

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

(2023)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών



STEAM: Τραγουδώντας ... τον Γαλιλαίο στο καλλιτεχνικό σχολείο Περιστερίου

Γεώργιος Πολυζώης, Δημήτριος Λαφατζής, Λάμπρος Κατσούλης

doi: [10.12681/codiste.5515](https://doi.org/10.12681/codiste.5515)

STEAM: ΤΡΑΓΟΥΔΩΝΤΑΣ ... ΤΟΝ ΓΑΛΙΛΑΙΟ ΣΤΟ ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ

Γεώργιος Πολυζώης¹, Δημήτριος Λαφατζής², Λάμπρος Κατσούλης³

¹Διευθυντής, 2^ο Λύκειο Χαϊδαρίου, ²Υποδιευθυντής, Καλλιτεχνικό Σχολείο Περιστερίου, ³ Μουσικός,
Καλλιτεχνικό Σχολείο Περιστερίου

georgdpol@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία περιγράφεται μια μεγάλου μεγέθους σχολική δραστηριότητα εμπνευσμένη από την Ιστορία της Φυσικής. Συγκεκριμένα αποδίδονται με αξιοποίηση του STEAM πειράματα του Γαλιλαίου με τα κεκλιμένα επίπεδα.

Λέξεις κλειδιά: STEAM, Ιστορία των Φυσικών Επιστημών (ΙΦΕ).

STEAM: SINGING ... GALILEO AT THE PERISTERI ART SCHOOL

George Polizois¹, Jim Lafatzis², first name, Labros Katsoulis³

¹Director, 2nd High School Haidari, ²Deputy Director, Art School Peristeri ³ Musician, Art School Peristeri

georgdpol@gmail.com

ABSTRACT

The paper describes a large-scale school activity inspired by the History of Physics. In particular, Galileo's experiments with inclined planes are rendered using STEAM.

Keywords: STEAM, History of Science (HoS)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σημείο αφετηρίας της συγκεκριμένης εργασίας μας αποτελεί η πρόκληση του STEM (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014) και η αξιοποίηση της διδακτικής επιλογής των Πολλαπλών Αναπαραστάσεων (Ainsworth, 2008) μέσα από συγκεκριμένες επιστημονικές πρακτικές με τις οποίες εμλεκονται οι μαθητές.

Επιπλέον ενσωματώνουμε στο STEM τις τέχνες (arts-STEAM). Όταν εξετάζουμε το STEM σε αντίστιξη με το STEAM (STEM vs STEAM), η διαφορά έγκειται στον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζουν τις επιστημονικές έννοιες. Το STEM εστιάζει ρητά στις σκληρές επιστημονικές, τεχνολογικές, μηχανικές ή μαθηματικές δεξιότητες για την προώθηση της προόδου ή τη δημιουργία μιας νέας ιδέας. Στο STEAM ως μαθητές αξιοποιούμε τόσο τις σκληρές όσο και τις μαλακές δεξιότητες για την επίλυση προβλημάτων.

ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ MEDIA

Οι πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις (MER) αποτελούν προνομιακό πεδίο μελέτης στις Φυσικές επιστήμες (Polyzois, & Valanides, 2010). Έρευνες στην Εκπαιδευτική Έρευνα στη Φυσική (Physics Educational Research - PER, αλλά και ανάλογες στην Εκπαιδευτική Έρευνα των Μαθηματικών καταγράφουν ότι οι πολλαπλές αναπαραστάσεις υποστηρίζουν την κατανόηση, τόσο όταν περιέχουν ποιοτικά διαφορετικές πτυχές των πληροφοριών που απαιτείται να μάθουν οι μαθητές όσο και όταν μεταδίδουν τις ίδιες πληροφορίες, αλλά με διαφορετικούς τρόπους στους μαθητές. Παράλληλα οι ίδιες έρευνες καταγράφουν και δυσκολίες των μαθητών στην αξιοποίηση των πολλαπλών αναπαραστάσεων (Christensen, & Thompson, 2012). Παρά τον κεντρικό ρόλο των MER στην επιστημονική πρακτική καθώς και την εκτεταμένη τους χρήση σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής και στα σχολικά εγχειρίδια, υπάρχουν στοιχεία που καταγράφουν ότι οι MER δεν είναι εύκολο έργο για τους μαθητές.

Η χρήση πολυμέσων (multimedia) ανοίγει πολλούς νέους δρόμους στην παρουσίαση των πολλαπλών αναπαραστάσεων και το κυριότερο δίνει πολλές δυνατότητες δράσης του μαθητή πάνω στις αναπαραστάσεις όταν αυτή συνδυαστεί με κατάλληλο λογισμικό, που θα πραγματοποιεί κατάλληλα «εργαλεία»-δράσεις (Παλίλης, Πολυζώης, & Κοκκώνης, 1999).

Μια γρήγορη επισκόπηση στα εκπαιδευτικά προϊόντα πολυμέσων για την εξοικείωση του μαθητή με την κίνηση και τα χαρακτηριστικά της δείχνει ότι η συνιστώσα του ήχου (ένα από τα βασικά μέσα των πολυμέσων) είναι ιδιαίτερα παραμελημένη. Η χρήση του ήχου περιορίζεται ή σε εκφώνηση κειμένου – οπότε θα ήταν ακριβέστερο να μιλά κανείς για μια άλλη μορφή κειμένου (λεκτικής αναπαράστασης) – ή σε κάποια ηχητικά εφέ, που δείχνουν αν λ.χ. οι επιλογές του μαθητή για τις παραμέτρους μιας βολής ήταν σωστές (χειροκροτήματα) ή αποτυχημένες, οπότε ακούγεται ο παφλασμός του βλήματος που πέφτει στο νερό.

ΕΝΑ ΣΠΟΥΔΑΙΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ: Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ (ΙΦΕ)

Η βιβλιογραφία (Πολυζώης, 2010), έχει αναδείξει την ΙΦΕ και της έχει προσδώσει έναν πολυδιάστατο ρόλο για την επίτευξη πολλαπλών εκπαιδευτικών και διδακτικών στόχων (πολιτιστικών, νοητικών, παιδαγωγικών, συναισθηματικών κ.ά.). Για την περίπτωση μας θα αντλήσουμε στοιχεία για την ελεύθερη πτώση από τα πειράματα του Γαλιλαίου (Ανδρεαδέλλης, Κατηφόρη., Κομινάτος-Γεννατάς, Μελέτης, Μπάρτζη, Ανδρεαδέλλης, & Αρβανίτης (2019).

Το 1604 ο Γαλιλαίος πιθανόν να είχε ήδη εκτελέσει το πείραμα της μπρούτζινης σφαίρας που κυλούσε σε κεκλιμένο επίπεδο, για να ελέγξει την αλήθεια του **νόμου της ελεύθερης πτώσης**. Με το κεκλιμένο επίπεδο αύξησε τη χρονική διάρκεια της κίνησης και η μέτρηση του χρόνου έγινε με τη βοήθεια της συλλογής νερού σε ένα δοχείο τον χρόνο κίνησης των σφαιρών. Αυτό το πείραμα το περιγράφει στο έργο του για τις "Δύο νέες Επιστήμες" (Σαρδελής, Κυπριανίδης, 1983).

Οι μετρήσεις του χρόνου και της απόστασης συμφωνούσαν με την εξής απλή σχέση:

$$\text{ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΠΟΥ ΔΙΑΝΥΘΗΚΕ} \approx (\text{ΧΡΟΝΟΣ})^2$$

(Η ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΠΟΥ ΔΙΑΝΥΘΗΚΕ ΕΙΝΑΙ ΑΝΑΛΟΓΗ ΜΕ ΤΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ)

Με μια ιδιοφυή **γεωμετρική προσέγγιση** επιβεβαίωσε (;) ότι η σχέση αυτή ήταν η αναγκαία συνθήκη για μια κίνηση με **σταθερή επιτάχυνση**.

Κάποιοι ιστορικοί της επιστήμης όμως ισχυρίζονται ότι ο Γαλιλαίος μετρούσε τον χρόνο τραγουδώντας (!). Όσο κι αν στην αρχή αυτό ακούγεται απίθανο, σε δεύτερη σκέψη φαίνεται πολύ λογικό. Η αναλογία του διανυθέντος διαστήματος με το τετράγωνο του χρόνου δεν απαιτεί τη χρήση συγκεκριμένων μονάδων, ούτε μήκους ούτε χρόνου, αρκεί τα χρονικά διαστήματα στα οποία γίνονται οι μετρήσεις να είναι ίσα. Ο Γαλιλαίος γιος μουσικού και ο ίδιος γνωστής της μουσικής, διέθετε την ικανότητα που είχε ένας μαέστρος κινώντας την μπαγκέτα του, να διαιρεί το χρόνο σε **ίσα διαστήματα** χωρίς να σκέφτεται τα δευτερόλεπτα. Με βάση αυτό υποθέτουμε ότι ο Γαλιλαίος πριν αφήσει την μπίλια να κυλίσει στο κεκλιμένο επίπεδο κρατούσε έναν ρυθμό τραγουδώντας έναν απλό σκοπό. Ο Crawford (1996) δίνει μια εξαιρετικά ακριβή περιγραφή για τον τρόπο, με τον οποίο ο Γαλιλαίος βασίστηκε στην μουσική του παιδεία, ώστε να μετρήσει ποσοτικά την κίνηση.

ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Κατασκευάσαμε ένα κατά το δυνατόν λείο διάδρομο μήκους 3,06m. Σημαδέναμε το μισό μήκος της διαδρομής 1,53m. Φυσικά και ο διάδρομος μας είχε τριβή, έτσι την λαμβάναμε υπόψη σε όλα τα πειράματά μας.

Αξιοποιήσαμε δυο μικρά σιδερένια σώματα, τα οποία θέταμε σε κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα στον διάδρομό μας για να αποδεικνύουμε ότι ο χρόνος κίνησής τους στο κεκλιμένο επίπεδο είναι ανεξάρτητος από τη μάζα.



Σχήμα 1ο. Το κεκλιμένο επίπεδο του πειράματος και τα σώματα που αξιοποιήσαμε.

Μετρούσαμε τον χρόνο t_1 που απαιτούνταν για να διανυθεί το μισό μήκος του διαδρόμου και τον χρόνο t_2 που απαιτούνταν για να διανυθεί ολόκληρο το μήκος του διαδρόμου. Για τους χρόνους αυτούς ισχύει η σχέση του Γαλιλαίου:

$$\text{ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΠΟΥ ΔΙΑΝΥΘΗΚΕ} \approx (\text{ΧΡΟΝΟΣ})^2$$

Και διατυπωμένη με σύγχρονα μαθηματικά:

$$\frac{(t_2)^2}{(t_1)^2} = \frac{x_2}{x_1} = \frac{3,06}{1,53} = 2$$

Άρα,

Οι χρόνοι πρέπει να έχουν την παρακάτω σχέση:

$$\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{2} \approx 1,41$$

Εκτελέσαμε πειράματα κίνησης σωμάτων σε κεκλιμένο επίπεδο που κατασκευάσαμε για να μιμηθούμε τον Γαλιλαίο, με τρόπο όμως σύγχρονο, που θα αναδεικνύει τις δυνατότητες της σημερινής τεχνολογικής εποχής εμπλέκοντας τη μουσική και τους ήχους.

1. Η πρώτη διαδικασία μέτρησης ήταν η πιο απλή. Περιλάμβανε μέτρηση των χρόνων t_1 και t_2 : α) με τα κινητά. β) με βιντεοσκόπηση της κίνησης.

2. Η δεύτερη διαδικασία μέτρησης περιελάμβανε μετρήσεις χρόνων t_1 και t_2 που αξιοποιούν ήχους: α) από μελωδία πιάνου β) από τραγούδι. (<https://youtu.be/s2777aC-7eE>)

3. Δεδομένου ότι το κεκλιμένο επίπεδο που κατασκευάστηκε (σχολική εκδοχή του E του STEAM) παρουσιάζει αναπόφευκτες ατέλειες επαναλάβαμε το πείραμα (2β) με τη ψηφιακή μορφή του κεκλιμένου

επιπέδου (https://youtu.be/pRfEzX0B_bI/) Αξιοποιήσαμε το λογισμικό Πολλαπλές Αναπαραστάσεις (<https://photodentro.edu.gr/edusoft/r/8531/309>) για να έχουμε στη διάθεση μας και ένα ιδανικό ψηφιακό κεκλιμένο επίπεδο μεγαλύτερου μήκους (15m) για να μπορούμε να μετρήσουμε τον χρόνο με το τραγούδι μας.



Σχήμα 2ο. Η οθόνη του ψηφιακού κεκλιμένου επιπέδου και ο πίνακας μετρήσεων του χρόνου και άλλων μεγεθών που δίνονται από το λογισμικό,

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η δραστηριότητα ενθουσίασε τους συμμετέχοντες μαθητές. Ένα σύνολο μαθητών με διαφορετικές ικανότητες συνδυαστήκαν δημιουργικά και καινοτόμα. Μαθητές ανέλαβαν ρόλους φυσικού, κατασκευαστή, μουσικού τραγουδιστή, χρονομέτρη, γραφίστα κ.α. Η κατασκευή αποτέλεσε το συνεχές ερώτημα για όλο το σχολείο στην αρχή με απορία, «γιατί το κάνατε» και στο τέλος με ενδιαφέρον αν το «πείραμα πήγε καλά».

Το πείραμα *πράγματι πήγε καλά* όπως μας έδειξαν η συμβατότητα των μετρήσεων του χρόνου με τους τέσσερεις διαφορετικούς τρόπους μέτρησης και η δυνατότητα αναπαραγωγής τους στις πολλές φορές που το πείραμα εκτελέστηκε,

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ανδρεαδέλλης Μ., Κατηφόρη Α., Κομινάτος-Γεννατάς Γ., Μελέτης Ε., Μπάρτζη Χ.-Ε., Ανδρεαδέλλης Μ., & Αρβανίτης Π. (2019). Διδάσκοντας την κίνηση μέσα από την εξέλιξη της Φυσικής. *Open Schools Journal for Open Science*, 2(1), 460–472. <https://doi.org/10.12681/osj.19586> β
- Παλῖλης, Β., Πολυζῶης, Γ., & Κοκκῶνης, Π. Α. (1999). Δυνατότητες και Σχεδιασμός Πολυμέσων για την Χρήση Πολλαπλῶν Αναπαραστάσεων στην Διδασκαλία των Φυσικῶν Επιστημῶν. Η Χρήση του Ἦχου. *Συνέδρια της Ελληνικῆς Επιστημονικῆς Ἐνωσης Τεχνολογιῶν Πληροφορίας & Επικοινωνιῶν στην Εκπαίδευση*, 305-310.
- Πολυζῶης, Γ. (2010). *Πεποιθήσεις των νηπιαγωγῶν, δασκάλων και καθηγητῶν σχετικά με τη χρήση της Ιστορίας των Φυσικῶν Επιστημῶν (ΙΦΕ) στη διδασκαλία τους*. Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή. 2010. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Σαρδελής, Δ., Κυπριανίδης, Τ. Η Δυναμική των Επιστημονικῶν Επαναστάσεων. Αθήνα 1983.
- Τριανταφυλλόπουλος, Η. Σ. (1999). Η ιστορία της φυσικῆς: ἀπὸ τον Αριστοτέλη ἕως το Γαλιλαῖο.
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. *Visualization: Theory and practice in science education*, 191-208.
- Christensen, W. M., & Thompson, J. R. (2012). Investigating graphical representations of slope and derivative without a physics context. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 8(2), 023101.
- Crawford, F. S. (1996). Rolling and slipping down Galileo's inclined plane: Rhythms of the spheres. *American Journal of Physics*, 64(5), 541-546.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). National Academy of Engineering and National Research Council (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. *Washington, DC: National Academies Press. doi, 10, 18612.*