

# Μία εκπαιδευτική πρόταση για πειραματισμό των μαθητών κατά την εξ αποστάσεως εκπαίδευση στη Φυσική

Παναγιώτης Λάζος<sup>1</sup>, Αλέξανδρος Κατέρης<sup>2</sup>, Παύλος Τζαμαλής<sup>3</sup>, Σεραφεΐμ Τσούκος<sup>4</sup>, Αθανάσιος Βελέντζας<sup>5</sup>

taklazos@gmail.com, akateris@yahoo.com, ptzamalidis@aua.gr, stsoukos@gmail.com, avelentz@gmail.com

<sup>1</sup>ΕΚΦΕ Ηλιούπολης, <sup>2</sup>2ο Πρότυπο Γενικό Λύκειο Αθηνών, <sup>3</sup>Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, <sup>4</sup>2ο Πρότυπο Γυμνάσιο Αθηνών, <sup>5</sup>ΣΕΜΦΕ - ΕΜΠ

## Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια πρόταση, που δομήθηκε και δοκιμάστηκε στην περίοδο της καραντίνας σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και αφορά τη χρήση απλών υλικών για τον πειραματισμό στο σπίτι, στο μάθημα της φυσικής, με τη βοήθεια εφαρμογών του κινητού τηλεφώνου για τη λήψη μετρήσεων. Στην εργασία παρουσιάζονται τα ευρήματα που προέκυψαν από την αξιολόγηση της πρότασης και συζητούνται οι προοπτικές αλλά και οι δυσκολίες κατά την εφαρμογή της. Τα ευρήματα συντείνουν στο συμπέρασμα ότι η πρόταση αυτή αποτελεί μια καλή πρακτική για τον ατομικό πειραματισμό των μαθητών και μπορεί να αξιοποιηθεί όχι μόνο σε εξ αποστάσεως εκπαίδευση αλλά και ως πρότυπο για την ανάθεση εργασιών στους μαθητές στην περίοδο που η διδασκαλία γίνεται στη σχολική τάξη.

**Λέξεις κλειδιά:** Πειράματα φυσικής, έξυπνα κινητά τηλέφωνα, φυσική γυμνασιού, ρηρηχοx, εξ αποστάσεως εκπαίδευση

## Εισαγωγή

Η εξέλιξη των ΤΠΕ προσέφερε εργαλεία για την ανάπτυξη προτάσεων για την εξ αποστάσεως εκπαίδευση. Υπάρχει ιδιαίτερα μεγάλο ενδιαφέρον για την εξ αποστάσεως εκπαίδευση λόγω των ειδικών συνθηκών που επικρατούν σε κάποιες χώρες (π.χ. ύπαρξη μικρών νησιών και απομακρυσμένων χωριών) αλλά και για ειδικές καταστάσεις, όπως στην περίπτωση της καραντίνας λόγω της covid-19 (O'Brien, 2020; Tzifopoulos, 2020). Ένας από τους προβληματισμούς που τίθενται στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση είναι το πώς θα μπορούσε αυτή να καλύψει, έστω σε ένα βαθμό, την εκπαιδευτική ανάγκη για πειραματισμό στα μαθήματα των φυσικών επιστημών (ΦΕ). Μια απάντηση στο ερώτημα θα μπορούσε να είναι η αξιοποίηση των εικονικών εργαστηρίων (Lefkos et al., 2010; Zacharia & Olympriou, 2011). Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας εξόπλισε τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα (ΕΚΤ) με πολλούς αισθητήρες, οπότε με τις κατάλληλες εφαρμογές (apps) παρέχονται δυνατότητες για πειραματισμό των μαθητών στα μαθήματα των ΦΕ (Kuhn et al., 2016; Klein et al., 2017; Monteiro et al., 2017; Kapucu, 2018; Pierratos & Polatoglou, 2018; Pili, 2018; Τσούκος κ.α., 2018). Η λήψη μετρήσεων γίνεται γρήγορα και η επεξεργασία των δεδομένων μπορεί να ολοκληρωθεί στην ίδια την συσκευή (Kateris et al., 2020). Ειδικότερα, σε καταστάσεις που υπάρχει δυσκολία πρόσβασης των μαθητών στο σχολικό εργαστήριο, η χρήση των ΕΚΤ μπορεί να βοηθήσει στην άρση αυτού του εμποδίου. Οι μαθητές μπορούν, στο πλαίσιο των εξ αποστάσεως μαθημάτων τους, να πειραματίζονται με απλά υλικά καθημερινής χρήσης στο σπίτι τους και η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων να γίνεται με αξιοποίηση των εφαρμογών που είναι διαθέσιμες γι' αυτό το λόγο στα ΕΚΤ.

Μία πρόταση, που βασίζεται στο παραπάνω σκεπτικό δομήθηκε και δοκιμάστηκε στην περίοδο της καραντίνας την άνοιξη του 2020 σε μαθητές γυμνασίου. Η πρόταση αυτή, κατά την άποψή μας, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί από τους εκπαιδευτικούς, ως μια καλή πρακτική, όχι μόνο στην περίπτωση εξ αποστάσεως εκπαίδευσης αλλά ακόμα και όταν οι μαθητές βρίσκονται στο σχολείο, ως ανάθεση ατομικής εργασίας. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται συνοπτικά αυτή η εκπαιδευτική πρόταση και η αξιολόγησή της. Διερευνήθηκε το κατά πόσο είναι εφικτή, αλλά και ποιες δυσκολίες παρουσιάζει, μια διαδικασία πειραματισμού των μαθητών στο σπίτι, με απλά υλικά και τη χρήση ΕΚΤ για τη λήψη μετρήσεων και συζητούνται οι προοπτικές εφαρμογής της πρότασης στην εκπαιδευτική διαδικασία.

## **Μεθοδολογία**

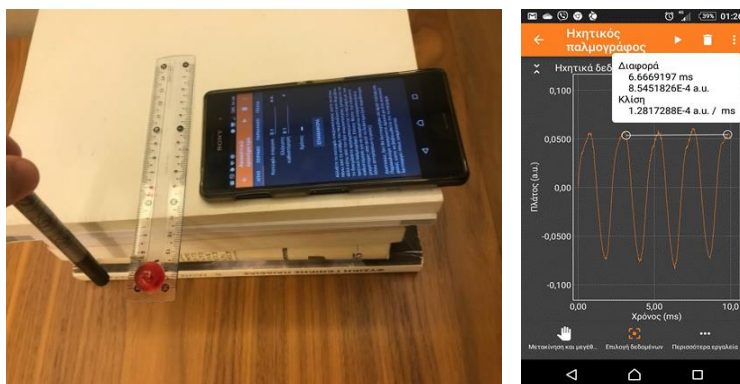
Στην Ελλάδα στο πλαίσιο της «πρώτης καραντίνας» για την covid-19, όλα τα εκπαιδευτικά ιδρύματα έκλεισαν στις 10 Μαρτίου 2020 και παρέμειναν κλειστά για δύο μήνες. Κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου έγινε προσπάθεια να συνεχιστεί η εκπαίδευση των μαθητών μέσω διαφόρων εργαλείων τηλε-εκπαίδευσης. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιήθηκε η διαδικτυακή εφαρμογή “η-τάξη” του Πανελληνίου Σχολικού Δικτύου για ασύγχρονη τηλε-εκπαίδευση και η εφαρμογή “Webex Meetings” για να καλυφθούν, προαιρετικά, οι ανάγκες σύγχρονης τηλε-εκπαίδευσης. Η πρόταση που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία δοκιμάστηκε το πρώτο δεκαήμερο του Μαΐου 2020 σε μαθητές των τριών τάξεων ενός πειραματικού γυμνασίου του κέντρου των Αθηνών, όταν είχαν ήδη χρησιμοποιηθεί και οι δύο προαναφερόμενες πλατφόρμες τηλε-εκπαίδευσης για το μάθημα της φυσικής.

## **Οι πειραματικές δραστηριότητες**

Αρχικά επιλέχθηκαν οι κατάλληλες πειραματικές δραστηριότητες με τα εξής κριτήρια: (i) να είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν με τη χρήση οποιουδήποτε ΕΚΤ, (ii) να απαιτούνται απλά υλικά που μπορούν να βρουν εύκολα οι μαθητές, (iii) να μπορούν να πραγματοποιηθούν ατομικά και (iv) να είναι συμβατές με το πρόγραμμα σπουδών και πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση της Α' Γυμνασίου να εξυπηρετεί το διττό στόχο της άσκησης στην κατασκευή γραφικών παραστάσεων και της άντλησης πληροφοριών από αυτές, στη Β' Γυμνασίου η δραστηριότητα αφορούσε την επανάληψη στην έννοια της ταχύτητας, ενώ στην Γ' Γυμνασίου η δραστηριότητα σχεδιάστηκε για την εφαρμογή των γνώσεων από το κεφάλαιο του ήχου. Το πρώτο, από τα προηγούμενα κριτήρια, σχετίζεται κυρίως με τους αισθητήρες με τους οποίους είναι εξοπλισμένα τα σύγχρονα ΕΚΤ. Όλα διαθέτουν αισθητήρα ήχου (μικρόφωνο) και επιτάχυνσης, ενώ αρκετά έχουν αισθητήρα φωτός, έντασης μαγνητικού πεδίου, πίεσης κ.α. Εδώ επιλέχθηκαν δραστηριότητες που να μπορούν να πραγματοποιηθούν με χρήση του μικροφώνου. Παράλληλα έπρεπε να επιλεγεί και η κατάλληλη εφαρμογή (App) για ΕΚΤ. Για την επιλογή της εφαρμογής τέθηκαν τα παρακάτω κριτήρια: (i) να είναι διαθέσιμη δωρεάν (ελεύθερη εφαρμογή), (ii) να δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες πλήρους επεξεργασίας των δεδομένων/μετρήσεων απευθείας στην οθόνη των ΕΚΤ, (iii) να είναι διαθέσιμη και για τα δυο κυρίαρχα λειτουργικά συστήματα για ΕΚΤ (Android και iOS) και (iv) να διαθέτει δυνατότητα εκτέλεσης μεγάλης ποικιλίας πειραμάτων.

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια σχεδιάστηκαν τρεις πειραματικές δραστηριότητες, μια για κάθε τάξη του γυμνασίου και επιλέχθηκε η εφαρμογή rhyphox για την πραγματοποίηση όλων των δραστηριοτήτων (Staacks et al., 2018; Carroll & Lincoln, 2020). Συγκεκριμένα σχεδιάστηκαν οι παρακάτω πειραματικές δραστηριότητες ανά τάξη και για κάθε δραστηριότητα δημιουργήθηκε ένα φύλλο εργασίας (ΦΕ).

*Α' Γυμνασίου:* Οι μαθητές καλούνται να εγκαταστήσουν την εφαρμογή ρυθροχ στο ΕΚΤ και να εξοικειωθούν με τη λειτουργία «Ακουστικό χρονόμετρο» της εφαρμογής ώστε να μετρούν το χρόνο μεταξύ δυο διακριτών ήχων. Στο πείραμα μετρούν το ύψος από το οποίο θα χτυπήσουν απότομα το χάρακα πάνω στον οποίο βρίσκεται μια σφαίρα ώστε αυτή να ξεκινήσει να εκτελεί ελεύθερη πτώση, όπως φαίνεται αριστερά στην Εικόνα 1. Χρησιμοποιώντας το «Ακουστικό χρονόμετρο» πρέπει να μετρήσουν το χρόνο πτώσης της σφαίρας, δηλαδή το χρόνο από τον πρώτο ήχο (χτύπημα του χάρακα) μέχρι τον αμέσως επόμενο (πρόσκρουση της σφαίρας στο δάπεδο). Μεταβάλλοντας το ύψος επαναλαμβάνουν την διαδικασία και ακολούθως καλούνται να κατασκευάσουν τη γραφική παράσταση του χρόνου πτώσης σε συνάρτηση με το ύψος. Τέλος, πρέπει από τη γραφική παράσταση που χάραξαν να προβλέψουν τον χρόνο πτώσης της σφαίρας από δεδομένο ύψος. Τονίζεται ότι οι μαθητές δεν έχουν ακόμα διδαχθεί τους νόμους της ελεύθερης πτώσης και η διερεύνηση γίνεται πειραματικά.



**Εικόνα 1. Αριστερά: η διάταξη για τη δραστηριότητα της ελεύθερης πτώσης. Δεξιά: στιγμιότυπο από το «Ηχητικό παλμογράφο», της εφαρμογής Ρυθροχ.**

*Β' Γυμνασίου:* Αρχικά οι μαθητές έχουν να συγκρίνουν θεωρητικά την ταχύτητα αντικειμένων που διανύουν (α) ίδιο διάστημα σε διαφορετικό χρόνο, (β) διαφορετικά διαστήματα στον ίδιο χρόνο και (γ) διαφορετικά διαστήματα σε διαφορετικούς χρόνους. Στη συνέχεια αφού εγκαταστήσουν την εφαρμογή ρυθροχ πρέπει να εξοικειωθούν με την λειτουργία «Ακουστικό χρονόμετρο» της εφαρμογής και να μετρήσουν το χρόνο μεταξύ δυο διακριτών ήχων. Στο επόμενο βήμα καλούνται να τοποθετήσουν μια μπάλα σε κάποια απόσταση από ένα εμπόδιο και να μετρήσουν αυτή την απόσταση. Χρησιμοποιώντας το «Ακουστικό χρονόμετρο» πρέπει να μετρήσουν τον χρόνο μεταξύ του λακτίσματος της μπάλας και της πρόσκρουσής της στο εμπόδιο. Ακολούθως κάνουν υπολογισμούς για να προσδιορίσουν τη μέση ταχύτητα της μπάλας και επαναλαμβάνουν την διαδικασία τέσσερις φορές. Τέλος καλούνται να συγκρίνουν την μεγαλύτερη ταχύτητα που πέτυχαν στις δοκιμές τους με μια δεδομένη ταχύτητα (μπάλας ποδοσφαίρου από συγκεκριμένο αγώνα) μετρημένη σε διαφορετική μονάδα μέτρησης, προκειμένου αφενός μεν να ασκηθούν στη μετατροπή μονάδων, στόχος σημαντικός για την συγκεκριμένη τάξη, αφετέρου να αποκτήσουν μια αίσθηση για τις τιμές ταχύτητας πραγματικών αντικειμένων.

*Γ' Γυμνασίου:* Για τις ανάγκες αυτής της δραστηριότητας δημιουργήθηκαν με το ελεύθερο λογισμικό επεξεργασίας ήχου Audacity δύο αρχεία με ήχους συχνότητας 440 Hz και 1000

Hz, χωρίς να είναι γνωστές αυτές οι συχνότητες στους μαθητές. Τα αρχεία ήχου ήταν προσβάσιμα στους μαθητές μέσω της πλατφόρμας “η-τάξη”. Οι μαθητές αρχικά καλούνται να εγκαταστήσουν την εφαρμογή rhyrhex σε κάποιο ΕΚΤ και να εξοικειωθούν με την λειτουργία της εφαρμογής «Ηχητικός παλμογράφος». Στη συνέχεια πρέπει να αναπαράγουν σε κάποιον Η/Υ το αρχείο «Ηχος 1» και αφού τοποθετήσουν το ΕΚΤ κοντά στο ηχείο του Η/Υ, καλούνται να καταγράψουν την κυματομορφή του ήχου χρησιμοποιώντας τον «Ηχητικό παλμογράφο». Ακολούθως, όπως φαίνεται δεξιά στην Εικόνα 1, μετρώντας την χρονική απόσταση μεταξύ των κορυφών της κυματομορφής πρέπει να υπολογίσουν την περίοδο του κύματος. Κατόπιν, κάνουν υπολογισμούς για να προσδιορίσουν τη συχνότητα του ήχου και το μήκος κύματος. Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να προβλέψουν τη σχέση της συχνότητας του ήχου και του μήκους κύματος με α) την απόσταση του ΕΚΤ από το ηχείο του Η/Υ και β) την ένταση του ήχου (volume) του Η/Υ. Ακολουθούν πειραματικές διαδικασίες για να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν τις προβλέψεις τους. Τέλος, επαναλαμβάνουν τη διαδικασία για τον ήχο του 2<sup>ου</sup> αρχείου.

## Η δράση

Αρχικά ο εκπαιδευτικός «τοποθέτησε» το σχετικό υλικό (φύλλα εργασίας, υποστηρικτικά αρχεία πολυμέσων, οδηγίες εργασίας) στην εφαρμογή “η-τάξη”, όπου διατηρούσε ηλεκτρονική τάξη για κάθε φυσική τάξη του γυμνασίου. Στη συνέχεια σε ένα προκαθορισμένο (για το κάθε τμήμα της κάθε τάξης) σύγχρονο εξ’ αποστάσεως μάθημα 40 λεπτών, μέσω της πλατφόρμας Webex, έγινε η παρουσίαση του φύλλου εργασίας, δόθηκαν οι απαραίτητες οδηγίες και απαντήθηκαν ερωτήσεις των μαθητών. Συνολικά συμμετείχαν τέσσερα τμήματα της Α’, τρία τμήματα της Β’ και ένα τμήμα της Γ’ τάξης με τον αριθμό των μαθητών ανά τμήμα να ποικίλει. Αυτό ήταν συνέπεια κυρίως της προαιρετικής παρακολούθησης των μαθημάτων κατά την διάρκεια της «πρώτης καραντίνας» αλλά και της πραγματικής αδυναμίας λίγων μαθητών να συμμετέχουν λόγω έλλειψης πόρων (σύνδεση στο διαδίκτυο, ηλεκτρονικοί υπολογιστές). Για τους παραπάνω λόγους έγινε σαφές από την αρχή στους μαθητές ότι η εργασία ήταν προαιρετική χωρίς επίπτωση στην αξιολόγησή τους. Συνολικά παρακολούθησαν τα μαθήματα παρουσίασης των πειραμάτων 95 μαθητές της Α’, 58 μαθητές της Β’ και 20 μαθητές της Γ’ Γυμνασίου. Μετά την παρουσίαση οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά, σύμφωνα με τις οδηγίες του ΦΕ, στο σπίτι και ο εκπαιδευτικός είχε υποστηρικτικό ρόλο με ασύγχρονο τρόπο μέσω της ηλεκτρονικής τάξης. Τα ΦΕ είχαν δημιουργηθεί σε μορφή ηλεκτρονικού αρχείου προγράμματος επεξεργαστή κειμένου. Οι μαθητές μπορούσαν να πληκτρολογήσουν τις απαντήσεις τους σε αυτό το αρχείο και να το αποθηκεύσουν ή να γράψουν χειρόγραφα τις απαντήσεις τους (στο ΦΕ αφού το εκτυπώσουν ή σε λευκό χαρτί) και να το φωτογραφίσουν με το ΕΚΤ δημιουργώντας ένα αρχείο. Στην «η-τάξη» είχε δημιουργηθεί ειδικός χώρος απόθεσης των εργασιών. Δέκα μέρες μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας δόθηκε, στους μαθητές που είχαν αποστείλει αρχεία των εργασιών τους, ερωτηματολόγιο (φόρμα της Google) προκειμένου να το συμπληρώσουν οικειοθελώς. Το ερωτηματολόγιο είχε ως σκοπό τη διερεύνηση των συνθηκών διεξαγωγής της όλης εργασίας, των πιθανών δυσκολιών και την αξιολόγηση του πειραματισμού από τους μαθητές. Τα κυριότερα ερωτήματα του ερωτηματολογίου (ερωτήσεις Ε1 – Ε11) φαίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων στα ερωτηματολόγια ανά τάξη

E1) Για την ολοκλήρωση της άσκησης και την συμπλήρωση του φύλλου εργασίας χρειάστηκες βοήθεια;		<b>Ναι</b>				<b>Όχι</b>
	A	37%				63%
	B	22%				78%
	Γ	0%				100%
E2) Πόσες περίπου ώρες χρειάστηκες για να ολοκληρώσεις το πείραμα και το φύλλο εργασίας;		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	A	29%	60%	11%	0%	0%
	B	65%	22%	13%	0%	0%
	Γ	22%	33%	33%	0%	11%
E3) Πως σου φάνηκε η χρήση του κινητού τηλεφώνου και της εφαρμογής rhyrhox;		<b>Πολύ Εύκολη</b>	<b>Εύκολη</b>	<b>Μέτριας Δυσκολίας</b>	<b>Δύσκολη</b>	<b>Πολύ Δύσκολη</b>
	A	40%	26%	31%	3%	0%
	B	30%	48%	13%	4%	4%
	Γ	33%	44%	22%	0%	0%
E4) Η εύρεση και προετοιμασία των απαραίτητων υλικών ήταν εύκολη ή δύσκολη;		<b>Πολύ Εύκολη</b>	<b>Εύκολη</b>	<b>Μέτριας Δυσκολίας</b>	<b>Δύσκολη</b>	<b>Πολύ Δύσκολη</b>
	A	43%	43%	9%	3%	3%
	B	65%	30%	0%	0%	4%
	Γ	56%	33%	11%	0%	0%
E5) Πως θα χαρακτήριζες την πραγματοποίηση του πειράματος;		<b>Πολύ Εύκολη</b>	<b>Εύκολη</b>	<b>Μέτριας Δυσκολίας</b>	<b>Δύσκολη</b>	<b>Πολύ Δύσκολη</b>
	A	11%	34%	46%	9%	0%
	B	17%	52%	26%	0%	4%
	Γ	11%	33%	44%	11%	0%
E6) Πως θα χαρακτήριζες τα ερωτήματα του φύλλου εργασίας;		<b>Πολύ Κατανοητά</b>	<b>Κατανοητά</b>	<b>Σχετικά Κατανοητά</b>	<b>Δυσνόητα</b>	<b>Πολύ Δυσνόητα</b>
	A	43%	43%	9%	6%	0%
	B	43%	30%	17%	4%	4%
	Γ	33%	33%	33%	0%	0%
E7) Αντιμετώπισες δυσκολία στην συμπλήρωση του φύλλου εργασίας;		<b>Καθόλου</b>	<b>Μικρή</b>	<b>Μέτρια</b>	<b>Αρκετή</b>	<b>Πολύ</b>
	A	43%	46%	6%	6%	0%
	B	48%	48%	0%	0%	4%
	Γ	33%	44%	22%	0%	0%
E8) Πως θα χαρακτήριζες την διαδικασία για την αποστολή του συμπληρωμένου φύλλου εργασίας στην ηλεκτρονική τάξη;		<b>Πολύ Εύκολη</b>	<b>Εύκολη</b>	<b>Μέτριας Δυσκολίας</b>	<b>Δύσκολη</b>	<b>Πολύ Δύσκολη</b>
	A	63%	14%	20%	3%	0%
	B	78%	13%	9%	0%	0%
	Γ	78%	0%	0%	11%	11%
E9) Πως θα χαρακτήριζες όλη τη διαδικασία ως προς το ενδιαφέρον που σου προκάλεσε;		<b>(1)-Πολύ Ενδιαφέρουσα</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)-Αδιάφορη</b>
	A	37%	43%	11%	3%	6%
	B	39%	43%	13%	4%	0%
	Γ	56%	33%	11%	0%	0%
E10) Πόσο ευχάριστη θα χαρακτήριζες όλη τη διαδικασία;		<b>(1)-Πολύ</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)-Καθόλου</b>
	A	34%	26%	31%	6%	3%
	B	35%	57%	9%	0%	0%
	Γ	44%	56%	0%	0%	0%
E11) Θα ήθελες να πραγματοποιήσεις ξανά κάτι παρόμοιο;		<b>(1)-Πολύ</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)-Καθόλου</b>
	A	31%	29%	37%	3%	0%
	B	57%	22%	17%	0%	4%
	Γ	67%	33%	0%	0%	0%

## Ευρήματα-Αποτελέσματα

Τα ΦΕ που υπέβαλαν οι μαθητές μαζί με τα απαντημένα ερωτηματολόγια αποτελούν το κύριο εργαλείο αξιολόγησης της δράσης. Πέρα από τα ΦΕ οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να στείλουν φωτογραφίες και βίντεο από την πειραματική διαδικασία και έτσι συγκεντρώθηκε ένας μικρός αριθμός ενδεικτικών τέτοιων αρχείων.

### Η ανταπόκριση των μαθητών και η αποστολή των συμπληρωμένων ΦΕ

Η ανταπόκριση των μαθητών ως προς την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων κυμάνθηκε σε μέτρια ποσοστά. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην προαιρετικό χαρακτήρα της δράσης λόγω των ειδικών συνθηκών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Όλοι οι μαθητές που συμπλήρωσαν τα ΦΕ κατάφεραν να δημιουργήσουν κάποιο ηλεκτρονικό αρχείο και να το ανεβάσουν στο χώρο απόθεσης. Συγκεντρώθηκαν 42 ΦΕ της Α' Γυμνασίου, 25 της Β' Γυμνασίου και 12 της Γ' Γυμνασίου. Από τους 79 μαθητές που απέστειλαν ΦΕ οι 67 συμπλήρωσαν και απέστειλαν και το ερωτηματολόγιο (35 Α', 23 Β' και 9 Γ' Γυμνασίου). Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 1 (ερώτηση Ε8) η διαδικασία αποστολής του συμπληρωμένου ΦΕ στην ηλεκτρονική τάξη δεν δυσκόλεψε τους μαθητές.

### Η εκτέλεση των πειραμάτων και οι μετρήσεις

Παρόλο που η διαδικασία ήταν πρωτόγνωρη για τους μαθητές φαίνεται ότι σε γενικές γραμμές κατάφεραν να εκτελέσουν τα πειράματα. Το πείραμα της Α' Γυμνασίου δυσκόλεψε όπως προκύπτει τόσο από τα ΦΕ όσο και από το ερωτηματολόγιο περισσότερο τους μικρούς μαθητές από ότι τα πειράματα των δύο άλλων τάξεων. Οι μαθητές της Α' τάξης δήλωσαν σε μεγαλύτερο ποσοστό, σε σχέση με τους μαθητές των άλλων τάξεων, ότι βοήθηθηκαν από άλλο άτομο (Πίνακας 1 - Ε1). Επίσης, το μεγαλύτερο ποσοστό, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 1 (Ε5), βρήκε την εκτέλεση του πειράματος μέτριας δυσκολίας σε αντίθεση με τους μαθητές των άλλων τάξεων που τη βρήκαν ευκολότερη. Η δυσκολία για την Α' τάξη φαίνεται και από την σχετικά μικρή ακρίβεια των μετρήσεων στα ΦΕ. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι το πείραμα είχε ιδιαίτερη δυσκολία στη μέτρηση του χρόνου πτώσης της σφαίρας όταν αυτή γινόταν από μικρό ύψος. Όμως ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι οι περισσότεροι μαθητές (πάνω από 90%) προσπάθησαν να διαχειριστούν αυτή τη δυσκολία, επαναλαμβάνοντας πολλές φορές τη μέτρηση. Οι μετρήσεις των μαθητών των άλλων δύο τάξεων ήταν μεγαλύτερης ακρίβειας. Το ποσοστό των μαθητών της Β' τάξης που κατάφεραν να υπολογίσουν σωστά (εντός του εύρους των αναμενόμενων τιμών) την ταχύτητα της μπάλας ήταν πάνω από 90%. Επίσης, οι τιμές των συχνοτήτων και των μηκών κύματος που υπολόγισαν οι 8/12 μαθητές της Γ' τάξης ήταν παραπλήσιες με τις πραγματικές (απόκλιση 5%). Τέλος, από τον Πίνακα 1 (Ε4) προκύπτει ότι οι μαθητές δεν συνάντησαν ιδιαίτερη δυσκολία στην εύρεση των υλικών για τα πειράματα.

Η χρήση του ΕΚΤ με την αντίστοιχη εφαρμογή φαίνεται ότι δεν δυσκόλεψε ιδιαίτερα τους μαθητές. Δήλωσαν σε μεγάλο ποσοστό ότι δεν είχαν δυσκολία (Πίνακας 1 - Ε3), με εξαίρεση τους μαθητές της Α' τάξης όπου ναι μεν περίπου τα 2/3 δηλώνουν ότι δεν τους δυσκόλεψε αλλά το 1/3 θεώρησε ότι είχε μέτρια δυσκολία.

### Τα ερωτήματα του ΦΕ και η συμπλήρωσή του

Μετά την εκτέλεση του πειράματος και την λήψη των μετρήσεων, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, οι μαθητές απάντησαν στα ερωτήματα του ΦΕ. Οι ίδιοι όπως δηλώνουν (Πίνακας 1 - Ε6) τα βρήκαν κατανοητά και δεν συνάντησαν ιδιαίτερη δυσκολία. Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, αυτό που ερευνηθηκε ήταν κατά πόσο είναι εφικτή και με ποιες δυσκολίες μια διαδικασία πειραματισμού των μαθητών στο σπίτι. Η ανάλυση των

δεδομένων από τα ΦΕ, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, δεν επικεντρώθηκε σε θέματα κατανόησης των εννοιών όσο σε θέματα ανταπόκρισης των μαθητών στις απαιτούμενες διαδικασίες του ατομικού πειραματισμού στο σπίτι με τη βοήθεια του ΕΚΤ. Άλλωστε, εννοιολογικά οι τρεις δραστηριότητες ανήκουν σε διαφορετικές γνωστικές περιοχές. Ωστόσο, η ανάλυση των ΦΕ μπορεί να δώσει μια ανατροφοδότηση στον εκπαιδευτικό σχετικά με τα σημεία που θα μπορούσε να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση. Από την ανάλυση των ΦΕ, εκτός από τα δεδομένα που ήδη αναφέρθηκαν, σχετικά με την ακρίβεια των μετρήσεων, προέκυψε ότι:

- Οι μαθητές της Α' Γυμνασίου, ενώ ήταν η πρώτη φορά που έπρεπε να σχεδιάσουν γραφική παράσταση από πειραματικά δεδομένα με μορφή καμπύλης και όχι ευθείας, το πέτυχαν σε πολύ μεγάλο βαθμό. Συγκεκριμένα περίπου 15% των μαθητών σχεδίασε ευθεία γραμμή, ενώ οι υπόλοιποι αντιλήφθηκαν ότι δεν πρόκειται για ευθεία. Το 52% των μαθητών σχεδίασε σωστά την παραβολή, ενώ ένα ποσοστό 33% από αυτούς ένωσαν σημεία που προέκυψαν πειραματικά.
- Οι μαθητές της Β' Γυμνασίου ανταποκρίθηκαν πολύ καλά στην πειραματική διαδικασία αλλά και στα βήματα που απαιτούσαν αναλυτικούς υπολογισμούς. Όπως ήδη αναφέρθηκε οι τιμές της μέσης ταχύτητας της μπάλας που υπολόγισαν ήταν αναμενόμενες και επίσης σε πολύ μεγάλο ποσοστό (πάνω από 90%) έκαναν σωστά τις μετατροπές σε άλλη μονάδα μέτρησης, ώστε να συγκρίνουν την μέγιστη ταχύτητα της δικής τους μπάλας με αυτή του ποδοσφαιριστή.
- Στη Γ' Γυμνασίου, όπως ήδη αναφέρθηκε, οι τιμές των συχνοτήτων και των μηκών κύματος που υπολόγισαν οι μαθητές είχαν μικρή απόκλιση από τις πραγματικές. Αυτό που φάνηκε να μπερδεύει τους μαθητές και παρατηρήθηκαν παρανοήσεις είναι η ταύτιση του πλήθους των διαδοχικών κορυφών της κυματομορφής με το πλήθος των αντίστοιχων διαδοχικών ταλαντώσεων, πράγμα που οδήγησε το ¼ των μαθητών σε λανθασμένους υπολογισμούς.

### **Η αξιολόγηση της δραστηριότητας από τους μαθητές μέσω του ερωτηματολογίου**

Από τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο (Πίνακας 1 - Ε10) η δράση χαρακτηρίζεται ως ενδιαφέρουσα και ευχάριστη. Ωστόσο, φάνηκε να δυσκόλεψε το 1/3 περίπου των μαθητών της Α' τάξης που δεν την χαρακτήρισαν ούτε ευχάριστη ούτε δυσάρεστη και δεν φαίνεται να επιθυμούν την επανάληψή της. Σημειώνεται, ότι 6 μαθητές χρησιμοποίησαν ξανά από μόνοι τους την εφαρμογή rhyrbox για προσωπικό πειραματισμό. Αξίζει να επισημανθεί ότι από αυτούς οι 4 ήταν από την Β' τάξη και ίσως αυτό να σχετίζεται με το γεγονός ότι το φύλλο εργασίας είχε δραστηριότητα που περιείχε στοιχεία παιγνιδιού.

### **Συμπεράσματα**

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια καλή πρακτική η οποία μπορεί να εφαρμοστεί για τον ατομικό πειραματισμό των μαθητών. Η προτεινόμενη δράση, αν και ήταν μια πρωτόγνωρη διαδικασία για τους μαθητές, φάνηκε να έχει θετικά αποτελέσματα από εκπαιδευτική σκοπιά. Ο πειραματισμός των μαθητών έγινε στο σπίτι με απλά υλικά και τη χρήση του κινητού τηλεφώνου για τη λήψη μετρήσεων. Τα πειράματα που αναφέρθηκαν είναι ενδεικτικά και ο εκπαιδευτικός που επιθυμεί να υιοθετήσει μια τέτοια διαδικασία όχι μόνο για την εξ αποστάσεως εκπαίδευση αλλά και για την ανάθεση εργασιών στους μαθητές μπορεί να επιλέξει πειράματα συμβατά με τους διδακτικούς στόχους που έχει θέσει. Υπάρχει βέβαια και μια ακόμα επιλογή, να χρησιμοποιηθούν τα ΕΚΤ των μαθητών στο πλαίσιο του σχολικού εργαστηρίου, στην περίπτωση που αυτό στερείται του απαραίτητου εξοπλισμού,

για τη συγκέντρωση και επεξεργασία των μετρήσεων. Η επιλογή των πειραμάτων πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα υλικά που απαιτούνται να είναι καθημερινής χρήσης και ίσως να έχουν το στοιχείο του παιγνιδιού, ιδιαίτερα για τους μικρούς μαθητές, ώστε να είναι ελκυστικά. Επίσης, θα πρέπει η απαιτούμενη διαδικασία εκτέλεσης του πειράματος να είναι απλή ώστε να εκτελείται ατομικά από το μαθητή. Επειδή, οι μαθητές εκτελούν το πείραμα χωρίς την παρουσία του εκπαιδευτικού η προτεινόμενη δράση αναδεικνύει τον τρόπο σκέψης των μαθητών καλύτερα από ότι στην τάξη. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των μαθητών της Γ' γυμνασίου που ταύτισαν τον αριθμό το διαδοχικών κορυφών της κυματομορφής με τον αριθμό των ταλαντώσεων, αν το πείραμα είχε γίνει στην τάξη με ομαδική εργασία ενδεχομένως η παρανόηση αυτή να μην είχε αποκαλυφθεί στον εκπαιδευτικό. Η προτεινόμενη διαδικασία φαίνεται να είναι ευχάριστη σε μεγάλο ποσοστό των μαθητών. Πέρα από τις απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο και την ανάλυση των φύλλων εργασίας, ήταν φανερό από τις φωτογραφίες και τα βίντεο που έστειλαν αρκετοί μαθητές ότι ήταν μια ενδιαφέρουσα διαδικασία για αυτούς, την οποία αντιμετώπισαν με ενθουσιασμό. Ο χρόνος που αφιέρωσαν οι μαθητές για την ολοκλήρωση της δράσης πολύ δύσκολα θα μπορούσε να αφιερωθεί στην φυσική τάξη. Εφ' όσον όλη η διαδικασία γίνεται χωρίς την επίβλεψη του εκπαιδευτικού, ενδέχεται οι μαθητές να δέχονται κάποιου είδους βοήθεια από άλλα άτομα του περιβάλλοντός τους. Ωστόσο, μέσω μιας διαδικασίας, όπως αυτή που προτείνεται από την παρούσα εργασία, η συμμετοχή των μαθητών στην εξ' αποστάσεως εκπαίδευση γίνεται πιο ενεργητική.

### Αναφορές

- Kateris, A., Lazos, P., Tsoukos, S., Tzamalīs, P., & Velentzas, A. (2020). Possible technical problems encountered by the teacher in the incorporation of mobile phone sensors in the physics lab. *European Journal of Physics Education*, 11(2), 5-23.
- Carroll, R., & Lincoln, J. (2020). Phyphox app in the physics classroom. *The Physics Teacher*, 58, 606.
- Lefkos, I., Psillos, D. & Hatzikraniotis, E. (2010). Talking Physics in Inquiry Based Virtual Laboratory Activities. *9th International Conference on Computer Based Learning in Science*. (σ. 189-200). Warsaw.
- Kapucu, S. (2018). A simple experiment to measure the maximum coefficient of static friction with a smartphone. *Physics Education*, 53 (5), 1-3.
- Klein, P., Muller, A., Grober, S., Molz, A. & Kuhn, J. (2017). Rotational and frictional dynamics of the slamming of a door. *American Journal of Physics*, 85 (1), 30-37.
- Kuhn, J., Vogt, P. & Theilmann, F. (2016). Going nuts: Measuring free-fall acceleration by analyzing the sound of falling metal pieces. *The Physics Teacher*, 54 182-183.
- Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C. & Marti A. C. (2017). The Polarization of Light and Malus' Law Using Smartphones. *The Physics Teacher*, 55, 264-266.
- O'Brien, D. (2021). A Guide for Incorporating E-Teaching of Physics in a Post-COVID World. *American Journal of Physics*. 89 (4), 403-412.
- Pierratos T., & Polatoglou H. M. (2018). Study of the conservation of mechanical energy in the motion of a pendulum using a smartphone. *Physics Education*, 53 (1), 1-5.
- Pili, Ü. (2018). A dynamic-based measurement of a spring constant with a smartphone light sensor. *Physics Education*, 53 (3), 1-3.
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone based experiments: phyphox. *Physics Education*, 53, 045009.
- Tzifopoulos, M. (2020). In the shadow of Coronavirus: Distance education and digital literacy skills in Greece. *International Journal of Social Science and Technology*, 5(2), 1-14.
- Zacharia Z. C. & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21, 317-331.
- Τσοῦκος, Σ., Βελέντζας, Α., Κατέρης, Α. & Λάζος, Π. (2019). Διερεύνηση της Δυνατότητας Χρήσης Έξυπνων Κινητών Συσκευών στη Διδακτική Πράξη. Η Περίπτωση της Αξιοποίησης του Αισθητήρα Επιτάχυνσης. Στο Ν. Τζιμόπουλος & Μ. Ιωσηφίδου (επιμ.), *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου Scientix για την εκπαίδευση STEM* (σ. 27-35), Αθήνα.