέγγιση.

Στη διδακτική μας παρέμβαση, η διεπιστημονικότητα ανάμεσα στη Φυσική και τα Μαθηματικά δεν επιδιώκεται μέσω της ταυτόχρονης ανάπτυξης μιας κοινής έννοιας, αλλά μέσω της μετάβασης από το ένα γνωστικό πεδίο στο άλλο, αξιοποιώντας ως συνδετικό στοιχείο εργαλεία όπως ο λόγος στη σύγκριση μεγεθών. Η μέτρηση και η σύγκριση των μοχλοβραχιόνων στον καρυοθραύστη θα μπορούσαν να οδηγήσουν και στη συσχέτιση με τις δυνάμεις που απαιτούνται για το σπάσιμο ενός καρυδιού, φέρνοντας στο προσκήνιο την αντίστροφη αναλογία (μικρότερος μοχλοβραχίονας απαιτεί μεγαλύτερη δύναμη). Στην παρούσα προσέγγιση, ωστόσο, δεν επιχειρήσαμε να αναδείξουμε αυτή τη μαθηματικο-φυσική σύνδεση, καθώς ο βασικός μας στόχος ήταν η εξοικείωση των μαθητών/τριών με τον λόγο ως εργαλείο ποσοτικής σύγκρισης. Ωστόσο, η εισαγωγή του καρυοθραύστη αμέσως μετά τις μορφές ενέργειας δημιούργησε μία μη ομαλή μετάβαση ανάμεσα στα δύο γνωστικά αντικείμενα απαιτώντας από τα παιδιά ένα γνωστικό άλμα. Σε μελλοντικές εφαρμογές, η προσέγγιση του λόγου δύο μεγεθών θα μπορούσε να περιοριστεί μέσα στο ίδιο γνωστικό αντικείμενο. Επιπλέον, οι δραστηριότητες θα μπορούσαν να ελεγκταθούν προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης κοινών εννοιών που διαπερνούν τη Φυσική και τα Μαθηματικά.

Μελλοντικά, προτείνεται η εφαρμογή της παραπάνω διδακτικής παρέμβασης και σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών/τριών που βρίσκονται σε διαφορετικά σχολεία και εκπαιδευτικούς. Επίσης, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί επιπλέον διδακτική παρέμβαση, ώστε να διερευνηθεί αν οι μαθητές/τριες αντιλαμβάνονται τον λόγο δύο μεγεθών και τη σχέση μεταξύ τους, εμπλουτίζοντας την παρέμβαση με επιπλέον δραστηριότητες από άλλα γνωστικά πεδία Φυσικών Επιστημών, όπως της Χημείας, της Βιολογίας, ή της Γεωγραφίας. Τέλος, προτείνεται η μελέτη ανάλογων παρεμβάσεων, ώστε να διερευνηθεί η δυνατότητα ενσωμάτωσής τους στο Αναλυτικό Πρόγραμμα του Δημοτικού, προσεγγίζοντας διεπιστημονικά τη γνώση μέσω κατασκευών στα γνωστικά αντικείμενα των Μαθηματικών και της Φυσικής.

## Βιβλιογραφία

- Κουμαράς, Π. (2000). *Πειράματα Φυσικών Επιστημών με υλικά καθημερινής χρήσης*. ΟΕΔΒ.
- Κρητικός, Γ., & Μούτσιος-Ρέντζος, Α. (2018). Μηχανική των διεπιστημονικών αναστοχασμών στη σχολική μονάδα. Στο Α. Κοντάκος & Φ. Καλαβάσης (Επιμ.), *Θέματα Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού*, 10, 111-126. Διάδραση.
- Λιάπη, Ε. & Τσαπαρλής, Γ. (2007). Μαθητές γυμνασίου εκτελούν οι ίδιοι δημιουργικά πειράματα στα οξέα-βάσεις που συνδέονται με την καθημερινή ζωή. Μια πρώτη αξιολόγηση και σύγκριση με συμβατικά πειράματα. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος & Γ. Τσαπαρλής (Επιμ.), *Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών επιστημών και νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση»*, 725-734. Ανακτήθηκε στις 10 Δεκεμβρίου 2025 από: [https://kodipheet.chem.uoi.gr/fifth\\_conf/pdf\\_synedriou/teyxos\\_B/3\\_didakt\\_didask\\_xhm/9\\_XHM-15telikiF.pdf](https://kodipheet.chem.uoi.gr/fifth_conf/pdf_synedriou/teyxos_B/3_didakt_didask_xhm/9_XHM-15telikiF.pdf)
- Μούτσιος-Ρέντζος, Α., Τάτσης, Κ., Κρητικός, Γ., & Καλαβάσης, Φ. (2018). Διεπιστημονική προσέγγιση στην κατασκευή προβλήματος στα μαθηματικά και τη φυσική του σχολείου: ένα αναστοχαστικό εργαστήριο. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επιμ.), *Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών: διαφορετικές χρήσεις, διασταυρούμενες πορείες μάθησης»*, 148-155. Ανακτήθηκε στις 10 Δεκεμβρίου 2025 από: <https://ltee.aegean.gr/sekpy/2018/files/proceedings2018.pdf>
- Σκουμιός, Μ. (2016). Συμβολή μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων στις δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν τα αποδεικτικά στοιχεία γραπτών επιχειρημάτων. Στο Θ. Πιερράτος, Π. Κουμαράς, & Χ. Πολάτογλου (Επιμ.), *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες»*, 157-166. Ανακτήθηκε στις 10 Δεκεμβρίου 2025 από: <https://physlab.edu.uoi.gr/wp-content/uploads/2020/05/2016-synedrio-panekfe-praktika.pdf>

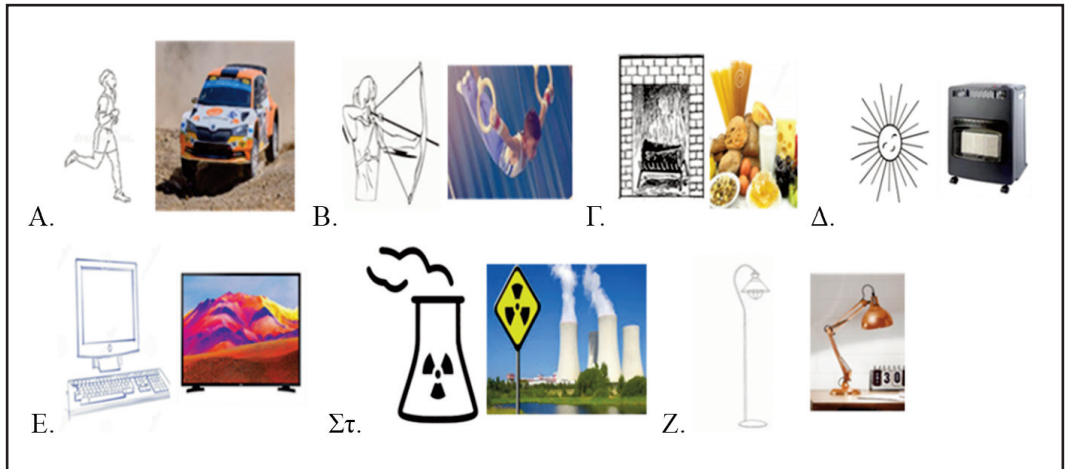
- Σκουμπουρδή Χ., Σκουμιός, Μ. (2016). Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις; Στο Μ. Σκουμιός & Χ. Σκουμπουρδή (Επιμ). *Πρακτικά 2<sup>ο</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;»*, 15-52. Ανακτήθηκε στις 10 Δεκεμβρίου 2025 από: <https://ltee.aegean.gr/sekpy/2016/files/proceedings2016.pdf>
- Σπύρτου, Α., & Ζάχου, Π. (2015). Εκπαιδευτικό υλικό για τις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο: ανάπτυξη και παρουσίαση του υλικού σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Στο Χ. Σκουμπουρδή, & Μ. Σκουμιός (Επιμ.), *Πρακτικά 1<sup>ο</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, 393-408. Ανακτήθηκε στις 10 Δεκεμβρίου 2025 από: <https://ltee.aegean.gr/sekpy/2014/files/proceedings2014.pdf>
- Χαλκιά, Κ. (1993). Τι είδους επιστημονικές δραστηριότητες και τι είδους “Εργαστήριο” Φυσικών Επιστημών χρειάζονται τα παιδιά του Δημοτικού Σχολείου. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 18, 31- 37.
- Berlin, D., & White, A. (2010). Preservice mathematics and science teachers in an integrated teacher preparation program for grades 7-12: A 3-year study of attitudes and perceptions related to integration. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 97-115. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9164-0>
- Bybee, R. W. (2014). Guest Editorial: The BSCS 5E Instructional Model: Personal Reflections and Contemporary Implications. *Science and Children*, 51(8), 10-13. [https://doi.org/10.2505/4/sc14\\_051\\_08\\_10](https://doi.org/10.2505/4/sc14_051_08_10)
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. BSCS. Ανακτήθηκε στις 10 Δεκεμβρίου 2025 από: [https://www.bates.edu/research/files/2018/07/BSCS\\_5E\\_Executive\\_Summary.pdf](https://www.bates.edu/research/files/2018/07/BSCS_5E_Executive_Summary.pdf)
- Czerniak, C. M., & Johnson, C. C. (2014). Interdisciplinary Science Teaching. Στο N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education*, 395-411. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Czerniak, C. M., Weber, W. B., Sandmann, A., & Ahern J. (1999). A literature review of science and mathematics integration. *School Science and Mathematics*, 99(8), 421-430. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1999.tb17504.x>
- Davison, D. M., Miller, K. W., & Metheny, D. L. (1995). What does integration of science and mathematics really mean? *School Science and Mathematics*, 95(5), 226-230. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1995.tb15771.x>
- Díez-Palomar, J., Giménez, J., Vanegas, Y. M. & Font, V. (2014). Connecting Mathematics to other disciplines as a meeting point for pre-service teachers. *Quaderni di Ricerca in Didattica (Mathematics)*, 24(1), 94-97.

- Driver, R., & Warrington, L. (1985). Students' Use of the Principle of Energy Conservation in Problem Situations. *Physics Education*, 20(4), 171-76.  
<https://doi.org/10.1088/0031-9120/20/4/308>
- Geiger, V., Goos, M., & Forgasz, H. (2015). A rich interpretation of numeracy for the 21st century: A survey of the state of the field. *ZDM*, 47(4), 531-548.  
<https://doi.org/10.1007/s11858-015-0708-1>
- Koerber, S., Mayer, D., Osterhaus, C., Schwippert, K., & Sodian, B. (2015). The development of scientific thinking in elementary school: A comprehensive inventory. *Child Development*, 86(1), 327-336. <https://doi.org/10.1111/cdev.12298>
- Koponen, I. T., & Mäntylä, T., (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, 15(1), 31-54. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-3199-6>
- Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., & Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognitive Instruction*, 18(4), 495-523.  
[https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1804\\_3](https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1804_3)
- Lamon, S. J. (1993). Ratio and proportion: Connecting content and children's thinking. *Journal for research in mathematics education*, 24(1), 41-61.  
<https://doi.org/10.2307/749385>
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International journal of science education*, 16(1), 99-120.  
<https://doi.org/10.1080/0950069940160107>
- Lobato, J., Ellis, A., & Zbiek, R. M. (2010). *Developing Essential Understanding of Ratios, Proportions, and Proportional Reasoning for Teaching Mathematics: Grades 6-8*. National Council of Teachers of Mathematics.  
[https://www.nctm.org/Store/Products/Developing-Essential-Understanding-of-Ratios,-Proportions,-and-Proportional-Reasoning-Grades-6-8-\(PDF\)/](https://www.nctm.org/Store/Products/Developing-Essential-Understanding-of-Ratios,-Proportions,-and-Proportional-Reasoning-Grades-6-8-(PDF)/)
- Matthews, P. G., & Ellis, A. B. (2018). Natural alternatives to natural number: The case of ratio. *Journal of Numerical Cognition*, 4(1), 19-58. <https://doi.org/10.5964/jnc.v4i1.97>
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162-188.  
<https://doi.org/10.1002/tea.21061>
- Nikitina, S. (2006). Three strategies for interdisciplinary teaching: contextualizing, conceptualizing, and problem-centring. *Journal of Curriculum Studies*, 38(3), 251-271.  
<https://doi.org/10.1080/00220270500422632>
- Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. BasicBooks.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 36(2), 1-11.

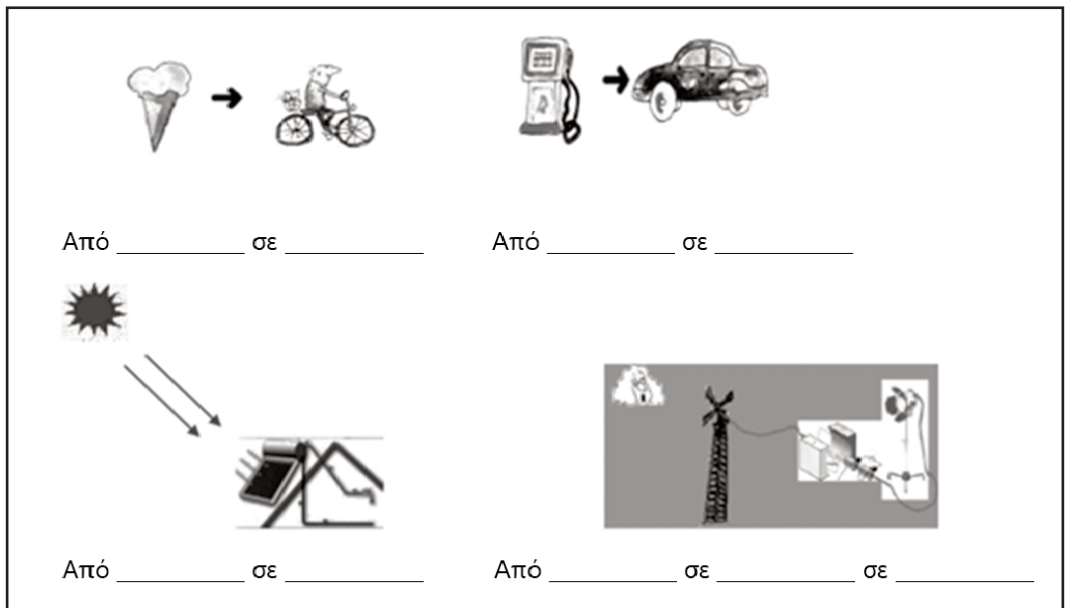
- Ríordáin, M., Johnston, J., & Walshe, G. (2016). Making Mathematics and Science Integration Happen: Key Aspects of Practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(2), 233-255.  
<https://doi.org/10.1080/0020739X.2015.1078001>
- Stefanidou, C., Stavrou, I., Kyriakou, K., & Skordoulis, C. (2020). Inquiry-based Teaching and Learning in the Context of Pre-service Teachers' Science Education. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11B), 5894-5900.  
<https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082223>

### Παράρτημα: Pre-test (Προ-διαγνωστική αξιολόγηση)

1) Στις παρακάτω εικόνες μπορείς να ονομάσεις τις μορφές ενέργειας που παρατηρείς;



2) Μπορείς να περιγράψεις τις μετατροπές ενέργειας στα παρακάτω σχήματα;



- 3) Μπορείς να αναφέρεις μια συσκευή ή μηχανή που γνωρίζεις η οποία μετατρέπει:
  - α) Την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα;
  - β) Τη δυναμική ενέργεια σε κινητική;
  - γ) Τη χημική ενέργεια σε θερμότητα;
  - δ) Την ηλεκτρική ενέργεια σε φωτεινή;
  
- 4) Ποια μορφή ενέργειας έχει ένα μήλο όταν:
  - α) Βρίσκεται πάνω στην μηλιά;
  - β) Πέφτει από τη μηλιά στο έδαφος;
  - γ) Όταν εμείς τρώμε το μήλο;
  
- 5) Να γράψεις με λόγο (κλάσμα) τη σχέση που έχουν:
  - α) ο αριθμός των θρανίων προς τον αριθμό των παιδιών της τάξης σου.
  - β) ο αριθμός των αγοριών της τάξης προς τον αριθμό των κοριτσιών της τάξης σου.
  
- 6) Δίνεται η εξής συνταγή: «Για 1000 γραμμάρια παγωτό κρέμα χρειαζόμαστε 200 γραμμάρια ζάχαρη και 800 γραμμάρια γάλα». Μπορείς να συγκρίνεις την ποσότητα της ζάχαρης με την ποσότητα του γάλακτος υπολογίζοντας τον λόγο τους;