



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ
ΔΙΟΙΚΗΣΗ & ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ
ΜΟΝΑΔΩΝ
του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος**

Διπλωματική Εργασία

**Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ SMARTPHONES ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ**

του

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΠΑΛΛΑ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Γεωργία Φέρμελη

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού διπλώματος
ειδίκευσης στη διοίκηση & οργάνωση εκπαιδευτικών μονάδων

Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος, 2019



Η παρούσα Διπλωματική Εργασία καλύπτεται στο σύνολό της νομικά από δημόσια άδεια πνευματικών δικαιωμάτων Creative Commons:

Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Παρόμοια Διανομή



Μπορείτε να:

- **Μοιραστείτε:** αντιγράψετε και αναδιανέμετε το παρόν υλικό με κάθε μέσο και τρόπο
- **Προσαρμόστε:** αναμείξτε, τροποποιήστε και δημιουργήστε πάνω στο παρόν υλικό

Υπό τους ακόλουθους όρους:

- **Αναφορά Δημιουργού:** Θα πρέπει να καταχωρίσετε αναφορά στο δημιουργό, με σύνδεσμο της άδειας, και με αναφορά αν έχουν γίνει αλλαγές. Μπορείτε να το κάνετε αυτό με οποιονδήποτε εύλογο τρόπο, αλλά όχι με τρόπο που να υπονοεί ότι ο δημιουργός αποδέχεται το έργο σας ή τη χρήση που εσείς κάνετε.
- **Μη Εμπορική Χρήση:** Δε μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το υλικό για εμπορικούς σκοπούς.
- **Παρόμοια Διανομή:** Αν αναμείξτε, τροποποιήσετε, ή δημιουργήσετε πάνω στο παρόν υλικό, πρέπει να διανείμετε τις δικές σας συνεισφορές υπό την ίδια άδεια Creative Commonsόπως και το πρωτότυπο.

Αναλυτικές πληροφορίες νομικού κώδικα στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>

Υπεύθυνη Δήλωση

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις που προβλέπονται από τον Κανονισμό Σπουδών του Μεταπτυχιακού Προγράμματος στη Διοίκηση & Οργάνωση Εκπαιδευτικών Μονάδων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποτελεί έργο αποκλειστικά δικής μου δημιουργίας, έρευνας, μελέτης και συγγραφής.
- Για τη συγγραφή της Διπλωματικής μου Εργασίας δεν χρησιμοποίησα ολόκληρο ή μέρος έργου άλλου δημιουργού ή τις ιδέες και αντιλήψεις άλλου δημιουργού χωρίς να γίνεται σαφής αναφορά στην πηγή προέλευσης (βιβλίο, άρθρο από επιστημονικό περιοδικό, ιστοσελίδα κλπ.).

Θεσσαλονίκη, 23/11/2019

Ο Δηλών: Αναστάσιος Πάλλας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το smartphone είναι σήμερα πανταχού παρόν και είναι ίσως η πιο κοινή ηλεκτρονική φορητή συσκευή στον πλανήτη. Η συνηθέστερη χρήση του είναι η επικοινωνία, η περιήγηση στο διαδίκτυο και η χρήση του ως συσκευή ήχου και εικόνας. Όμως η μεγάλη ποικιλία ενσωματωμένων αισθητήρων που διαθέτει το καθιστά ως ένα κινητό εργαστήριο τσέπης που θα μπορούσε να αντικαταστήσει σε πολλές περιπτώσεις ακριβές και ογκώδεις συσκευές στο εργαστήριο Φυσικής, ανατρέποντας και δίνοντας ταυτόχρονα μια νέα διάσταση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Την τελευταία δεκαετία μάλιστα έχουν πληθύνει οι προτάσεις και ιδέες πραγματοποίησης μετρήσεων με τη βοήθεια των εσωτερικών αισθητήρων ενός smartphone, όπως είναι οι μετρήσεις ταχύτητας, επιτάχυνσης, έντασης ηχητικού και μαγνητικού, φωτεινότητας κ.λπ. Όμως, παρά την πληθώρα προτεινόμενων πειραματικών διατάξεων λείπουν εκείνες οι εμπειρικές έρευνες που θα τεκμηριώσουν την παιδαγωγική και μεγάλη προστιθέμενη αξία του smartphone από τη χρήση του ως πειραματικό εργαλείο μετρήσεων στο εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών. Η παρούσα εργασία φιλοδοξεί να εμπλουτίσει την σχετική βιβλιογραφία με τα αποτελέσματα μιας εμπειρικής έρευνας ανάμεσα σε 70 περίπου μαθητές της γ' Γυμνασίου. Αρχικά παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα μιας βιβλιογραφικής επισκόπησης προτάσεων και πιλοτικών πειραματικών διατάξεων αξιοποίησης των smartphones στο Εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών. Στη συνέχεια της εργασίας παρουσιάζεται η δομή μιας μικροδιδασκαλίας που στόχο έχει τις απαντήσεις σε ερευνητικά ερωτήματα που αφορούν τόσο τα μαθησιακά αποτελέσματα της χρήσης του smartphone στη διδασκαλία της ταλάντωσης ενός εκκρεμούς, όσο και τις στάσεις των μαθητών απέναντι στη αξιοποίηση του smartphone στη διδασκαλία και αξιολόγηση τους στη συγκεκριμένη ενότητα. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν κοινά smartphones χαμηλού σχετικά κόστους και δυο δωρεάν εφαρμογές, η Physics Toolbox Suite για τη διδασκαλία της ταλάντωσης και η Socratic για την on time αξιολόγηση της διαδικασίας. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν την θετική ανταπόκριση των μαθητών απέναντι στη χρήση του smartphone στη διδασκαλία και αξιολόγηση, γεγονός που πρέπει να λάβουν υπόψη τους οι υπεύθυνοι εκπαιδευτικού σχεδιασμού. Όμως ταυτόχρονα ανέδειξαν και διάφορα τεχνικά κυρίως

προβλήματα τα οποία είναι αντιμετωπίσιμα και πάντως όχι ικανά να αντιστρέψουν τα θετικά οφέλη που προκύπτουν από τη παιδαγωγική αξιοποίηση των smartphones.

ABSTRACT

The smartphone is ubiquitous nowadays and is probably the most common portable electronic device on the planet. Its most common use is communication, browsing the Internet and as an audio and video device. Yet the wide variety of built-in sensors makes it a mobile pocket lab that could in many cases replace expensive and bulky devices in the Physics lab, while overturning and giving a new dimension to science teaching. In the last decade, suggestions and ideas for measuring with the help of internal sensors of a smartphone, such as speed, acceleration, sound and magnet volume, brightness, etc. have indeed increased. However, despite the large number of experimental designs proposed, there is a lack of empirical research that will substantiate the pedagogical and high added value of the smartphone by its use as an experimental measurement tool in the Science Laboratory. The present study aims to enrich the relevant literature with the results of an empirical study among approximately 70 students in year three of lower secondary school. Initially, the results of a bibliographic overview of proposals and pilot experiments on the exploitation of smartphones at the Laboratory of Natural Sciences are summarized. Next is presented the microstructure of a mini-lesson aiming at answering research questions concerning both the learning outcomes of using a smartphone in teaching oscillation of a pendulum, and the students' attitudes towards using a smartphone in teaching and assessing them in this particular section. Common low-cost smartphones and two free apps were used for this purpose; the Physics Toolbox Suite for teaching oscillation and Socrative for real-time evaluation process. The results highlight the positive response of students to the use of the smartphone in teaching and assessment, which should be taken into account by educational planners. At the same time, however, they also highlight a number of technical problems that are manageable and yet not capable of reversing the benefits of the pedagogical value of smartphones.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ, ΠΙΝΑΚΩΝ και ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	14
2.1. Αισθητήρες των smartphones και εφαρμογές αξιοποίησης τους.....	14
2.2. Επισκόπηση προτάσεων αξιοποίησης των SETs στη Φυσική.....	18
2.1.1. Προτάσεις αξιοποίησης του επιταχυνσιόμετρου.....	22
2.1.2. Προτάσεις αξιοποίησης του μικροφώνου.....	23
2.1.3. Προτάσεις αξιοποίησης του μαγνητομέτρου.....	26
2.1.4. Παραδείγματα αξιοποίησης άλλων αισθητήρων ή συνδυασμό τους.....	27
2.3. Χρήση των smartphone στην real time αξιολόγηση στη Φυσική.....	29
2.4. Προβληματισμός για τη χρήση των smartphones στη διδασκαλία.....	30
2.5. Προβληματισμός από τη χρήση των SETs στη διδασκαλία.....	32
2.6. Ερευνητικά ερωτήματα.....	38
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	39
3.1. Επιλογή δείγματος.....	39
3.2. Γνωστικό περιεχόμενο.....	41
3.3. Εργαλεία και μέθοδοι συλλογής δεδομένων.....	42
3.3.1. Πειραματικά εργαλεία και εφαρμογές των smartphones.....	42
3.3.2. Ερωτηματολόγια συλλογής δεδομένων.....	46
3.4. Καταχώρηση, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων.....	52
3.5. Οργάνωση της διδασκαλίας - διδακτικές τεχνικές.....	53
3.5.1. Δομή της διδακτικής παρέμβασης.....	53
3.5.2. Σύντομη περιγραφή των δραστηριοτήτων.....	55
3.5.3. Προβλήματα κατά την ερευνητική διαδικασία.....	59
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	61
4.1. Γνωστικό περιεχόμενο της «Ταλάντωσης».....	61
4.1.1. Περιγραφική στατιστική.....	61
4.1.2. Επαγωγική στατιστική ανάλυση.....	65
4.1.3. Σχολιασμός των αποτελεσμάτων του 1 ^{ου} ερωτηματολογίου.....	69
4.2. Αξιολόγηση με την Socrative.....	70
4.2.1. Περιγραφική στατιστική.....	70
4.2.2. Επαγωγική στατιστική ανάλυση.....	74
4.2.3. Σχολιασμός των αποτελεσμάτων.....	76

4.3 Απόψεις για τη χρήση του smartphone στην εκπαίδευση.....	77
4.3.1 Περιγραφική στατιστική.....	78
4.2.2 Επαγωγική στατιστική.....	83
4.2.3 Σχολιασμός των αποτελεσμάτων.....	88
4.4 Απόψεις για τη χρήση του smartphone στη διδασκαλία της Φυσικής.....	89
4.4.1 Περιγραφική στατιστική.....	90
4.1.2. Επαγωγική στατιστική ανάλυση.....	95
4.2.3 Σχολιασμός των αποτελεσμάτων.....	101
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	103
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	108
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	115
1° Φύλλο Εργασίας.....	115
2° Φύλλο Εργασίας.....	118

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ, ΠΙΝΑΚΩΝ και ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εικόνα 2.1. Αισθητήρας επιτάχυνσης α) αρχή λειτουργίας, β) το ενσωματωμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα και σχηματική παράσταση χρήσης του.....	15
Εικόνα 2.2. Οθόνες εφαρμογών στο σύστημα Android: α) Smart Measure, β) iSeismometer, γ) Ultimate EMF Detector Free και δ) Barometer Graph.....	16
Εικόνα 2.3. Οθόνες πακέτων εφαρμογών: α) Smart Tools, β) SmartSensors, γ) aTools 2.0 και δ) Sensor Box for Android.....	17
Εικόνα 2.4. Οθόνες εφαρμογών χρήσιμες στη Φυσική στο σύστημα Android: α) Physics Toolbox Sensor Suite, β) SPARKvue, και γ) Lab4Physics.....	17
Εικόνα 2.5. Συζευγμένες, μέσω ενός βαριδιού, ταλαντώσεις δυο smartphones που εξαρτώνται από τα άκρα δυο ελατηρίων (Kuhn & Vogt, 2012b).....	22
Εικόνα 2.6. Υπολογισμός της γωνιακής επιτάχυνσης με την οποία περιστρέφεται ένα smartphone (Vogt & Kuhn, 2013).....	23
Εικόνα 2.7. Μέτρηση του ήχου σε αέρια α) Το δοχείο με το CO ₂ β) Το φάσμα συχνοτήτων του CO ₂ (Monteiro et al., 2015).....	24
Εικόνα 2.8. Πειραματική διάταξη μέτρησης της ταχύτητας του ήχου από τα στάσιμα που δημιουργούνται (Yavuz, 2015).....	24
Εικόνα 2.9. Το διακρότημα που δημιουργείται (κάτω) από δύο παραπλήσιες συχνοτήτες (πάνω) (Kuhn, Vogt & Hirth, 2014).....	25
Εικόνα 2.10. Πείραμα μέτρησης της έντασης μαγνητικού πεδίου: α) η οθόνη της εφαρμογής που χρησιμοποιήθηκε, β) η πειραματική διάταξη (Arribas et. al., 2015).....	26
Εικόνα 2.11. Μελέτη της κίνησης με τη χρήση μαγνητομέτρου (Temiz & Yavuz, 2016).....	27
Εικόνα 2.12. Μελέτη κινήσεων με χρήση της κάμερας του smartphone (Becker, et. al. 2019).....	28
Εικόνα 3.1. Μελέτη ταλάντωσης εκκρεμούς α) Στην Α' Γυμνασίου β) Στην Γ' Γυμνασίου.....	41
Εικόνα 3.2. Η εφαρμογή Physics Toolbox Suite στο Play Store της Google.....	43
Εικόνα 3.3. Διάφοροι αισθητήρες της εφαρμογής Physics Toolbox Suite.....	43
Εικόνα 3.4. Παρουσίαση δεδομένων σε διαγραμματική και ψηφιακή μορφή στην εφαρμογή PTS.....	44
Εικόνα 3.5. Οθόνες της εφαρμογής Phyrhox.....	44
Εικόνα 3.6. Αποτελέσματα απαντήσεων (αριστερά) και παράδειγμα κουίζ για την Socrative (δεξιά).....	45
Εικόνα 3.7. Διαδικασία και δομή της διδακτικής παρέμβασης και συλλογής δεδομένων.....	54
Εικόνα 3.8. Ταλάντωση ελατηρίου πάνω από τον αισθητήρα μαγνητόμετρο του smartphone.....	57
Εικόνα 3.9. Ταλάντωση εκκρεμούς πάνω από τους αισθητήρες α) φωτός και β) εγγύτητας.....	58
Εικόνα 3.10. Ταλάντωση εκκρεμούς με τον αισθητήρα μαγνητόμετρο στη μια ακραία θέση.....	59

Πίνακας 3.1. Σύνδεση των ερωτήσεων των 3 ερωτηματολογίων με τη Φυσική και τα smartphones.....	52
Πίνακας 4.1. Πλήθος των σωστών απαντήσεων ανά ερώτηση, πριν και μετά τη διδασκαλία.....	62
Πίνακας 4.2. Μέση ολική και ανά φύλο βαθμολογία, πριν και μετά τη διδασκαλία. .	65
Πίνακας 4.3. Έλεγχος αξιοπιστίας του 1ου ερωτηματολογίου με υπολογισμό του δείκτη α Cronbach's.....	66
Πίνακας 4.4. Έλεγχος κανονικότητας βαθμολογίας αγοριών, κοριτσιών, πριν και μετά τη διδασκαλία.....	66
Πίνακας 4.5. Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας της αύξησης βαθμολογίας μετά τη διδασκαλία.....	67
Πίνακας 4.6. Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας των διαφορών κοριτσιών και αγοριών μεταξύ τους πριν και μετά τη διδασκαλία.....	67
Πίνακας 4.7. Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας της αύξησης της βαθμολογίας κατά φύλο.....	68
Πίνακας 4.8 Η βαθμολογία των μαθητών σχετικά με την εφαρμογή Socratic.....	72
Πίνακας 4.9. Έλεγχος αξιοπιστίας ερωτηματολογίου αποδοχής της εφαρμογής Socratic.....	74
Πίνακας 4.10. Έλεγχος κανονικότητας των απαντήσεων για την εφαρμογή Socratic	74
Πίνακας 4.11. Έλεγχος στατιστικά σημαντικής διαφοράς των απαντήσεων ανάμεσα στα 2 φύλα.....	75
Πίνακας 4.12. Δυνατές συσχετίσεις μεταξύ των απαντήσεων για την εφαρμογή Socratic.....	76
Πίνακας 4.13. Οι ερωτήσεις των 2 ερωτηματολογίων σχετικές με το smartphone στην εκπαίδευση.....	77
Πίνακας 4.14. Πίνακας συνάφειας με τις παρατηρούμενες και αναμενόμενες τιμές της 5ης ερώτησης.....	84
Πίνακας 4.15. Εφαρμογή του χ^2 σε όλες τις απαντήσεις με μεταβλητή τη διδασκαλία (πριν-μετά).....	85
Πίνακας 4.16. Η βαθμολογία των απαντήσεων (μέσοι όροι) πριν και μετά τη διδασκαλία.....	86
Πίνακας 4.17. Ο στατιστικός έλεγχος Mann – Whitney για τις πέντε (5) ερωτήσεις..	86
Πίνακας 4.18. Συσχετίσεις (δείκτης Pearson) μεταξύ των ερωτήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία.....	87
Πίνακας 4.19. Οι ερωτήσεις των 2 ερωτηματολογίων σχετικές με το smartphone στη Φυσική.....	89
Πίνακας 4.20. Πλήθος συμφωνούντων μαθητών ανά ερώτηση, πριν και μετά τη διδασκαλία.....	93
Πίνακας 4.21. Οι μέσοι όροι των απαντήσεων για τις 6 ερωτήσεις, πριν και μετά τη διδασκαλία.....	94
Πίνακας 4.22. Εφαρμογή του κριτηρίου χ^2 στις έξι (6) κοινές ερωτήσεις πριν και μετά τη διδασκαλία.....	96
Πίνακας 4.23. Mann – Whitney test στις απαντήσεις ανά φύλο πριν και μετά τη διδασκαλία.....	97
Πίνακας 4.24. Συσχετίσεις μεταξύ των 6 ερωτήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία...	98
Πίνακας 4.25. Το πλήθος απαντήσεων ανά βαθμίδα στις 2 ερωτήσεις σύγκρισης των 2 εφαρμογών.....	99
Πίνακας 4.26. Εφαρμογή του χ^2 στις ερωτήσεις σύγκρισης των δυο εφαρμογών...	100

Πίνακας 4.27. Η εφαρμογή Wilcoxon Test στις 2 ερωτήσεις σύγκρισης των 2 εφαρμογών.....	100
Διάγραμμα 2.1. Ο αριθμός των δημοσιευμένων άρθρων σε επισκόπηση για τη χρήση των smartphones στη διδασκαλία της Φυσικής (Πιερράτος 2018).....	18
Διάγραμμα 2.2. Οι αισθητήρες που έχουν αξιοποιηθεί για την σε πειραματικές διατάξεις ενοτήτων της Φυσικής (Πιερράτος, 2018).....	19
Διάγραμμα 2.3. Κατανομή των άρθρων ανά βαθμίδα εκπαίδευσης (Πιερράτος 2018).....	20
Διάγραμμα 4.1. Ποσοστό σωστών απαντήσεων ανά ερώτηση και ανά φύλο, πριν τη διδασκαλία στο 1 ^ο ερωτηματολόγιο.....	62
Διάγραμμα 4.2. Ποσοστό σωστών απαντήσεων κατά ερώτηση και ανά φύλο, μετά τη διδασκαλία.....	63
Διάγραμμα 4.3. Ποσοστιαία αύξηση σωστών απαντήσεων (βελτίωση) ανά φύλο και ανά ερώτηση του 1 ^{ου} ερωτηματολογίου.....	63
Διάγραμμα 4.4. Κατανομή των μαθητών με βάση τη βαθμολογία τους στο 1 ^ο ερωτηματολόγιο πριν και μετά τη διδασκαλία.....	64
Διάγραμμα 4.5. Οι απαντήσεις των μαθητών στην 7βαθμη κλίμακα Likert για την εφαρμογή Socrative.....	72
Διάγραμμα 4.6 . Οι μέσοι όροι βαθμολόγησης των απαντήσεων στην κλίμακα Likert ανά φύλο.....	73
Διάγραμμα 4.7. Ποσοστά των μαθητών ανά φύλο που αντιμετωπίζουν θετικά την εφαρμογή Socrative.....	73
Διάγραμμα 4.8. Κατανομή των απαντήσεων στην 1η και 2η ερώτηση του 2ου ερωτηματολογίου.....	78
Διάγραμμα 4.9. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με τη χρήση των smartphones για εκπαιδευτικούς λόγους.....	79
Διάγραμμα 4.10. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με τη μαθησιακή εμπειρία από τα smartphones.....	79
Διάγραμμα 4.11. Βαθμός συμφωνίας για το αν τα smartphones διευκολύνουν τη μάθηση.....	80
Διάγραμμα 4.12. Απαντήσεις στο ερώτημα αν τα smartphones διευκολύνουν τη συνεργασία.....	81
Διάγραμμα 4.13. Κατανομή απαντήσεων για το αν τα smartphones αυξάνουν τη διάθεση για μάθηση.....	81
Διάγραμμα 4.14. Κατανομή μαθητών που εξέφρασαν διστακτικότητα στις απαντήσεις, ανά ερώτηση.....	82
Διάγραμμα 4.15. Πλήθος μαθητών (και %) που γενικά συμφωνούν με τις απόψεις των ερωτήσεων.....	82
Διάγραμμα 4.16. Απαντήσεις στην 7βαθμη κλίμακα Likert για τη σχέση των smartphones με τη Φυσική.....	92
Διάγραμμα 4.17. Ποσοστά μαθητών που αντιμετωπίζουν θετικά τα smartphones ή PTS.....	93
Διάγραμμα 4.18. Κατανομή απαντήσεων στην 6η (2ου) και 3η (3ου) ερώτηση....	95
Διάγραμμα 4.19. Κατανομή απαντήσεων στην 1η και 7η ερώτηση του 3ου ερωτηματολογίου.....	95

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον 21^ο αιώνα οι μαθητές έχουν στην κατοχή τους ηλεκτρονικές συσκευές και σχολεία από πολλές χώρες αξιοποιούν αυτό το γεγονός υιοθετώντας μία πρακτική BYOD (Bring Your Own Device ή στα ελληνικά Φέρτε τη Δική σας Συσκευή). Ο όρος BYOD εισήχθη από τους Ballagas et. al. (2004) στον τομέα των επιχειρήσεων και αφορούσε τη σύνδεση των προσωπικών κινητών συσκευών, όπως το smartphone, το tablet ή το laptop με το δίκτυο ενός οργανισμού. Έκτοτε, η τάση αυτή υιοθετήθηκε από πολλές κοινότητες ανάμεσα στις οποίες είναι και η εκπαιδευτική. Έρευνες στον χώρο της Εκπαίδευσης δείχνουν σαφή αλληλεπίδραση στη μαθησιακή διαδικασία. Τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά των συσκευών που αναδεικνύουν τα πλεονεκτήματα της εκπαιδευτικής πολιτικής BYOD είναι η φορητότητα, η κοινωνική αλληλεπίδραση, η ανταλλαγή δεδομένων, η προσαρμογή, η ευαισθησία του περιβάλλοντος και η συνδεσιμότητα (Chan et. al., 2006). Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα η BYOD να διαδίδεται με ταχείς ρυθμούς σε σχολεία πολλών κρατών, χωρίς όμως να λείπει η κριτική στάση απέναντι στην καινοτομία αυτή.

Το 2012 οι φορητές συσκευές ήταν περισσότερες από τον πληθυσμό της Γης. Η σύνδεση κάθε είδους φορητής συσκευής στο διαδίκτυο και η διακίνηση δεδομένων και πληροφοριών αυξανόταν διαρκώς αλματωδώς (Cisco, 2019). Παρά την, σε πολλές περιπτώσεις, απαγόρευση της χρήσης τους στο σχολείο, η λειτουργικότητα τους, η ευχρηστία τους και η προσιτότητα τους παρέχει ευκαιρίες για την υποστήριξη της μάθησης. Η έμφαση κατά την παιδαγωγική αξιοποίηση των φορητών συσκευών μετατοπίζεται από τη διδασκαλία στη μάθηση, τη μάθηση μέσα και έξω από το σχολικό περιβάλλον (Kukulska - Hulme, 2010).

Αποτελέσματα από την αξιοποίηση των φορητών συσκευών σε ποικίλα εκπαιδευτικά πλαίσια εμφανίζονται από τις αρχές της δεκαετίας του 2000. Τα ιδιαίτερα τεχνολογικά τους χαρακτηριστικά, οι παιδαγωγικές προσεγγίσεις, η αποτελεσματικότητά τους, αποτελούν αντικείμενα μελέτης θεωρητικών και κυρίως εμπειρικών μελετών. Αναφορά της UNESCO αναδεικνύει την ανάγκη για την ανάπτυξη κατάλληλων παιδαγωγικών προσεγγίσεων που λαμβάνουν υπόψη τους το ευρύτερο κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον και την πρόσβαση από παντού και από όλους (Schuller, Winters & West, 2013). Οι Cobcroft et. al. (2006) επισημαίνουν τις μεταβολές που φέρνουν στην εκπαίδευση οι φορητές τεχνολογίες. Εντοπίζουν τις τεχνολογίες της εποχής όπως οι ταμπλέτες (tablet PCs), οι υπολογιστές παλάμης, τα Personal Digital Assistants (PDAs), τα κινητά τηλέφωνα και τα ασύρματα περιφερειακά τους και μελετούν τρόπους παιδαγωγικής αξιοποίησής τους.

Εκτός από την αύξηση του ενδιαφέροντος για την παιδαγωγική αξιοποίηση των ηλεκτρονικών φορητών συσκευών στην εκπαίδευση γενικά, μεγάλη αύξηση παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον για την εισαγωγή και υιοθέτηση των έξυπνων κινητών συσκευών ιδιαίτερα στο χώρο των Φυσικών Επιστημών. Με τον όρο έξυπνες κινητές συσκευές εννοούνται κυρίως τα κινητά τηλέφωνα (smartphones) τα οποία, παράλληλα με τη λειτουργία τους ως ασύρματα τηλέφωνα, παρέχουν εκτεταμένες πρόσθετες λειτουργίες Η/Υ και σύνδεσης Wi-Fi, ενώ μπορούν να εξοπλιστούν με πρόσθετα λογισμικά, τις λεγόμενες «εφαρμογές» ή apps.

Τα smartphones είναι σήμερα πανταχού παρόν: το 95% των εφήβων (ηλικίας 13 έως 17 ετών) στις Ηνωμένες Πολιτείες αναφέρουν ότι κατέχουν ή τουλάχιστον έχουν πρόσβαση σε smartphones, με το 45% απ' αυτούς να είναι σχεδόν σταθερά online (Anderson & Jiang, 2018). Καθώς αυτές οι συσκευές έρχονται με πολλούς ενσωματωμένους αισθητήρες, φαίνεται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός από την επικοινωνία ή την περιήγηση στο διαδίκτυο και ως κινητά εργαστήρια τσέπης. Με τους εσωτερικούς αισθητήρες μπορούν να μετρηθούν οπουδήποτε και οποτεδήποτε πολλές μεταβλητές, όπως η επιτάχυνση, η στάθμη ηχητικής πίεσης, η συχνότητα, η φωτεινότητα, η πυκνότητα μαγνητικής ροής ή ακόμη και η ιοντίζουσα ακτινοβολία, δημιουργώντας νέες δυνατότητες διδασκαλίας και μάθησης. Οι ενσωματωμένοι αισθητήρες smartphones επιτρέπουν σε κάποιον να χρησιμοποιήσει τις συσκευές ως πειραματικά εργαλεία. Τα πλεονεκτήματα τους δεν έγκεινται τόσο στην ικανότητα να λαμβάνουν ακριβέστερες μετρήσεις, όσο στην ικανότητα να κάνουν μια ποικιλία πειραμάτων και να τα ερμηνεύουν γρήγορα και εύκολα. Με τον αριθμό των ολοένα αυξανόμενων εσωτερικών αισθητήρων είναι δυνατόν να καλυφθούν φαινόμενα στη μηχανική, την ακουστική, τον ηλεκτρομαγνητισμό, την οπτική και τη ραδιενέργεια (χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα CMOS της κάμερας, Kuhn et. al., 2014) με μία μόνο συσκευή. Οι εφαρμογές που αξιοποιούν τους αισθητήρες δημιουργούν αυτόματα πίνακες, γραφήματα ή άλλες μορφές δεδομένων (πολλαπλές αναπαραστάσεις) στην οθόνη του smartphone. Επιπλέον, η φορητότητα και η ευελιξία των αισθητήρων των smartphones ως πειραματικά εργαλεία (Smartphones Experimental Tools ή SET) επιτρέπει την πραγματοποίηση πειραμάτων τόσο εντός, όσο και εκτός της αίθουσας διδασκαλίας, καθώς σχεδόν κάθε μαθητής διαθέτει το δικό του smartphone. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να δημιουργηθούν συνθήκες απρόσκοπτης μάθησης που βασίζεται στο πείραμα.

Πρόσφατα, εμφανίζονται βιβλιογραφικές επισκοπήσεις που αναφέρονται στο επιστημονικό περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών με στόχο τη μελέτη της σχεδίασης και

αξιολόγησης εφαρμογών για τις Φυσικές Επιστήμες και κυρίως τη Φυσική (Crompton, et. al., 2016; Oprea, 2016; Ζιώγα κ.α., 2017; Πιερράτος, 2018; Rath, 2019).

Όμως, αν και η παγκόσμια και ελληνική βιβλιογραφία εμπλουτίζεται συνέχεια από παραδείγματα εφαρμογών των smartphones στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, εντούτοις απουσιάζουν οι εμπειρικές εκείνες έρευνες που αξιολογούν τη χρήση των smartphones από παιδαγωγική σκοπιά και τροφοδοτούν την εκπαιδευτική κοινότητα με πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους στην επίτευξη γνωστικών στόχων, αλλά και στόχων δεξιοτήτων και στάσεων. Παρά την εκτεταμένη βιβλιογραφία για τις πειραματικές δυνατότητες, υπάρχουν δυστυχώς λίγες εμπειρικές μελέτες σχετικά με τις μαθησιακές επιδράσεις των SETs στην επιστημονική εκπαίδευση για να εμπλουτίσουν την σχετική συζήτηση (Kuhn & Vogt, 2015; Mazzella & Testa, 2016; Nikolopoulou & Kousloglou, 2019; Nuryantini1 & Yudhiantara, 2019).

Ενώ δηλαδή παρουσιάζονται σε πολλές περιπτώσεις τα πιθανά θετικά μαθησιακά αποτελέσματα της χρήσης των ταμπλετών και smartphones στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ταυτόχρονα αναδεικνύεται και η έλλειψη εμπειρικών μελετών με αυστηρή μεθοδολογία (Habler, Major & Hennessy, 2016). Η έλλειψη εμπειρικών στοιχείων όμως, καθώς και τα πιθανά μειονεκτήματα, μπορούν να θέσουν σοβαρά εμπόδια για την ανάπτυξη μιας συγκεκριμένης εκπαιδευτικής τεχνολογίας, γιατί όπως οι Newhouse και Rennie (2001) υπενθυμίζουν προειδοποιώντας, ακόμη και όταν υπάρχουν σοβαρά επιχειρήματα υπέρ μιας τεχνολογικής προσέγγισης, ο τομέας της εκπαιδευτικής τεχνολογίας είναι γεμάτος με τεχνολογίες που απορρίφθηκαν, αν και είχαν εξίσου σημαντική θεωρητική υποστήριξη. Η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη και ταυτόχρονη μείωση του κόστους των smartphones τα κάνει ιδιαίτερα αξιόπιστα εργαλεία ικανά να αξιοποιηθούν στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών και επιβάλλει λοιπόν την αύξηση των σχετικών ερευνών αξιολόγησης της χρήσης τους.

Στην εργασία αυτή επιχειρείται καταρχάς μια επισκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με τις εφαρμογές, τις καινοτόμες προτάσεις και τις ιδέες που αφορούν την αξιοποίηση των αισθητήρων των smartphones για τη διενέργεια πειραμάτων στις αίθουσες διδασκαλίας και εργαστήρια της δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Μια τέτοια επισκόπηση είναι σημαντική για όποιον ενδιαφέρεται να αξιοποιήσει τους αισθητήρες των smartphones στο εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών και κυρίως της Φυσικής.

Κυρίως όμως η παρούσα έρευνα φιλοδοξεί να εμπλουτίσει τη σχετική βιβλιογραφία με την αποτίμηση της στάσης μαθητών της γ' γυμνασίου απέναντι στη χρήση των smartphones ως πειραματικά εργαλεία διδασκαλίας της ενότητας «Ταλάντωση Εκκρεμούς» και ως μέσα της

αξιολόγησης τους κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (on time και online). Τα ερευνητικά ερωτήματα της εμπειρικής αυτής έρευνας αφορούν τόσο την επίδραση που έχει η διδασκαλία με smartphones στην επίτευξη γνωστικών στόχων που σχετίζονται με την περίοδο της ταλάντωσης του εκκρεμούς, όσο και την καταγραφή της πιθανής αλλαγής στάσεων και πεποιθήσεων τους απέναντι στη χρήση των smartphones ως κινητά εργαστηριακά εργαλεία και ως εργαλεία αξιολόγησης.

Πιο συγκεκριμένα, το περιεχόμενο της παρούσας εργασίας δομείται στα εξής κεφάλαια :

1. *Εισαγωγή.* Στην Εισαγωγή γίνεται μια αναφορά στην μάθηση μέσω κινητών συσκευών και κυρίως των smartphone (Mobile learning), όπως επίσης και στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών μέσω της χρήσης των αισθητήρων που διαθέτουν. Αναφέρεται η ελκυστική προοπτική χρήσης των smartphones ως αξιόπιστα και χαμηλού κόστους εργαλεία συγχρονικής λήψης, επεξεργασίας, απεικόνισης και διαμοιρασμού δεδομένων στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. Ακόμη τονίζεται η προβληματική κατάσταση έλλειψης εμπειρικών ερευνών, ενώ περιγράφεται περιληπτικά η δομή της παρούσας εργασίας.

2. *Θεωρητικό πλαίσιο.* Το κεφάλαιο αυτό αποτελείται από 6 υποκεφάλαια. Αρχικά περιγράφεται συνοπτικά ο αισθητήρας ενός smartphone και οι εφαρμογές ή apps που τον αξιοποιούν. Στη συνέχεια γίνεται μια εκτενής βιβλιογραφική επισκόπηση των προτάσεων αξιοποίησης των αισθητήρων των smartphones στη Φυσική. Ειδικότερα, αναφέρονται παραδείγματα, ιδέες και προτάσεις σχετικές με τη χρήση των βασικών αισθητήρων, όπως είναι το επιταχυνσιόμετρο, το μικρόφωνο και το μαγνητόμετρο. Ακολουθώντας, παρατίθενται παραδείγματα από την χρήση της εφαρμογής Socrative στην on time ανατροφοδότηση και αξιολόγηση των δραστηριοτήτων στη διδασκαλία κυρίως της Φυσικής. Ακολουθεί ο προβληματισμός, με παράθεση επιχειρημάτων υπέρ και κατά της χρήσης των κινητών συσκευών και smartphones στο σχολείο, ενώ στη συνέχεια παρατίθενται επιχειρήματα, αλλά και ενστάσεις για την αναγκαιότητα αξιοποίησης των αισθητήρων στη διδασκαλία της Φυσικής. Τέλος, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παράθεση των ερευνητικών ερωτημάτων.

3. *Μεθοδολογία Έρευνας.* Στο κεφάλαιο αυτό που δομείται από 6 υποκεφάλαια, περιγράφεται το δείγμα, το γνωστικό περιεχόμενο της διδακτέας ύλης, τα εργαλεία και οι μέθοδοι συλλογής δεδομένων, όπως είναι οι εφαρμογές Physics Toolbox Suite και Socrative, αλλά και τα τρία (3) ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν. Ακόμη, περιγράφεται η διδακτική οργάνωση και οι διδακτικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν στη παρέμβαση, όπως επίσης και τα στατιστικά εργαλεία του SPSS που εφαρμόστηκαν στην επεξεργασία των

αποτελεσμάτων. Τέλος, αναφέρονται τα προβλήματα που προέκυψαν σε όλα τα στάδια της ερευνητικής διαδικασίας.

4. *Αποτελέσματα.* Στο κεφάλαιο των Αποτελεσμάτων παρουσιάζονται οι απαντήσεις των τριών (3) ερωτηματολογίων. Για κάθε ερωτηματολόγιο γίνεται μια περιγραφική και επαγωγική στατιστική ανάλυση, ενώ σχολιάζονται τα αποτελέσματα σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα. Οι απαντήσεις τους σχολιάζονται σε σχέση με το γνωστικό αντικείμενο της περιόδου ταλάντωσης και σε σχέση με την αξιολόγηση μέσω της εφαρμογής Socrative. Ακόμη, σχολιάζονται οι απόψεις τους σε σχέση με τη χρήση του smartphone γενικά στη διδασκαλία και στη διδασκαλία της Φυσικής ειδικότερα .

5. *Συμπεράσματα – Συζήτηση.* Στο τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα που δίνουν απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας. Ακόμη, σχολιάζονται διάφορα προβλήματα και περιορισμοί, ενώ διατυπώνονται και περαιτέρω ερευνητικές προτάσεις.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. Αισθητήρες των smartphones και εφαρμογές αξιοποίησης τους

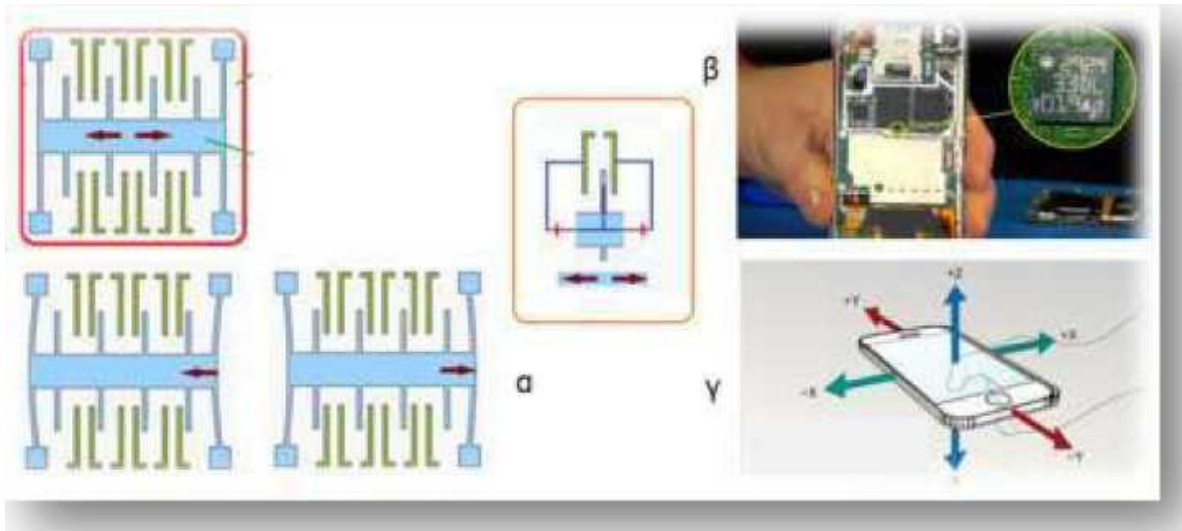
Φαίνεται ότι η αυξανόμενη τεχνολογική πρόοδος με ταυτόχρονη μείωση του κόστους, καθιστούν τα smartphones ιδιαίτερα ελκυστικά εργαλεία και υπονήφια όχι μόνο να αντικαταστήσουν τα ακριβά όργανα μέτρησης σε ένα εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, αλλά και να αλλάξουν το μοντέλο παραδοσιακής συνεργατικής μάθησης που εφαρμόζεται, θέτοντας τον μαθητή στο κέντρο της μάθησης.

Τα συστήματα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης επιτρέπουν τη διενέργεια πειραματικών μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο εμπλέκοντας και ενεργοποιώντας τους μαθητές. Τέτοια συστήματα υπάρχουν στα εργαστήρια πολλών σχολείων στην Ελλάδα, κυρίως Λυκείων, όμως λόγω του υψηλού κόστους κτήσης υπάρχει ένα μόνο τέτοιο σύστημα σε κάθε σχολείο που χρησιμοποιείται κυρίως για πειράματα επίδειξης. Λύση στο υψηλό κόστος κτήσης αυτών των συστημάτων μπορεί να δώσει η αξιοποίηση των smartphones που κατέχει το σύνολο σχεδόν των μαθητών.

Τα περισσότερα από τα σύγχρονα smartphones περιλαμβάνουν μικρόφωνο, κάμερες, αισθητήρες επιτάχυνσης (accelerometer) στις τρεις διαστάσεις, αισθητήρα φυσικού φωτός και αισθητήρα εγγύτητας (proximity) για να αντιλαμβάνονται αντικείμενα σε πολύ μικρές αποστάσεις. Τα τελευταία μοντέλα περιλαμβάνουν μαγνητόμετρο για μετρήσεις της έντασης μαγνητικών πεδίων, βαρόμετρο για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης, γυροσκόπιο για τη μέτρηση της γωνιακής ταχύτητας, NFC για κοντινή επικοινωνία με συσκευές παρόμοιας τεχνολογίας, με τον κατάλογο των αισθητήρων να αυξάνεται χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας και στην παράλληλη μείωση του κόστους κατασκευής των.

Γενικά, αισθητήρας ορίζεται μια διάταξη η οποία μετατρέπει μια φυσική διέγερση (μηχανική, ακουστική, θερμική κ.λπ.) σε ηλεκτρικό ρεύμα ή τάση. Οι αισθητήρες στα smartphones είναι ενσωματωμένοι υπό μορφή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Ο αισθητήρας επιτάχυνσης π.χ. αποτελείται από μια ταλαντευόμενη μάζα συνδεδεμένη με δυο σπειροειδή ελατήρια που μπορεί να κινείται ελεύθερα προς μια κατεύθυνση. Η αλλαγή της θέσης λόγω επιτάχυνσης μπορεί να μετρηθεί με πιεζοηλεκτρικές ή χωρητικές μεθόδους και οι μετρήσεις αυτές εκφράζουν την επιτάχυνση (Gluck, 2005). Στην εικόνα 2.1 παρουσιάζεται ένας αισθητήρας επιτάχυνσης (επιταχυνσιόμετρο), η λειτουργία του οποίου στηρίζεται στη μεταβολή της χωρητικότητας ενός πυκνωτή λόγω της ταλάντωσης μιας στοιχειώδους μάζας ανάμεσα στους σπλισμούς του (εικόνα 2.1α). Το ολοκληρωμένο κύκλωμα του

επιταχυνσιομέτρου καταλαμβάνει ιδιαίτερα μικρό χώρο σε σημείο που ποικίλλει ανάλογα με το μοντέλο του smartphone (εικόνα 2.1β), ενώ η ταλάντωση μπορεί να γίνει και στις τρεις διαστάσεις (εικόνα 2.1γ).



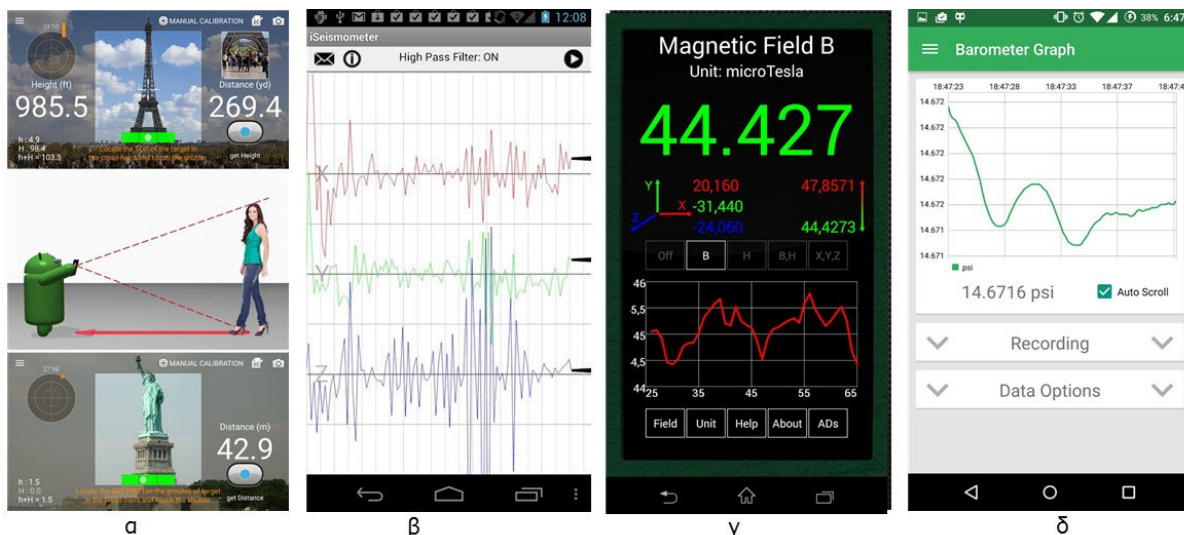
Εικόνα 2.1. Αισθητήρας επιτάχυνσης α) αρχή λειτουργίας, β) το ενσωματωμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα και σχηματική παράσταση χρήσης του

Με την κατάλληλη δωρεάν εφαρμογή - λογισμικό το smartphone και το tablet μπορούν να υποκαταστήσουν τον ακριβό ή μη διαθέσιμο εργαστηριακό εξοπλισμό ή όργανα και να διευρύνουν το περιεχόμενο και τους σκοπούς της σχολικής Φυσικής (Strawson, 2013). Χάρη στη φορητότητα αυτών των συσκευών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να πραγματοποιηθούν πειράματα και σε χώρους εκτός σχολείου στο πλαίσιο της μη τυπικής εκπαίδευσης, όπως είναι για παράδειγμα μία οργανωμένη εκδρομή σε λούνα παρκ ή σε μια παιδική χαρά (Πιερράτος & Πριμεράκης, 2016). Επιπλέον, οι συσκευές αυτές ως αντικείμενα της καθημερινής ζωής των μαθητών τοποθετούν στο επίκεντρο της μελέτης των μαθητών το φυσικό φαινόμενο και όχι το όργανο, ενώ μπορούν να προκαλέσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη Φυσική και να διαμορφώσουν θετική στάση απέναντί της, με αποτέλεσμα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Κουμαράς, 2006).

Μια σειρά από μελέτες τόσο στη δευτεροβάθμια (Lu, 2012; Embi & Nordin, 2013), όσο ακόμη και στη προσχολική εκπαίδευση (Παπαδάκης & Καλογιαννάκης, 2017), επισημαίνουν την δυνατότητα του smartphone να χρησιμοποιηθεί στην διδακτική διαδικασία ενισχύοντας έτσι τις ερευνητικές δεξιότητες και γνωστικές ικανότητες των χρηστών του.

Για να μπορέσει το smartphone να πραγματοποιήσει μετρήσεις μέσω των αισθητήρων του, θα πρέπει να διαθέτει το κατάλληλο λογισμικό ή εφαρμογή. Η πλειοψηφία των smartphones

χρησιμοποιούν το λειτουργικό σύστημα Android, το οποίο επιτρέπει την πρόσβαση στο Google Play Store (<https://play.google.com/store/apps>), μια ψηφιακή πλατφόρμα απ' όπου μπορούν οι χρήστες να κατεβάσουν μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών (apps) ανοικτού κώδικα για να τις χρησιμοποιήσουν στα κινητά τους τηλέφωνα. Στην εικόνα 2.2 παρουσιάζονται οι οθόνες από τέσσερις εφαρμογές στο λειτουργικό σύστημα Android. Η εφαρμογή «Smart Measure» για τον υπολογισμό της απόστασης διαφόρων αντικειμένων στην εικόνα 2.2α, η εφαρμογή «iSeismometer», που απεικονίζει την διακύμανση της επιτάχυνσης στις τρεις διαστάσεις στην εικόνα 2.2β, ενώ στην εικόνα 2.2γ παρουσιάζεται η οθόνη της εφαρμογής «Ultimate EMF Detector Free» που απεικονίζει την ένταση μαγνητικού πεδίου διαγραμματικά και ψηφιακά. Τέλος, στην εικόνα 2.2δ παρουσιάζεται η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης μέσω της εφαρμογής «Barometer Graph».



Εικόνα 2.2. Οθόνες εφαρμογών στο σύστημα Android: α) Smart Measure, β) iSeismometer, γ) Ultimate EMF Detector Free και δ) Barometer Graph

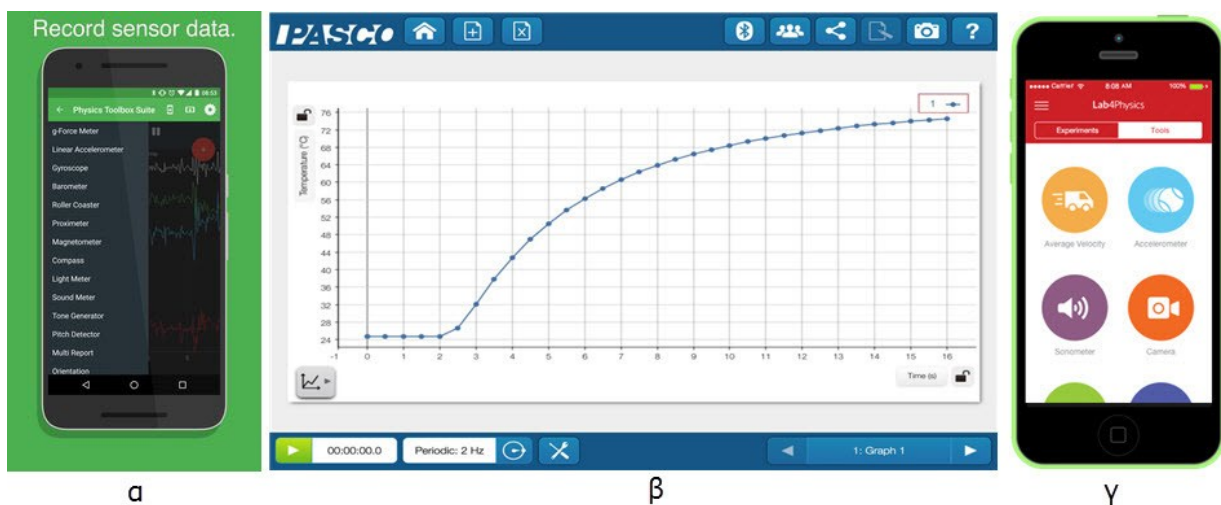
Τις ίδιες ή παρόμοιες εφαρμογές μπορεί κανείς να βρει και για τα smartphone της Apple (<http://www.apple.com/gr/itunes/charts/free-apps/>) που χρησιμοποιούν το λειτουργικό σύστημα iOS. Πολύ λιγότερα smartphones χρησιμοποιούν και άλλα λειτουργικά συστήματα όπως BlackBerry, Symbian ή Windows για τα οποία υπάρχουν επίσης ανάλογες εφαρμογές.

Εκτός όμως από τις εφαρμογές που αναφέρονται στην αξιοποίηση μεμονωμένων, ή ομάδων αισθητήρων, υπάρχουν και εφαρμογές που αναφέρονται στο σύνολο των αισθητήρων και αποτελούν έτσι πλήρεις «σουίτες» εργαλείων. Σ' αυτές τις εφαρμογές υπάρχει η δυνατότητα στην αρχική οθόνη να επιλεγεί η μέτρηση του φυσικού μεγέθους, ή κάποια δράση που σχετίζεται με κάποιον από τους αισθητήρες που διαθέτει το smartphone.



Εικόνα 2.3. Οθόνες πακέτων εφαρμογών: α) Smart Tools, β) SmartSensors, γ) aTools 2.0 και δ) Sensor Box for Android

Στην εικόνα 2.3 παρουσιάζονται οι αρχικές οθόνες τεσσάρων τέτοιων εφαρμογών, η εφαρμογή «Smart Tools» (εικόνα 2.3α), η εφαρμογή «SmartSensors» (εικόνα 2.3β), η εφαρμογή «aTools» (εικόνα 2.3γ) και η εφαρμογή «Sensor Box for Android» (εικόνα 2.3δ).



Εικόνα 2.4. Οθόνες εφαρμογών χρήσιμες στη Φυσική στο σύστημα Android: α) Physics Toolbox Sensor Suite, β) SPARKvue, και γ) Lab4Physics

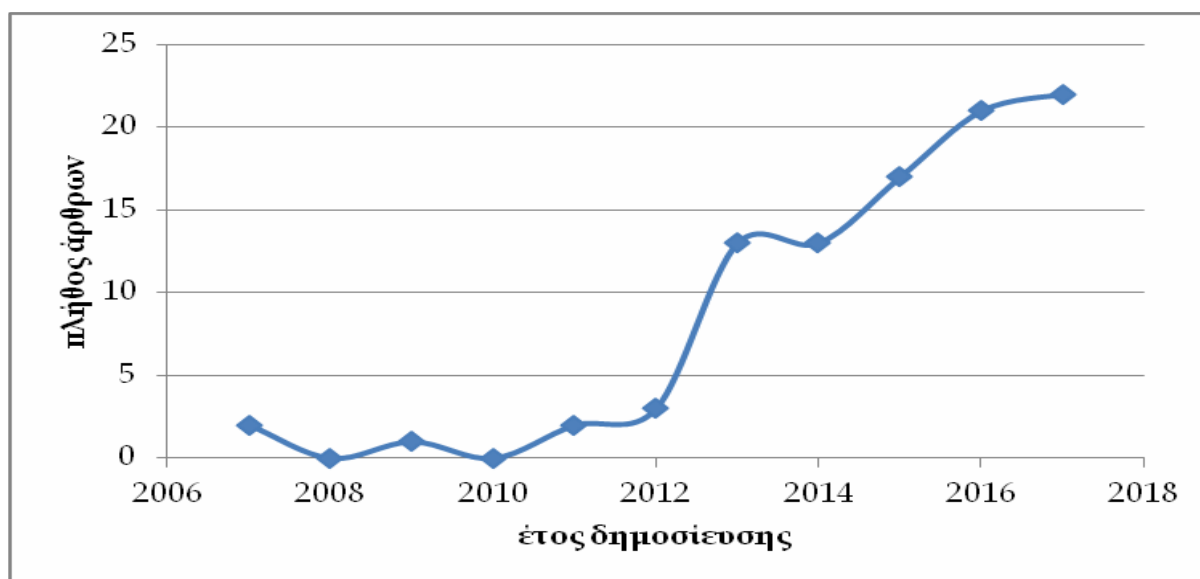
Παρόμοιες εφαρμογές με τις παραπάνω, αλλά με δυνατότητες ασύρματης συλλογής, διαγραμματικής παρουσίασης, καταγραφής και εξαγωγής των δεδομένων σε υπολογιστικό φύλλο ή αποστολής μέσω email, ενσωματωμένα πειράματα, Φυσικής, στοιχεία επιστημονικών θεωριών, διάφορες πληροφορίες κ.λπ. είναι αυτές που ενδιαφέρουν την εκπαιδευτική κοινότητα που ασχολείται με τη Φυσική και το STEM. Ανάμεσα τους

ξεχωρίζουν οι εφαρμογές «Physics Toolbox Sensor Suite», «SPARKvue» και «Lab4Physics» (εικόνα 2.4).

2.2. Επισκόπηση προτάσεων αξιοποίησης των SETs στη Φυσική

Μια σχετικά πρόσφατη επισκόπηση (Πιερράτος, 2018) επικεντρώθηκε στην αναζήτηση άρθρων που αφορούν την χρήση smartphones και tablets ως συστημάτων συγχρονικής λήψης και απεικόνισης. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων Scopus και επιλέχθηκαν άρθρα που είναι διαθέσιμα μόνο στην αγγλική γλώσσα. Το φιλτράρισμα απέδωσε συνολικά 106 άρθρα, με το πρώτο άρθρο που αφορά την αξιοποίηση των smartphones και tablets στην εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής να δημοσιεύεται το 2007, με την έλευση στην αγορά του πρώτου iPhone και το τελευταίο τον Ιούνιο του 2018.

Το πλήθος των αντίστοιχων δημοσιευμένων άρθρων, στην αγγλική γλώσσα, αναπαρίσταται γραφικά στο διάγραμμα 2.1.

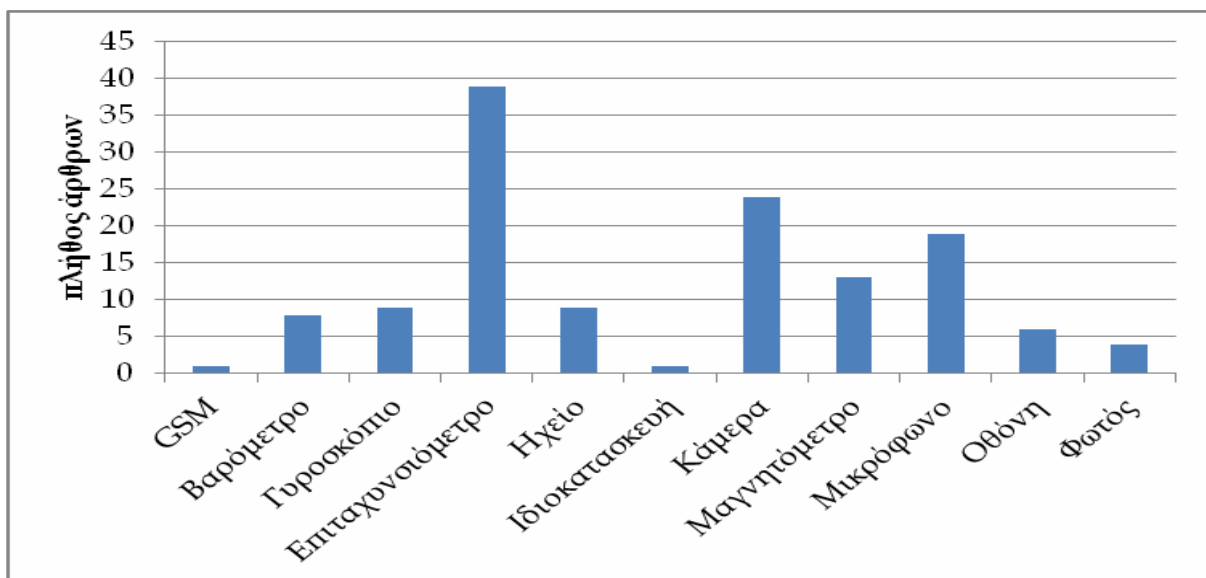


Διάγραμμα 2.1. Ο αριθμός των δημοσιευμένων άρθρων σε επισκόπηση για τη χρήση των smartphones στη διδασκαλία της Φυσικής (Πιερράτος 2018).

Από το διάγραμμα φαίνεται ότι η εκτενής δημοσίευση άρθρων άρχισε ουσιαστικά το 2013, με το πλήθος τους να διπλασιάζεται το 2016 παραμένοντας έκτοτε σχεδόν σταθερό. Όπως υπογραμμίζει και ο συγγραφέας, η αξιοσημείωτη αύξηση, σε σύντομο χρονικό διάστημα, των άρθρων που δημοσιεύονται αλλά και η σταθεροποίηση του αριθμού δημοσίευσης ανά έτος υπογραμμίζει τη δυναμική των μέσων αυτών ως εργαλείων υποστήριξης της εργαστηριακής διδασκαλίας της Φυσικής.

Για την αξιοποίηση των βασικών αισθητήρων των smartphones, που είναι το επιταχυνσιόμετρο, το μαγνητόμετρο, ο αισθητήρας φωτός, ο αισθητήρας ήχου, ο αισθητήρας εγγύτητας και το βαρόμετρο (σε όλο και περισσότερα smartphones), έχουν γίνει διάφορες προτάσεις και επιδείξεις πειραματικών διατάξεων. Οι θεματικές περιοχές της Φυσικής στις οποίες αξιοποιήθηκαν, είναι η Μηχανική, τα Κύματα, την Οπτική και τα Ρευστά, η Θερμότητα, ο Ηλεκτρομαγνητισμός, η Αστρονομία καθώς και σε άλλες περιοχές όπως η Πυρηνική Φυσική.

Πάντως τα περισσότερα παραδείγματα αναφέρονται στη χρήση του επιταχυνσιόμετρου και μικροφώνου των smartphones σε μηχανικά και ακουστικά φαινόμενα (Πάλλας, 2016α, 2016β; Πιερράτος & Πριμεράκης, 2016) και πολύ λιγότερα παραδείγματα αφορούν τη χρήση του μαγνητομέτρου του smartphone για την μελέτη των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων, ίσως γιατί το μαγνητόμετρο δεν ήταν στο πρόσφατο παρελθόν τόσο διαδεδομένος αισθητήρας (Cai, et. al., 2012). Η Μηχανική φαίνεται να διεκδικεί το μεγαλύτερο μέρος των προτεινόμενων πειραματικών διατάξεων και το γεγονός αυτό αποδίδεται ότι σχεδόν όλα τα smartphones διαθέτουν επιταχυνσιόμετρο, ένας κατεξοχήν αισθητήρας που αξιοποιείται στη μελέτη των κινήσεων και μηχανικών φαινομένων. Τα παραπάνω αποτυπώνονται και στη πρόσφατη βιβλιογραφική επισκόπηση (Πιερράτος, 2018).



Διάγραμμα 2.2. Οι αισθητήρες που έχουν αξιοποιηθεί για την σε πειραματικές διατάξεις ενότητων της Φυσικής (Πιερράτος, 2018).

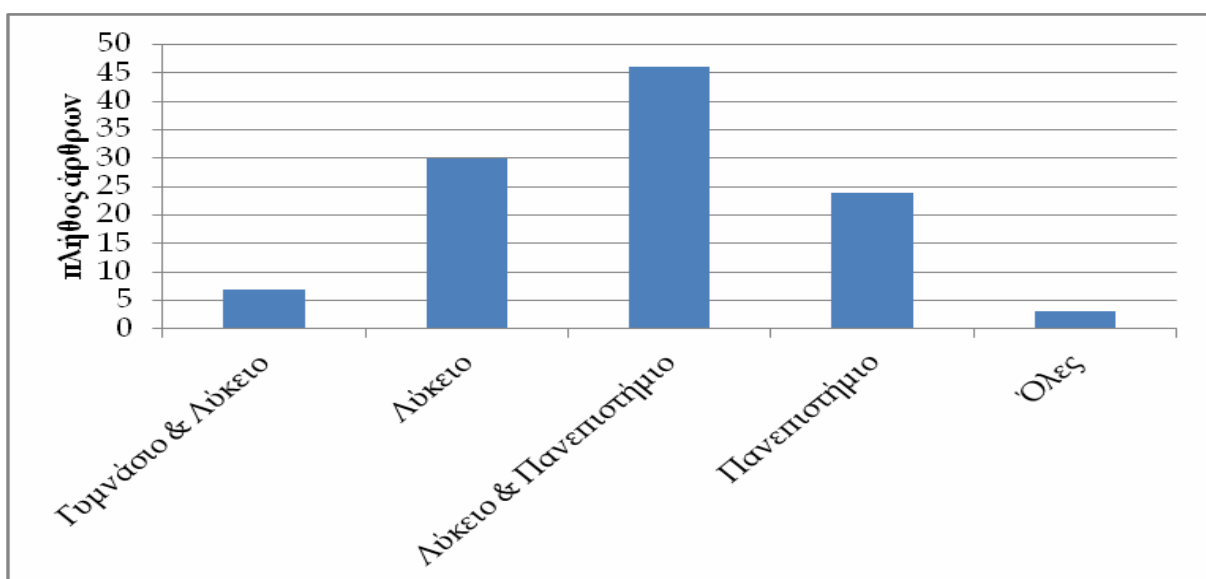
Στο διάγραμμα 2.2 παρουσιάζεται το πλήθος των άρθρων ανά χρησιμοποιούμενο αισθητήρα στις εφαρμογές που εμφανίζονται στα 106 άρθρα της επισκόπησης. Σε μερικά από

αυτά παρουσιάζονται περισσότερες από μία εφαρμογές που αξιοποιούν διαφορετικούς αισθητήρες.

Όπως προκύπτει, οι πιο εκτενώς χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες είναι το επιταχυνσιόμετρο, η κάμερα, το μικρόφωνο και το μαγνητόμετρο. Η κάμερα ως αισθητήρας χρησιμοποιείται συχνά για την τεκμηρίωση του πειράματος, τη βιντεοσκόπηση – φωτογράφησή του, ώστε τα δεδομένα που προκύπτουν να υποστούν μετέπειτα επεξεργασία για εξαγωγή συμπερασμάτων. Το μικρόφωνο χρησιμοποιείται για πειράματα που σχετίζονται με τον ήχο και τη μελέτη κυματικών φαινομένων, ενώ το μαγνητόμετρο για τη μελέτη ηλεκτρομαγνητικών, αλλά και μηχανικών φαινομένων.

Μολονότι οι πρώτες εφαρμογές των smartphones εμφανίστηκαν για να υποστηρίξουν την εργαστηριακή διδασκαλία στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, γρήγορα οι εφαρμογές εισέβαλαν και στον χώρο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τόσο στο Λύκειο όσο και στο Γυμνάσιο. Στο διάγραμμα 2.3 παρουσιάζεται η κατανομή των 106 άρθρων ως προς την βαθμίδα εκπαίδευσης που βρίσκουν εφαρμογή οι εργαστηριακές προσεγγίσεις με τη χρήση των smartphones στην πρόσφατη επισκόπηση (Πιερράτος 2018).

Οι περισσότερες από τις εφαρμογές και τις εργαστηριακές δραστηριότητες με τη χρήση των smartphones αφορούν τα εισαγωγικά μαθήματα Φυσικών Επιστημών στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. Γενικά, όπως αναφέρουν οι ανασκοπήσεις των τελευταίων ετών (Monteiro, Cabeza & Marti, 2015; Habler, Major & Hennessy, 2016; Oprea, 2016), η χρήση των smartphones στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών αφορά κυρίως την αξιοποίηση των αισθητήρων τους γενικά και ειδικότερα στη Φυσική (Ζιώγα, κ. συν., 2017).



Διάγραμμα 2.3. Κατανομή των άρθρων ανά βαθμίδα εκπαίδευσης (Πιερράτος 2018).

Η πλειονότητα των προτεινόμενων εφαρμογών μπορούν να εφαρμοστούν και στο πλαίσιο των αναλυτικών προγραμμάτων Φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, με αποτέλεσμα αυτές να αποκτούν ιδιαίτερη προστιθέμενη αξία για τους εκπαιδευτικούς. Ας σημειωθεί πάντως, ότι ακόμη και εφαρμογές που προτείνονται για το χώρο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης θα μπορούσαν να μεταφερθούν στη δευτεροβάθμια στο πλαίσιο των δημιουργικών εργασιών, πρότζεκτς και προγραμμάτων, ή μαθητικών διαγωνισμών Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας.

Όπως προκύπτει από την συγκεκριμένη επισκόπηση, οι τρεις πρώτες χώρες είναι η Γερμανία, οι ΗΠΑ και η Ισπανία. Με δεδομένο ότι σε αυτές τις χώρες δεν έχουν καταγραφεί προβλήματα εξοπλισμού των σχολικών ή πανεπιστημιακών εργαστηρίων, όπως θα μπορούσε να ισχυριστεί κάποιος για την Ελλάδα, η αξιοποίηση των smartphones φαίνεται να συνδέεται κυρίως με την καινοτομία της χρήσης τους και τα παιδαγωγικά οφέλη που προκύπτουν από την αξιοποίηση ενός αντικειμένου οικείου στους σπουδαστές σε διαφορετικό πλαίσιο από αυτό της κύριας λειτουργίας του, που είναι η επικοινωνία.

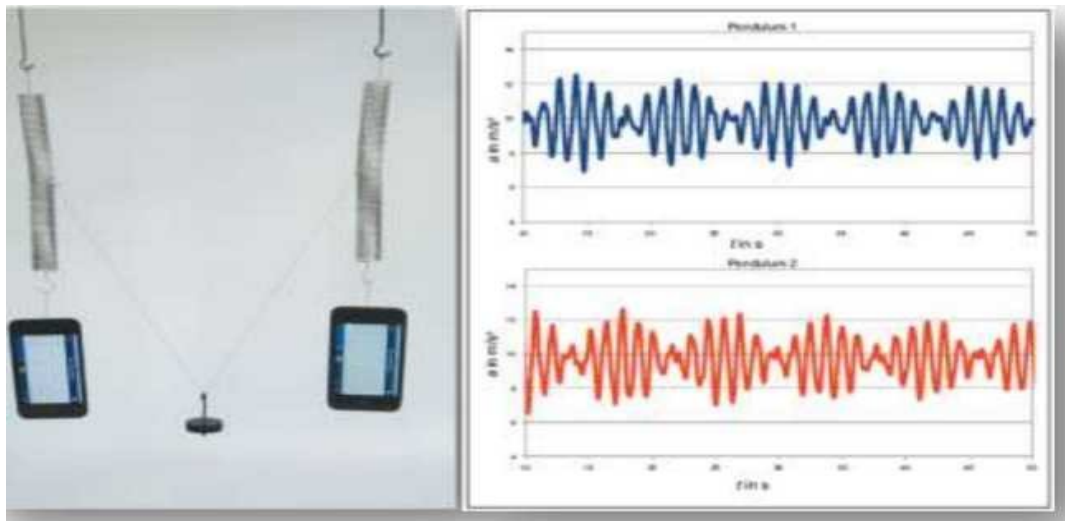
Η αξιοποίηση λοιπόν των smartphones στην εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής δείχνει να καθιερώνεται, έστω πιλοτικά, τα τελευταία χρόνια σε πολλά εκπαιδευτικά συστήματα ανά τον κόσμο. Το πλήθος των αισθητήρων που διαθέτει το σύνολο των φορητών αυτών συσκευών τείνει αυξανόμενο ακόμη και σε βασικά μοντέλα, ανοίγοντας δυνατότητες πραγματοποίησης εργαστηριακών μετρήσεων που μέχρι πρόσφατα ήταν δυνατές μόνο με ακριβό και εξειδικευμένο εξοπλισμό. Η διείσδυση των εν λόγω συσκευών, ιδιαίτερα σε εκπαιδευτικά συστήματα προηγμένων τεχνολογικά χωρών, υπογραμμίζει τα οφέλη από τη χρήση τους τα οποία εκτείνονται πέρα από την τεχνολογική καινοτομία, καθώς υποστηρίζεται ότι αφορούν και το παιδαγωγικό κομμάτι της εργαστηριακής διδασκαλίας (Mazzella & Testa, 2016; Karotis & Kalkanis, 2016; Sulisworo, Yunita & Komalasari, 2017).

Το θεματικό εύρος αξιοποίησης των συσκευών καθώς και η ολοένα μεγαλύτερη επέκτασή τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση φέρνει πολύ κοντά την καθημερινή τους χρήση και στα ελληνικά σχολεία, παρέχοντας στον Έλληνα εκπαιδευτικό δυνατότητες προσέγγισης των μαθητών του που μέχρι σήμερα είτε δεν υπήρχαν είτε ήταν οικονομικά ασύμφορες. Τα εμπόδια που τίθενται μέχρι σήμερα από την απαγόρευση της χρήσης των έξυπνων κινητών και ταμπλετών στο σχολείο, ενδεχομένως θα είναι λιγότερα στο άμεσο μέλλον μετά την πρόσφατη σχετική απόφαση του Υπουργείου Παιδείας που επιτρέπει τη χρήση τους, τουλάχιστον εκ μέρους των εκπαιδευτικών (ΥΠ.Π.Ε.Θ., 2018).

2.1.1. Προτάσεις αξιοποίησης του επιταχυνσιόμετρου

Το επιταχυνσιόμετρο (accelerator) είναι ο σημαντικότερος αισθητήρας για τη μελέτη μηχανικών φαινομένων, ιδιαίτερα αυτό της ταλάντωσης σε διάφορες μορφές.

Με τη βοήθειά του μελετήθηκε η ταλάντωση ενός smartphone συνδεδεμένου ως μαθηματικό εκκρεμές (Vogt & Kuhn, 2012b; Briggles, 2013). Εκτεταμένη μελέτη των περιοδικών φαινομένων και κυρίως διερεύνηση της βαρυτικής επιτάχυνσης έγινε με τη βοήθεια ενός smartphone και σε άλλη εργασία (Orrea, 2016). Οι Kuhn και Vogt (2012a) μελέτησαν επιπλέον τις συζευγμένες, μέσω ενός βαριδιού, ταλαντώσεις δυο smartphones που αναρτώνται από τα άκρα δυο ελατηρίων (εικόνα 2.5), όπως επίσης τη φθίνουσα ταλάντωση που εκτελεί μια ταλαντευόμενη κούνια με μια κοπέλα που φέρει επάνω της ένα iPod (Vogt & Kuhn, 2012b).

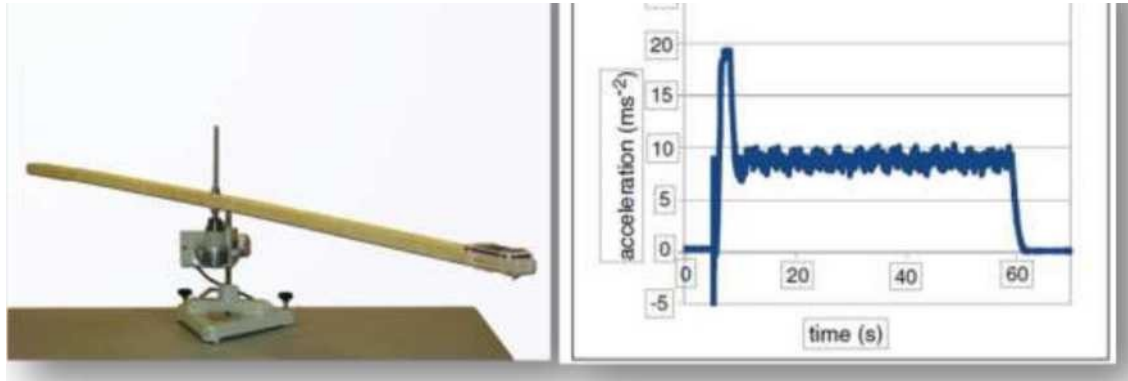


Εικόνα 2.5. Συζευγμένες, μέσω ενός βαριδιού, ταλαντώσεις δυο smartphones που εξαρτώνται από τα άκρα δυο ελατηρίων (Kuhn & Vogt, 2012b)

Οι ίδιοι ερευνητές μελέτησαν την ελεύθερη πτώση ενός smartphone (Vogt & Kuhn, 2012a), υπολόγισαν την επιτάχυνση με την οποία ολισθαίνει ένα iPod σε κεκλιμένο επίπεδο (Vogt & Kuhn, 2014a), αλλά και την γωνιακή επιτάχυνση με την οποία περιστρέφεται ένα smartphone (Vogt & Kuhn, 2013), όπως φαίνεται στην εικόνα 2.6.

Ακόμη, μελέτησαν με τη βοήθεια δυο smartphones την ελαστική και ανελαστική κρούση δυο αμαξιδίων μεταξύ τους (Vogt & Kuhn, 2014b). Παρόμοιες πειραματικές διατάξεις για τη μελέτη των ελεύθερων, συζευγμένων και φθίνουσών ταλαντώσεων πραγματοποίησαν και άλλοι ερευνητές (Castro-Palacio, Velázquez-Abad, Serrano & Monsoriu, 2013; Castro-Palacio, Velázquez-Abad, Gimenez & Monsoriu, 2013; Sans et. al., 2015). Το smartphone χρησιμοποιήθηκε επίσης στη μελέτη ταλαντώσεων δυο διαστάσεων και στη παραγωγή

σχημάτων Lissajous (Tuset - Sanchis et. al., 2015). Ακόμη, μελετήθηκε η κίνηση ενός ανελκυστήρα (Kuhn, Vogt & Müller, 2014), ο υπολογισμός της γωνιακής ταχύτητας (Hochberg, Gröber, Kuhn & Müller, 2014) και της στροφορμής (Shakur & Sinatra, 2013).



Εικόνα 2.6. Υπολογισμός της γωνιακής επιτάχυνσης με την οποία περιστρέφεται ένα smartphone (Vogt & Kuhn, 2013)

Κάποιοι άλλοι (Monteiro, Cabeza & Marti, 2015) χρησιμοποίησαν το επιταχυνσιόμετρο σε συνδυασμό με το γυροσκόπιο ενός smartphone για να υπολογίσουν την γωνία περιστροφής και την γωνία περιστροφής μιας ρόδας, ενώ στο ίδιο μήκος κύματος μελετήθηκαν ενιαία και ομοιόμορφα με τη βοήθεια ενός smartphone επιταχυνόμενες κυκλικές κινήσεις (Castro - Palacio et. al., 2014). Αρκετά ενδιαφέροντα είναι η μελέτη του τρόπου που χύνεται ο καφές όταν εκτοξεύεται στον αέρα μέσα σε ποτήρι, ειδικό για την μεταφορά του χωρίς απώλειες (Tornaria, Monteiro & Marti, 2014). Τέλος, στον Ελλαδικό χώρο το επιταχυνσιόμετρο του smartphone αξιοποιήθηκε για τη διδασκαλία μηχανικών φαινομένων με αφορμή τη σύγκριση του με τον επαγγελματικό σειсмоγράφου του Σεισμολογικού Κέντρου (Πάλλας, 2016β).

2.1.2. Προτάσεις αξιοποίησης του μικροφώνου

Στον τομέα της Ακουστικής ο αισθητήρας ήχου (μικρόφωνο) έχει αξιοποιηθεί για την πραγματοποίηση καινοτόμων πειραματικών διατάξεων με πιο χαρακτηριστικές αυτές που αφορούν τη μέτρηση της ταχύτητας του ήχου στην ατμόσφαιρα και σε διάφορα αέρια.

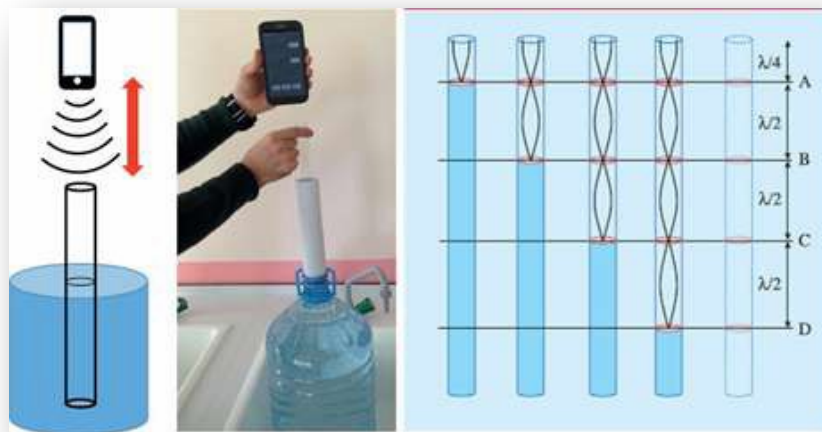
Με τη βοήθεια δύο iPhone και της εφαρμογής «Acoustic Ruler Pro» μετρήθηκε η ταχύτητα του ήχου σε μίγματα αερίων (Parolin & Pezzi, 2013), όπως επίσης μετρήθηκε και με την εφαρμογή «Spektroskop» σε μια άλλη διάταξη όπου το ένα iPhone έπαιζε τον ρόλο του πομπού και το άλλο του δέκτη (Monteiro et. al., 2015). Στην εικόνα 2.7α παρουσιάζεται μέρος αυτής της διάταξης μέτρησης της ταχύτητας του ήχου στο CO₂ που, ως βαρύτερο του αέρα, βρίσκεται στο πάτο του δοχείου, ενώ στην εικόνα 2.7β φαίνεται το

φάσμα συχνοτήτων που καταγράφηκαν.



Εικόνα 2.7. Μέτρηση του ήχου σε αέρια α) Το δοχείο με το CO₂ β) Το φάσμα συχνοτήτων του CO₂ (Monteiro et al., 2015)

Μια άλλη ενδιαφέρουσα διάταξη ήταν αυτή όπου χρειάστηκε ένα iPad, η εφαρμογή «SpectrumView Plus» και απλά καθημερινά υλικά για να μετρηθεί η ταχύτητα του ήχου στον αέρα με βάση τις αρμονικές συχνότητες που παράγονται και ανιχνεύονται από το iPad (Hirth, Kuhn & Müller, 2015). Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα μετρήθηκε και με τη πρωτότυπη διάταξη που παρουσιάζεται στην εικόνα 2.8. Με ένα smartphone που έπαιζε ταυτόχρονα τον ρόλο του πομπού και του δέκτη, έγινε μελέτη των στασίμων κυμάτων που δημιουργήθηκαν (Yavuz, 2015). Στο συγκεκριμένο πείραμα η μέτρηση και υπολογισμός των δεσμών που δημιουργούνται είναι μια διαδικασία απλούστερη και ταχύτερη αυτής που χρησιμοποιεί το κλασσικό διαπασών.



Εικόνα 2.8. Πειραματική διάταξη μέτρησης της ταχύτητας του ήχου από τα στάσιμα που δημιουργούνται (Yavuz, 2015)

Ένα θέμα για το οποίο εμφανίζονται πολλές παρανοήσεις μεταξύ των σπουδαστών είναι τα χαρακτηριστικά του ήχου. Με τη χρήση ενός ipod και την εφαρμογή «Audio Kit», μια εφαρμογή για iOS συστήματα, μελετήθηκαν οι ήχοι διαφόρων συχνοτήτων και διαφορετικών οργάνων. Στόχος της μελέτης ήταν να γίνει κατανοητή η διαφορά των εννοιών ύψος και χροιά ενός ήχου μεταξύ των σπουδαστών (Kuhn & Vogt, 2013b). Ακόμη, μελετήθηκε το φαινόμενο Doppler σε ευθύγραμμη κίνηση (Gómez-Tejedor, Castro - Palacio & Monsoriu, 2014). Στη περίπτωση αυτή ένα ηχείο έπαιξε το ρόλο της ακίνητης πηγής και το smartphone, κινούμενο πάνω σε αεροδιάδρομο, το ρόλο του παρατηρητή. Οι αυξομειώσεις της συχνότητας που κατέγραφε το smartphone μελετήθηκαν με την εφαρμογή «Frequency Analyzer». Το φαινόμενο Doppler μελετήθηκε επίσης και στην περίπτωση της κυκλικά κινούμενης πηγής με τον παρατηρητή να είναι ακίνητος (Klein et. al., 2014). Στην συνθετότερη αυτή περίπτωση, τους ρόλους της πηγής και του παρατηρητή μπορούν να παίζουν δυο smartphone ή tablet Pc και η ανάλυση των δεδομένων να γίνει με τις εφαρμογές «Oscilloscope» για τα iOS συστήματα, ή με την «OsciPrime Oscilloscope» για τα Android. Ένα άλλο ενδιαφέρον, όχι μόνο στο τομέα της Ακουστικής, φαινόμενο που εξετάστηκε είναι αυτό του διακροτήματος (Kuhn, Vogt & Hirth, 2014). Χρησιμοποιώντας δυο smartphone για την παραγωγή δυο, σχεδόν ίσων, συχνοτήτων και ένα smartphone για τη καταγραφή και επεξεργασία του σύνθετου σήματος που παράγεται, οπτικοποίησαν ένα διακρότημα με τη βοήθεια και της εφαρμογής «Oscilloscope» για iOS, ή «OsciPrime» για Adroid (εικόνα 2.9).



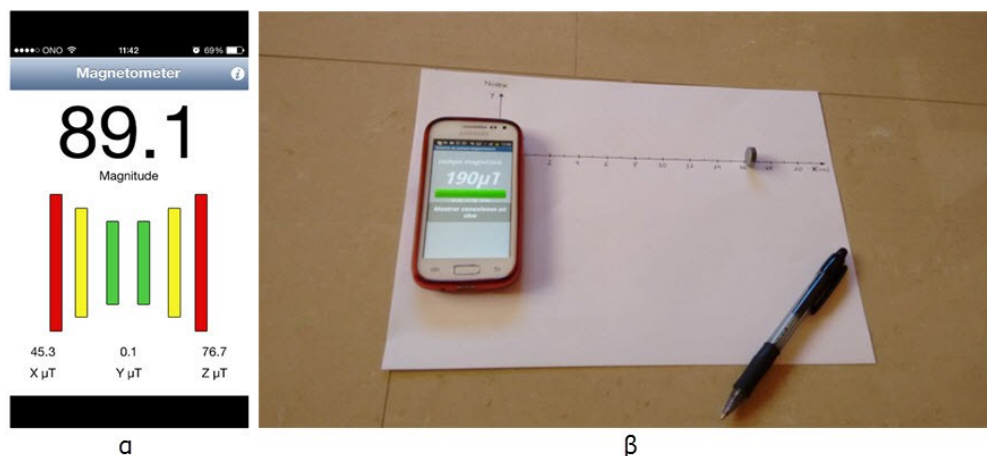
Εικόνα 2.9. Το διακρότημα που δημιουργείται (κάτω) από δύο παραπλήσιες συχνότητες (πάνω) (Kuhn, Vogt & Hirth, 2014)

Ενδιαφέρουσα είναι η μελέτη φαινομένων περίθλασης με το smartphone (Kuhn & Vogt, 2012b) η μέτρηση συχνοτήτων με μεγάλη ακρίβεια (Gómez - Tejedor, Castro - Palacio & Monsoriu, 2015), ενώ χρησιμοποιώντας πρωτότυπες ιδέες και τους αισθητήρες ήχου και επιτάχυνσης, μετρήθηκε η επιτάχυνση βαρύτητας (Kuhn & Vogt, 2013a; Schwarz, Vogt & Kuhn, 2013). Τέλος, η μέτρηση της ηχορύπανσης με smartphone ήταν μια άλλη καθοδηγούμενη μαθητική ερευνητική εργασία από την οποία εξήχθησαν χρήσιμα συμπεράσματα (Πάλλας, 2016α).

2.1.3. Προτάσεις αξιοποίησης του μαγνητομέτρου

Η χρήση των μαγνητομέτρων των smartphones στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ήταν το αντικείμενο μιας πρόσφατης ανασκόπησης (Πάλλας, & Ορφανάκης, 2017), όπου παρουσιάστηκαν αρκετά παραδείγματα διδακτικής αξιοποίησης τους.

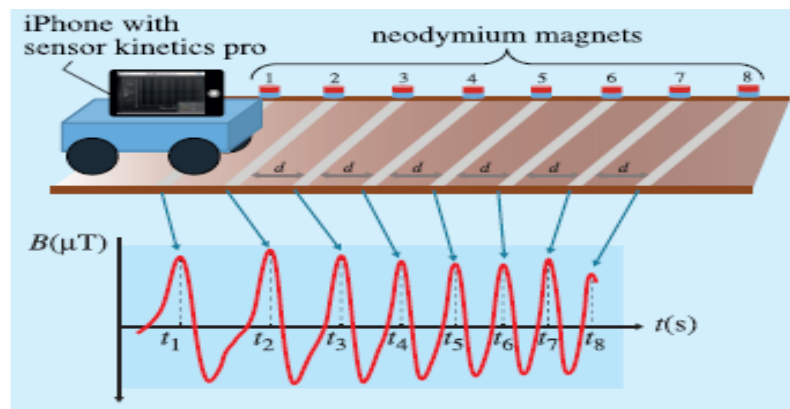
Ερευνητές (Sans et. al., 2015; Ogawara, Bhari & Mahrley, 2017; Septianto, Suhendra & Iskandar, 2017) χρησιμοποίησαν τον αισθητήρα μαγνητισμού (μαγνητόμετρο) σε πειράματα μέτρησης των στατικών μαγνητικών πεδίων που δημιουργούν ηλεκτροφόροι αγωγοί διαφόρων σχημάτων. Παρόμοια ήταν νωρίτερα η προσπάθεια μέτρησης του μαγνητικού πεδίου ενός ηλεκτροφόρου πηνίου (Silva, 2012) με το μαγνητόμετρο ενός ipad και της δωρεάν εφαρμογής magnetmeter-3d-vector-magnetometer. Σε μια άλλη παρόμοια προσέγγιση σχεδιάστηκε διάταξη μέτρησης της μαγνητικής διαπερατότητας του κενού με τη χρήση ενός ipad (Lara, Amaral, Faria & Vieira, 2014). Ο αισθητήρας του ipad χρησιμοποιήθηκε για να διερευνηθεί η εξάρτηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου ενός πηνίου με την απόσταση από το κέντρο του πηνίου, ενώ ταυτόχρονα υπολογίστηκε με αρκετά μεγάλη ακρίβεια ο συντελεστής μαγνητικής επαγωγής.



Εικόνα 2.10. Πείραμα μέτρησης της έντασης μαγνητικού πεδίου: α) η οθόνη της εφαρμογής που χρησιμοποιήθηκε, β) η πειραματική διάταξη (Arribas et. al., 2015)

Άλλη εφαρμογή του ηλεκτρομαγνητισμού που στηρίχθηκε σε μαγνητόμετρο ήταν η μέτρηση της έντασης μαγνητικού πεδίου μαγνητών καθημερινής χρήσης σε συνάρτηση με την απόσταση (Arribas et. al., 2015), όπως είναι το μαγνητικό πεδίο μικρού μαγνήτη (εικόνα 2.10).

Μια ενδιαφέρουσα πρόταση χρήσης του μαγνητομέτρου των smartphones είναι η κατασκευή «μαγνητοπύλης» για μελέτη των χαρακτηριστικών μιας ευθύγραμμης κίνησης (Temiz & Yavuz, 2016). Χρησιμοποιώντας μικρούς μαγνήτες νεοδυμίου σε ευθεία γραμμή οι δυο ερευνητές μελέτησαν την παράλληλη προς τη γραμμή των μαγνητών κίνηση ενός αυτοκινήτου – παιχνίδι στο οποίο προσαρμόστηκε ένα iPhone 5. Η καταγραφή της έντασης του μαγνητικού πεδίου έδωσε χρήσιμες πληροφορίες για τα διάφορα χαρακτηριστικά μεγέθη της κίνησης, όπως θέση, ταχύτητα και επιτάχυνση, ενώ οι Pili et al. (2018) προχώρησαν στην μέτρηση της περιόδου ταλάντωσης του εκκρεμούς με τη βοήθεια του μαγνητομέτρου.



Εικόνα 2.11. Μελέτη της κίνησης με τη χρήση μαγνητομέτρου (Temiz & Yavuz, 2016)

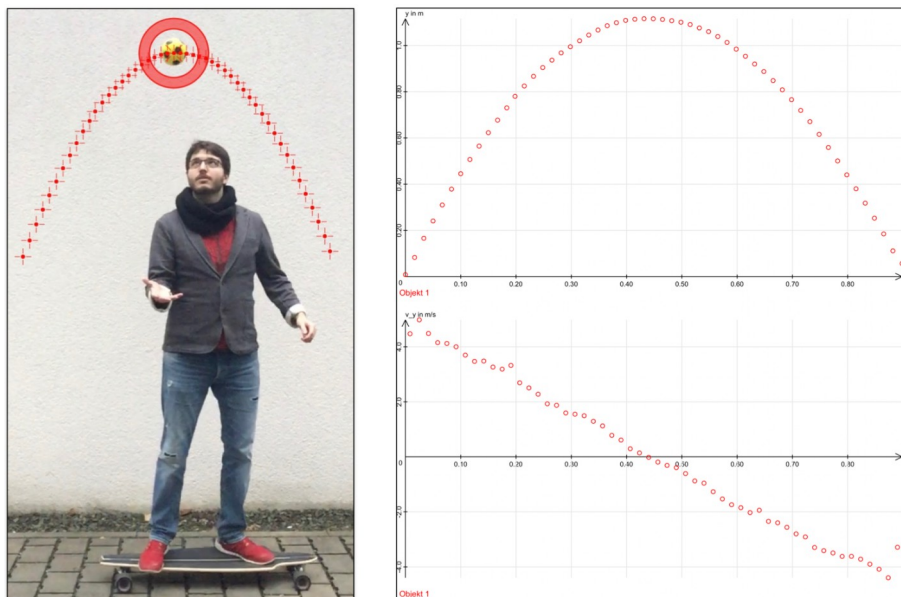
Τέλος, αξιοπρόσεκτη είναι η χρήση του μαγνητόμετρου ενός smartphone σε μια διδακτική διαθεματική μελέτη του μαγνητικού πεδίου της γης (Wathiq, Biller & Wilson, 2015).

2.1.4. Παραδείγματα αξιοποίησης άλλων αισθητήρων ή συνδυασμό τους.

Ενδιαφέρουσα είναι η πρόταση μετατροπής ενός smartphone σε φορητό παλμογράφο (Forinash & Wisman, 2012), όπως και η διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από την ακτινοβολία ενός smartphone (Hare, 2011). Διερευνήθηκε επίσης η περίπτωση να χρησιμοποιηθεί το μαγνητόμετρο και το επιταχυνσιόμετρο των smartphones ταυτόχρονα, στη μελέτη της ελεύθερης πτώσης αντικειμένων (Tianjiao et al., 2016), ενώ συνδυαστική χρήση των δύο αισθητήρων έκαναν και άλλοι ερευνητές για τη μελέτη ταυτόχρονη χρήση και στην καταγραφή των τιμών της έντασης μαγνητικών πεδίων συναρτήσει της απόστασης

(Monteiro, Stari, Cabeza & Marti, 2017). Οι ίδιοι ερευνητές δημοσίευσαν αργότερα και μια πλήρη επισκόπηση πειραμάτων Φυσικής με περισσότερους από έναν αισθητήρες smartphones (Monteiro, Stari, Cabeza & Marti, 2019). Συνδυασμός smartphone και PC απαιτήθηκε για τη μελέτη του νόμου του Faraday σε μια άλλη πρωτότυπη πειραματική διάταξη (Soares & Reis, 2019), ενώ σε άλλη πρόταση χρησιμοποιήθηκε ο βαρομετρικός αισθητήρας ενός smartphone για τη μέτρηση της κατακόρυφης συνιστώσας της ταχύτητας διαφόρων οχημάτων όπως ανελκυστήρες και drones (Monteiro & Martí, 2016).

Υπάρχουν όμως και άλλες ενδιαφέρουσες πειραματικές διερευνήσεις με τα smartphones, όπως η χρήση της κάμερας στη μελέτη κινήσεων σε κεκλιμένο επίπεδο και η απεικόνιση μεγεθών κινηματικής υπο μορφή πολλαπλών αναπαραστάσεων (Pathirathna, et al., 2015; Becker, et. al. 2019), πειράματα εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας (Buesing & Cook, 2013; Arista & Kuswanto, 2018), αλλά και ασύρματη μετάδοση εργαστηριακών δεδομένων με βάση τους αισθητήρες των smartphones (McLeod, 2019).



Εικόνα 2.12. Μελέτη κινήσεων με χρήση της κάμερας του smartphone (Becker, et. al. 2019)

Ακόμη όμως και αν το smartphone δεν χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία εννοιών της Φυσικής που δυσκολεύουν τους εκπαιδευόμενους, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο ως ένα απλό και αξιόπιστο όργανο μέτρησης π.χ. αλφάδι (Πετρίδης, 2014).

Εκτός όμως από τις εφαρμογές στο χώρο των Φυσικών Επιστημών και της Εκπαίδευσης το smartphone χρησιμοποιείται και σε άλλους χώρους όπως είναι η Ιατρική. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η πιλοτική μελέτη της αξιολόγησης του αισθητήρα ενός Android OS smartphone για την γωνιομέτρηση της απαγωγής των ώμων (Johnson et. al., 2015).

2.3. Χρήση των smartphone στην real time αξιολόγηση στη Φυσική

Σημαντική παράμετρος στην διεξαγωγή της διδασκαλίας αποτελεί η αξιολόγηση όλων των διαδικασιών της. Για την αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας και κυρίως για την on time αποτίμηση των γνώσεων και στάσεων των μαθητών κατά τη διάρκεια του μαθήματος χρησιμοποιήθηκε η δωρεάν εφαρμογή Socrative.

Η επιλογή της συγκεκριμένης εφαρμογής έγινε με βάση κάποια κριτήρια που περιγράφονται στην μεθοδολογία έρευνας, ενώ επιχειρήθηκε και μια βιβλιογραφική επισκόπηση. Αυτή προέκυψε από το συγκερασμό δύο διαφορετικών ερευνών. Στην πρώτη έρευνα αναζητήθηκαν μελέτες όπου αξιολογούσαν την ενσωμάτωση της εφαρμογής Socrative αυστηρά στο μάθημα της Φυσικής, οπότε βρέθηκαν σχετικές έρευνες μόνο στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. Στη δεύτερη έρευνα αναζητήθηκαν μελέτες για την αξιολόγηση της εφαρμογής Socrative στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση ανεξάρτητα από το αντικείμενο διδασκαλίας που εφαρμόστηκε.

Οι Coco & Slisko (2013) πραγματοποίησαν μία διδακτική παρέμβαση για ένα μήνα σε 36 φοιτητές του παιδαγωγικού τμήματος στο μάθημα της Φυσικής και στη συνέχεια αξιολόγησαν τη στάση των φοιτητών. Οι φοιτητές, απαντώντας σε σχετικό ερωτηματολόγιο θεώρησαν ότι με την εφαρμογή Socrative είχαν πιο ενεργή συμμετοχή κι ότι αυξήθηκαν οι μεταγνωστικές τους ικανότητες.

Παρόμοια, στο Πανεπιστήμιο της Μαλαισίας (Lim, 2017) την εφάρμοσαν για δύο ακαδημαϊκές χρονιές σε 45 φοιτητές και βρήκαν ότι οι φοιτητές ανταποκρίθηκαν θετικά αφού δήλωσαν ότι η αφοσίωσή τους ήταν μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια των διαλέξεων. Σημαντικό εύρημα στην ίδια έρευνα αποτελούν οι ψηλότερες επιδόσεις στο ίδιο μάθημα στις τελικές εξετάσεις σε σχέση με τις προηγούμενες χρονιές.

Επίσης στην έρευνα των Balta & Awedh (2017) όπου χρησιμοποίησαν αυτό το λογισμικό για την επίλυση προβλημάτων φυσικής αναφέρουν ότι οι φοιτητές θεώρησαν ότι το Socrative συνέβαλε θετικά στην εκμάθηση της Φυσικής κι ότι δεν είχαν δυσκολία στη χρήση του λογισμικού. Επίσης, βελτιώθηκαν οι επιδόσεις τους.

Οι Remón et al. (2017) πραγματοποίησαν τρεις μορφές διδασκαλίας: η μία από αυτές ήταν εντελώς παραδοσιακή, η δεύτερη μορφή διδασκαλίας συνδύαζε την προβολή εικόνας του Socrative σε οθόνη και οι φοιτητές απαντούσαν χωρίς κινητό ενώ στην τρίτη παρέμβαση οι φοιτητές απαντούσαν με το προσωπικό τους κινητό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλοι συμμετέχοντες φοιτητές προτίμησαν τα διαδραστικά μαθήματα. Η ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών στις διαλέξεις έδειξε ότι οι φοιτητές με την παραδοσιακή μέθοδο είχαν

υψηλότερες επιδόσεις. Αυτό όμως αποδόθηκε στο συνήθες φαινόμενο στις αίθουσες, όπου το ακροατήριο απαντάει σύμφωνα με την πλειοψηφία χωρίς να εκφράζει την προσωπική του άποψη και η αύξηση στις επιδόσεις τους θεωρήθηκε εικονική.

Σε όλες τις προαναφερθείσες έρευνες η στάση των συμμετεχόντων απέναντι στην ενσωμάτωση της εφαρμογής Socratic ήταν θετική. Αυτό είναι πολύ σημαντικό εύρημα αφού η στάση των φοιτητών απέναντι σε αυτές τις τεχνολογίες έχει μεγάλη επίδραση στη μαθησιακή διαδικασία. Έρευνες στην τριτοβάθμια Εκπαίδευση σχετικά με την ενσωμάτωση της εφαρμογής και σε άλλα μαθήματα, εκτός της Φυσικής, έδειξαν παρόμοια θετική στάση (Awedh et. al. 2014; Balta & Guvercin 2016; Kaya & Balta 2016; Munusamy et. al., 2019). Οι φοιτητές δηλαδή, δείχνουν να είναι δεκτικοί στην ενσωμάτωση της διαδραστικής εφαρμογής στα πανεπιστημιακά μαθήματα.

Οι έρευνες στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση αναφέρονται σε σχολεία που ακολούθησαν πιλοτικά την πολιτική BYOD. Μέσα στο πλαίσιο αυτής της πρακτικής ενσωμάτωσαν και την εφαρμογή Socratic, ανάμεσα σε άλλες εφαρμογές, στα σχολικά μαθήματα.

Στην Ελβετία, (Atewell, 2015a) δύο σχολεία συνολικού πληθυσμού 1500 μαθητών, που αντιστοιχούν ηλικιακά στο γυμνάσιο και λύκειο του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος, εφάρμοσαν την πολιτική BYOD και η συμμετοχή στο πρόγραμμα, αν και προαιρετική, ήταν μεγάλη. Η εφαρμογή αυτής της πολιτικής είχε θετικά αποτελέσματα στη μαθησιακή διαδικασία και στην αποδοχή τους από την εκπαιδευτική κοινότητα.

Στην Εσθονία (Atewell, 2015b) εφάρμοσαν την πρακτική BYOD σε τέσσερα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν την αμεσότερη αλληλεπίδραση ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς και στους μαθητές και την αποδοχή της από την εκπαιδευτική κοινότητα.

2.4. Προβληματισμός για τη χρήση των smartphones στη διδασκαλία

Είναι όμως αποδεκτή απ' όλη την εκπαιδευτική κοινότητα η τάση να φέρνουν οι μαθητές και να χρησιμοποιούν στην τάξη ηλεκτρονικές φορητές συσκευές και κυρίως smartphones ;

Οι ασκούντες κριτική απέναντι στη χρήση των smartphones στη διδασκαλία υποστηρίζουν ότι το ψηφιακό χάσμα ανάμεσα στους μαθητές θα αυξηθεί απειλώντας την ισότητα των ευκαιριών στην εκπαίδευση, δεδομένου ότι μόνο οι μαθητές που κατέχουν ηλεκτρονικές συσκευές θα έχουν την πρόσβαση στην εκπαιδευτική διαδικασία, ενώ οι υπόλοιποι θα αποκλείονται. Αντίθετα, οι υποστηρικτές θεωρούν ότι δεν παραβιάζεται η ισότιμη εκπαίδευση αφού το πρόβλημα αυτό μπορεί να ξεπεραστεί με διάφορους τρόπους. Μία

πρακτική θα ήταν ο δανεισμός των συσκευών στους μαθητές σε χαμηλό κόστος, με τον όρο ότι θα επιστραφεί στο σχολείο μετά το πέρας της σχολικής εργασίας (π.χ. σχολείο Grassi – Λύκειο Cambridge).

Επιπλέον, οι σκεπτικιστές της τάσης BYOD υποστηρίζουν ότι οι μαθητές που είναι κάτοχοι των ηλεκτρικών συσκευών είναι προνομιούχοι διότι θεωρούν ότι η κατοχή ηλεκτρονικής συσκευής εξασφαλίζει την απαραίτητη τεχνική γνώση δίνοντάς τους προβάδισμα. Όμως, έρευνες (Adhikari et. al., 2012; Adhikari et. al., 2016) δείχνουν ότι υπάρχει μεγάλη διασπορά στις ψηφιακές δεξιότητες ανάμεσα στους μαθητές που κατέχουν ηλεκτρονικές συσκευές, γεγονός που αντικρούει το επιχείρημα ότι η πολιτική BYOD μεγαλώνει το χάσμα.

Πολλοί γονείς επίσης, εναντιώνονται στην υιοθέτηση της πολιτικής BYOD στα σχολεία θεωρώντας ότι η χρήση των νέων τεχνολογιών σε τόσο μεγάλο βαθμό ενισχύει τον ήδη προβληματικό εθισμό των παιδιών τους στο διαδίκτυο. Τα σχολεία όμως που εφαρμόζουν την πρακτική BYOD θεωρούν ότι είναι παιδαγωγικά ορθότερο να μην απαγορευτεί στους μαθητές η χρήση των συσκευών αυτών αλλά να τους διδαχθεί η ορθολογικότερη χρήση. Για αυτό το σκοπό, οργανώνουν επιμορφωτικές συναντήσεις για τους γονείς, όπου οι τελευταίοι ενημερώνονται για την ασφαλή περιήγηση στον κυβερνοχώρο και γενικά για την ορθή χρήση των προσωπικών συσκευών των μαθητών.

Επίσης, τα τεχνικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπίσουν οι εκπαιδευτικοί, όπως είναι η διαφορετικής τεχνολογίας συσκευές των μαθητών, η υπερφόρτωση του δικτύου και ο κίνδυνος μόλυνσης με κακόβουλα λογισμικά λόγω της μεγαλύτερης πρόσβασης από τις συσκευές των μαθητών, μαζί με την ανησυχία τους για το υψηλό επίπεδο τεχνογνωσίας που πρέπει να κατέχουν, είναι ανασταλτικός παράγοντας για την διάδοση αυτής της τάσης. Αυτά τα προβλήματα ξεπερνιούνται αν λάβει κανείς υπόψη ότι η πολιτική BYOD στα σχολεία, εξασφαλίζει μείωση του σχολικού προϋπολογισμού, αφού με την αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων για τους μαθητές δεν είναι υποχρεωμένοι να ανανεώνουν τον εξοπλισμό με τεχνολογία αιχμής, ενώ μετατοπίζουν τον προϋπολογισμό σε άλλες ουσιαστικότερες ανάγκες. Επιπρόσθετα, η κατάλληλη επιμόρφωση και καθοδήγηση των εκπαιδευτικών από το τεχνικό προσωπικό μπορεί να οδηγήσει στην αποτελεσματική ενσωμάτωση της πολιτικής BYOD στα σχολεία (Stork, Rose & Wang, 2014).

Να σημειωθεί τέλος ότι η UNESCO είναι αντίθετη με την απαγόρευση της ενσωμάτωσής των ηλεκτρονικών συσκευών από τους μαθητές στις σχολικές αίθουσες διότι θεωρεί ότι με την πολιτική BYOD οι μαθητές αποκτούν δεξιότητες του μέλλοντος, τα σχολεία δεν

αποκόπτονται από τη σύγχρονη κοινωνία, αλλά συνεχίζουν να είναι ανοιχτά και να προσαρμόζονται στις αλλαγές της (West & Vosloo, 2013).

Ειδικά για τα smartphones (που είναι φορητές συσκευές), αυτά μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να παίξουν ένα πολύ ενεργό ρόλο στη δική τους μάθηση (De la Pena – Bandalaria, 2007), ενώ στο πλαίσιο συνεργατικής μάθησης μπορεί να προκαλέσουν «επαύξηση του φυσικού χώρου με ψηφιακές πληροφορίες» σε αντίθεση με τις «κλασικές» εφαρμογές συνεργατικής μάθησης μέσω υπολογιστή. Μπορεί δηλαδή να φέρουν την ψηφιακή πληροφορία μέσα στο φυσικό χώρο της μάθησης, και όχι τη μάθηση μέσα στον ψηφιακό χώρο του υπολογιστή. Με αυτόν τον τρόπο η φυσική εμπειρία και οι αφηρημένες έννοιες βιώνονται φυσικά και ταυτόχρονα, γεγονός που διευκολύνει την κατανόηση των αφηρημένων εννοιών (Colella, 2000; Kalogiannakis & Papadakis, 2017).

Οι εκπαιδευτικές επιπτώσεις της χρήσης smartphones στο σχολείο, ωστόσο, παραμένουν ένα αμφιλεγόμενο ζήτημα στον σύγχρονο προβληματισμό για την αξιοποίηση τους (Barkham & Moss, 2012). Παρόλο που πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η τεχνολογία μπορεί να αποτελέσει έναν αποτελεσματικό τρόπο για την ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών, απαιτείται περαιτέρω μελέτη για την ομαλή ενσωμάτωση της τεχνολογίας στα εκπαιδευτικά γεγονότα, όπως τα εκπαιδευτικά υλικά και τα πλαίσια διδασκαλίας (Swarat, Ortony & Revelle, 2012). Επιπλέον, είναι γνωστό το γεγονός ότι η εισαγωγή των νέων τεχνολογιών σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα μπορεί να οδηγήσουν σε απόσπαση της προσοχής ή αυξημένο γνωστικό φορτίο και έτσι να βλάψουν τη μάθηση (van Bruggen, Kirschner & Jochems, 2002; Fried, 2008; Tossell et al., 2014).

2.5. Προβληματισμός από τη χρήση των SETs στη διδασκαλία

Μερικά από τα επιχειρήματα της χρήσης των SETs στη διδασκαλία της Φυσικής είναι ότι η αξιοποίηση τους στη διδασκαλία μπορεί να αυξήσει το ενδιαφέρον των μαθητών, να τονώσει την περιέργεια τους, να μειώσει το γνωστικό φορτίο και εν τέλει να οδηγήσει στην επίτευξη γνωστικών και άλλων στόχων που είναι αποτέλεσμα της μάθησης.

Πιο συγκεκριμένα, η χρήση των SETs μπορεί να θεωρηθεί ένα ειδικό είδος επικεντρωμένης επιστημονικής μάθησης, σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο της Βασικής Επιστημονικής Εκπαίδευσης (BEE). Μια τέτοια βασική επιστημονική εκπαίδευση προτείνει αυθεντικά περιβάλλοντα, τα οποία σχετίζονται με πραγματικές και γνήσιες καταστάσεις που δημιουργούν στους μαθητές τις κατάλληλες εμπειρίες και δημιουργούν κίνητρα για μάθηση (OECD, 2006). Τέτοια πλαίσια μπορούν να ανοίξουν την κλειστή

σύνθετη πραγματικότητα που συναντάται πολλές φορές στη διδασκαλία της Φυσικής, όπου οι μαθητές μαθαίνουν πράγματα που φαίνεται να μην έχουν καμία σχέση με τον πραγματικό κόσμο και την καθημερινότητά τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αμφισβητούν τους λόγους για την αναγκαιότητα μελέτης της Φυσικής (Müller, 2006; Taasoobshirazi & Carr, 2008).

Υπάρχουν εμπειρικές μελέτες που δείχνουν ότι η τόνωση του ενδιαφέροντος από ένα αυθεντικό πλαίσιο μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα κίνητρα μάθησης, και ενίσχυση παράλληλα μιας θετικότερης στάσης απέναντι στην Επιστήμη (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007; Gilbert, Bulte & Pilotet, 2011).

Εμπειρικές μελέτες επίσης, χρησιμοποιούν προσεγγίσεις όπου τα αυθεντικά περιβάλλοντα χρησιμοποιήθηκαν ως σημείο εκκίνησης για την ανάπτυξη επιστημονικών ιδεών ή για ισχυροποιήσουν τους δεσμούς μεταξύ της επιστήμης, της τεχνολογίας και της κοινωνίας (Science Technology Society ή STS). Μια όμως από τις δυσκολίες ενός τέτοιου αναλυτικού προγράμματος είναι η αμφισβήτηση των εκπαιδευτικών από την ανάγκη ακριβώς να υιοθετηθούν εκτεταμένες αλλαγές των παιδαγωγικών στρατηγικών (Ratcliffe & Millar, 2009). Έτσι, για να ενισχυθεί η εφικτότητα και η ευελιξία, έχουν προταθεί και διερευνηθεί παρεμβάσεις σε μικρότερη κλίμακα παιδαγωγικών αλλαγών, στο επίπεδο των «εκπαιδευτικών επεισοδίων», με την έννοια ότι σχεδιάζεται μια μικροδιδασκαλία αφιερωμένη σε ένα συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο ή δεξιότητα, όπως είναι η μελέτη π.χ. της κίνησης του μηχανικού εκκρεμούς. Μια τέτοια μικροδιδασκαλία περιορίζεται από το περιεχόμενο, τα εκπαιδευτικά υλικά καθώς και από τις προθέσεις του διδάσκοντος εκπαιδευτικού (Swarat, Ortony & Revelle, 2012).

Αυτές οι παρεμβάσεις δεν απαιτούν ειδικές μεθοδολογικές ή οργανωτικές συνθήκες και μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν στις υφιστάμενες διδακτικές προσεγγίσεις. Παραδείγματα τέτοιων παρεμβάσεων είναι τα προβλήματα ιστορικού ή άλλου υλικού διδασκαλίας που βασίζεται στο περιβάλλον, τα οποία δείχνουν να βελτιώνουν τα κίνητρα και τη μάθηση σε σύγκριση με τις παραδοσιακές τάξεις (Kuhn & Müller, 2014; Bahtaji, 2015).

Το πλαίσιο της παρούσας διδακτικής παρέμβασης που υιοθετείται δεν είναι πολύπλοκο και στηρίζεται σε υπάρχουσες διδακτικές προσεγγίσεις, ενώ ταυτόχρονα ενθαρρύνει τα κίνητρα και τη μάθηση. Δεδομένου ότι τα smartphones σήμερα είναι πανταχού παρόντα για τους μαθητές, οι ίδιες οι συσκευές είναι σε θέση να δημιουργήσουν ένα σχετικό πλαίσιο με τον ακόλουθο τρόπο: Πειραματισμός με smartphones σημαίνει να πειραματιστούν οι μαθητές με μια συσκευή που είναι οικεία και σημαντική, χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή που θα μπορούσαν να την χρησιμοποιήσουν και εκτός τάξης. Η σύνδεση αυτή του ίδιου του

πειραματικού μέσου, που είναι το smartphone, στην καθημερινή ζωή των μαθητών αποτελεί το «υλικό πλαίσιο».

Με τα SETs, μπορούν να διεξαχθούν πειράματα που διερευνούν αυθεντικά θέματα στην καθημερινή ζωή όπου και όποτε εμφανίζονται (Tornarία, Monteiro & Marti, 2014; Müller et. al., 2015; Monteiro et. al., 2016; Müller, Hirth & Kuhn, 2016). Ονομάζουμε αυτό το πιο παραδοσιακό είδος περιβάλλοντος «τοπικό πλαίσιο». Σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο της Βασικής Επιστημονικής Εκπαίδευσης (BEE), αυτό το «τοπικό πλαίσιο» μπορεί να δημιουργήσει θετικές συναισθηματικές και γνωστικές επιδράσεις. Το «υλικό πλαίσιο» μπορεί επίσης να επηρεάσει το κίνητρο και τη μάθηση, καθώς οι ίδιες οι συσκευές αντιπροσωπεύουν μια σύνδεση με την καθημερινή ζωή, ειδικά για τους νέους. Καθώς το περιβάλλον με κινητά πειράματα μπορεί να δημιουργηθεί από «υλικό» και «τοπικό» πλαίσιο, μπορεί να υπάρχει μια διπλή σχέση του περιεχομένου με την καθημερινή ζωή των μαθητών και ως εκ τούτου, να αναμένονται υψηλότερες συναισθηματικές και γνωστικές επιδράσεις από εκείνες που μπορεί να δημιουργηθούν μόνο από το υλικό πλαίσιο.

Οι Hidi και Renninger (2006) ορίζουν το ενδιαφέρον ως μια «ψυχολογική κατάσταση εμπλοκής ή προδιάθεση για επανασύνδεση με συγκεκριμένες κατηγορίες αντικειμένων, γεγονότων ή ιδεών με την πάροδο του χρόνου». Για μια ουσιαστική χρήση των SETs στη διδασκαλία της Φυσικής, είναι σημαντικό να αυξηθεί το ενδιαφέρον για τη Φυσική μέσα από τα πειράματα. Αν οι μαθητές ενδιαφέρονται μόνο για τις ίδιες τις συσκευές, αυτό πιθανότατα θα οδηγήσει σε εξασθένιση του ενδιαφέροντος για την Φυσική αμέσως μετά τη δραστηριότητα. Τα υλικά πλαίσια που παρέχονται από τα SETs μπορούν να έχουν νόημα στους μαθητές επειδή γνωρίζουν τις συσκευές από την καθημερινή τους ζωή και έχουν ισχυρή σχέση με αυτούς. Επομένως, οι SETs μπορούν να προωθήσουν το αντικειμενικό περιστασιακό ενδιαφέρον. Προκειμένου να μετατραπεί αυτό το ενδιαφέρον για τις συσκευές σε ενδιαφέρον για τη Φυσική, οι μαθητές χρειάζονται ένα πλαίσιο για να αναγνωρίσουν τη συνάφεια των υπό μελέτη θεμάτων σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο του BEE. Ίσως οι σχετικά απλές σε χρήση εφαρμογές των smartphones, που χρησιμοποιούνται σε διαφορετικά παραδοσιακά πειράματα, να μπορούν να οδηγήσουν σε ένα αυξημένο ενδιαφέρον, γενικά για τα διάφορα θέματα και ειδικά για τη Φυσική.

Επίσης, η περιέργεια είναι μια άλλη μεταβλητή που εμπλέκεται στον προβληματισμό για τη χρήση των SETs. Έρευνα έδειξε ότι η περιέργεια, σε συσχέτισμό με την προσπάθεια, είναι ένας σημαντικός παράγοντας πρόβλεψης των ακαδημαϊκών επιτευγμάτων και ως εκ τούτου έχει εξεταστεί σε έναν σημαντικό αριθμό μελετών (von Stumm, Hell & Chamorro-Premuzic, 2011). Σύμφωνα με τους Arnone et. al. (2011), η περιέργεια είναι μια «επιθυμία για νέες

πληροφορίες ή εμπειρία», που περιλαμβάνει μια αφόρμιση, μια αντίδραση σε αυτή τη αφόρμιση και ένα αποτέλεσμα που μπορεί να ικανοποιεί ή όχι την επιθυμία. Μια ικανοποίηση της επιθυμίας μπορεί να προκαλέσει νέα μάθηση και νέο ενδιαφέρον, που μπορεί να προκαλέσει εκ νέου την περιέργεια. Ως εκ τούτου, οι εκπαιδευόμενοι παρακινούνται να αναζητήσουν πληροφορίες και να επιμείνουν στην εξερεύνηση μέχρι να επιτύχουν ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Αν όμως οι εκπαιδευόμενοι θεωρήσουν ότι η αναζήτηση πληροφοριών δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί εγκαίρως και με ελάχιστη προσπάθεια (Arnone et. al., 2011), τότε δεν θα μπορέσει να ικανοποιηθεί η περιέργεια και επομένως να αυξηθεί το ενδιαφέρον για τη Φυσική. Με την εισαγωγή των SETs, οι μαθητές διδάσκονται πώς να χρησιμοποιούν τις οικείες γι' αυτούς συσκευές με νέο και πρωτότυπο τρόπο ως κινητά εργαστήρια τσέπης. Στους μαθητές παρέχεται ένας νέος τρόπος γρήγορης πρόσβασης στην πληροφορία με λιγότερη προσπάθεια. Έτσι, αυξάνεται η αντιληπτή ικανότητα τους να διεξάγουν γρήγορα, εύκολα και με επιτυχία πειράματα με τα δικά τους smartphones. Αυτό με τη σειρά του τονώνει την αυτοπεποίθηση τους, αυξάνει την εμπιστοσύνη τους και τελικά την περιέργεια τους για θέματα που σχετίζονται με τη Φυσική.

Η αλήθεια είναι ότι πίσω από τις προσεγγίσεις για την υποστήριξη των κινήτρων των μαθητών είναι και η ευρέως διαδεδομένη πίστη στην εκπαίδευση, ότι τα καλύτερα κίνητρα θα οδηγήσουν σε καλύτερη εκμάθηση (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007). Ωστόσο, κάποιες έρευνες δείχνουν ότι αυτό δεν ισχύει απόλυτα (Uguroglu & Walberg, 1979; Wild, Hofer & Pekrun, 2001). Αντίθετα, η αύξηση των μαθησιακών επιδόσεων μπορεί να προέλθει από την χρήση των SETs που προβλέπεται από διάφορα θεωρητικά πλαίσια, όπως είναι η θεωρία των γνωστικών φορτίων (Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998), η οποία λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι η μνήμη εργασίας έχει περιορισμένες ικανότητες.

Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία υπάρχουν τρία είδη γνωστικών φορτίων: το εγγενές γνωστικό φορτίο, που παράγεται από τη φύση του περιεχομένου της μάθησης, το εξωτερικό γνωστικό φορτίο, που προκύπτει από την παρουσίαση του υλικού μάθησης και το σχετικό γνωστικό φορτίο, που παράγεται από την ουσιαστική μάθηση. Το άθροισμα και των τριών ειδών γνωστικού φορτίου δεν μπορεί να υπερβεί τις ικανότητες της μνήμης εργασίας. Ως εκ τούτου, θα πρέπει ο σχεδιασμός διδασκαλίας να προσπαθεί να μειώσει το εξωτερικό γνωστικό φορτίο για να αφήσει περισσότερη ελεύθερη γνωστική ικανότητα για την ουσιαστική μάθηση.

Τα SETs μπορούν να μειώσουν το εξωτερικό γνωστικό φορτίο, π.χ. με την παροχή αυτόματων γραφημάτων: Οι μαθητές δεν χρειάζεται να ξοδεύουν γνωστικές ικανότητες σχεδιάζοντας τα ίδια τα γραφικά (εξωτερικό φορτίο), αλλά μπορούν να επικεντρωθούν πλήρως στην ερμηνεία τους. Τα SETs παρέχουν δηλαδή στους μαθητές περισσότερο χρόνο

για να εκτελούν άλλα εκπαιδευτικά σημαντικά πράγματα και δραστηριότητες, όπως η ανάλυση και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων, επαναλαμβάνοντας τα πειράματα για τον έλεγχο εναλλακτικών υποθέσεων (Tho, Chan & Yeung, 2015). Επιπλέον, τα γραφικά, τα ψηφία και τα πρόσθετα είδη αναπαραστάσεων (εξαρτώμενα από την εφαρμογή και τον χρησιμοποιούμενο αισθητήρα) παράγονται εύκολα με τα SETs και μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους και την παρατήρηση του πειράματος, τα οποία ως πολλαπλές αναπαραστάσεις μπορούν επίσης να ενισχύσουν τη μάθηση (Ainsworth, 2006). Οι γραφικές παραστάσεις σε πραγματικό χρόνο π.χ. μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να αντιμετωπίσουν τις διαισθητικές αντιλήψεις και να υποστηρίξουν μια καλύτερη κατανόηση της κινηματικής (Brasell, 1987; Beichner, 1996).

Ένα άλλο έργο πλαισίου που παρέχει τους λόγους για μια ευεργετική χρήση των SETs είναι αυτό της κινητής μάθησης (mobile learning). Η κινητή μάθηση, η οποία ορίζεται ως «οι διαδικασίες της γνώσης μέσω συνομιλιών σε πολλαπλά περιβάλλοντα μεταξύ των ανθρώπων και των διαπροσωπικών αλληλεπιδραστικών τεχνολογιών» (Sharples, Taylor & Vavoula, 2007), δίνει τη δυνατότητα μιας απαλλαγμένης από χρονικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς μάθησης, καλύτερα από οποιαδήποτε άλλη προηγούμενη τεχνολογία (Crompton, Burke & Gregory, 2017).

Υπάρχουν αρκετά επιχειρήματα υπέρ της κινητής μάθησης. Σε συναισθηματικό επίπεδο, οι νοοτροπίες και οι αντιλήψεις του εκπαιδευομένου προς την κατεύθυνση της μάθησης μπορούν να βελτιωθούν με προσεγγίσεις που υιοθετούν την κινητή μάθηση (Swarat, Ortony & Revelle, 2012; Wu et. al., 2012). Στο γνωστικό επίπεδο, η κινητή τεχνολογία μπορεί να υποστηρίξει και να εμπλουτίσει τη μάθηση με διάφορους τρόπους (Habler, Major & Hennessy, 2016) όπως είναι η ευέλικτη και προσαρμοστική μάθηση (οι μαθητές ανταποκρίνονται και αντιδρούν στο μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο με τη σειρά του δεν είναι πλέον προκαθορισμένο), η ουσιαστική και κατ'οίκον μάθηση και η εξατομικευμένη μάθηση. Πρόσφατες κριτικές και μετα-αναλύσεις αναδεικνύουν αυτές τις εκπαιδευτικές ευκαιρίες σε κρίσιμους παράγοντες επιτυχούς μάθησης (Alrasheedi, Capretz & Raza, 2015; Pimmer, Mateescu & Grohbiel, 2016; Crompt, Burke & Gregory, 2017).

Βέβαια, ένα ενδιαφέρον εύρημα είναι ότι η πλειονότητα των μελετών διεξήχθη σε θέματα των βιοεπιστημών (Crompton et. al., 2016), μια περιοχή όπου ένα είδος κινητής μάθησης (εκδρομές στη φύση κ.λπ.) έχει ήδη μια παράδοση (DeWitt & Storksdieck, 2008). Αντίθετα, στη Φυσική υπάρχουν ελάχιστες έρευνες που διερευνούν τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα της κινητής μάθησης και η παρούσα έρευνα προστίθεται σ' αυτές. Ωστόσο, σε αντίθεση με αυτούς τους θεωρητικούς λόγους για πλεονεκτικές επιπτώσεις από τη χρήση των SETs,

υπάρχουν μελέτες που έδειξαν αρνητικά αποτελέσματα από τη χρήση της εκπαιδευτικής τεχνολογίας στο σχολείο. Ήδη από το 2002 (Van Bruggen, Kirschner & Jochems) μελετήθηκε η επίδραση των, από υπολογιστές υποστηριζόμενων, μαθησιακών περιβάλλοντων και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι καθώς οι μαθητές πρέπει να ενσωματώσουν και να συντονίσουν πολλαπλές αναπαραστάσεις κατά τη διάρκεια της μάθησης (το ίδιο ισχύει και για τη χρήση των SETs), η προσοχή τους αποσπάται από διάφορες πηγές πληροφοριών και το γνωστικό φορτίο αυξάνεται. Όπως αναπτύχθηκε παραπάνω, αυτό θα μειώσει τα μαθησιακά επιτεύγματα.

Μια άλλη κριτική σχετικά με τη χρήση smartphones στο σχολείο είναι το δυνητικά αποσπασματικό τους αποτέλεσμα. Σε μια έρευνα δόθηκαν smartphones σε μαθητές που δεν είχαν χρησιμοποιήσει ποτέ τέτοιες συσκευές πριν (Tossell et. al., 2014). Στην αρχή της μελέτης, οι περισσότεροι συμμετέχοντες ήταν βέβαιοι ότι το smartphone θα τους βοηθήσει να επιτύχουν τους εκπαιδευτικούς τους στόχους. Ωστόσο, μετά από ένα χρόνο, παρόλο που οι μαθητές χρησιμοποίησαν πράγματι τα smartphones τους για άτυπη μάθηση, τα αντιλήφθηκαν ως αποτρεπτικά και όχι ως χρήσιμα.

Μια άλλη μελέτη (Beland & Murphy, 2015) διερεύνησε τα επιτεύγματα μαθητών πριν και μετά την απαγόρευση χρήσης των smartphones στο σχολείο τους. Η απόδοση στις γραπτές εξετάσεις αυξήθηκε σημαντικά μετά την απαγόρευση, ειδικά για τους μαθητές με χαμηλή επίδοση, την οποία οι συγγραφείς αποδίδουν σε μικρότερη απόσπαση της προσοχής από τα smartphones στην τάξη.

Τα μαθησιακά αποτελέσματα δεν μελετώνται μόνο σχετικά με τη χρήση των smartphones στο σχολείο, αλλά και σχετικά με τις ΤΠΕ γενικά, όπως είναι η χρήση των Laptop (Fried, 2008). Οι μαθητές πρέπει να μάθουν για τις λειτουργίες της συσκευής σε συμβατικές ρυθμίσεις για να αποτρέψουν παρεξηγήσεις ή ακόμα και παρανοήσεις. Για παράδειγμα, λόγω του τρόπου λειτουργίας του αισθητήρα επιτάχυνσης, το smartphone μετρά επιτάχυνση g ($9,81 \text{ m/s}^2$) ενώ βρίσκεται σε ηρεμία. Τέτοιες και άλλες προδιαγραφές αισθητήρων πρέπει να εξηγούνται και να συζητούνται με τους μαθητές σε ένα τυπικό περιβάλλον πριν πειραματιστούν με δική τους συσκευή, γιατί μπορεί εύκολα να δημιουργηθούν διάφορες παρερμηνείες, ειδικά στην Μηχανική. Το μαγνητόμετρο π.χ. επηρεάζεται από τα μαγνητικά πεδία που δημιουργούν οι ηλεκτροφόροι αγωγοί των στο εσωτερικό των smartphones.

Προς το παρόν πάντως, οι ελεύθερες εφαρμογές που αξιοποιούν οι αισθητήρες συμπεριφέρονται σαν μαύρα κουτιά που δίνουν αποτελέσματα χωρίς περιγραφή των βιβλιοθηκών ή των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται για την απόκτηση των εν λόγω αποτελεσμάτων. Επιπλέον, αρκετές από αυτές τις εφαρμογές δεν επιτρέπουν βαθμονόμηση

των αισθητήρων έτσι ώστε τα αποτελέσματά τους να εξαρτώνται από το μοντέλο του Smartphone που χρησιμοποιείται, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει διάφορες παρανοήσεις στους σπουδαστές (González et al., 2015).

2.6. Ερευνητικά ερωτήματα

Η βιβλιογραφική επισκόπηση έδειξε τον πλούτο των προτάσεων αξιοποίησης των αισθητήρων των smartphones στο πλαίσιο της διδασκαλίας της Φυσικής. Ταυτόχρονα όμως ανέδειξε και τον προβληματισμό της διεθνούς κοινότητας για την παιδαγωγική ωφέλεια αυτής της αξιοποίησης, προβληματισμός που παραμένει στην επικαιρότητα, κυρίως από την έλλειψη σχετικών εμπειρικών ερευνών, ιδιαίτερα στο χώρο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Στη προσπάθεια για εμπλουτισμό της διεθνούς συζήτησης γύρω από τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα, τα οφέλη, τις συνέπειες αλλά και τις απόψεις των μαθητών γύρω από τη παιδαγωγική αξιοποίηση των smartphones και των αισθητήρων τους, η εργασία έθεσε ως στόχο να συλλέξει τις απαντήσεις μαθητών γύρω από επίκαιρα ερευνητικά ερωτήματα.

Τα βασικότερα ερευνητικά ερωτήματα που τίθενται κινούνται σε τρεις άξονες. Ο πρώτος αφορά τη σχέση των αισθητήρων των smartphones με την επίτευξη γνωστικών στόχων που σχετίζονται με τη διδασκαλία του φαινομένου της ταλάντωσης ενός εκκρεμούς. Ο δεύτερος άξονας αφορά τη χρήση των smartphones στην on time αξιολόγηση των μαθητών κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, δηλαδή την άμεση ανατροφοδότηση του εκπαιδευτικού σχετικά με την επίτευξη των στόχων κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Τέλος, ο τρίτος σχετίζεται με την αξιολόγηση της στάσης των μαθητών απέναντι στα smartphones είτε ως πειραματικά εργαλεία στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, είτε ως εργαλεία που συμβάλλουν και βοηθούν στη μάθηση γενικά.

Πιο συγκεκριμένα τα βασικότερα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας είναι τα παρακάτω.

1°. Η χρήση των αισθητήρων των smartphones ως πειραματικά εργαλεία (SET) διευκολύνει την κατανόηση εννοιών της Φυσικής που σχετίζονται με περιοδικά φαινόμενα, όπως είναι η περίοδος ταλάντωσης του εκκρεμούς ;

2°. Αντιμετωπίζουν θετικά τη χρήση της τεχνολογίας των smartphones στη αξιολόγηση στο μάθημα της Φυσικής ;

3°. Αντιμετωπίζουν θετικά τη χρήση των smartphones στη διδασκαλία ;

4°. Η χρήση των αισθητήρων των smartphones ως πειραματικά εργαλεία (SET) αυξάνει το ενδιαφέρον τους και τη θετική τους στάση απέναντι στη Φυσική ;

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η επιλογή του μεθοδολογικού πλαισίου για τη συλλογή των δεδομένων σχετίζεται άμεσα με τα ερευνητικά ερωτήματα και τους στόχους της έρευνας (Φλαμπούρη, 2009).

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τόσο τα μαθησιακά αποτελέσματα της χρήσης των smartphones για τη διδασκαλία της ταλάντωσης του εκκρεμούς, όσο και τη στάσεις των μαθητών απέναντι στη χρήση τους για τη διδασκαλία και αξιολόγηση τους στη συγκεκριμένη ενότητα. Αν και το εύρος των πτυχών της χρήσης των smartphones που πραγματεύεται είναι σχετικά διευρυμένο, η εργασία κατηγοριοποιείται λόγω της μεθοδολογίας που χρησιμοποιεί για την συλλογή των δεδομένων, ως εργασία ποσοτικής ανάλυσης, μιας μελέτης περίπτωσης. Ο όρος μελέτη περίπτωσης δικαιολογείται από την ιδιαιτερότητα του τρόπου αξιοποίησης του smartphone (αισθητήρες), την επιλογή της συγκεκριμένης ενότητας της Φυσικής (εκκρεμές), την επιλογή δεδομένων εφαρμογών και στον σχετικά μικρό και βολικό αριθμό των υποκειμένων της έρευνας (69 μαθητές και μαθήτριες συνολικά).

Η μελέτη περίπτωσης είναι ένα συγκεκριμένο επιστημονικό παράδειγμα που συχνά σχεδιάζεται για να σκιαγραφήσει μια γενικότερη κατάσταση (Cohen, Manion & Morrison, 2008) και είναι κατάλληλη για νέους ερευνητικούς τομείς ή ερευνητικούς τομείς στους οποίους η υπάρχουσα θεωρία είναι ανεπαρκής (Eisenhardt, 1989). Η περίπτωση της αξιολόγησης της χρήσης των αισθητήρων των smartphones στη διδασκαλία μιας συγκεκριμένης ενότητας της Φυσικής φαίνεται να δικαιολογεί την κατάταξη της έρευνας ως μελέτη περίπτωσης. Μια από τις αρνητικές επιπτώσεις της χρήσης της, αποτελεί το γεγονός ότι δεν παρέχει βάση για επιστημονική γενίκευση και εξαγωγή συμπερασμάτων και το κυριότερο δεν είναι αντιπροσωπευτική (Yin, 2014). Σε άλλο σχολείο, με άλλα παιδιά, διαφορετικό γνωστικό αντικείμενο, άλλη διδακτική ακολουθία και άλλα αξιοποιούμενα χαρακτηριστικά του smartphones, τα αποτελέσματα ίσως να ήταν διαφορετικά. Όμως η χρήση της ως ερευνητικό εργαλείο αναγνωρίζεται ως επιστημονική και είναι διαδεδομένη σε πλήθος ερευνητικών πεδίων (Μαγγόπουλος, 2014).

3.1 Επιλογή δείγματος

Η διαδικασία της δειγματοληψίας αποτελεί σημαντικό κομμάτι του ερευνητικού σχεδιασμού, καθώς η επιλογή του δείγματος επηρεάζει τόσο την ποιότητα των δεδομένων όσο και τα συμπεράσματα της έρευνας (Ισαρη & Πουρκός, 2015). Στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής έρευνας, η συλλογή των δεδομένων περιορίστηκε σε

ένα «βολικό» δείγμα, που περιελάμβανε τους μαθητές του ερευνητή - εκπαιδευτικού που δίδασκε το μάθημα της Φυσικής στη Γ' Γυμνασίου. Η ύπαρξη ενός νομοθετικού πλαισίου που καθιστά δύσκολη την χρήση των smartphones στη σχολική αίθουσα και επιφυλακτική τη στάση των διευθυντών απέναντι σε έρευνες που γίνονται κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, περιόριζε τη δυνατότητα πρόσβασης στον πληθυσμό και διεύρυνση του δείγματος.

Τα προβλήματα ελαχιστοποιήθηκαν και αφού πρώτα οι κηδεμόνες των συμμετεχόντων μαθητών έδωσαν γραπτή άδεια συμμετοχής των παιδιών τους στην ερευνητική διδασκαλία με την προσκόμιση κάποιου smartphone, ενώ η διπλή ιδιότητα του ερευνητή και διευθυντή του σχολείου αποτέλεσε εγγύηση για την χωρίς απρόσκοπτη διεξαγωγή της έρευνας.

Η έρευνα επικεντρώθηκε στο Γυμνάσιο, με τα παιδιά που φοιτούν στη Γ' Γυμνασίου πανελληνίως να αποτελούν τον πληθυσμό στόχου. Ο πληθυσμός μελέτης αναφέρεται στους μαθητές που φοιτούσαν σε κάποιο από τα γυμνάσια στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, ενώ το δείγμα αποτέλεσαν οι μαθητές και μαθήτριες που φοιτούσαν σε ένα μεσαίου δυναμικού, για τα ελληνικά δεδομένα, γυμνάσιο στην αστική περιοχή της πόλης.

Οι συμμετέχοντες μαθητές της Γ' Γυμνασίου ήταν αρχικά 78, όσοι φοιτούσαν στα 3 τμήματα της τάξης. Από αυτούς μόνο οι 69 συμμετείχαν πλήρως στις εργαστηριακές δραστηριότητες και συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδασκαλία. Από τα 69 δε συμμετέχοντα παιδιά, τα 44 (63,7%) ήταν αγόρια και τα υπόλοιπα 25 (36,3%), κορίτσια. Τα παιδιά συνολικά ήταν ισοκαταταγμένα στα 3 τμήματα (22, 23 και 24) όχι όμως και τα 25 κορίτσια που, αν και μειοψηφία, ήταν η πλειοψηφία στο δεύτερο τμήμα (6, 14, 5 κορίτσια στα 3 τμήματα).

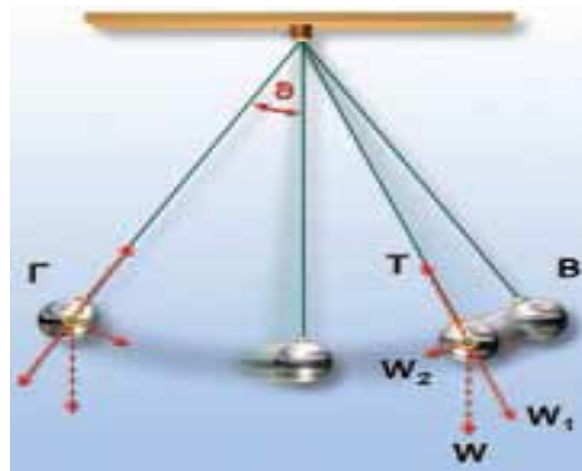
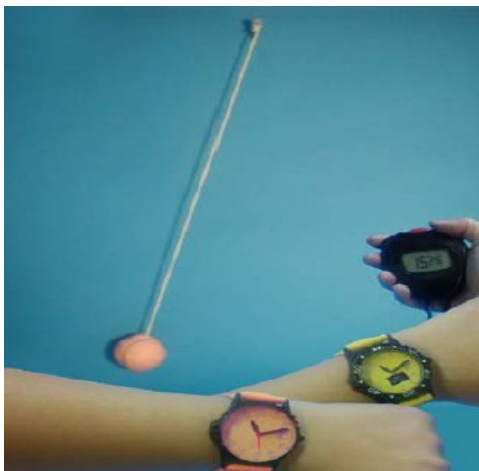
Η παραπάνω «βολική» δειγματοληψία περιλαμβάνει την επιλογή ατόμων που βρίσκονται κοντά στον ερευνητή. Επειδή το παραπάνω δείγμα δεν είναι αντιπροσωπευτικό καμίας άλλης ομάδας, εκτός από τον εαυτό του, τα αποτελέσματα του δεν επιδέχονται κανενός είδους γενίκευση στον ευρύτερο πληθυσμό (Cohen, Manion & Morrison, 2008).

Όμως, μπορεί η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία να μην διεκδικεί γενίκευση των ερευνητικών της ευρημάτων, θεωρεί ωστόσο τα δεδομένα της σημαντικά, τόσο γιατί συλλέχθηκαν από την αλληλεπίδραση με τους μαθητές στο πλαίσιο της σχολικής πραγματικότητας, όσο και γιατί αποτελεί μια από τις λίγες σχετικά εργασίες που εξετάζουν την αποτελεσματικότητα της χρήσης των smartphones και των αισθητήρων τους στη διδασκαλία της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

3.2 Γνωστικό περιεχόμενο

Για τη διερεύνηση της διδακτικής ωφέλειας από τη χρήση των smartphones στο εργαστήριο της Φυσικής, επιλέχθηκε η διδασκαλία του εκκρεμούς και πιο συγκεκριμένα η μελέτη της περιόδου του. Η επιλογή αυτή έγινε με βάση έξι κριτήρια.

Το πρώτο κριτήριο είναι η σπουδαιότητα του στο χώρο των Φυσικών Επιστημών. Όπως αναφέρει και ο Δώνης (2014) η μελέτη του εκκρεμούς διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στη γέννηση και ανάπτυξη των Φυσικών Επιστημών του 17ου αιώνα, καθότι παρείχε τον πρώτο αποτελεσματικό τρόπο ακριβούς μέτρησης του χρόνου, γεγονός απαραίτητο στην εξέλιξη της επιστημονικής επανάστασης. Ο Galileo χρησιμοποίησε την κίνηση του εκκρεμούς στη μελέτη της ελεύθερης πτώσης, στη θεμελίωση του νόμου του για τη διατήρηση της ενέργειας και στην αμφισβήτηση της Αριστοτελικής εννοιολογικής διάκρισης των κινήσεων σε βίαιες και φυσικές. Ο Newton στη συνέχεια χρησιμοποίησε το εκκρεμές στην ερμηνεία του πεπλατυσμένου σχήματος της Γης, στον προσδιορισμό της τιμής της έντασης του γήινου βαρυτικού πεδίου, στην απόδειξη της ανυπαρξίας του αιθέρα των φιλοσόφων, στον προσδιορισμό του συντελεστή ελαστικότητας των σωμάτων, στη διερεύνηση των νόμων της κρούσης, στη μέτρηση της ταχύτητας του ήχου και στην απόδειξη της αναλογίας του βάρους των σωμάτων με τη μάζα τους. Επιπλέον, η ενσωμάτωση του εκκρεμούς στα ρολόγια και η επακόλουθη επίλυση του προβλήματος του προσδιορισμού του γεωγραφικού μήκους επέτρεψε την ανάπτυξη της ναυσιπλοΐας, των ευρωπαϊκών εξερευνήσεων, του εμπορίου και της αποίκησης, γεγονότα που διαμόρφωσαν την εξέλιξη της βιομηχανικής επανάστασης, τη δημόσια ζωή και τον πολιτισμό (Matthews, 2000).



Εικόνα 3.13. Μελέτη ταλάντωσης εκκρεμούς α) Στην Α' Γυμνασίου β) Στην Γ' Γυμνασίου

Η συχνότητα εμφάνισης του στη διδασκαλία της Φυσικής ήταν το δεύτερο κριτήριο επιλογής του. Πράγματι, το απλό εκκρεμές, ως αντικείμενο διδασκαλίας, περιλαμβάνεται στη συντριπτική πλειοψηφία των αναλυτικών προγραμμάτων Φυσικής, σε όλο τον κόσμο και σε όλες σχεδόν τις εκπαιδευτικές βαθμίδες. Στα ελληνικά αναλυτικά προγράμματα για τις Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο, η μέτρηση της περιόδου του εκκρεμούς αποτελεί αντικείμενο εκτενούς μελέτης στη Φυσική της Α' τάξης (εικόνα 3.1α), ενώ εξετάζεται και στη Φυσική της Γ' τάξης (εικόνα 3.1β), ως εισαγωγή στη μελέτη των ταλαντώσεων.

Η απλότητα της πειραματικής διάταξης μελέτης του και η διαθεσιμότητα των αισθητήρων του smartphone για τη μελέτη του, ήταν δυο ακόμη κριτήρια για την επιλογή του. Σημαντικό ρόλο έπαιξε επίσης το γεγονός ότι οι μαθητές είχαν ήδη διδαχθεί το εκκρεμές και μετρήσει την περίοδο του στη Α' τάξη του Γυμνασίου και έτσι θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η διερεύνηση των γνώσεων σχετικά με την περίοδο του εκκρεμούς που παρέμειναν σταθερές δυο χρονιά μετά τη διδασκαλία τους (πέμπτο κριτήριο). Τέλος, η επιλογή του εκκρεμούς ήταν σχεδόν μονόδρομος αφού είχε ήδη προηγηθεί η επιλογή του δείγματος της πειραματικής μελέτης, που ήταν μαθητές της Γ' γυμνασίου και διαθέσιμοι για διδασκαλία από τον ερευνητή.

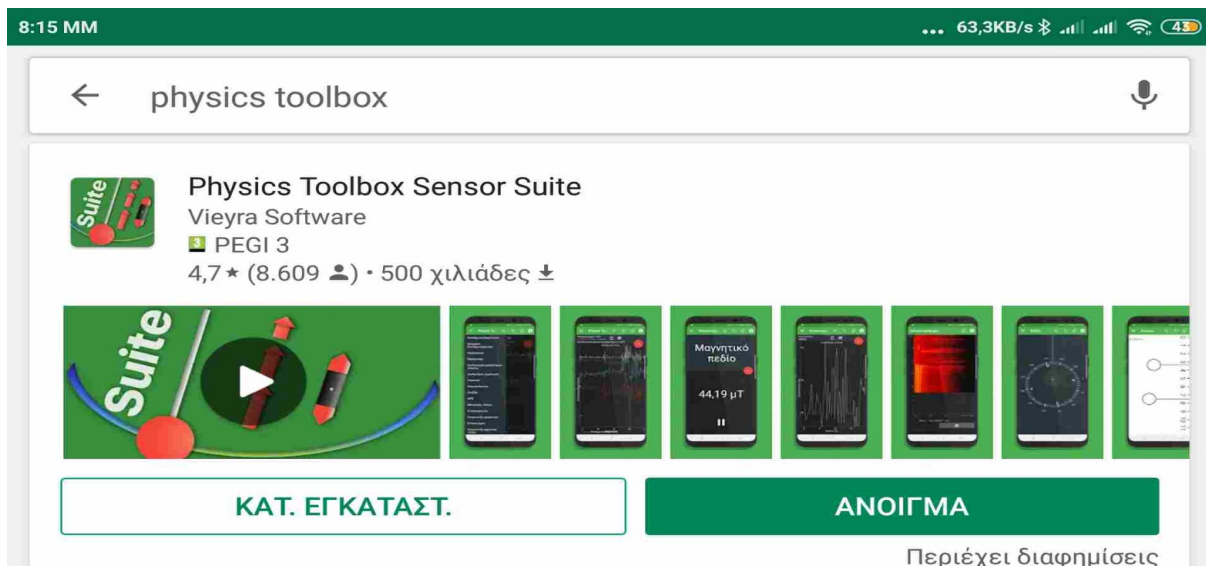
3.3 Εργαλεία και μέθοδοι συλλογής δεδομένων

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται περιληπτικά οι εφαρμογές των smartphones που χρησιμοποιήθηκαν ως ψηφιακά εποπτικά εργαλεία διδασκαλίας της περιόδου του εκκρεμούς και της real time αξιολόγησης των μαθητών. Επίσης, παρουσιάζονται τα τρία (3) ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή των απαντήσεων των μαθητών και δεδομένων της παρούσας εμπειρικής έρευνας.

3.3.1 Πειραματικά εργαλεία και εφαρμογές των smartphones

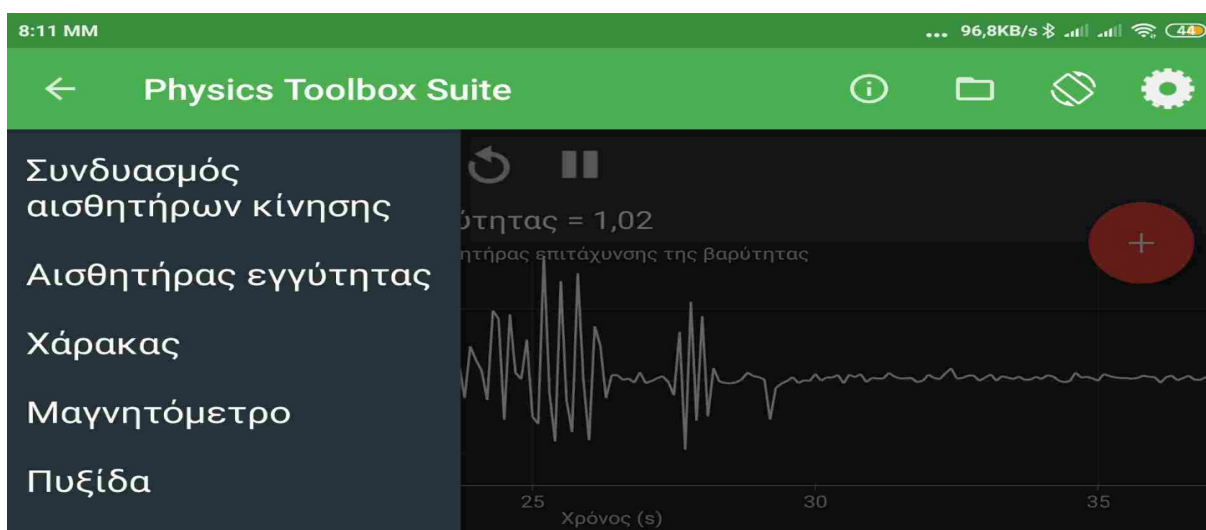
Για τις ανάγκες της μικροδιδασκαλίας που εφαρμόστηκε χρησιμοποιήθηκαν δυο δωρεάν εφαρμογές για smartphones, διαθέσιμες και στα δυο βασικά λειτουργικά συστήματα το Android και το Ios.

Η πρώτη εφαρμογή είναι η Physics Toolbox Suite (PTS) η οποία εκμεταλλεύεται τους αισθητήρες των smartphones και tablets και μετατρέπει το smartphone σε ένα αξιόπιστο χαμηλού κόστους και κατάλληλο για πειραματικές δραστηριότητες στο μάθημα της Φυσικής, εργαστηριακό εργαλείο (εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.14. Η εφαρμογή Physics Toolbox Suite στο Play Store της Google

Η εφαρμογή Physics Toolbox Suite είναι χρήσιμη για φοιτητές και εκπαιδευτικούς που ασχολούνται στους τομείς της επιστήμης, της τεχνολογίας της μηχανικής και των μαθηματικών (STEM), αλλά και σε ακαδημαϊκούς ή βιομηχανικούς ερευνητές.

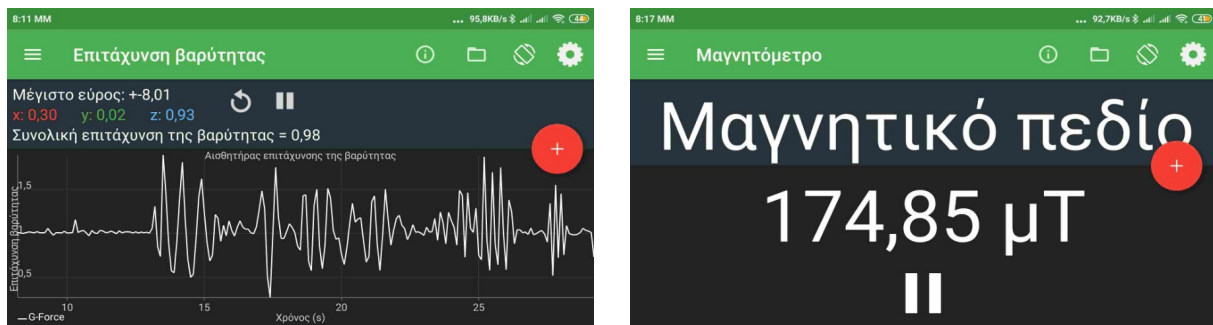


Εικόνα 3.15. Διάφοροι αισθητήρες της εφαρμογής Physics Toolbox Suite

Η εφαρμογή χρησιμοποιεί ως εισόδους τους ενσωματωμένους αισθητήρες, όπως είναι το επιταχυνσιόμετρο, ο αισθητήρας φωτός, ήχου, εγγύτητας, το μαγνητόμετρο κ.λπ. (εικόνα 3.3) για την συλλογή, την καταγραφή, απεικόνιση και εξαγωγή διαφόρων δεδομένων του περιβάλλοντος, ενώ εξάγει τα δεδομένα σε μορφή διαχωρισμένου με κόμματα (.csv) αρχείο.

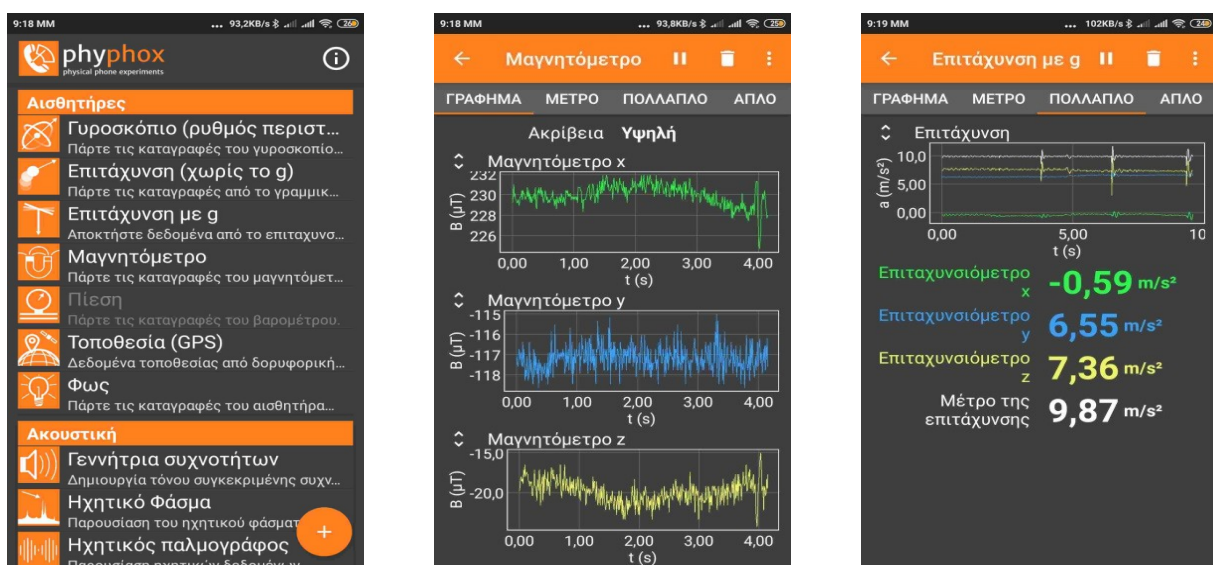
Τα δεδομένα μπορούν να απεικονιστούν διαγραμματικά σε συνάρτηση με τον χρόνο, ή να εμφανιστούν ψηφιακά (εικόνα 3.4) ενώ οι χρήστες μπορούν να εξάγουν τα δεδομένα για

πραιτέρω ανάλυση σε ένα υπολογιστικό φύλλο ή ένα εργαλείο σχεδίασης. Η εφαρμογή παράγει επίσης τόνους, χρώματα ενώ διαθέτει και ένα στροβοσκόπιο. Στην ιστοσελίδα www.vieyrasoftware.net μπορεί κανείς να βρει μια ποικιλία ιδεών χρήσης για εκπαίδευση STEM και δημοσιεύσεις από ακαδημαϊκούς και βιομηχανικούς κλάδους.



Εικόνα 3.16. Παρουσίαση δεδομένων σε διαγραμματική και ψηφιακή μορφή στην εφαρμογή PTS

Στην ίδια κατηγορία εφαρμογών εντάσσεται και η εφαρμογή Phyrhox (εικόνα 3.5) η οποία δοκιμάστηκε πιλοτικά, παράλληλα με την Physics Toolbox Suite, με μαθητές της Β' Γυμνασίου που είχαν παρακολουθήσει σεμινάριο επιμόρφωσης στη χρήση των smartphones της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών. Επίσης, για την εφαρμογή εξέφρασαν άποψη και τρεις εκπαιδευτικοί Φυσικής, οι οποίοι είχαν επιμορφωθεί σε σχετικό σεμινάριο για την χρήση εφαρμογών που αξιοποιούν τους αισθητήρες στη Φυσική.

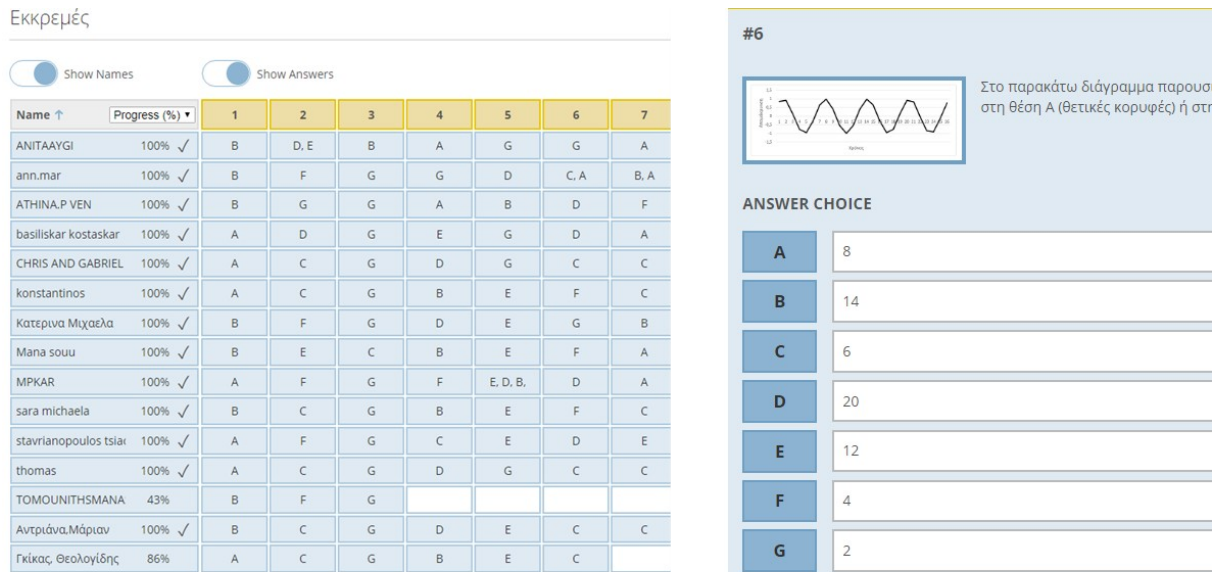


Εικόνα 3.17. Οθόνες της εφαρμογής Phyrhox

Η εφαρμογή έχει το πλεονέκτημα της απομακρυσμένης πρόσβασης στην οθόνη του υπολογιστή, δυνατότητα όμως που μπορεί να αποκτήσει και η Physics Toolbox Suite μέσω

ων δωρεάν προγραμμάτων που διατίθενται από την Google. Τελικά, αν και έχει πολλές δυνατότητες, κρίθηκε ότι υπολείπεται από τη τελικώς επιλεγείσα εφαρμογή.

Η δεύτερη εφαρμογή που επιλέχθηκε ήταν η εφαρμογή Socrative, μια εφαρμογή κατάλληλη για αξιολόγηση των μαθητών σε πραγματικό χρόνο (real time) και η οποία είναι διαθέσιμη σε έκδοση για μαθητή και έκδοση για καθηγητή, ενώ μπορεί να «τρέξει» και στον Η/Υ από την ιστοσελίδα της εταιρείας που τον εμπορεύεται (εικόνα 3.6).



Εικόνα 3.18. Αποτελέσματα απαντήσεων (αριστερά) και παράδειγμα κούιζ για την Socrative (δεξιά)

Η επιλογή της εφαρμογής Socrative έγινε ανάμεσα σε δεκάδες, δωρεάν κυρίως, παρόμοιες εφαρμογές (Google forms, Kahoot, Quizizz κ.λπ.) με βάση συγκεκριμένα κριτήρια. Αρχικά, η εφαρμογή θα έπρεπε να διατίθεται δωρεάν και να μην απαιτεί smartphone τελευταίας τεχνολογίας ώστε να εξομαλυνθούν οι τεχνολογικές διαφορές των συσκευών. Επίσης, το περιβάλλον διεπαφής της εφαρμογής θα έπρεπε να είναι απλό για να μη διασπάται η προσοχή των μαθητών και να μην απαιτείται ηλεκτρονική διεύθυνση για την είσοδο του χρήστη. Επιθυμητό χαρακτηριστικό και πλεονέκτημα αποτελεί η διπλή δυνατότητα προσπέλασης των ερωτήσεων, είτε με το ρυθμό που επιλέγει ο εκπαιδευτικός, είτε με αυτόν που επιθυμεί ο μαθητής. Σαν εργαλείο, επιζητούμενο χαρακτηριστικό ήταν η υποστήριξη της σύνταξης διαφορετικών μορφών ερωτήσεων (πολλαπλής επιλογής, σωστού – λάθους, σύντομης απάντησης) αλλά και η δυνατότητα εισαγωγής εικόνας.

Επιπρόσθετα, ένα βασικό κριτήριο αποτέλεσε η δυνατότητα παρουσίασης των αποτελεσμάτων των μαθητών σε πραγματικό χρόνο αλλά και η αποθήκευσή τους σε κάποια

μορφή αρχείου. Η εφαρμογή που πληρούσε σε μεγάλο βαθμό τα προαναφερθέντα κριτήρια ήταν η εφαρμογή Socrative.

3.3.2 Ερωτηματολόγια συλλογής δεδομένων

Στην παρούσα εργασία επιλέχτηκε η χρήση ερωτηματολογίων κλειστών ερωτήσεων, τόσο για την ανίχνευση του επιπέδου γνώσεων των μαθητών πριν και μετά τη διεξαγωγή της διδακτικής παρέμβασης, όσο και για την αξιολόγηση των στάσεων και απόψεων τους απέναντι στη δυνατότητα αξιοποίησης των smartphones, γενικά και ειδικά, μέσα στη σχολική αίθουσα.

Ο κυριότερος λόγος που οδήγησε στην επιλογή του ερωτηματολογίου ως βασικού εργαλείου συλλογής δεδομένων είναι ότι δίνει τη δυνατότητα να συλλεχθούν στοιχεία σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα, είναι περισσότερο αξιόπιστο, επειδή είναι ανώνυμο, ενθαρρύνει την ειλικρίνεια και είναι πιο οικονομικό από πλευράς κόστους (Cohen & Manion, 1997).

Από την άλλη πλευρά όμως, δεν πρέπει να παραβλέπονται τα μειονεκτήματα του, όπως το ότι συχνά απαντάται βιαστικά και χωρίς συγκέντρωση από τους ερωτώμενους (Cohen & Manion, 1997). Σε μια προσπάθεια άμβλυνσης αυτού του φαινομένου οι μαθητές συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια εντός μίας διδακτικής ώρας στο χώρο του σχολείου, χρόνος που κρίθηκε ικανός να απαντήσουν με άνεση και μετά από σκέψη στις ερωτήσεις των ερωτηματολογίων. Επίσης, πολλές φορές η χρήση του ερωτηματολογίου δεν δίνει τη δυνατότητα να εξηγηθούν τυχόν σημεία που οι συμμετέχοντες θα μπορούσαν να παρερμηνεύσουν. Αυτό είναι σοβαρό μειονέκτημα, δεδομένου ότι οι ίδιες ερωτήσεις μπορεί να σημαίνουν διαφορετικά πράγματα για διαφορετικά άτομα, όταν χρησιμοποιούνται μόνο κλειστού τύπου ερωτήσεις (Cohen, Manion & Morrison, 2008). Για την εξομάλυνση αυτού του φαινομένου, στη πιλοτική αξιολόγηση των εφαρμογών που προηγήθηκε με τους μαθητές της Β΄ Γυμνασίου, ζητήθηκε από τα παιδιά να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο που αφορά τις στάσεις και έγινε έλεγχος παρερμηνειών κι αξιολόγηση των απαντήσεων που δόθηκαν σε ερωτήματα διατυπωμένα με διαφορετικό τρόπο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν πριν και μετά τη διδασκαλία, όπως επίσης και ο τρόπος που οι ερωτήσεις συνδέονται με τα ερευνητικά ερωτήματα και η ανάλυση των απαντήσεων τους.

Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα έρευνα υπάρχουν 3 διαφορετικά ερωτηματολόγια, η ανάλυση των απαντήσεων των οποίων έδωσε απαντήσεις στα τέσσερα κύρια ερευνητικά ερωτήματα, που όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα είναι τα παρακάτω :

1°. Η χρήση των αισθητήρων των smartphones ως πειραματικά εργαλεία (SET) διευκολύνει την κατανόηση εννοιών της Φυσικής που σχετίζονται με περιοδικά φαινόμενα, όπως είναι η περίοδος ταλάντωσης του εκκρεμούς ;

2°. Αντιμετωπίζουν θετικά τη χρήση της τεχνολογίας των smartphones στη αξιολόγηση στο μάθημα της Φυσικής ;

3°. Αντιμετωπίζουν θετικά τη χρήση των smartphones στη διδασκαλία ;

4°. Η χρήση των αισθητήρων των smartphones ως πειραματικά εργαλεία (SET) αυξάνει το ενδιαφέρον τους και τη θετική τους στάση απέναντι στη Φυσική ;

Το 1° ερωτηματολόγιο αφορά την ταλάντωση του εκκρεμούς και ανιχνεύει το γνωστικό επίπεδο των μαθητών σε σχέση με το φαινόμενο της ταλάντωσης και την βασική έννοια που την περιγράφει, την περίοδο ταλάντωσης, φαινόμενο και έννοια που εξετάστηκε στην Α΄ Γυμνασίου. Περιλαμβάνει 6 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής 7 δυνατών απαντήσεων.

1° Ερωτηματολόγιο για τη ταλάντωση εκκρεμούς

Ένα βαρίδιο ταλαντώνεται μεταξύ των ακραίων θέσεων Α και Β, ενώ ισορροπεί στη θέση Γ. Προσπάθησε να απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις κυκλώνοντας τη σωστή απάντηση.

1. Περίοδος ταλάντωσης του εκκρεμούς είναι ο χρόνος για να μεταβεί το βαρίδιο :

- α. από τη θέση Α στη θέση Β
- β. από τη θέση Β στη θέση Α
- γ. από τη θέση Α στη θέση Α
- δ. από τη θέση Α στη θέση ισορροπίας, δηλαδή στη θέση Γ
- ε. από τη θέση Β στη θέση ισορροπίας, δηλαδή στη θέση Γ.
- στ. από τη θέση Α στη θέση Β, ή από τη θέση Β στη θέση Α
- ζ. από τη θέση Β στη θέση Α, ή από τη θέση Α στη θέση Β



2. Ο χρόνος από τη μια άκρη στην άλλη είναι 0,5 s. Η περίοδος ταλάντωσης του εκκρεμούς είναι:

α	β	γ	δ	ε	στ	ζ
1,5	0,5	2	0,25	2,5	1,25	1

3. Ο χρόνος από τη θέση ισορροπίας (θέση Γ) μέχρι να ξανάρθει στην ίδια θέση είναι 1 sec. Η περίοδος ταλάντωσης είναι:

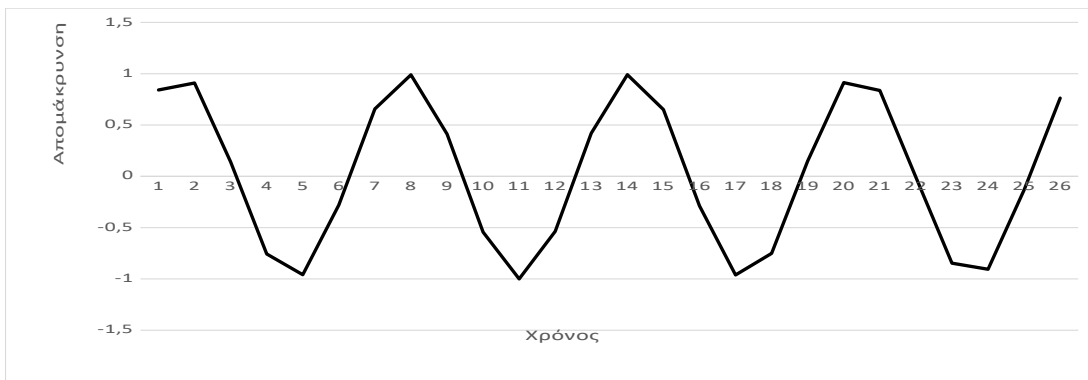
α	β	γ	δ	ε	στ	ζ
---	---	---	---	---	----	---

0,5 1,5 1 2 0,25 2,5 1,25

4. Αν το εκκρεμές κάνει 10 ταλαντώσεις σε 20 δευτερόλεπτα τότε η περίοδος ταλάντωσης είναι:

α	β	γ	δ	ϵ	$\sigma\tau$	ζ
1,5	10	20	4	2	2,5	0,2

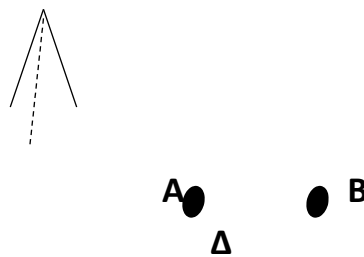
5. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται το διάγραμμα της απομάκρυνσης του σφαιριδίου από τη θέση ισορροπίας. Δηλαδή φαίνονται οι χρονικές στιγμές που το σφαιρίδιο βρίσκεται στη θέση A (θετικές κορυφές) ή στη θέση B (αρνητικές κορυφές). Η περίοδος ταλάντωσης της είναι :



α	β	γ	δ	ϵ	$\sigma\tau$	ζ
8	14	6	20	12	4	2

6. Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα 4 ζευγάρια τιμών που κατέγραψε ειδική συσκευή για τις μετακινήσεις του εκκρεμούς από τη θέση A στη θέση Δ και από εκεί στη θέση B.

$A \rightarrow \Delta$	$\Delta \rightarrow B$
0,40	0,62
0,38	0,62
0,38	0,60
0,40	0,60



Αν ήσασταν στη θέση του ερευνητή ποια θα λέγατε ότι είναι τελικά η περίοδος της ταλάντωσης του εκκρεμούς;

α	β	γ	δ	ϵ	$\sigma\tau$	ζ
1, 1	1,2	2	0,4	0,6	0,76	0,8

Οι 3 πρώτες ερωτήσεις σχετίζονται άμεσα με την έννοια ταλάντωση και περίοδος εκκρεμούς. Η 4^η ερώτηση ανιχνεύει την ικανότητα στοιχειώδους υπολογισμού της περιόδου

με βάση απλά αριθμητικά δεδομένα, η 5^η σχετίζεται με την ικανότητα εύρεσης της περιόδου από την ανάλυση της γραφικής παράστασης της κυματομορφής της ταλάντωσης. Τέλος, η 6^η ερώτηση σχετίζεται με την ικανότητα υπολογισμού ενός μεγέθους με βάση πειραματικές μετρήσεις και εφαρμογή της έννοιας «μέση τιμή», μια διαδικασία που προβλέπεται από το πρόγραμμα Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου για πολλά φαινόμενα. Ζητείται δηλαδή από τους μαθητές να υπολογίσουν την περίοδο αφού πρώτα υπολογίσουν την μέση τιμή της ημιπεριόδου.

Το ίδιο ερωτηματολόγιο δίνεται πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, με διαφορετική όμως σειρά των δυνατών απαντήσεων σε κάθε ερώτηση, ενώ για τη σύνταξη του αξιοποιήθηκαν προτάσεις ερευνητών που μελέτησαν τη χρήση των πολλαπλών αναπαραστάσεων στη Φυσική, ή το ίδιο το φαινόμενο σε συνδυασμό με τις νέες τεχνολογίες.

Τα υπόλοιπα δύο ερωτηματολόγια είναι ένα pre test ερωτηματολόγιο 14 ερωτήσεων (2^ο ερωτηματολόγιο) και ένα post test ερωτηματολόγιο 18 ερωτήσεων (3^ο ερωτηματολόγιο) κλειστού τύπου στη επτάβαθμη κλίμακα Likert, που αφορούν τη διερεύνηση της στάσης των μαθητών απέναντι στη χρήση των smartphones στο μάθημα της Φυσικής, πριν και μετά τη διδασκαλία μ' αυτά. Η κλίμακα περιελάμβανε απαντήσεις από την απόλυτη διαφωνία μέχρι την απόλυτη συμφωνία (διαφωνώ απόλυτα, διαφωνώ, μάλλον διαφωνώ, δεν ξέρω, μάλλον συμφωνώ, συμφωνώ, συμφωνώ απόλυτα). Οι απαντήσεις ποσοτικοποιήθηκαν πολλές φορές για τη στατιστική επεξεργασία, σε μια βαθμολογική κλίμακα από το 1 μέχρι το 7, ανάλογα με τον βαθμό συμφωνίας (π.χ. η απάντηση διαφωνώ βαθμολογήθηκε με 2, ενώ η απάντηση δεν ξέρω με 4). Για τη σύνταξη του μελετήθηκαν παρόμοια ερωτηματολόγια άλλων ερευνητών και κυρίως το TAM (Technology Acceptance Model) το οποίο εφαρμόζεται εκτενώς για να διερευνήσει πώς οι νοοτροπίες και πεποιθήσεις ως προς τη χρήση συγκεκριμένης εφαρμογής, επηρεάζουν την πραγματική χρήση της εφαρμογής. Καθώς αναπτύχθηκαν πολλές νέες τεχνολογικές εφαρμογές, η TAM έχει επικυρωθεί από πολλούς ερευνητές ως ένα ισχυρό ερευνητικό εργαλείο (Hwang, et al., 2014; Purba & Hwang, 2017).

Κατά το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου λήφθηκαν υπόψιν οι βασικές αρχές σχεδιασμού, έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατό πιο σαφή τα ζητούμενα στοιχεία και πιο αξιόπιστα τα αποτελέσματα της επιστημονικής μελέτης. Οι βασικότερες αποφάσεις που έπρεπε να ληφθούν κατά την κατάρτιση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου ήταν το είδος των ερωτήσεων που θα χρησιμοποιηθούν και ο αριθμός τους. Επειδή δεν υπάρχει μία μόνο απάντηση στο ερώτημα αυτό, εφαρμόστηκε η αρχή ότι «οι ερωτήσεις είναι τέτοιες και τόσες, ώστε να εξασφαλιστεί η συγκέντρωση των επιθυμητών δεδομένων, τόσο σε ποιότητα όσο και σε ποσότητα» (Δημητρόπουλος, 2009).

Στο 2^ο ερωτηματολόγιο (pre test ερωτηματολόγιο), από τις 14 ερωτήσεις που περιέχει, οι πρώτες 5 και οι τελευταίες 2 ερωτήσεις χρησιμεύουν στην καταγραφή των απόψεων των μαθητών για το μάθημα της Φυσικής και την αξιοποίηση των smartphones στην εκπαίδευση, ενώ οι επτά ενδιάμεσες (6^η μέχρι και 12^η) ανιχνεύουν τις αντιλήψεις και στάσεις των μαθητών απέναντι σε μια πιθανή χρήση και αξιοποίηση των smartphones στο μάθημα της Φυσικής.

2^ο Ερωτηματολόγιο (pre test)

- 1. Βρίσκω το μάθημα της Φυσικής πολύ ενδιαφέρον*
- 2. Η χρήση των smartphones είναι εύκολη για μένα.*
- 3. Χρησιμοποιώ τα smartphones και για εκπαιδευτικούς λόγους*
- 4. Η μαθησιακή εμπειρία μου από την χρήση των smartphones είναι πολύ καλή*
- 5. Τα smartphones προσφέρουν εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση στο σχολείο.*
- 6. Τα smartphones μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία της Φυσικής.*
- 7. Η χρήση των smartphones στο μάθημα της Φυσικής θα ήταν ενδιαφέρονσα και ευχάριστη*
- 8. Αν η χρήση των smartphones ενταχθεί στο μάθημα της Φυσικής θα αυξηθεί το ενδιαφέρον μου για τη Φυσική.*
- 9. Η χρήση των smartphones θα συμβάλλει στην κατανόηση εννοιών της Φυσικής.*
- 10. Η χρήση των smartphones στο μάθημα της Φυσικής θα αυξήσει τη διάθεση μου για μελέτη της Φυσικής.*
- 11. Αν τα smartphones ενταχθούν στο μάθημα της Φυσικής θα βελτιώσω σίγουρα την επίδοσή μου στη Φυσική.*
- 12. Θα προτιμούσα τη χρήση των smartphones από τα παραδοσιακά εργαστήρια.*
- 13. Η χρήση των smartphones στα μαθήματα μπορεί να συμβάλλει στην στενότερη συνεργασία μεταξύ των μαθητών κατά τη διάρκεια του μαθήματος*
- 14. Αν χρησιμοποιούσαμε τα smartphones στα διάφορα μαθήματα θα είχα μεγαλύτερη διάθεση για μελέτη και μάθηση.*

Το 3^ο ερωτηματολόγιο (post test ερωτηματολόγιο) περιλαμβάνει 18 ερωτήσεις από τις οποίες εννιά (9) ερωτήσεις αφορούν την αξιολόγηση χρήσης της εφαρμογής Physics Toolbox Suite για τη διδασκαλία της Φυσικής, πέντε (5) ερωτήσεις την χρήση της εφαρμογής Socrative, ενώ οι υπόλοιπες τέσσερις (4) αφορούν τη χρήση των smartphones γενικά στην Εκπαίδευση.

Πιο συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις 1,2,7 και 8 αφορούν την χρήση γενικά της Physics Toolbox Suite, οι ερωτήσεις 3,4,5,6 και 9 τη χρήση της σε σχέση με τη Φυσική, οι ερωτήσεις 10,11,12,13 και 14 τη χρήση της εφαρμογής Socrative που αφορά την real time αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας και τέλος, οι ερωτήσεις 15,16,17 και 18 σχετίζονται με τις απόψεις και στάση των μαθητών απέναντι στη γενικευμένη χρήση των smartphones στην εκπαιδευτική διαδικασία.

3^ο Ερωτηματολόγιο (post – test)

1. Η εφαρμογή *Physics Toolbox Suite* είναι εύκολη στη χρήση
2. Η εφαρμογή *Physics Toolbox Suite* είναι ενδιαφέρουσα και ευχάριστη
3. Η χρήση της εφαρμογής *Physics Toolbox Suite* αυξάνει το ενδιαφέρον μου για τη Φυσική
4. Η χρήση της εφαρμογής *Physics Toolbox Suite* συμβάλλει στην κατανόηση εννοιών της Φυσικής
5. Η χρήση της εφαρμογής *Physics Toolbox Suite* αυξάνει τη διάθεση μου για μελέτη της Φυσικής
6. Αν η εφαρμογή *Physics Toolbox Suite* ενταχθεί στο μάθημα της Φυσικής θα βελτιώσω σίγουρα την επίδοσή μου στη Φυσική.
7. Θα σύστηνα την εφαρμογή και σε άλλους μαθητές
8. Θα ήθελα να χρησιμοποιήσω και άλλες εφαρμογές όπως η *Physics Toolbox Suite*
9. Θα προτιμούσα την *Physics Toolbox Suite* από τα παραδοσιακά εργαστήρια.
10. Η εφαρμογή *Socrative* είναι εύκολη στη χρήση.
11. Η χρήση της εφαρμογής *Socrative* συμβάλλει στο να παραμένω εστιασμένος/η στο μάθημα.
12. Η χρήση της σε βοηθά να συνειδητοποιήσεις τι ξέρεις.
13. Η χρήση της συμβάλλει στην στενότερη συνεργασία μεταξύ των μαθητών.
14. Θα σύστηνα την εφαρμογή *Socrative* και σε άλλους μαθητές.
15. Τα smartphones προσφέρουν εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση.
16. Η μαθησιακή εμπειρία μου από την χρήση των smartphones ήταν πολύ καλή.
17. Θα χρησιμοποιώ τις εκπαιδευτικές εφαρμογές των smartphones περισσότερο στο μέλλον
18. Αν χρησιμοποιούσαμε τα smartphones στα διάφορα μαθήματα θα είχα μεγαλύτερη διάθεση για μάθηση.

Στον συγκεντρωτικό πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις (α/α) των ερωτηματολογίων με το περιεχόμενό τους και τη σύνδεσή τους με τα τέσσερα (4) κύρια ερευνητικά ερωτήματα (E/E). Οι ερωτήσεις 1^η και 2^η του 2^{ου} ερωτηματολογίου είναι γενικού ενδιαφέροντος και συνδέονται έμμεσα με τα ερευνητικά ερωτήματα.

Στο σημείο αυτό και για να αποφευχθούν συμπεράσματα γενίκευσης, θα πρέπει να διευκρινιστούν δύο σημεία του συγκεκριμένου πίνακα που αναφέρονται στο περιεχόμενο και χαρακτηρισμό των ερωτήσεων. Η φράση «Φυσική και smartphone» δεν έχει την ίδια σημασία στα δυο ερωτηματολόγια. Στο 2^ο ερωτηματολόγιο (πριν τη διδασκαλία) οι ερωτήσεις αυτής της κατηγορίας αναφέρονται στο smartphone γενικά, ενώ στο 3^ο ερωτηματολόγιο (μετά τη διδασκαλία) η λέξη smartphone αφορά εκείνες τις ερωτήσεις που εξετάζουν τη στάση των μαθητών απέναντι στη χρήση της εφαρμογής *Physics Toolbox Suite* στη διδασκαλία της Φυσικής. Επίσης, η φράση «Αξιολόγηση και smartphone» αναφέρεται στις απόψεις των μαθητών σχετικά με την εφαρμογή *Socrative*. Ίσως με άλλες ανάλογες εφαρμογές οι απαντήσεις να ήταν διαφορετικές και αυτό είναι ένα ακόμη επιχείρημα για την κατηγοριοποίηση της έρευνας ως μελέτη περίπτωσης.

1° Ερωτηματολόγιο			2° Ερωτηματολόγιο			3° Ερωτηματολόγιο		
α/α	Περιεχόμενο ερώτησης	E/E	α/α	Περιεχόμενο ερώτησης	E/E	α/α	Περιεχόμενο ερώτησης	E/E
1 ^η	Περίοδος ταλάντωσης	1°	1 ^η	Ενδιαφέρον για Φυσική	γ.ε	1 ^η	Φυσική και smartphone	2°
2 ^η	Περίοδος ταλάντωσης	1°	2 ^η	Χρήση smartphone	γ.ε	2 ^η	Φυσική και smartphone	2°
3 ^η	Περίοδος ταλάντωσης	1°	3 ^η	Εκπαίδευση & smartphone	4°	3 ^η	Φυσική και smartphone	2°
4 ^η	Περίοδος & αρ. δεδομένα	1°	4 ^η	Εκπαίδευση & smartphone	4°	4 ^η	Φυσική και smartphone	2°
5 ^η	Περίοδος & διαγράμματα	1°	5 ^η	Εκπαίδευση & smartphone	4°	5 ^η	Φυσική και smartphone	2°
6 ^η	Περίοδος και μέση τιμή.	1°	6 ^η	Φυσική και smartphone	2°	6 ^η	Φυσική και smartphone	2°
			7 ^η	Φυσική και smartphone	2°	7 ^η	Φυσική και smartphone	2°
			8 ^η	Φυσική και smartphone	2°	8 ^η	Φυσική και smartphone	2°
			9 ^η	Φυσική και smartphone	2°	9 ^η	Φυσική και smartphone	2°
			10 ^η	Φυσική και smartphone	2°	10 ^η	Αξιολόγηση & smartphone	3°
			11 ^η	Φυσική και smartphone	2°	11 ^η	Αξιολόγηση & smartphone	3°
			12 ^η	Φυσική και smartphone	2°	12 ^η	Αξιολόγηση & smartphone	3°
			13 ^η	Εκπαίδευση & smartphone	4°	13 ^η	Αξιολόγηση & smartphone	3°
			14 ^η	Εκπαίδευση & smartphone	4°	14 ^η	Αξιολόγηση & smartphone	3°
						15 ^η	Εκπαίδευση & smartphone	4°
						16 ^η	Εκπαίδευση & smartphone	4°
						17 ^η	Εκπαίδευση & smartphone	4°
						18 ^η	Εκπαίδευση & smartphone	4°

Πίνακας 3.1. Σύνδεση των ερωτήσεων των 3 ερωτηματολογίων με τη Φυσική και τα smartphones

3.4 Καταχώρηση, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων

Μετά την συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, έγινε η κωδικοποίηση των απαντήσεων και η εισαγωγή τους στο στατιστικό πρόγραμμα IBM© SPSS Statistics 25. Η καταχώρηση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε δύο φορές, ώστε να εξασφαλιστεί ότι τα εισαγόμενα στοιχεία είναι ορθά και να αποκλειστεί η περίπτωση λάθους. Στην περίπτωση όπου η δεύτερη καταχώρηση διέφερε από την πρώτη πραγματοποιήθηκε τρίτος έλεγχος για όλα τα δεδομένα. Τα δεδομένα σε κωδικοποιημένη μορφή καταχωρήθηκαν και στο λογισμικό EXCEL. Το συγκεκριμένο λογισμικό, η χρήση του οποίου ήταν οικεία στον ερευνητή, χρησιμοποιήθηκε κυρίως για την κατασκευή των διαγραμμάτων που παρήχθησαν.

Για να αποτιμηθούν, αφενός μεν η αποτελεσματικότητα των εφαρμογών των smartphones στη διδασκαλία και αξιολόγηση της διδακτικής ενότητας του εκκρεμούς, αφετέρου δε οι απόψεις και στάσεις των μαθητών σχετικά με τη χρήση των smartphones, αναλύθηκαν τα ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από τους μαθητές με τη βοήθεια διαφόρων τεστ στατιστικών αναλύσεων που προσφέρει το λογισμικό SPSS.

Για την πληρέστερη περιγραφή της κατανομής του δείγματος και των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα για τον υπολογισμό και απεικόνιση

των οποίων αξιοποιήθηκαν και τα δύο λογισμικά (SPSS και EXCEL). Για τον έλεγχο στατιστικών υποθέσεων ανάμεσα στο μέσο όρο του σκορ επίδοσης των μαθητών πριν τη διδακτική παρέμβαση και το μέσο όρο του σκορ επίδοσης των μαθητών μετά τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκαν τα μη παραμετρικά στατιστικά κριτήρια για εξαρτημένα (Wilcoxon Test), αλλά κυρίως για ανεξάρτητα (Mann – Whitney) δείγματα. Τα δείγματα θεωρήθηκαν ανεξάρτητα διότι τα ονόματα αυτών που συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια ήταν άγνωστα. Η προοπτική να σημειώνουν οι μαθητές ένα κωδικό στα ερωτηματολόγια που τους δόθηκαν πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, για να μπορέσουν να βγουν συμπεράσματα για κάθε μαθητή, δεν υιοθετήθηκε για δυο λόγους. Ο πρώτος είναι ότι οι μαθητές θα γινόταν καχύποπτοι απέναντι στην ανωνυμία και ο δεύτερος ότι υπήρχαν αμφιβολίες κατά πόσο θα τηρούσαν την υποχρέωση να σημειώνουν τον αριθμό αυτό πάνω στα ερωτηματολόγια.

Ακόμη, χρησιμοποιήθηκαν διάφορα στατιστικά κριτήρια ελέγχου κανονικότητας και αξιοπιστίας που προσφέρει το SPSS, ενώ χρησιμοποιήθηκε και το στατιστικό κριτήριο X^2 για να αξιολογήσει τις στάσεις και απόψεις των μαθητών απέναντι στη χρήση του smartphone στο μάθημα της Φυσικής με βάση τις κατανομές των απαντήσεων τους στις διάφορες βαθμίδες της επτάβαθμης κλίμακας Likert.

3.5 Οργάνωση της διδασκαλίας - διδακτικές τεχνικές

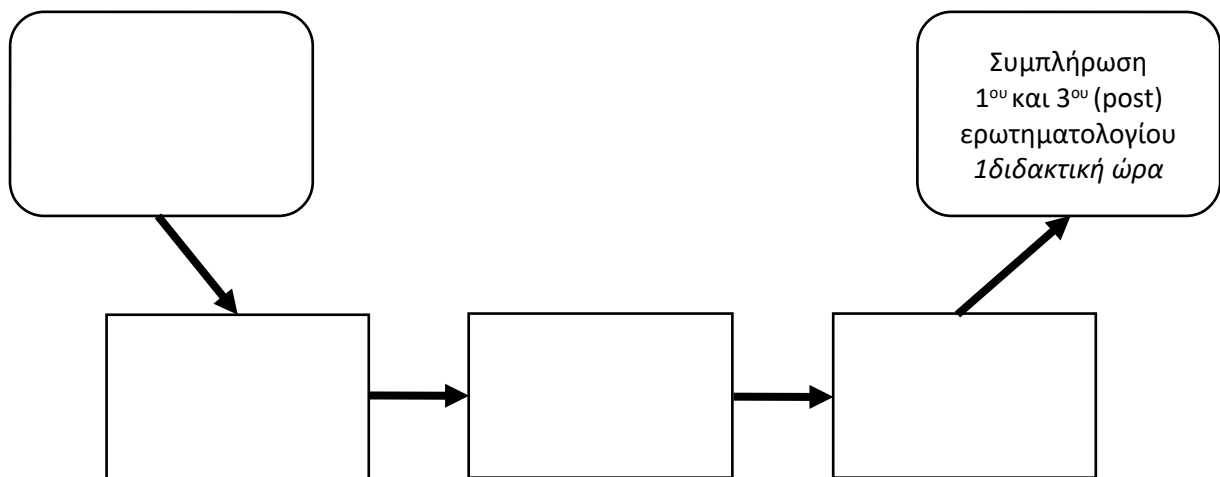
Στις επόμενες παραγράφους, θα αναλυθεί η δομή της διδακτικής παρέμβασης, θα γίνει μια σύντομη σχετικά περιγραφή των πειραματικών δραστηριοτήτων, ενώ θα παρουσιαστούν με συνοπτικό τρόπο τα διάφορα προβλήματα και εμπόδια που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης.

3.5.1 Δομή της διδακτικής παρέμβασης

Για τη διδακτική παρέμβαση και ερευνητική διαδικασία απαιτήθηκαν συνολικά οκτώ (8) διδακτικές ώρες. Αυτές κατανεμήθηκαν σε δυο (2) μονώρες, για τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων και σε τρεις (3) δίωρες για τη διδασκαλία με τα smartphones (εικόνα 3.7).

Πιο συγκεκριμένα, την πρώτη εβδομάδα οι μαθητές των τριών τμημάτων της Γ' Γυμνασίου συμπλήρωσαν το 1^ο (σχετικά την περίοδο ταλάντωσης του εκκρεμούς) και 2^ο (σχετικά με τις στάσεις των μαθητών απέναντι στη χρήση του smartphone στη διδασκαλία) ερωτηματολόγιο σε μια διδακτική ώρα παρουσία του ερευνητή. Η παρουσία του κρίθηκε απαραίτητη για να δώσει τυχόν διευκρινήσεις και για να καταναίμει σωστά τον χρόνο

συμπλήρωσης ανάμεσα στα δυο ερωτηματολόγια. Μάλιστα, η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων έγινε σε τρεις (3) συνεχόμενες διδακτικές ώρες, μια για κάθε τμήμα ξεχωριστά. Αυτό συνέβη για να διασφαλιστεί κατά το δυνατόν, ότι δεν θα υπήρχε συνεννόηση ή διαρροή των ερωτήσεων από τους μαθητές του ενός τμήματος στους μαθητές των άλλων.



Εικόνα 3.19. Διαδικασία και δομή της διδακτικής παρέμβασης και συλλογής δεδομένων

Μετά την συμπλήρωση των δυο ερωτηματολογίων, ακολούθησαν τρεις (3) δίωρες διδακτικές παρεμβάσεις, μια ανά εβδομάδα. Πριν την έναρξη των μαθημάτων δόθηκαν οι κατάλληλες οδηγίες ώστε να φορτώσουν τα παιδιά στα smartphones τους τις δυο δωρεάν εφαρμογές από το Play Store, γιατί σημειωτέων όλα τα smartphones είχαν το λειτουργικό σύστημα Android. Ακολουθήθηκε το ωρολόγιο πρόγραμμα διδασκαλίας της Φυσικής για κάθε τμήμα της τάξης, που προέβλεπε ένα συνεχόμενο δίωρο την εβδομάδα, ενώ τα παιδιά ενημερώθηκαν ότι οι προβλεπόμενες δραστηριότητες εντάσσονται στην εξεταστέα ύλη του μαθήματος. Μάλιστα η διδασκαλία του εκκρεμούς συνέπεσε χρονικά με την προβλεπόμενη έναρξη διδασκαλίας των ταλαντώσεων, ακριβώς μετά την λήξη της διδασκαλίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας τα παιδιά σχημάτισαν ομάδες των τριών (3) ατόμων, εκτός από δυο ομάδες που είχαν δύο (2) και τέσσερα (4) μέλη. Συνολικά και σε ολόκληρη την Γ' τάξη δημιουργήθηκαν 21 ομάδες των τριών (3) ατόμων, 1 ομάδα των δυο (2) ατόμων και 1 ομάδα των τεσσάρων (4) ατόμων. Τα μέλη της κάθε ομάδας σχηματίστηκαν με βάση τις επιλογές που έκαναν οι ίδιοι οι μαθητές. Μόνη προϋπόθεση για τον σχηματισμό τους ήταν να διαθέτουν δυο τουλάχιστον μέλη της ομάδας smartphone και ένα τουλάχιστον μέλος να

διαθέτει smartphone με ενσωματωμένους συγκεκριμένους αισθητήρες. Στα παιδιά δόθηκαν οι κατάλληλες οδηγίες πως θα κατεβάσουν τις δυο εφαρμογές, την Physics Toolbox Suite και την Socrative, ενώ οτιδήποτε άλλο χρειάστηκε (μαγνητάκια, σπάγκος, ορθοστάτες κ.λπ.) διατέθηκε από το σχολικό Εργαστήριο.

Κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης τα παιδιά συμπλήρωσαν δύο (2) φύλλα εργασίας που περιλάμβανε τέσσερις (4) δραστηριότητες, συνδεδεμένες με διδακτικούς στόχους και τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας έρευνας. Η ύπαρξη των φύλλων εργασίας ήταν απαραίτητη γιατί στη διερευνητική μάθηση η καθοδήγηση είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να οδηγηθούν η μαθητές στα επιδιωκόμενα συμπεράσματα (Ορφανός & Δημητρακοπούλου, 2004). Ταυτόχρονα όμως τα φύλλα εργασίας ήταν λιτά στις δραστηριότητες, ώστε να αφήνουν αρκετό περιθώριο για συζήτηση και ανατροφοδότηση στο πλαίσιο της ομάδας και της ολομέλειας της τάξης, χωρίς να αναγκάζουν τα παιδιά να σπαταλούν τον χρόνο και την προσοχή τους για να τα συμπληρώσουν.

Τέλος, μια εβδομάδα μετά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων τα παιδιά κλήθηκαν να συμπληρώσουν σε μια διδακτική ώρα το 1^ο και πάλι ερωτηματολόγιο, όπως και το 3^ο που αναφέρεται στην αποτίμηση και στάσεις των μαθητών απέναντι στη χρήση του smartphone στη διδασκαλία γενικά και στη χρήση των δυο συγκεκριμένων εφαρμογών, ειδικότερα.

Παρακάτω, περιγράφονται αναλυτικά οι δραστηριότητες και ο τρόπος που αυτές εξυπηρετούν τα ερευνητικά ερωτήματα.

3.5.2 Σύντομη περιγραφή των δραστηριοτήτων

Στο πρώτο δίωρο της διδακτικής παρέμβασης (1^η δραστηριότητα) παρουσιάστηκε στα παιδιά η δομή ενός smartphone και εξηγήθηκε η λειτουργία των διαθέσιμων αισθητήρων του. Παρουσιάστηκαν παραδείγματα ιδεών αξιοποίησης των αισθητήρων στις Φυσικές Επιστήμες και όχι μόνο, ενώ δόθηκαν οδηγίες για τον τρόπο επιλογής και φόρτωσης στο smartphone διαφόρων εφαρμογών. Τέλος, με τη βοήθεια ενός .ppt αρχείου και της κατάλληλης εφαρμογής σύνδεσης του smartphone με τον προτζέκτορα, έγινε η παρουσίαση των χαρακτηριστικών και των δυνατοτήτων των δυο εφαρμογών που αξιοποιήθηκαν στη διδασκαλία.

Στο δεύτερο δίωρο δόθηκε το 1^ο φύλλο εργασίας με δυο (2) δραστηριότητες (2^η και 3^η) οι οποίες είναι δραστηριότητες επίδειξης και εξοικείωσης με τις εφαρμογές του smartphone και τους αισθητήρες επιταχυνσιόμετρο και μαγνητόμετρο, αλλά και εισαγωγή στις έννοιες της ταλάντωσης και της περιόδου ταλάντωσης.

Στο τρίτο δώρο οι μαθητές ασχολήθηκαν με το 2^ο φύλλο εργασίας, που περιλάμβανε την 4^η και 5^η δραστηριότητα και ενεπλάκησαν συστηματικότερα σε υπολογισμούς και συμπεράσματα σχετικά με την περίοδο ταλάντωσης του εκκρεμούς, αξιοποιώντας τις πολλαπλές αναπαραστάσεις της ταλάντωσης (πίνακας τιμών, διαγράμματα). Οι μαθητές ήρθαν σε επαφή και γνώρισαν την λειτουργία του αισθητήρα φωτός και του αισθητήρα εγγύτητας, τους οποίους και χρησιμοποίησαν για τις μετρήσεις της περιόδου ταλάντωσης. Επίσης, χρησιμοποίησαν συστηματικότερα τον αισθητήρα μαγνητόμετρο για να υπολογίσουν την περίοδο ταλάντωσης και να φτάσουν σε συμπεράσματα εξάρτησης της από το μήκος του εκκρεμούς και τη μάζα του βαριδίου (πειραματική μέθοδος).

Πολλές από τις απαντήσεις των ερωτήσεων των δυο δραστηριοτήτων δόθηκαν και μέσω της εφαρμογής Socrative για την real time αξιολόγηση τους. Η ίδια εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε και μετά το πέρας της μικροδιδασκαλίας πιλοτικά, για να αποτυπώσει τις απαντήσεις των δυο post ερωτηματολογίων για την ταλάντωση του εκκρεμούς και τις στάσεις των μαθητών/τριων απέναντι στη χρήση του smartphone. Αναλυτικότερα οι δραστηριότητες περιλάμβαναν :

1^η Δραστηριότητα

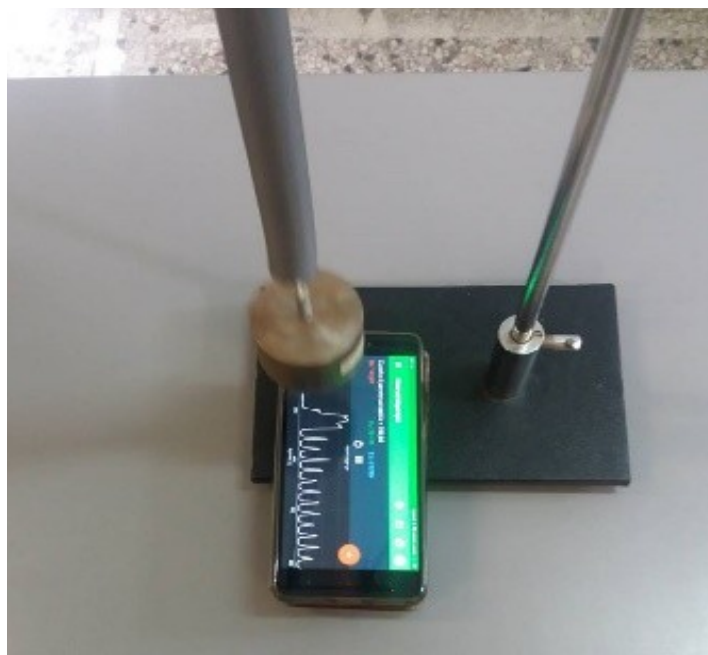
Εξήγηση των βασικών λειτουργιών των εφαρμογών Physics Toolbox Suite και Socrative.

2^η Δραστηριότητα

Ταλάντωση ελατηρίου έχοντας προσαρμόσει στην άκρη του το smartphone. Η διάταξη εκμεταλλεύεται τον αισθητήρα επιταχυνσιόμετρο του smartphone και οι μαθητές παρατηρούν στο smartphone τους και στην οθόνη της αίθουσας την φθίνουσα ταλάντωση. Στόχος της δραστηριότητας είναι να γίνει εισαγωγή των εννοιών «ταλάντωση» και «περίοδος ταλάντωσης», μέσα από τη μελέτη των κυματομορφών που διαγράφονται, αλλά και να γνωρίσουν οι μαθητές έναν από τους αισθητήρες του smartphone το *επιταχυνσιόμετρο*.

3^η Δραστηριότητα

Ταλάντωση ελατηρίου έχοντας προσαρμόσει στο βαρίδιο μαγνητάκι (εικόνα 3.8), ενώ το smartphone βρίσκεται σταθερά στη κατώτερη θέση. Η ταλάντωση μπορεί να γίνει και με το smartphone στην άκρη του ελατηρίου, ενώ ο μαγνήτης να είναι σταθερά επάνω στο τραπέζι.



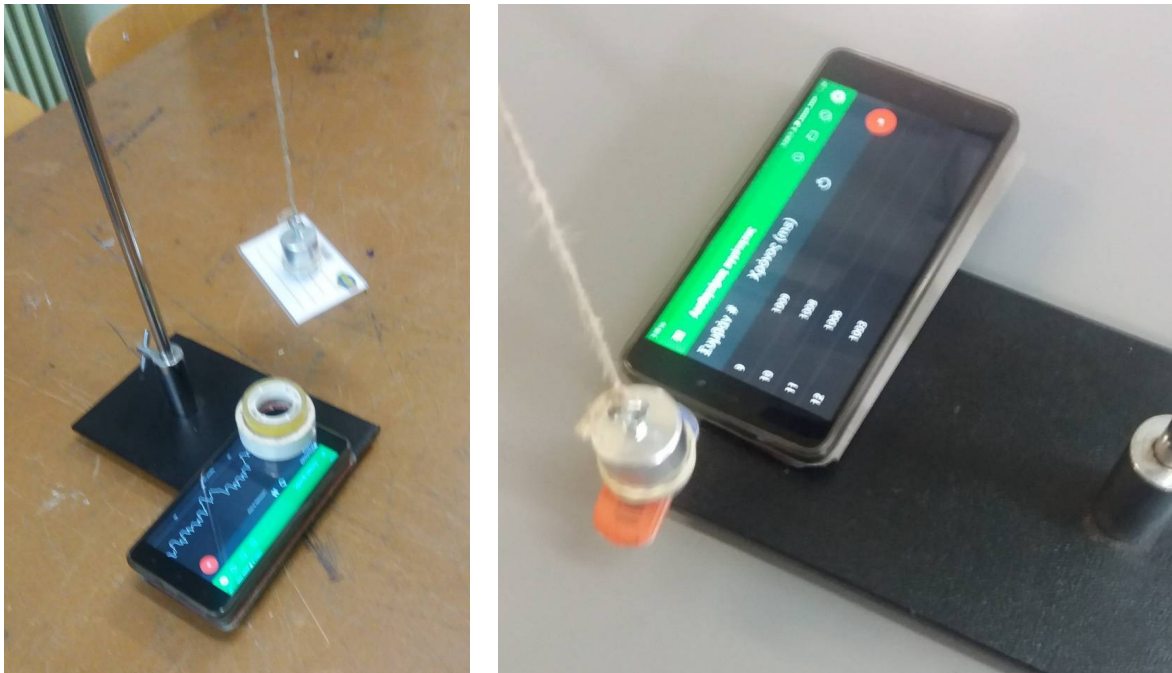
Εικόνα 3.20. Ταλάντωση ελατηρίου πάνω από τον αισθητήρα μαγνητόμετρο του smartphone

Βασικός στόχος της δραστηριότητας είναι να γνωρίσουν οι μαθητές τον αισθητήρα *μαγνητόμετρο* του smartphone και να επαναληφθεί ο τρόπος υπολογισμού της περιόδου ταλάντωσης μέσα από τη μελέτη των κυματομορφών.

4^η Δραστηριότητα

Ταλάντωση εκκρεμούς με το βαρίδιο στη άκρη να περνά περιοδικά από τους αισθητήρες φωτός ή εγγύτητας. Στη πρώτη περίπτωση, κάθε φορά που το βαρίδιο περνά πάνω από τον αισθητήρα φωτός καταγράφεται ένας παλμός λόγω της μείωσης του φωτός που πέφτει στον αισθητήρα. Εναλλακτικά μπορεί το βαρίδιο να αντικατασταθεί από το smartphone και να περνά περιοδικά μπροστά από λαμπάκι ή εμπόδιο που θα είναι στη θέση ισορροπίας. Η περίοδος μπορεί να υπολογιστεί από τον υπολογισμό του χρόνου ανάμεσα σε δυο διαδοχικά περάσματα από τη θέση ισορροπίας (εικόνα 3.9, αριστερά). Στη δεύτερη περίπτωση το βαρίδιο του εκκρεμούς ταλαντώνεται με τον αισθητήρα εγγύτητας να βρίσκεται ακριβώς κάτω από τη θέση ισορροπίας. Η εφαρμογή έχει την δυνατότητα καταγραφής του χρόνου ανάμεσα σε δυο διαδοχικά περάσματα του βαριδίου από τη θέση ισορροπίας, δηλαδή του χρόνου ανάμεσα σε δυο διαδοχικές διεγέρσεις του αισθητήρα (εικόνα 3.9, δεξιά).

Στόχος της δραστηριότητας είναι η εξάσκηση με τους αισθητήρες φωτός και εγγύτητας και η καλλιέργεια της δεξιότητας υπολογισμού της περιόδου μέσα από αριθμητικά δεδομένα.



Εικόνα 3.21. Ταλάντωση εκκρεμούς πάνω από τους αισθητήρες α) φωτός και β) εγγύτητας

5^η Δραστηριότητα

Ταλάντωση εκκρεμούς με βαρίδιο στο οποίο έχει προσαρμοστεί μικρός μαγνήτης νεοδυμίου. Το εκκρεμές ταλαντώνεται, ενώ σε μια από τις δύο αρχικές ακραίες θέσεις έχει τοποθετεί το smartphone και έχει επιλεγεί μέσω της εφαρμογής ο αισθητήρας μαγνητόμετρο. Κάθε φορά που πλησιάζει ο μαγνήτης στην ακραία αυτή θέση καταγράφεται μέγιστη τιμή με αποτέλεσμα το διάγραμμα να αποτελείται από ισαπέχουσες κορυφές με το πλάτος τους όμως συνεχώς να μειώνεται (εικόνα 3.10)

Στόχος της ταλάντωσης είναι να εξοικειωθούν οι μαθητές με τον αισθητήρα μαγνητόμετρο και να καλλιεργήσουν την δεξιότητα εύρεσης της περιόδου μέσω του διαγράμματος. Τέλος, σημαντικός στόχος είναι η ανάπτυξη της δεξιότητας του πειραματισμού, εφαρμόζοντας την πειραματική μέθοδο για την εύρεση της εξάρτησης της περιόδου από το μήκος του εκκρεμούς και την μάζα του βαριδίου.

Η δραστηριότητα ολοκληρώνεται με τον κλασικό υπολογισμό της περιόδου του εκκρεμούς με τη χρήση του χρονομέτρου του smartphone για τη μέτρηση του χρόνου συγκεκριμένου αριθμού ταλαντώσεων και αναγωγή στο χρόνο ταλάντωσης της μιας. Ο υπολογισμός της περιόδου δεν καταγράφεται στο φύλλο εργασίας και πραγματοποιείται από τον διδάσκοντα ως πειραματική δραστηριότητα επίδειξης.



Εικόνα 3.22. Ταλάντωση εκκρεμούς με τον αισθητήρα μαγνητόμετρο στη μια ακραία θέση

3.5.3 Προβλήματα κατά την ερευνητική διαδικασία

Όπως όμως παρατηρήθηκε κατά τη διαδικασία της διδασκαλίας, δεν έλειψαν τα προβλήματα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία και υποστηρίζονται από τους σκεπτικιστές ενάντια στη χρήση των smartphones στα σχολεία. Τέτοια ήταν η μη πρόσβαση στο δίκτυο του σχολείου, η προβληματική ενεργειακή αυτονομία των συσκευών και η έλλειψη μνήμης των συσκευών για τη φόρτωση της εφαρμογής. Πιο συγκεκριμένα, χρειάστηκε να σπαταληθεί πολύτιμος χρόνος για να φορτωθούν οι εφαρμογές σε κάποια smartphones μέσω του ασύρματου δικτύου του σχολείου. Αυτό συνέβη γιατί κάποιες ομάδες δεν ακολούθησαν τις οδηγίες να εξοικονομήσουν προσωρινά χώρο στη μνήμη και έτσι αυτό έπρεπε να γίνει στο σχολείο. Επίσης, κάποιο δίωρο ενός τμήματος αναβλήθηκε για την επόμενη μέρα λόγω τεχνικών προβλημάτων στο δίκτυο του σχολείου. Η έλλειψη ενεργειακής αυτονομίας κάποιων συσκευών ξεπεράστηκε με τη βοήθεια των δυο διαθέσιμων στο σχολείο Power Bank, έδειξε όμως καθαρά ότι θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι παράγοντες καλής λειτουργίας των διαφόρων ηλεκτρονικών συσκευών που σε πολλές περιπτώσεις αποτελούν προϋπόθεση της ομαλής διεξαγωγής της διδασκαλίας.

Επίσης, όπως φάνηκε κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, απαιτείται περισσότερος χρόνος για να μπορέσουν οι μαθητές να εμπεδώσουν τον τρόπο λειτουργίας των εφαρμογών. Η εξοικείωση τους με τα smartphones, με σκοπό την επικοινωνία, δεν συνεπάγεται απαραίτητα και την εύκολη εξοικείωση με τα χαρακτηριστικά και τον τρόπο λειτουργίας των εφαρμογών. Προφανώς αυτό συμβαίνει γιατί η αξιοποίηση των εφαρμογών προϋποθέτει και μια ελάχιστη βάση συνεννόησης στη γλώσσα της Φυσικής.

Ταυτόχρονα φάνηκε ότι στο συγκεκριμένο δείγμα μαθητών δεν υπήρχε ανεπτυγμένη κουλτούρα συνεργασίας για την εκτέλεση ομαδοσυνεργατικών δραστηριοτήτων, με αποτέλεσμα κάποιες στιγμές να παρατηρούνται φαινόμενα παραίτησης από κάποια μέλη της ομάδας. Η βοήθεια και η επέμβαση του διδάσκοντα ήταν απαραίτητη, εις βάρος όμως του διαθέσιμου για ουσιαστικότερη βοήθεια χρόνου. Το μεγάλο πλεονέκτημα του smartphone για ατομική και ομαδική αξιοποίηση του στη λήψη, απεικόνιση και επεξεργασία δεδομένων, τόσο μέσα όσο και έξω από τη σχολική αίθουσα, απαιτεί μια νέα προσέγγιση στον τρόπο συνεργασίας των μελών μια ομάδας και των ομάδων μεταξύ τους. Το τελευταίο απαιτεί προφανώς ενημέρωση και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που την εφαρμόζουν.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στα τρία (3) ερωτηματολόγια. Η παρουσίαση γίνεται με βάση τα τέσσερα (4) βασικά ερευνητικά ερωτήματα, για τις απαντήσεις των οποίων χρειάστηκε να συνδυαστούν τα δεδομένα από δυο, πολλές φορές, ερωτηματολόγια.

Η δομή του κεφαλαίου περιλαμβάνει τέσσερα (4) υποκεφάλαια, ένα για κάθε ερευνητικό ερώτημα. Σε αυτά, αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των απαντήσεων με βάση τη περιγραφική στατιστική και με τη βοήθεια του λογισμικού EXCEL, ενώ στη συνέχεια γίνεται μια επαγωγική στατιστική επεξεργασία με βάση τα κατάλληλα στατιστικά κριτήρια και εργαλεία που προσφέρει το λογισμικό SPSS. Τέλος, τα αποτελέσματα σχολιάζονται από στατιστικής πλευράς και σε συνάρτηση με τα αρχικά ερευνητικά ερωτήματα.

4.1. Γνωστικό περιεχόμενο της «Ταλάντωσης»

Στο 1^ο ερωτηματολόγιο που διερευνά τις απαντήσεις των μαθητών σχετικά με το γνωστικό περιεχόμενο της έννοιας της ταλάντωσης υπάρχουν έξι (6) ερωτήσεις, η ανάλυση των οποίων θα βοηθήσει να απαντηθεί το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, αν δηλαδή η χρήση των smartphones βοηθάει τα παιδιά να κατανοήσουν το φαινόμενο της ταλάντωσης του εκκρεμούς και να υπολογίσουν την περίοδο του. Απ' αυτές, η 1^η ερώτηση αφορά άμεσα τον ορισμό της περιόδου ταλάντωσης, οι επόμενες τρεις (3) ερωτήσεις (2^η, 3^η και 4^η) αφορούν τον υπολογισμό της περιόδου από απλά αριθμητικά δεδομένα, η 5^η ερώτηση σχετίζεται με την εύρεση της περιόδου του εκκρεμούς από μια μορφή των πολλαπλών αναπαραστάσεων που είναι το διάγραμμα και η 6^η ερώτηση διερευνά την ικανότητα υπολογισμού της περιόδου μέσα από ένα σύνολο τιμών. Στην τελευταία ερώτηση υπεισέρχεται και η έννοια του μέσου όρου, έννοια που διερευνήθηκε επαρκώς στο μάθημα της Πειραματικής Φυσικής στην Α' τάξη του Γυμνασίου.

4.1.1. Περιγραφική στατιστική

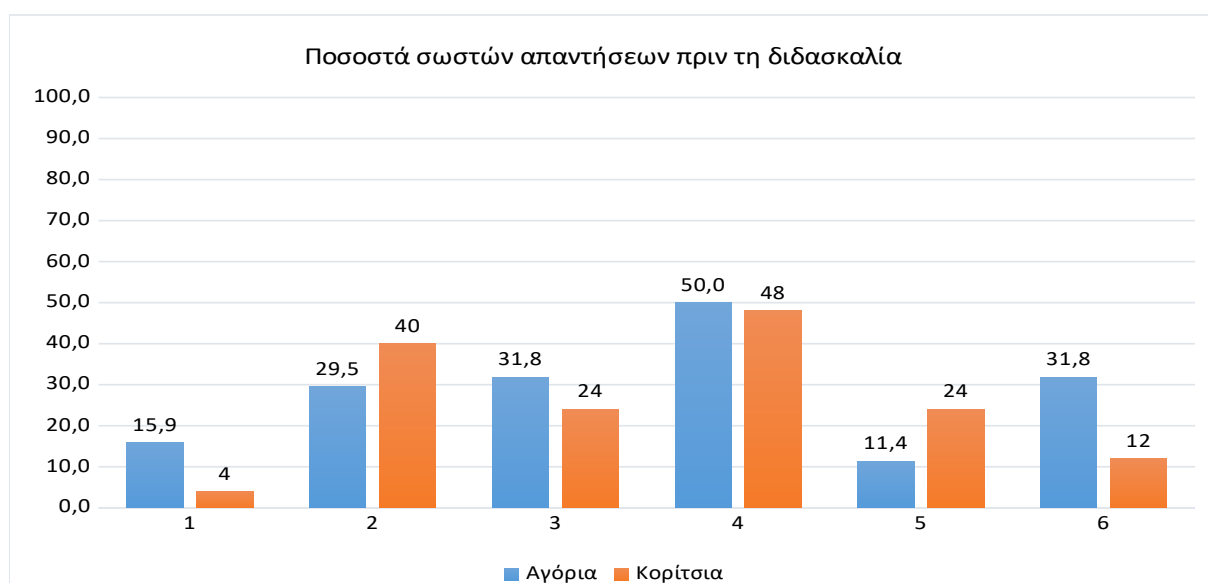
Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζεται το πλήθος των σωστών απαντήσεων συνολικά και ανά φύλο, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Π.χ. πριν τη διδασκαλία, ένα μόνο κορίτσι από τα 25 και 7 αγόρια από τα 44 (συνολικά 8 παιδιά) επέλεξαν τη σωστή απάντηση για τον ορισμό της ταλάντωσης του εκκρεμούς. Μετά τη διδασκαλία ο αριθμός αυξήθηκε σε 14

κορίτσια και 28 αγόρια (συνολικά 42 παιδιά). Επειδή δεν υπάρχει ισομερής κατανομή ανά φύλο, ενδιαφέρον έχει η ποσοστιαία κατανομή των σωστών απαντήσεων ανά φύλο πριν και μετά τη διδασκαλία.

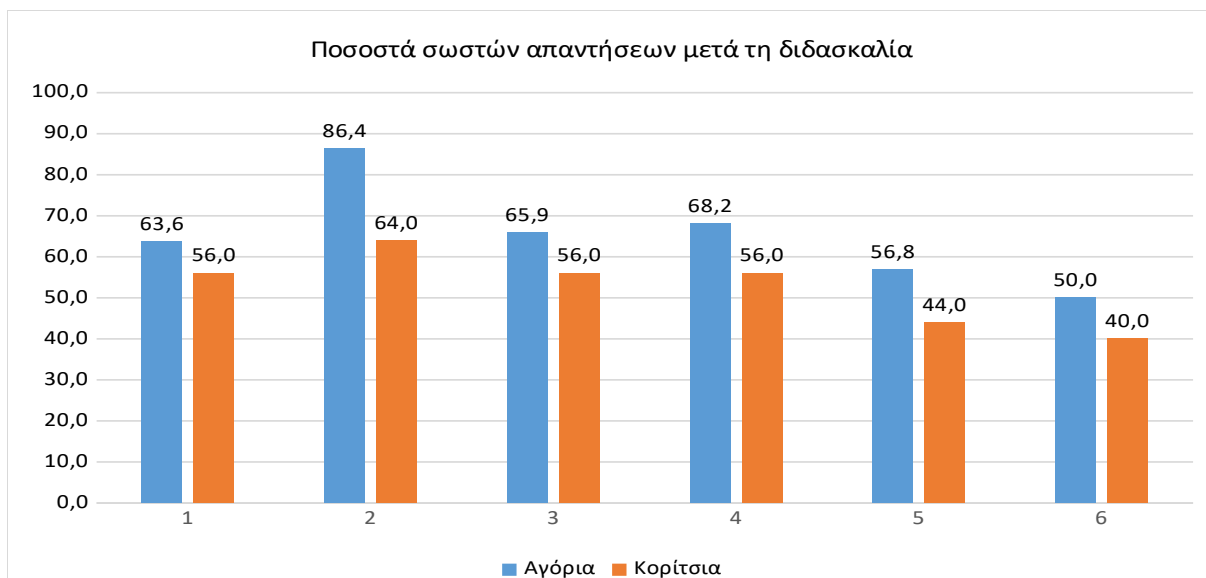
Ερωτήσεις		1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
Πριν	Αγόρια	7	13	14	22	5	14
	Κορίτσια	1	10	6	12	6	3
	Συνολικά	8	23	20	34	11	17
Μετά	Αγόρια	28	38	29	30	25	22
	Κορίτσια	14	16	14	14	11	10
	Συνολικά	42	54	43	44	36	32

Πίνακας 4.2. Πλήθος των σωστών απαντήσεων ανά ερώτηση, πριν και μετά τη διδασκαλία

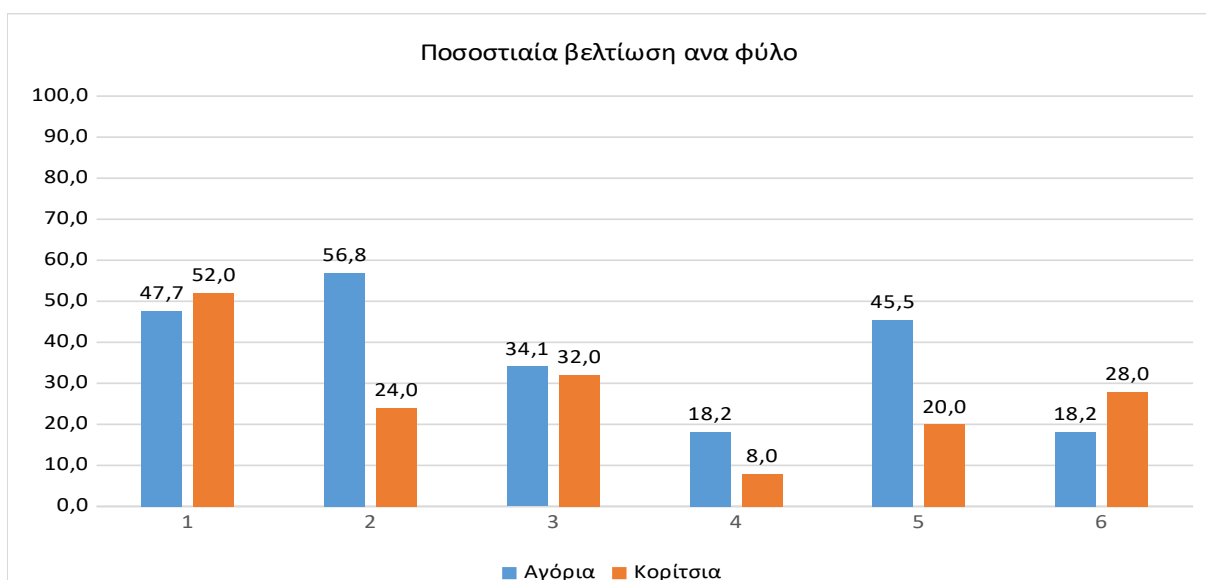
Στα διαγράμματα 4.1 και 4.2 παρουσιάζονται αυτά τα ποσοστά, ενώ στο διάγραμμα 4.3 παρουσιάζεται η ποσοστιαία βελτίωση ανά ερώτηση και για τα δυο φύλα.



Διάγραμμα 4.4. Ποσοστό σωστών απαντήσεων ανά ερώτηση και ανά φύλο, πριν τη διδασκαλία στο 1^ο ερωτηματολόγιο



Διάγραμμα 4.5. Ποσοστό σωστών απαντήσεων κατά ερώτηση και ανά φύλο, μετά τη διδασκαλία

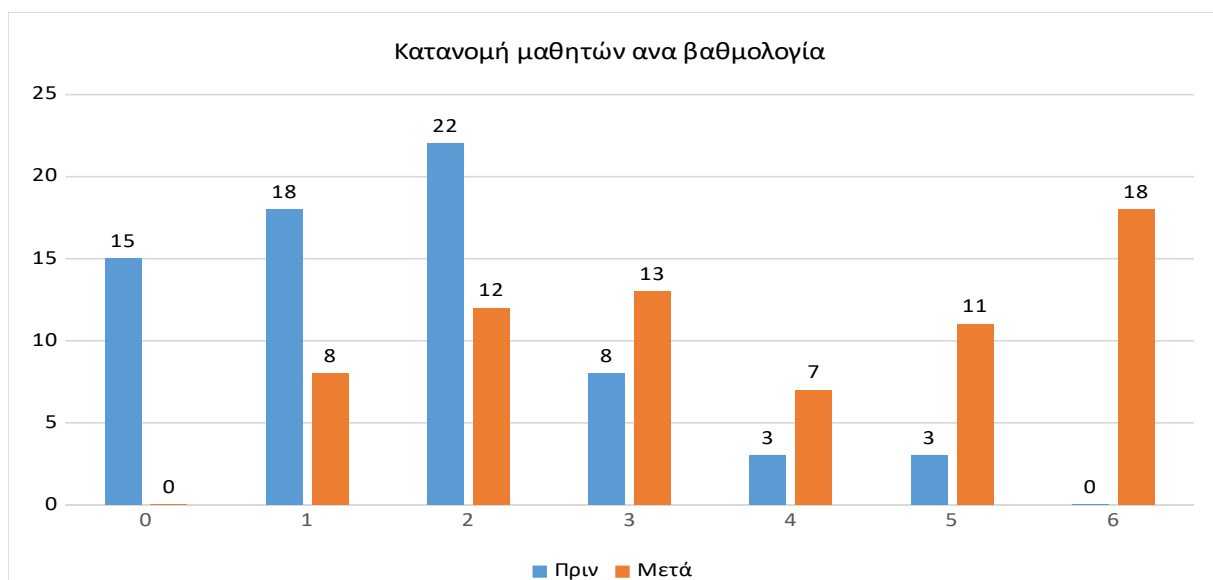


Διάγραμμα 4.6. Ποσοστιαία αύξηση σωστών απαντήσεων (βελτίωση) ανά φύλο και ανά ερώτηση του 1^{ου} ερωτηματολογίου

Ένας άλλος τρόπος παρουσίασης των αποτελεσμάτων είναι η ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων μέσω της βαθμολόγησης των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές πριν και μετά τη διδασκαλία. Αρχικά οι σωστές απαντήσεις (μια από τις επτά επιλογές) των έξι ερωτήσεων βαθμολογήθηκαν με 1 μονάδα η κάθε μία, ενώ καμία μονάδα δεν πήρε η λάθος επιλογή από τις υπόλοιπες έξι διαθέσιμες απαντήσεις της κάθε ερώτησης. Έχοντας βαθμονομήσει τις απαντήσεις των μαθητών, αποτιμήθηκαν στο σύνολο τους οι απαντήσεις που έδωσαν στις έξι (6) ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και η βαθμολογία του κάθε μαθητή κυμάνθηκε από μηδέν (0) το ελάχιστο, μέχρι έξι (6) το μέγιστο.

Αν δηλαδή κάποιος μαθητής δεν απάντησε σωστά σε καμία ερώτηση βαθμολογήθηκε με μηδέν (0), ενώ αν απάντησε σωστά σε όλες βαθμολογήθηκε με έξι (6).

Στο διάγραμμα 4.4 παρουσιάζονται οι συχνότητες βαθμολογιών των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση αντίστοιχα. Π.χ. 15 μαθητές πριν τη διδασκαλία δεν απάντησαν σωστά σε καμία ερώτηση, ενώ 18 μαθητές βαθμολογήθηκαν με 1 που σημαίνει ότι 18 μαθητές απάντησαν σωστά σε μια μόνο ερώτηση, χωρίς να γίνεται αναφορά σε ποια. Αντιθέτως, 18 μαθητές μετά τη διδασκαλία (όχι απαραίτητα οι ίδιοι με τους προηγούμενους μαθητές) βαθμολογήθηκαν με έξι (6), δηλαδή απάντησαν σωστά σε όλες τις ερωτήσεις και 13 μαθητές βαθμολογήθηκαν με 3, δηλαδή έδωσαν 3 σωστές απαντήσεις στα έξι ερωτήματα που τους τέθηκαν. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι πριν τη διδασκαλία δεν υπήρξε μαθητής που να απαντήσει σε όλα σωστά, όπως επίσης και το γεγονός ότι μετά τη διδασκαλία όλοι οι μαθητές απάντησαν σωστά σε τουλάχιστον μία ερώτηση.



Διάγραμμα 4.7. Κατανομή των μαθητών με βάση τη βαθμολογία τους στο 1^ο ερωτηματολόγιο πριν και μετά τη διδασκαλία

Παρατηρώντας το διάγραμμα 4.4 φαίνεται ότι, πριν τη διδασκαλία η μεγάλη μάζα των μαθητών είχε βαθμολογία χαμηλότερη ή ίση με 3. Πιο συγκεκριμένα, 55 μαθητές (79,7%) είχαν βαθμολογίες από 0 μέχρι 3, 8 μαθητές (11,6%) πέτυχαν τη βάση, δηλαδή βαθμολογήθηκαν με 3 και μόλις 6 μαθητές (8,7%) βαθμολογήθηκαν πάνω από τη βάση. Αντίθετα, μετά τη διδασκαλία οι μαθητές που βαθμολογήθηκαν κάτω από τη βάση μειώθηκαν σε 20 (29%), αυξήθηκαν το ποσοστό αυτών με βαθμολογία πάνω από τη βάση σε 52,1% (36 μαθητές), όπως και αυτών που βαθμολογήθηκαν με τη βάση (13 μαθητές ή 18,9%).

Report						
	Βαθμολογία ΠΙΠΙΝ τη διδασκαλία			Βαθμολογία ΜΕΤΑ τη διδασκαλία		
Φύλο	Mean	N	Std. Deviation	Mean	N	Std. Deviation
Αγόρι	1,7045	44	1,42371	3,9091	44	1,77604
Κορίτσι	1,5200	25	1,08474	3,6000	25	1,77951
Total	1,6377	69	1,30577	3,7971	69	1,77051

Πίνακας 4.3. Μέση ολική και ανά φύλο βαθμολογία, πριν και μετά τη διδασκαλία

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι της βαθμολογίας των αγοριών και κοριτσιών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η μέση βαθμολογία για τα αγόρια και κορίτσια είναι πριν τη διδασκαλία 1,70 και 1,52 αντίστοιχα, ενώ αυξάνεται σε 3,9 και 3,6 μετά απ' αυτή. Ταυτόχρονα η συνολική μέση βαθμολογία αυξάνεται από 1,64 σε 3,8. Είναι όμως αυτές οι διαφορές σημαντικές ;

4.1.2. Επαγωγική στατιστική ανάλυση

Από μια πρώτη εκτίμηση, φαίνεται να υπάρχει μια σημαντική αύξηση των σωστών απαντήσεων μετά τη διδασκαλία, η οποία αύξηση, διαφέρει από ερώτηση σε ερώτηση. Επίσης δεν είναι ξεκάθαρο ποιο φύλο βελτιώθηκε περισσότερο, αν και τα αγόρια είχαν μεγαλύτερο ποσοστό σωστών απαντήσεων μετά τη διδασκαλία. Για να απαντηθούν τα ερωτήματα, αν δηλαδή η αύξηση των σωστών απαντήσεων μετά τη διδασκαλία είναι στατιστικά σημαντική και αν οι απαντήσεις διαφέρουν ανάλογα με το φύλο, έγινε μια ποσοτική επεξεργασία με βάση συγκεκριμένα στατιστικά κριτήρια.

Στην έρευνα είναι γνωστό ότι κάθε ερευνητής οφείλει ο ίδιος πρώτος να ελέγχει την αξιοπιστία και την εγκυρότητα της έρευνάς του, ακολουθώντας τον κανόνα του Basses, που αναφέρει ότι «οι ερευνητές πρέπει να ασκούν αυτοκριτική και να εξετάζουν εξονυχιστικά τις υποθέσεις τους, τις μεθόδους διερεύνησης και ανάλυσης και τους τρόπους παρουσίασης των αποτελεσμάτων τους» (Φλαμπούρη, 2009).

Στη παρούσα έρευνα ελέγχθηκε η αξιοπιστία εσωτερικής συνοχής του 1^{ου} ερωτηματολογίου κλειστού τύπου με 6 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής επτά επιλογών η κάθε μία. Η αξιοπιστία εσωτερικής συνοχής φανερώνει κατά πόσον διαφορετικές προτάσεις μετρούν την ίδια μεταβλητή (Ουζούνη & Νακάκης, 2011). Ο έλεγχος της αξιοπιστίας πραγματοποιήθηκε με εύρεση του δείκτη Cronbach's alpha με τη βοήθεια του στατιστικού λογισμικού SPSS.

Πιο συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ο δείκτης alpha για τις 6 ερωτήσεις του 1^{ου} ερωτηματολογίου, ο οποίος ότι σύμφωνα με τον κανόνα των George and Mallery (2003)

χαρακτηρίζει ένα ερωτηματολόγιο ως προς την αξιοπιστία του (>.9 θαυμάσιο, >.8 καλό, >.7 αποδεκτό, >.6 αμφισβητήσιμο, >.5 φτωχό and <.5 μη αποδεκτό).

Στον πίνακα 4.3 φαίνεται η τιμή του δείκτη α για τις 6 ερωτήσεις που υπολογίστηκε σε 0,706, δηλαδή το ερωτηματολόγιο είναι αποδεκτό και κατάλληλο για τη διερεύνηση της ικανότητας εύρεσης και υπολογισμού της περιόδου του εκκρεμούς.

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,706	,707	6

Πίνακας 4.4. Έλεγχος αξιοπιστίας του 1ου ερωτηματολογίου με υπολογισμό του δείκτη α Cronbach's

Για την επιλογή του κατάλληλου στατιστικού κριτηρίου ελέγχου της σημαντικότητας της αύξησης των σωστών απαντήσεων χρειάστηκε να ελεγχθεί αν οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής βαθμολογία (συνολική και κατά ερώτημα) πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση προέρχονται από πληθυσμό με κανονική κατανομή (έλεγχος κανονικότητας).

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 4.4, η εφαρμογή του Kolmogorov – Smirnov test έδειξε ότι οι βαθμολογίες των κοριτσιών, αλλά και των αγοριών, τόσο πριν ($D = 0,231$ και $p = 0,001 < 0,05$ για τα κορίτσια και $D = 0,213$ και $p = 0,000 < 0,05$ για τα αγόρια), όσο και μετά τη διδασκαλία ($D = 0,192$ και $p = 0,018 < 0,05$ για τα κορίτσια και $D = 0,185$ και $p = 0,001 < 0,05$ για τα αγόρια) δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Την κανονική κατανομή δεν ακολουθεί επίσης και το σύνολο των απαντήσεων πριν ($D = 0,188$ και $p = 0,000 < 0,05$) και μετά τη διδασκαλία ($D = 0,172$ και $p = 0,000 < 0,05$).

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Πριν	Κορίτσι	,231	25	,001	,864	25	,003
	Αγόρι	,213	44	,000	,877	44	,000
Μετά	Κορίτσι	,192	25	,018	,887	25	,010
	Αγόρι	,185	44	,001	,881	44	,000
Πριν	Σύνολο	,188	69	,000	,895	69	,000
Μετά		,172	69	,000	,883	69	,000

Πίνακας 4.5. Έλεγχος κανονικότητας βαθμολογίας αγοριών, κοριτσιών, πριν και μετά τη διδασκαλία

Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκε το μη παραμετρικό τεστ Mann - Whitney U, κατάλληλο για ανεξάρτητα δείγματα που δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Τα δείγματα θεωρήθηκαν ανεξάρτητα για τον λόγο ότι τα ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν μετά τη διδασκαλία

από τα παιδιά, δεν συγκρίθηκαν με τα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν τα ίδια παιδιά πριν από τη διδασκαλία, καθώς δεν ήταν γνωστά τα ονόματα των παιδιών, ούτε τα ερωτηματολόγια είχαν κάποιο χαρακτηριστικό γνώρισμα που θα τα έκανε αναγνωρίσιμα. Τα αποτελέσματα αυτού του ελέγχου παρουσιάζονται στον πίνακα 4.5.

Test Statistics (πριν και μετά τη διδασκαλία) – 1 ^ο Ερωτηματολόγιο							
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η	Βαθμολογία
Mann-Whitney U	1207,500	1242,000	1552,500	1966,500	1414,500	1863,000	838,000
Wilcoxon W	3622,500	3657,000	3967,500	4381,500	3829,500	4278,000	3253,000
Z	-5,999	-5,658	-4,082	-2,062	-4,941	-2,659	-6,669
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,039	,000	,008	,000

Πίνακας 4.6. Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας της αύξησης βαθμολογίας μετά τη διδασκαλία

Όπως φαίνεται, η αύξηση των σωστών απαντήσεων κατά ερώτηση, αλλά και συνολικά, είναι στατιστικά σημαντική αφού ο στατιστικός δείκτης p (Asymp. Sig. 2-tailed) είναι για όλες τις συγκρίσεις μικρότερος από το 0,05. Το συμπέρασμα είναι ότι η επίδοση των μαθητών μετά τη διδακτική παρέμβαση (Mean = 3,8) διαφέρει στατιστικά σημαντικά από την επίδοσή τους πριν την παρέμβαση (Mean = 1,64 και U = 838, p = 0,000 < 0,005). Άρα, είχαμε στατιστικά σημαντική βελτίωση στην απόδοση των μαθητών μετά τη διδασκαλία, τόσο συνολικά, όσο και κατά ερώτηση.

Για να απαντηθεί το ερώτημα αν οι διαφορές στη βαθμολογία που παρουσιάζουν τα αγόρια και τα κορίτσια μεταξύ τους, πριν και μετά τη διδασκαλία, είναι στατιστικά σημαντικές, εφαρμόστηκε το μη παραμετρικό τεστ Mann - Whitney U, τα αποτελέσματα του οποίου παρουσιάζονται στον πίνακα 4.6.

Test Statistics (αγόρια – κορίτσια) – 1 ^ο Ερωτηματολόγιο							
Πριν	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η	Βαθμολογία
Mann-Whitney U	484,500	492,500	507,000	539,000	480,500	441,000	543,500
Wilcoxon W	809,500	1482,500	832,000	864,000	1470,500	766,000	868,500
Z	-1,474	-,879	-,683	-,159	-1,368	-1,823	-,084
Asymp. Sig. (2-tailed)	,140	,379	,495	,874	,171	,068	,933
Μετά	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η	Βαθμολογία
Mann-Whitney U	508,000	471,000	517,500	527,000	545,500	495,000	498,000
Wilcoxon W	833,000	796,000	842,500	852,000	870,500	820,000	823,000
Z	-,620	-1,456	-,487	-,352	-,065	-,795	-,661
Asymp. Sig.(2-tailed)	,535	,145	,626	,725	,948	,427	,508

Πίνακας 4.7. Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας των διαφορών κοριτσιών και αγοριών μεταξύ τους πριν και μετά τη διδασκαλία

Σύμφωνα με αυτά, ο στατιστικός δείκτης p (Asymp. Sig. 2-tailed) είναι για όλες τις ερωτήσεις και τη τελική βαθμολογία, μεγαλύτερος από 0,05 γεγονός που αποδεικνύει ότι οι διαφορές 1,70 με 1,52 (πριν τη διδασκαλία) και 3,9 με 3,6 (μετά τη διδασκαλία) δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Οι απαντήσεις δηλαδή των αγοριών και κοριτσιών δεν διαφέρουν μεταξύ τους, τόσο πριν όσο και μετά τη διδασκαλία.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση των μέσων όρων που πέτυχαν τα δυο φύλα, πριν και μετά τη διδασκαλία ξεχωριστά. Η μέση βαθμολογία των αγοριών αυξήθηκε από 1,7 σε 3,9, ενώ των κοριτσιών από 1,52 σε 3,6. Τα αποτελέσματα του μη παραμετρικού τεστ Mann - Whitney U για τα δυο φύλα με ανεξάρτητη παράμετρο τον χρόνο (πριν και μετά τη διδασκαλία) παρουσιάζονται στον πίνακα 4.7. Σύμφωνα με την τελευταία στήλη φαίνεται ότι η συνολική αύξηση της βαθμολογίας μετά τη διδασκαλία είναι στατιστικά σημαντική τόσο για τα αγόρια ($U = 338$ και $p = 0,000 < 0,05$), όσο και για τα κορίτσια ($U = 112$ και $p = 0,000 < 0,05$).

Test Statistics (πριν και μετά τη διδασκαλία) – 1 ^ο Ερωτηματολόγιο							
Αγόρια	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η	Βαθμολογία
Mann-Whitney U	506,000	418,000	638,000	792,000	528,000	792,000	338,000
Wilcoxon W	1496,000	1408,000	1628,000	1782,000	1518,000	1782,000	1328,000
Z	-4,548	-5,368	-3,181	-1,725	-4,472	-1,725	-5,333
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,001	,085	,000	,085	,000
Κορίτσια	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η	Βαθμολογία
Mann-Whitney U	150,000	212,500	200,000	262,500	212,500	225,000	112,000
Wilcoxon W	475,000	537,500	525,000	587,500	537,500	550,000	437,000
Z	-3,972	-2,256	-2,553	-1,128	-2,286	-2,234	-3,971
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,024	,011	,259	,022	,025	,000

Πίνακας 4.8. Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας της αύξησης της βαθμολογίας κατά φύλο

Και αν αυτό ισχύει για την συνολική βαθμολογία, για τις επιμέρους ερωτήσεις φαίνεται να υπάρχουν κάποιες διαφοροποιήσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι απαντήσεις της 4^{ης} ερώτησης μετά τη διδασκαλία δεν διαφέρουν στατιστικά από τις απαντήσεις που δόθηκαν πριν απ' αυτή, τόσο από τα αγόρια ($U = 792$ και $p = 0,085 > 0,05$), όσο και από τα κορίτσια ($U = 262,5$ και $p = 0,259 > 0,05$). Υπενθυμίζεται ότι η 4^η ερώτηση αφορά την εύρεση της περιόδου ενός εκκρεμούς από τον ορισμό της, με βάση αριθμητικά δεδομένα για έναν αριθμό ταλαντώσεων εντός συγκεκριμένου χρόνου. Δηλαδή τα παιδιά, ακόμη και μετά τη διδασκαλία δεν αυξάνουν τις υπολογιστικές ικανότητες εύρεσης της περιόδου ενός εκκρεμούς.

Επίσης προβληματική φαίνεται να είναι και η 6^η ερώτηση, τουλάχιστον για τα αγόρια. Όπως έδειξε ο έλεγχος ($U = 396$ και $p = 0,085 > 0,05$) δεν υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ του τρόπου που απαντάνε πριν και μετά τη διδασκαλία, στη δυσκολότερη ίσως ερώτηση του ερωτηματολογίου.

4.1.3. Σχολιασμός των αποτελεσμάτων του 1^{ου} ερωτηματολογίου

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των απαντήσεων του 1^{ου} ερωτηματολογίου που συμπλήρωσαν οι μαθητές πριν και μετά τη διδασκαλία, έδειξαν ότι υπήρξε σημαντική βελτίωση στη μέση βαθμολογία των συμμετεχόντων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Όμως η ανυπαρξία ομάδας ελέγχου για σύγκριση, δεν μας επιτρέπει να χρεώσουμε τη βελτίωση αυτή αποκλειστικά στην αξιοποίηση των smartphones στη συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση.

Ακόμη τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα κορίτσια και τα αγόρια απάντησαν με τον ίδιο τρόπο και οι διαφορές στις απαντήσεις που έδωσαν είναι στατιστικά ασήμαντες. Μόνο στην 6^η ερώτηση υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις απαντήσεις που δίνουν. Η εύρεση της σωστής απάντησης προϋποθέτει την αντιμετώπιση δυο δυσκολιών, την εύρεση της περιόδου από την ημιπερίοδο της ταλάντωσης και την χρήση της έννοιας «μέση τιμή» ενός συνόλου μετρήσεων. Ο περιορισμένος διδακτικός χρόνος και η μη εκτενής αναφορά στη μέση τιμή κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων είναι ένας λόγος που δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις της 6^{ης} ερώτησης των αγοριών, πριν και μετά τη διδασκαλία. Για τα κορίτσια, αν και υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση προς τη σωστή απάντηση, δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα λόγω του ότι το δείγμα τους ήταν σχετικά μικρό.

Σχετικά με την 4^η ερώτηση φαίνεται ότι η διδασκαλία δεν βοήθησε να αυξηθούν σημαντικά οι σωστές απαντήσεις. Η σωστή απάντηση προϋποθέτει την ικανότητα εφαρμογής της απλής μεθόδου των τριών, δεξιότητα που έπρεπε να ήταν ήδη ανεπτυγμένη στα παιδιά αυτής της ηλικίας. Αν και ανάμεσα στις δραστηριότητες υπήρχε δραστηριότητα που απαιτούσε την εφαρμογή της, δεν δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση σ' αυτή, γεγονός που φάνηκε τελικά στις απαντήσεις τους.

Η αύξηση των σωστών απαντήσεων στις υπόλοιπες ερωτήσεις ήταν τελικά η αιτία που το ισοζύγιο της μέσης βαθμολογίας πριν και μετά τη διδασκαλία ήταν σημαντικά θετικό. Στην 1^η ερώτηση μάλιστα το ποσοστό αύξησης των σωστών ερωτήσεων ξεπέρασε το 50% του δείγματος τόσο για τα κορίτσια, όσο και για τα αγόρια. Ενώ αρχικά, μόνο 8 (11,6%) παιδιά συνολικά απάντησαν σωστά στο ερώτημα τι είναι περίοδος εκκρεμούς, μετά τη διδασκαλία ο

αριθμός αυξήθηκε σε 42 (60,9%). Αν και η αύξηση θεωρείται μεγάλη και στατιστικά σημαντική, αφήνει τον ερευνητή σχετικά προβληματισμένο. Και αυτό γιατί σε όλες τις δραστηριότητες τονίστηκε ιδιαίτερα, ποιοτικά και ποσοτικά, η έννοια της περιόδου ταλάντωσης του εκκρεμούς, οπότε και θα ανέμενε κανείς η αύξηση να είναι ακόμη μεγαλύτερη.

4.2 Αξιολόγηση με την Socratic

Ένα βασικό ερευνητικό ερώτημα της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση των στάσεων και απόψεων των μαθητών απέναντι στην εφαρμογή Socratic. Μια εφαρμογή που χρησιμεύει στην on-time και on-line αξιολόγηση των επιμορφούμενων και είναι διαθέσιμη σε όλες τις εκδόσεις λειτουργικών των smartphones. Η αποτίμηση των απόψεων των μαθητών και η αξιολόγηση της εφαρμογής έγινε με την επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών σε πέντε (5) ερωτήματα του 3^{ου} ερωτηματολογίου, που συμπλήρωσαν μετά τη λήξη της διδακτικής παρέμβασης. Τα ερωτήματα ήταν τα παρακάτω :

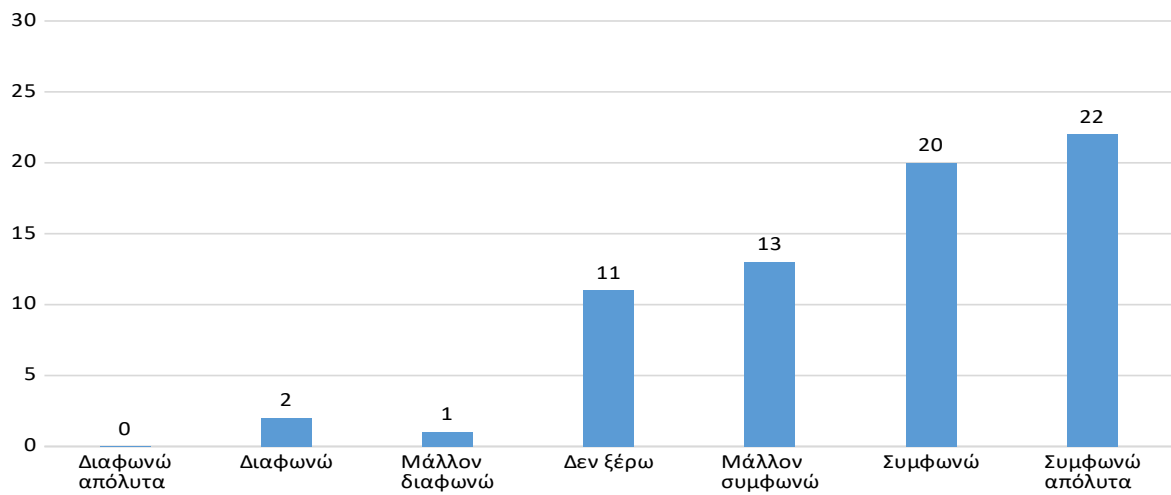
1. *Η εφαρμογή Socratic είναι εύκολη στη χρήση.*
2. *Η χρήση της εφαρμογής Socratic συμβάλλει στο να παραμένω εστιασμένος/η στο μάθημα.*
3. *Η χρήση της σε βοηθά να συνειδητοποιήσεις τι ξέρεις.*
4. *Η χρήση της συμβάλλει στην στενότερη συνεργασία μεταξύ των μαθητών.*
5. *Θα σύστηνα την εφαρμογή Socratic και σε άλλους μαθητές.*

4.2.1 Περιγραφική στατιστική

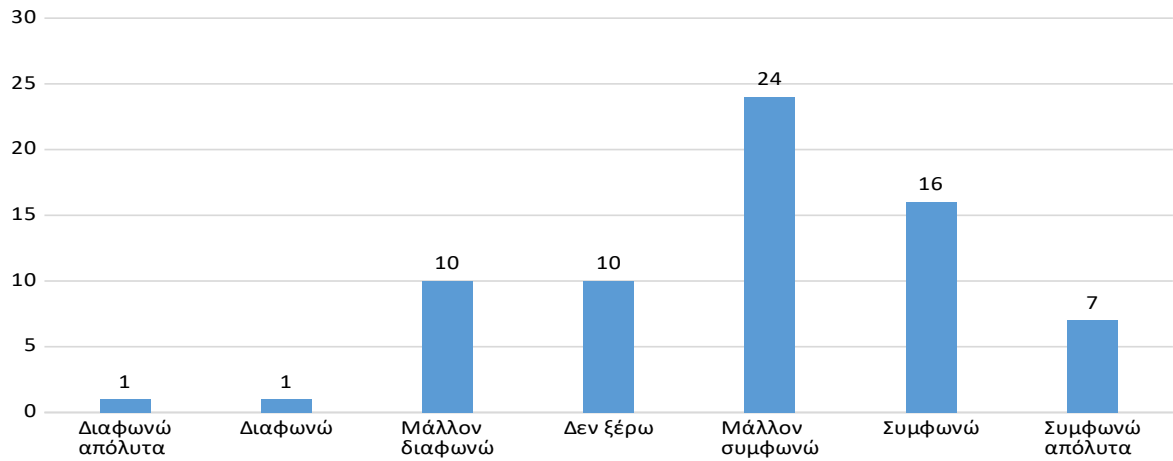
Στο διάγραμμα 4.5 παρουσιάζονται οι συχνότητες εμφάνισης των απαντήσεων στην επτάβαθμη κλίμακα Likert για τις πέντε (5) ερωτήσεις του 3^{ου} ερωτηματολογίου (10^η, 11^η, 12^η, 13^η και 14^η ερώτηση) που αφορούν την εφαρμογή Socratic.

Όπως φαίνεται από τις κατανομές των απαντήσεων, η πλειοψηφία τους βρίσκεται προς τα δεξιά του άξονα της κλίμακας Likert δείχνοντας έτσι μια θετική στάση απέναντι στην εφαρμογή. Για την ποσοτικοποίηση των απαντήσεων θεωρήθηκε ότι η ιεραρχική κλίμακα Likert μπορεί να μετατραπεί σε κλίμακα ίσων αποστάσεων (ή αναλογική), δηλαδή σε συνεχή κλίμακα. Στην κλίμακα αυτή οι επιλογές των απαντήσεων από «διαφωνώ απόλυτα» μέχρι «συμφωνώ απόλυτα» βαθμολογούνται από 1 μέχρι 7.

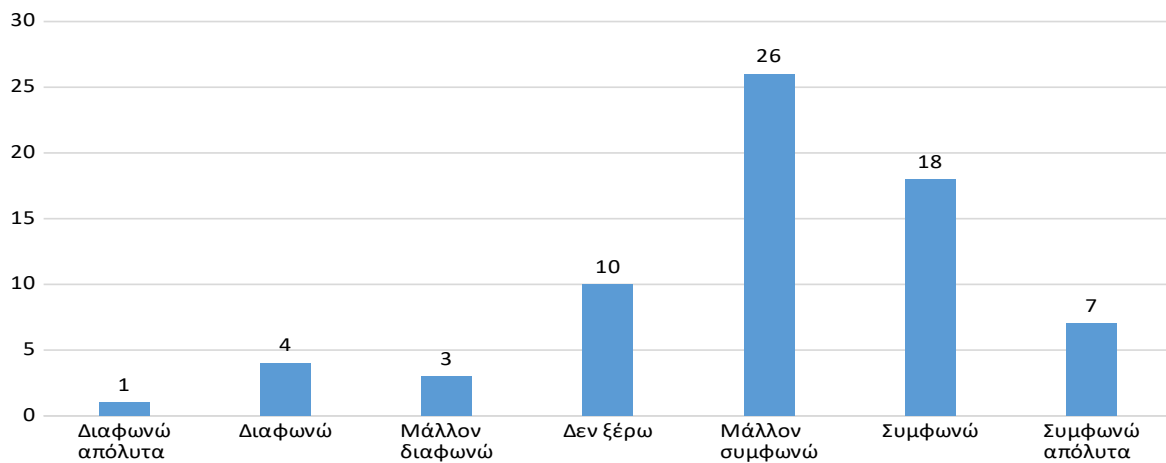
1η: Η εφαρμογή Socrative είναι εύκολη στη χρήση

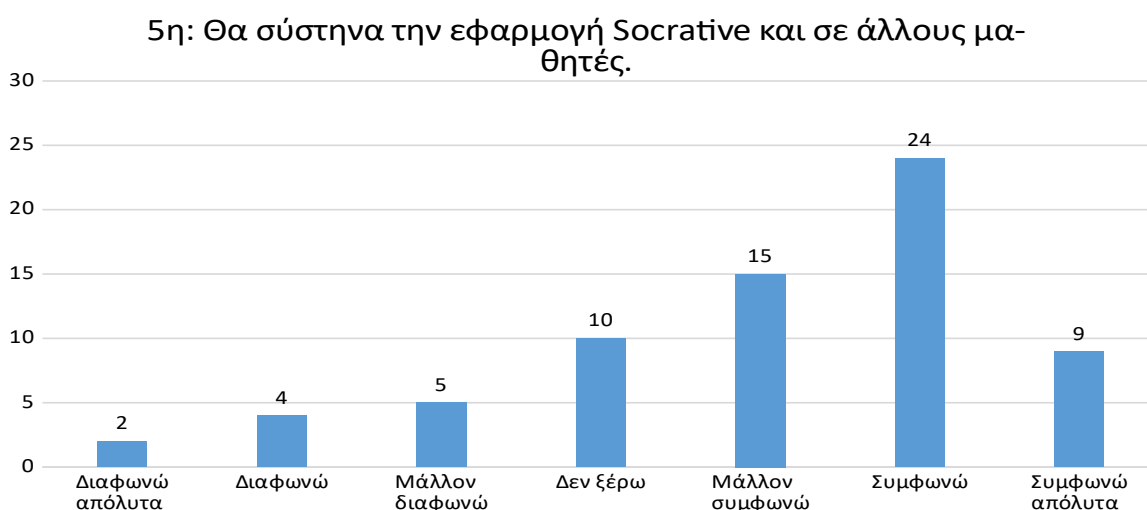
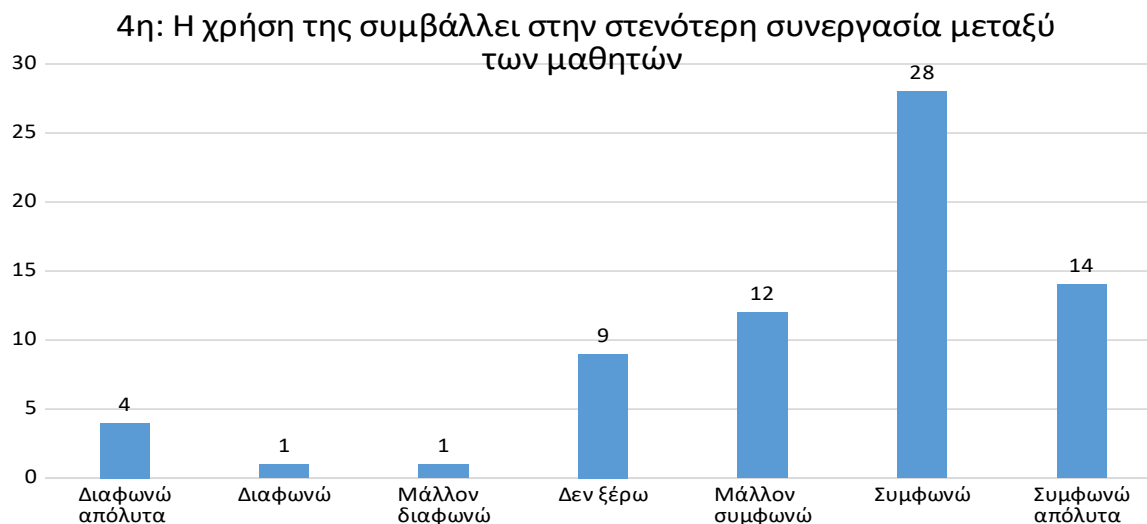


2η: Η χρήση της Socrative συμβάλλει στο να παραμένω εστιασμένος/η στο μάθημα



3η: Η χρήση της σε βοηθά να συνειδητοποιήσεις τι ξέρεις.





Διάγραμμα 4.8. Οι απαντήσεις των μαθητών στην 7βαθμη κλίμακα Likert για την εφαρμογή Socrative

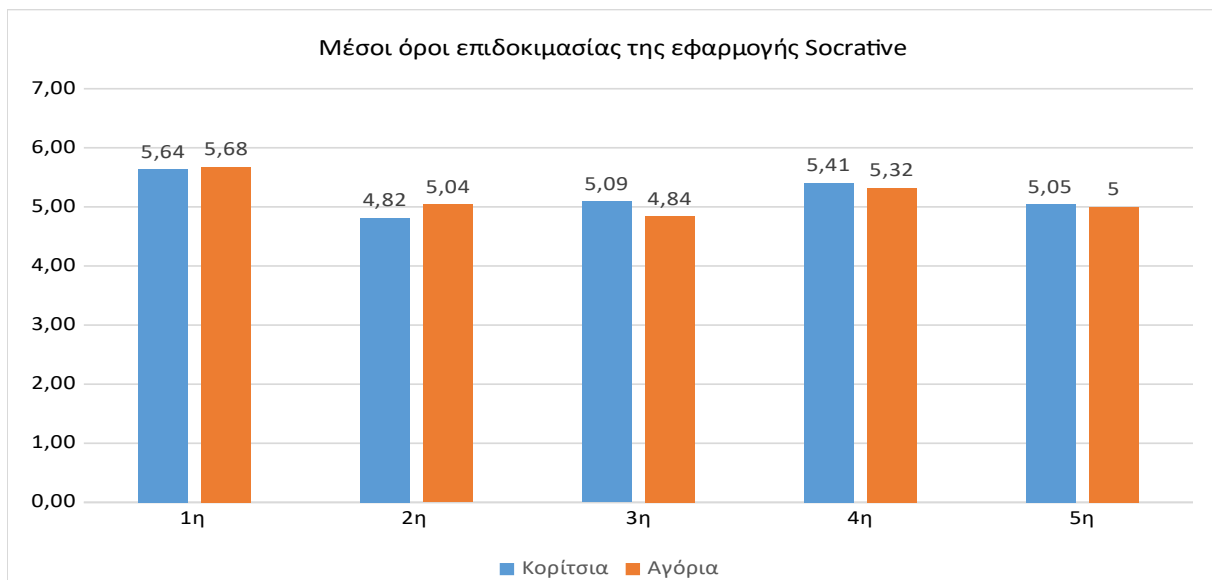
Με βάση τη βαθμονόμηση αυτή, κατασκευάστηκε ο πίνακας 4.8 όπου παρουσιάζονται οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές των απαντήσεων κάθε ερώτησης, όπως και ο μέσος όρος της

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1 ^η Ερώτηση	69	2,00	7,00	5,6522	1,28138
2 ^η Ερώτηση	69	1,00	7,00	4,8986	1,31892
3 ^η Ερώτηση	69	1,00	7,00	5,0000	1,32842
4 ^η Ερώτηση	69	1,00	7,00	5,3768	1,53490
5 ^η Ερώτηση	69	1,00	7,00	5,0290	1,52403

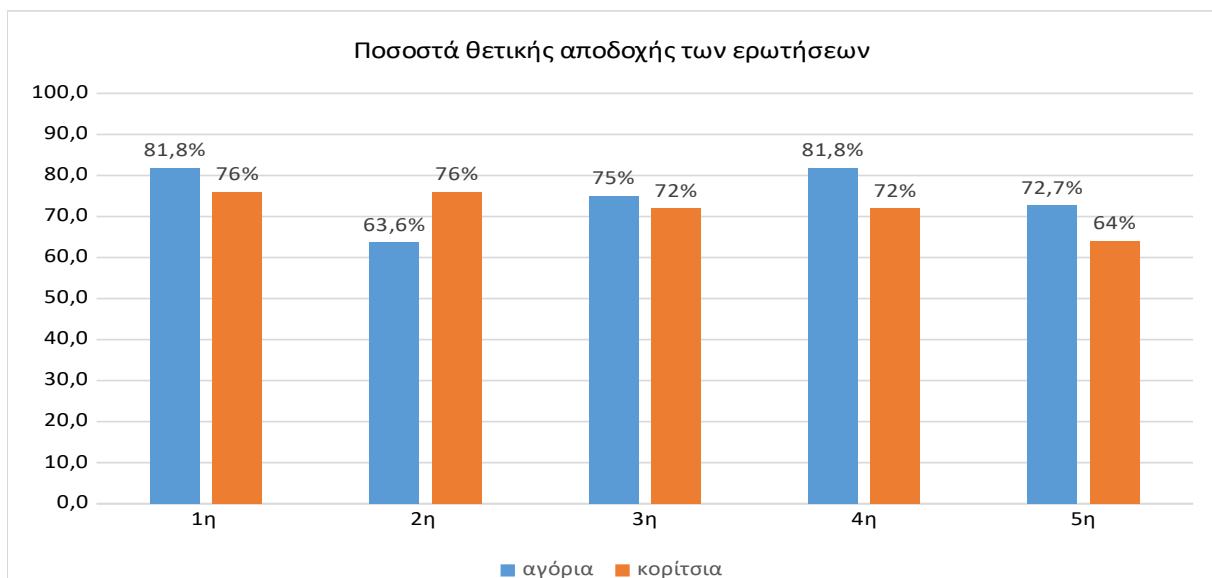
Πίνακας 4.9 Η βαθμολογία των μαθητών σχετικά με την εφαρμογή Socrative

βαθμολογίας τους. Όπως φαίνεται, οι απαντήσεις όλων των ερωτήσεων είναι κατά μέσο όρο θετικές αφού η βαθμολογία τους κυμαίνεται σε τιμές μεγαλύτερες από 5 με μικρές αποκλίσεις απ' αυτό (5 = μάλλον συμφωνώ).

Στο διάγραμμα 4.6 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι της βαθμολογίας κάθε ερώτησης ανά φύλο. Όλες οι βαθμολογίες (εκτός των αγοριών στην 2^η ερώτηση και των κοριτσιών στην 3^η) είναι μεγαλύτερες από 5.



Διάγραμμα 4.9 . Οι μέσοι όροι βαθμολόγησης των απαντήσεων στην κλίμακα Likert ανά φύλο



Διάγραμμα 4.10. Ποσοστά των μαθητών ανά φύλο που αντιμετωπίζουν θετικά την εφαρμογή Socrative

Επίσης στο διάγραμμα 4.7 παρουσιάζονται τα ποσοστά των μαθητών (αγοριών και κοριτσιών) που αντιμετωπίζουν, ή απαντούν θετικά, στις ερωτήσεις, δηλαδή των μαθητών που δηλώνουν ότι «μάλλον συμφωνούν», ή «συμφωνούν» ή «συμφωνούν απόλυτα». Τα ποσοστά δείχνουν ότι η αποδοχή της εφαρμογής από τους μαθητές είναι μεγάλη.

4.2.2 Επαγωγική στατιστική ανάλυση

Μετά τη βαθμονόμηση ακολούθησε έλεγχος αξιοπιστίας του ερωτηματολογίου, με το σκεπτικό ότι και οι 5 ερωτήσεις διερευνούν τον βαθμό αποδοχής της εφαρμογής από τους μαθητές. Ο έλεγχος κρίθηκε απαραίτητος για να απαντηθεί το ερώτημα αν οι απαντήσεις διαφοροποιούνται ανάλογα με το φύλο. Ο δείκτης Cronbach's α υπολογίστηκε 0,752 και κατά συνέπεια το ερωτηματολόγιο κρίθηκε αποδεκτό και κατάλληλο για χρήση (πίνακας 4.9).

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,752	,751	5

Πίνακας 4.10. Έλεγχος αξιοπιστίας ερωτηματολογίου αποδοχής της εφαρμογής Socrative

Ο έλεγχος κανονικότητας που πραγματοποιήθηκε για όλες τις ερωτήσεις ξεχωριστά και για τη συνολική βαθμολογία (Socrative), έδειξε ο στατιστικός δείκτης σημαντικότητας p (sig.) είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος του 0,05 (πίνακας 4.10) και κατά συνέπεια, οι απαντήσεις των δυο φύλων δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Tests of Normality							
Ερώτηση	Φύλο	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1η Ερώτηση	Αγόρι	,231	44	,000	,878	44	,000
	Κορίτσι	,226	25	,002	,840	25	,001
2η Ερώτηση	Αγόρι	,198	44	,000	,910	44	,002
	Κορίτσι	,250	25	,000	,870	25	,004
3η Ερώτηση	Αγόρι	,218	44	,000	,892	44	,001
	Κορίτσι	,259	25	,000	,893	25	,013
4η Ερώτηση	Αγόρι	,294	44	,000	,790	44	,000
	Κορίτσι	,215	25	,004	,834	25	,001
5η Ερώτηση	Αγόρι	,216	44	,000	,876	44	,000
	Κορίτσι	,250	25	,000	,899	25	,017
Socrative	Αγόρι	,151	44	,013	,943	44	,032
	Κορίτσι	,189	25	,022	,906	25	,024

Πίνακας 4.11. Έλεγχος κανονικότητας των απαντήσεων για την εφαρμογή Socrative

Για να ελεγχθεί τυχόν διαφοροποίηση των απαντήσεων των δυο φύλων, χρησιμοποιήθηκε το μη παραμετρικό τεστ Mann-Whitney U τα αποτελέσματα του οποίου παρουσιάζονται στον

πίνακα 4.11. Σύμφωνα με το τεστ, ο στατιστικός συντελεστής p (Asymp. Sig.) είναι για όλες τις ερωτήσεις και τη συνολική βαθμολογία μεγαλύτερος από 0,05 (π.χ. στην 3^η ερώτηση είναι 0,917). Άρα, αυτό σημαίνει ότι οι απαντήσεις των αγοριών είναι παρόμοιες με αυτές των κοριτσιών και δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις απαντήσεις τους.

Test Statistics						
	1 ^η Ερώτηση	2 ^η Ερώτηση	3 ^η Ερώτηση	4 ^η Ερώτηση	5 ^η Ερώτηση	Socrative
Mann-Whitney U	522,000	452,000	542,000	549,000	520,000	544,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,717	,207	,917	,990	,700	,940

Πίνακας 4.12. Έλεγχος στατιστικά σημαντικής διαφοράς των απαντήσεων ανάμεσα στα 2 φύλα

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εύρεση κάποιας μορφής συσχέτισης ή σύνδεσης μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών στις 5 ερωτήσεις. Για να διαπιστωθεί αν υπάρχει τέτοια υπολογίστηκε με τη βοήθεια του λογισμικού SPSS ο συντελεστής συσχέτισης Pearson. Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson r εφαρμόζεται όταν επιδιώκουμε να συσχετίσουμε 2 συνεχείς μεταβλητές. Ανήκει στην κατηγορία των σταθμισμένων δεικτών, δηλαδή είναι στατιστικός δείκτης που έχει νόημα από μόνος του και χωρίς τη σύνδεση του με επίπεδα σημαντικότητας ή άλλες πληροφορίες. Έχει συγκεκριμένο εύρος, από -1 έως και +1. Το -1 μας δείχνει μια τέλεια αρνητική σχέση, δηλαδή μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ 2 μεταβλητών, ενώ το δεύτερο μια τέλεια θετική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Το μηδέν αντιπροσωπεύει μηδενική σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών. Μεταξύ των 2 ορίων, από -1 έως +1, υπάρχουν διάφορες κατηγοριοποιήσεις που αναφέρονται στην αξιολόγηση του μεγέθους του συντελεστή. Πιο συγκεκριμένα, οι περιοχές τιμών του συντελεστή που χαρακτηρίζουν τη σχέση μεταξύ δυο μεταβλητών είναι: Από 0 έως 0,20 (μηδενική σχέση), από 0,21 έως 0,40 (μικρή σχέση), από 0,41 έως 0,60 (μέτρια σχέση), από 0,61 έως 0,80 (δυνατή σχέση) και από 0,81 έως 1 (εξαιρετικά δυνατή σχέση). Η σχέση όμως αυτή θα πρέπει να ελέγχεται και ως προς την στατιστική σημαντικότητα της, διότι αν δεν είναι στατιστικά σημαντική, δεν θα υφίσταται.

Στον πίνακα 4.12 παρουσιάζονται όλες οι δυνατές συσχετίσεις μεταξύ των απαντήσεων όλων των ερωτήσεων. Με ελαφρά γραμμοσκιασμένο χρώμα σημειώνεται η ύπαρξη μικρής σχέσης μεταξύ των ερωτήσεων, ενώ με εντονότερο γραμμοσκιασμένο χρώμα η ύπαρξη μέτριας σχέσης. Π.χ. μεταξύ της 2^{ης} και 3^{ης} ερώτησης υπάρχει μια μέτρια θετική σχέση η οποία είναι στατιστικά σημαντική ($r = 0,562$ και $p = 0,000 < 0,05$). Δηλαδή, αν κάποιος μαθητής συμφωνεί με τη θέση ότι «*Η χρήση της εφαρμογής Socrative συμβάλλει στο να παραμένω εστιασμένος/η στο μάθημα*» θα συμφωνεί μάλλον και με τη θέση «*Η χρήση της σε*

βοηθά να συνειδητοποιήσεις τι ξέρεις». Παρόμοια μέτρια θετική σχέση υπάρχει και μεταξύ της 4^{ης} και 5^{ης} ερώτησης που αναφέρονται στη σχέση του μαθητή με την εφαρμογή και με τους άλλους συμμαθητές του.

Όσοι μαθητές δεν συμφωνούν με τη θέση ότι «Η χρήση της συμβάλλει στην στενότερη συνεργασία μεταξύ των μαθητών», μάλλον δεν την προτείνουν και σε άλλους συμμαθητές τους («Θα σύστηνα την εφαρμογή Socratic και σε άλλους μαθητές.»).

		Correlations				
		1 ^η Ερώτηση	2 ^η Ερώτηση	3 ^η Ερώτηση	4 ^η Ερώτηση	5 ^η Ερώτηση
1 ^η Ερώτηση	Pearson Correlation	1	,266*	,216	,337**	,352**
	Sig. (2-tailed)		,027	,075	,005	,003
2 ^η Ερώτηση	Pearson Correlation	,266*	1	,562**	,375**	,433**
	Sig. (2-tailed)	,027		,000	,001	,000
3 ^η Ερώτηση	Pearson Correlation	,216	,562**	1	,361**	,334**
	Sig. (2-tailed)	,075	,000		,002	,0054
4 ^η Ερώτηση	Pearson Correlation	,337**	,375**	,361**	1	,523**
	Sig. (2-tailed)	,005	,001	,002		,000
5 ^η Ερώτηση	Pearson Correlation	,352**	,433**	,334**	,523**	1
	Sig. (2-tailed)	,003	,000	,005	,000	

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας 4.13. Δυνατές συσχετίσεις μεταξύ των απαντήσεων για την εφαρμογή Socratic

4.2.3 Σχολιασμός των αποτελεσμάτων

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι πάνω από το 70% των μαθητών αποδέχονται τα χρήσιμα για την εκπαίδευση χαρακτηριστικά της εφαρμογής, κρίνοντας την θετικά, χωρίς να υπάρχει διάκριση ανάμεσα στα δύο φύλλα. Παρατηρώντας τους μέσους όρους και την κατανομή των απαντήσεων ανά ερώτημα, φαίνεται ότι οι μαθητές κρίνουν θετικότερα την άποψη ότι η εφαρμογή είναι εύκολη στη χρήση και ότι τους βοηθά να συνεργαστούν με τους συμμαθητές τους. Αυτό ήταν ίσως αναμενόμενο από τη δομή και τη διάρκεια των δραστηριοτήτων. Στον μικρό σχετικά χρόνο της διδακτικής παρέμβασης, μπορεί κανείς εύκολα να καταλήξει σε συμπέρασμα σχετικά με τις δυνατότητες και χαρακτηριστικά της εφαρμογής, ενώ τα φύλλα εργασίας τους κατεύθυναν σε μια συνεργατική χρήση της. Γενικώς, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν μια θετική ανταπόκριση των μαθητών απέναντι στην εφαρμογή Socratic, μιας εφαρμογής για αξιολόγηση σε πραγματικό χρόνο και επιβεβαίωσαν τα ευρήματα άλλων ερευνών στο χώρο της τριτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας

εκπαίδευσης, γεγονός που πρέπει να λάβουν υπόψη τους οι σχεδιαστές αναλυτικών προγραμμάτων και διδακτικών παρεμβάσεων.

4.3 Απόψεις για τη χρήση του smartphone στην εκπαίδευση

Σχετικά με τη διερεύνηση των απόψεων και στάσεων των μαθητών απέναντι στη χρήση των smartphones για εκπαιδευτικούς σκοπούς, δόθηκαν τα δυο ερωτηματολόγια, το 2^ο ερωτηματολόγιο πριν τη διδασκαλία και το 3^ο μετά από αυτή. Στα δυο ερωτηματολόγια υπήρχαν κοινές ερωτήσεις που αφορούσαν την αξιοποίηση των smartphones στην εκπαίδευση. Πιο συγκεκριμένα, στο 2^ο ερωτηματολόγιο τα smartphones συνδέονται με την εκπαίδευση με πέντε (5) ερωτήσεις (3^η, 4^η, 5^η, 13^η και 14^η), ενώ ίδιος αριθμός σχετικών ερωτήσεων υπάρχει και στο 3^ο ερωτηματολόγιο (13^η, 15^η, 16^η, 17^η και 18^η). Για να διευκολυνθεί η επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών, έγινε νέα αρίθμηση των κοινών ερωτήσεων των δυο ερωτηματολογίων που αφορούν την αξιοποίηση των smartphones στην εκπαίδευση.

Οι πέντε ερωτήσεις αριθμήθηκαν από την 3^η μέχρι και την 7^η ερώτηση και είναι οι παρακάτω :

- 3^η. (Θα) Χρησιμοποιώ τα smartphones και για εκπαιδευτικούς λόγους
- 4^η. Η μαθησιακή εμπειρία μου από την χρήση των smartphones είναι πολύ καλή
- 5^η. Τα smartphones προσφέρουν εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση στο σχολείο.
- 6^η. Η χρήση των smartphones συμβάλλει στην στενότερη συνεργασία μεταξύ των μαθητών.
- 7^η. Αν χρησιμοποιούσα τα smartphones στα μαθήματα θα είχα μεγαλύτερη διάθεση για μάθηση.

2^ο Ερωτηματολόγιο (πριν)

3. Χρησιμοποιώ τα smartphones και για εκπαιδευτικούς λόγους (3^η)

4. Η μαθησιακή εμπειρία μου από την χρήση των smartphones είναι πολύ καλή (4^η)

5. Τα smartphones προσφέρουν εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση στο σχολείο. (5^η)

13. Η χρήση των smartphones στα μαθήματα μπορεί να συμβάλλει στην στενότερη συνεργασία μεταξύ των μαθητών κατά τη διάρκεια του μαθήματος (6^η)

14. Αν χρησιμοποιούσαμε τα smartphones στα διάφορα μαθήματα θα είχα μεγαλύτερη διάθεση για μελέτη και μάθηση. (7^η)

3^ο Ερωτηματολόγιο (μετά)

13. Η χρήση της συμβάλλει στην στενότερη συνεργασία μεταξύ των μαθητών. (6^η)

15. Τα smartphones προσφέρουν εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση. (5^η)

16. Η μαθησιακή εμπειρία μου από την χρήση των smartphones ήταν πολύ καλή. (4^η)

17. Θα χρησιμοποιώ τις εκπαιδευτικές εφαρμογές των smartphones περισσότερο στο μέλλον (3^η)

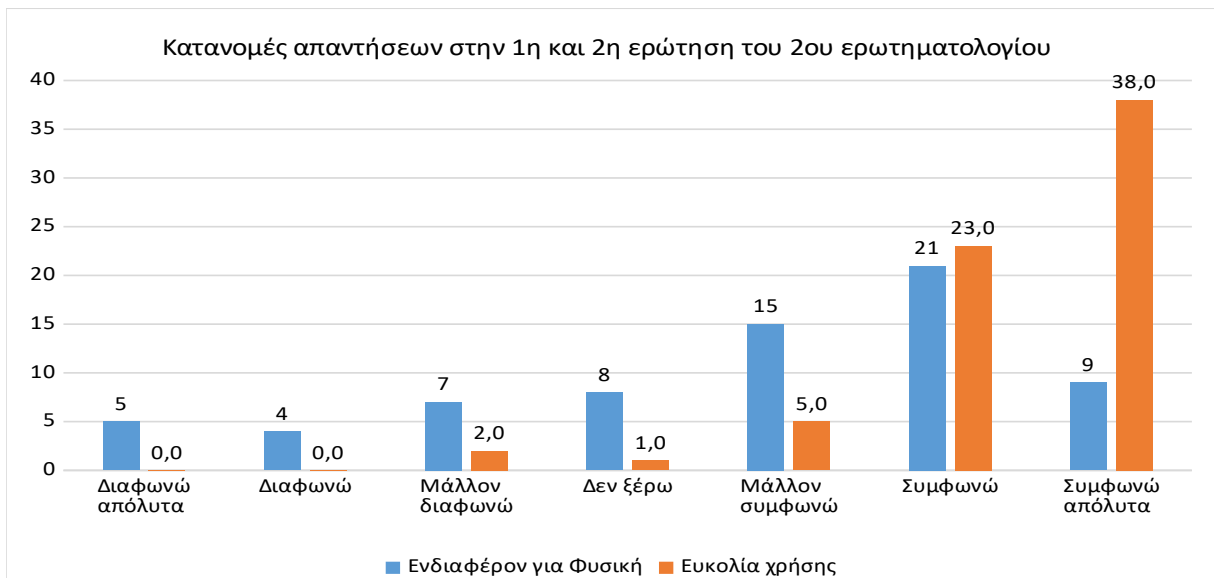
18. Αν χρησιμοποιούσαμε τα smartphones στα διάφορα μαθήματα θα είχα μεγαλύτερη διάθεση για μάθηση. (7^η)

Πίνακας 4.14. Οι ερωτήσεις των 2 ερωτηματολογίων σχετικές με το smartphone στην εκπαίδευση

Στον πίνακα 4.13 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις των δυο ερωτηματολογίων που συνδέουν την αξιοποίηση του smartphone στην εκπαίδευση και μέσα σε παρένθεση ο αριθμός της ερώτησης σύμφωνα με τη νέα αρίθμηση.

4.3.1 Περιγραφική στατιστική

Οι δυο πρώτες ερωτήσεις του 2^{ου} ερωτηματολογίου διερευνούν τη σχέση των μαθητών με το μάθημα της Φυσικής και την ευκολία χρήσης των smartphones.



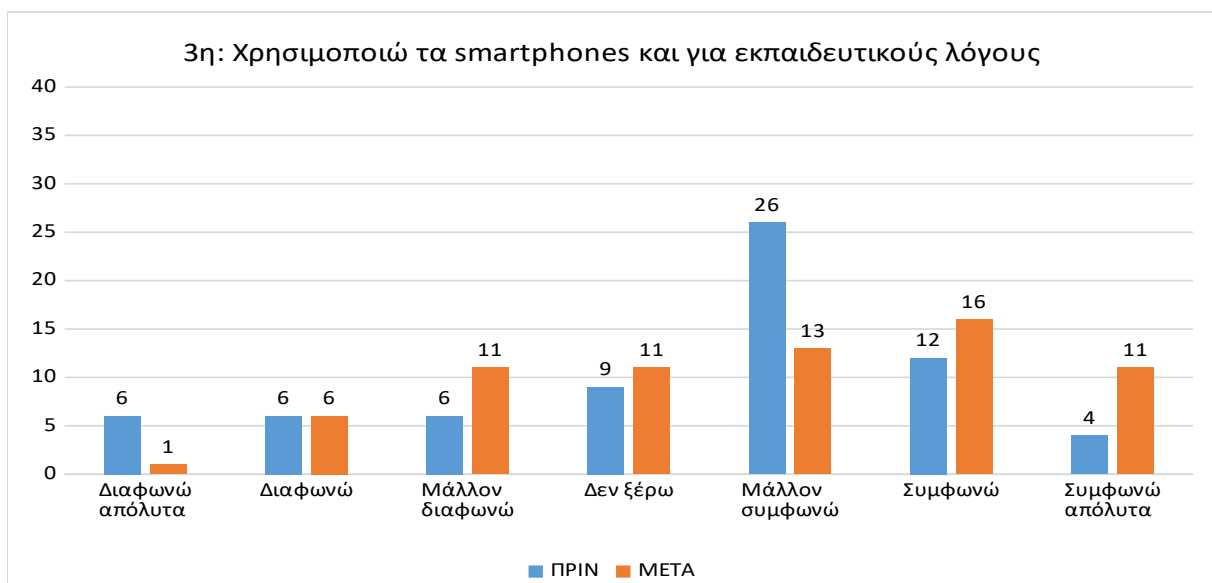
Διάγραμμα 4.11. Κατανομή των απαντήσεων στην 1η και 2η ερώτηση του 2ου ερωτηματολογίου

Στο διάγραμμα 4.8 παρουσιάζεται η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στη 7βαθμη κλίμακα Likert στην 1^η («Βρίσκω το μάθημα της Φυσικής πολύ ενδιαφέρον») και 2^η ερώτηση («Η χρήση των smartphones είναι εύκολη για μένα»). Όπως φαίνεται από το ιστόγραμμα, οι απαντήσεις είναι θετικές και στα δυο ερωτήματα. Συμφωνούν λίγο ή πολύ ότι το μάθημα της Φυσικής είναι πολύ ενδιαφέρον οι 45 από τους 69 μαθητές (65,2%) και διαφωνούν οι 16 (23,2%). Επίσης η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών (66 μαθητές ή το 95,6%) δηλώνει ότι δεν αντιμετωπίζει πρόβλημα με τη χρήση του smartphone.

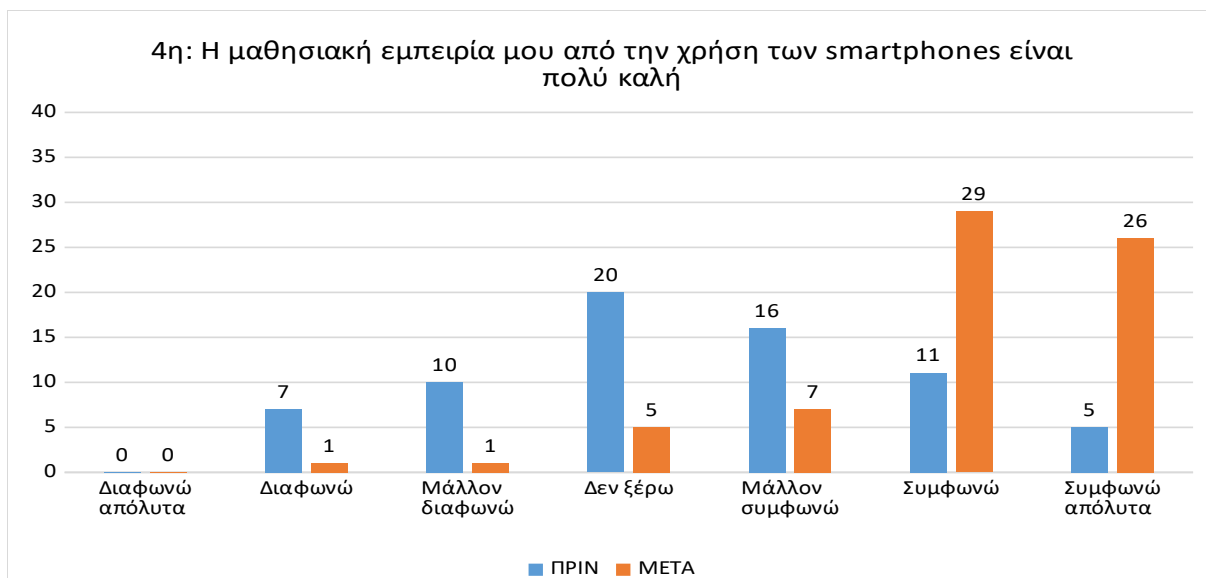
Τα αποτελέσματα των απαντήσεων στις πέντε (5) κοινές ερωτήσεις των δυο ερωτηματολογίων που δόθηκαν, ένα πριν και ένα μετά τη διδασκαλία, παρουσιάζονται στα

διαγράμματα 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 και 4.13. Στο διάγραμμα 4.9 εμφανίζονται οι απαντήσεις στην πιο αμφιλεγόμενη 3^η ερώτηση που αφορά τη χρήση των smartphones για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Όπως δείχνουν τα ιστογράμματα δεν φαίνεται να υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ του πλήθους αυτών που χρησιμοποιούσαν ήδη εκπαιδευτικές διαδρομές πριν τη διδασκαλία με αυτό, που εκφράζει τη πρόθεση του να χρησιμοποιήσει στο μέλλον, μετά τη διδασκαλία.

Αντίθετα τα αποτελέσματα των απαντήσεων στη 4^η ερώτηση (διάγραμμα 4.10) δείχνουν μια σημαντική αύξηση αυτών που εκφράζονται θετικά για μια πολύ καλή μαθησιακή εμπειρία.



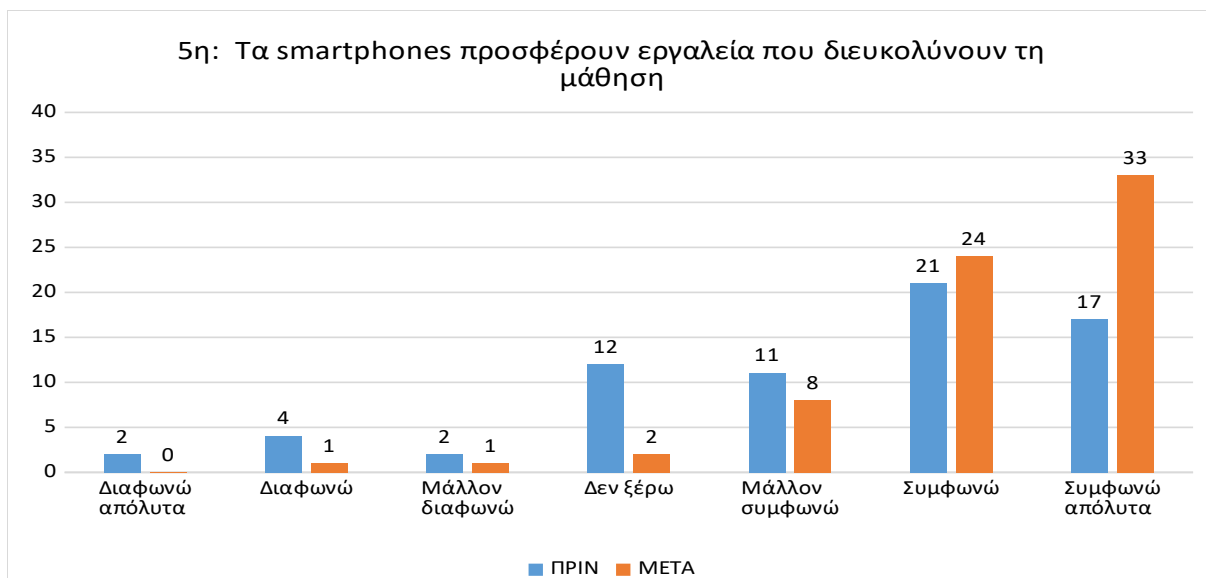
Διάγραμμα 4.12. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με τη χρήση των smartphones για εκπαιδευτικούς λόγους



Διάγραμμα 4.13. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με τη μαθησιακή εμπειρία από τα smartphones

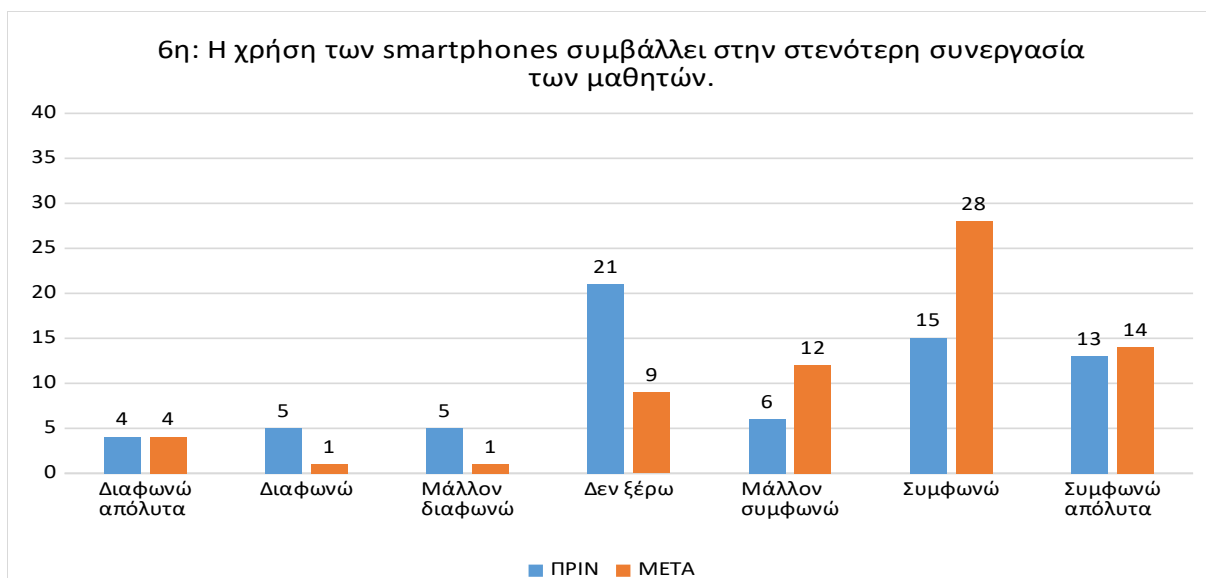
Πριν τη διδασκαλία λιγότεροι από τους μισούς μαθητές (32 μαθητές ή 46,3%) συμφωνούσε λίγο ή πολύ, ότι είχε μια θετική εμπειρία από την εκπαιδευτική χρήση των smartphones. Το ποσοστό αυτό σχεδόν διπλασιάστηκε (62 μαθητές ή 89,8%) μετά τη διδασκαλία, αξιολογώντας με τον τρόπο αυτό έμμεσα και θετικά τις δυο εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν στη διδασκαλία. Επίσης μειώθηκε σημαντικά μετά τη διδασκαλία ο αριθμός των μαθητών που δεν ήξεραν τι να απαντήσουν πριν τη διδασκαλία, προφανώς από την έλλειψη κάποιας μαθησιακής εμπειρίας με το smartphone.

Στο διάγραμμα 4.11 παρουσιάζονται οι απαντήσεις στη 5^η ερώτηση, αν δηλαδή τα smartphones προσφέρουν εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση. Πριν τη διδασκαλία η πλειοψηφία των μαθητών (49 ή 71%) θεωρεί ότι διευκολύνουν τη μάθηση, ενώ μετά τη διδασκαλία και τη γνωριμία με τις δυο εκπαιδευτικές εφαρμογές (Physics Toolbox Suite και Socrative), η πλειοψηφία διευρύνεται εντυπωσιακά (65 μαθητές ή 94,2%). Ταυτόχρονα, σχεδόν εκμηδενίζεται το ποσοστό των μαθητών που δηλώνουν άγνοια για των χρησιμότητα των smartphones στην εκπαίδευση, ενώ μόνο δυο μαθητές διαφωνούν με αυτή την άποψη.



Διάγραμμα 4.14. Βαθμός συμφωνίας για το αν τα smartphones διευκολύνουν τη μάθηση

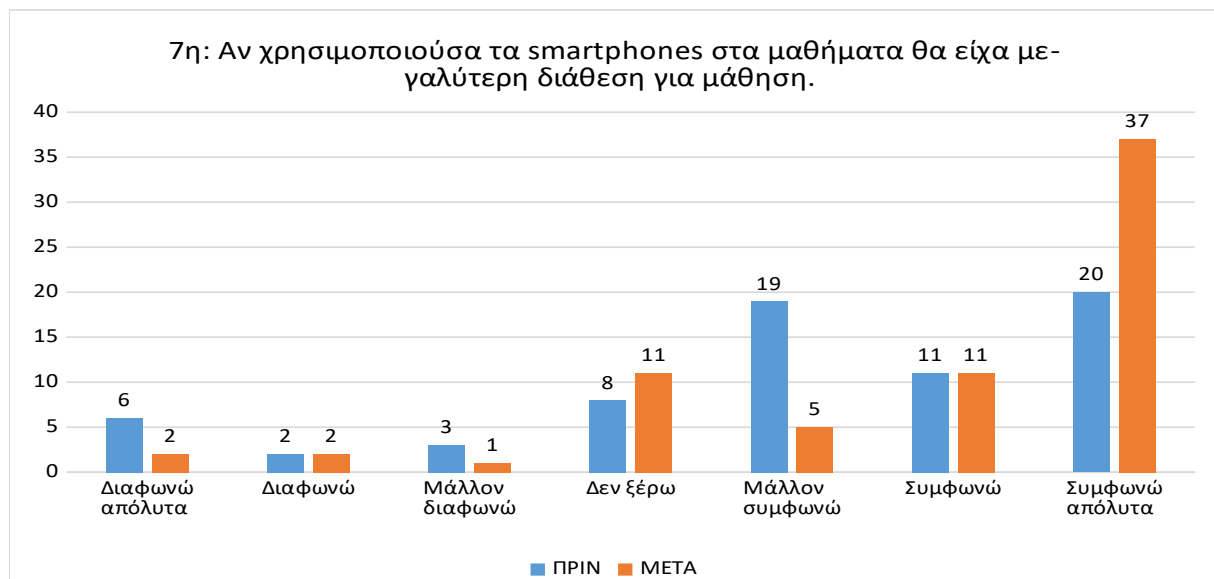
Το ίδιο θετικότερα αντιμετωπίζουν οι μαθητές μετά τη διδασκαλία την άποψη ότι η χρήση των smartphones διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ τους (6^η ερώτηση). Το ποσοστό 49,2% (34 μαθητές) που συμφωνούν λίγο ή πολύ με την άποψη αυτή, αυξάνεται σημαντικά στο 78,3%, με ταυτόχρονη μείωση αυτών που δεν είχαν άποψη από 21 σε 9 μαθητές (διάγραμμα 4.12).



Διάγραμμα 4.15. Απαντήσεις στο ερώτημα αν τα smartphones διευκολύνουν τη συνεργασία

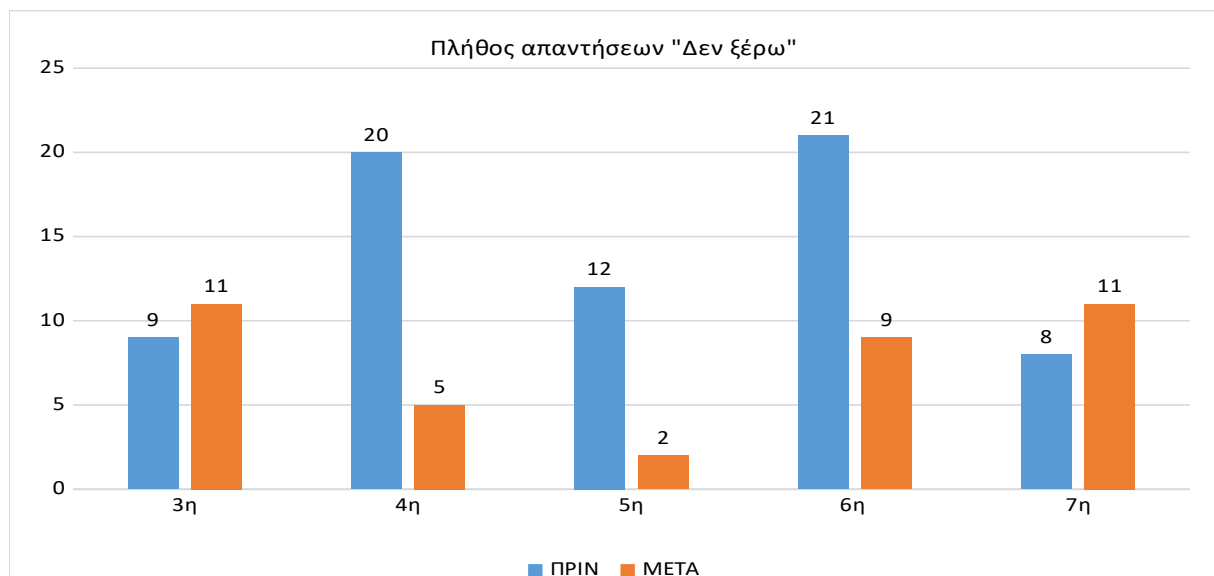
Ακόμη, στο διάγραμμα 4.13 παρουσιάζονται οι απόψεις των μαθητών πριν και μετά τη διδασκαλία, αναφορικά με την 7^η ερώτηση, αν η χρήση των smartphones στα μαθήματα αυξάνει τη

διάθεση τους για μάθηση. Ένα πολύ μεγάλο ποσοστό μαθητών (72,4% ή 50 μαθητές) που απαντούσε θετικά σαυτό το ερώτημα, αυξήθηκε ελάχιστα σε 76,8% (53 μαθητές).



Διάγραμμα 4.16. Κατανομή απαντήσεων για το αν τα smartphones αυξάνουν τη διάθεση για μάθηση

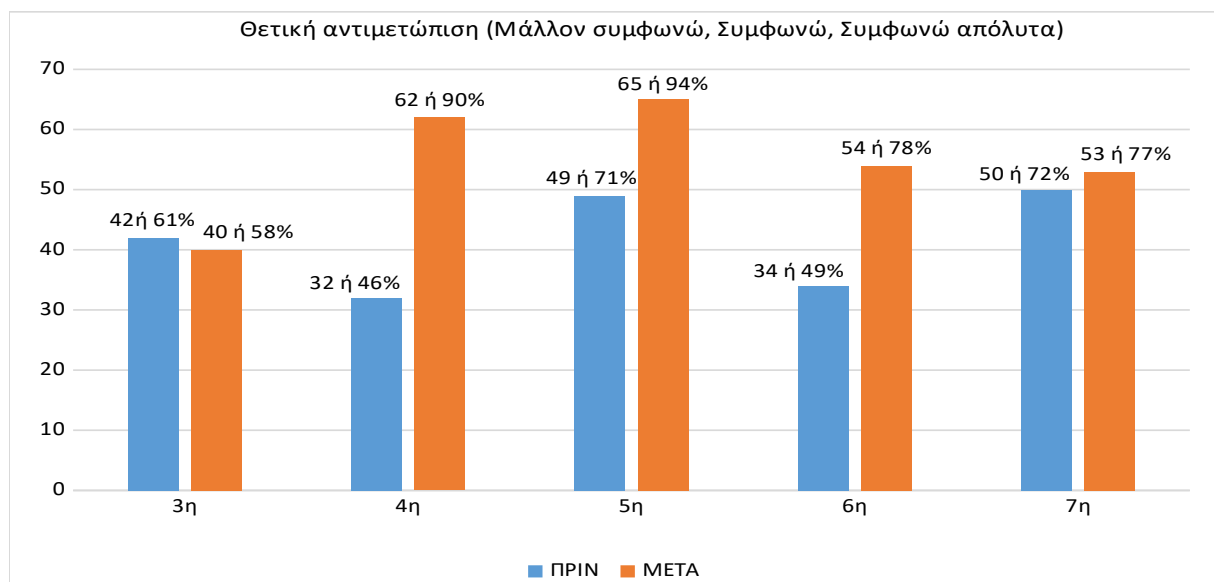
Το σημαντικό στην αύξηση αυτή είναι ότι μειώθηκε ο αριθμός που συμφωνούσε έχοντας αμφιβολίες (μάλλον συμφωνώ) από 19 σε 5 και αυξήθηκε σημαντικά ο αριθμός που εκφράζει με βεβαιότητα θετική γνώμη (συμφωνεί απόλυτα), από 20 σε 37 μαθητές ή 53,6%.



Διάγραμμα 4.17. Κατανομή μαθητών που εξέφρασαν διστακτικότητα στις απαντήσεις, ανά ερώτηση

Στο διάγραμμα 4.14 παρουσιάζεται το πλήθος των μαθητών που εξέφραζε αμφιβολίες και διστακτικότητα για τις απαντήσεις (δεν ξέρω) στις διάφορες ερωτήσεις, πριν και μετά τη

διδασκαλία. Οι ερωτήσεις που αφορούσαν την μαθησιακή εμπειρία των μαθητών από τη χρήση των smartphones και η δυνατότητα στενότερης συνεργασίας λόγω της ένταξης των συσκευών στα μαθήματα, τους προβλημάτισε περισσότερο από τις άλλες ερωτήσεις. Μετά όμως από τη χρήση των δυο εκπαιδευτικών εφαρμογών και ιδίως της εφαρμογής Socrative που ενθαρρύνει την συνεργασία, ο αριθμός αυτής της κατηγορίας μειώθηκε κατά πολύ.



Διάγραμμα 4.18. Πλήθος μαθητών (και %) που γενικά συμφωνούν με τις απόψεις των ερωτήσεων

Τέλος, στο διάγραμμα 4.15 παρουσιάζεται το πλήθος των μαθητών που γενικά συμφωνούν (Μάλλον συμφωνώ, Συμφωνώ και Συμφωνώ απόλυτα) με τις απόψεις που εκφράζουν τα πέντε (5) ερωτήματα, πριν και μετά τη διδασκαλία. Εκτός από την 3^η ερώτηση, το πλήθος των μαθητών φαίνεται να αυξάνεται σημαντικά στις υπόλοιπες 4 ερωτήσεις. Στην επόμενη ενότητα θα εξεταστεί η σημαντικότητα ή μη αυτής της αύξησης.

4.2.2 Επαγωγική στατιστική

Για τον έλεγχο της επίδρασης της διδασκαλίας με τα smartphones στις απόψεις και στάσεις των μαθητών απέναντι στη χρήση τους στην εκπαίδευση εφαρμόστηκε το στατιστικό κριτήριο χ^2 . Το κριτήριο χ^2 είναι γνωστό ως κριτήριο ελέγχου ανεξαρτησίας (chi square test of independence) ή κριτήριο ελέγχου πινάκων συνάφειας για κατηγορικές μεταβλητές. Οι πίνακες συνάφειας εξετάζουν αν οι δύο μεταβλητές που απαρτίζουν τον πίνακα είναι ανεξάρτητες ή όχι. Αρχικά υποθέτουμε ότι δεν υπάρχει σχέση μεταξύ των μεταβλητών, ότι οι μεταβλητές δηλαδή είναι ανεξάρτητες. Μπορούμε να υπολογίσουμε τότε τις υποτιθέμενες συχνότητες, εκείνες που θα ίσχυαν αν δεν υπήρχε σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Τις

συγκρίνουμε με τις πραγματικές συχνότητες. Αν διαφέρουν πολύ τότε απορρίπτουμε την υπόθεση της ανεξαρτησίας και λέμε ότι υπάρχει σχέση μεταξύ των 2 μεταβλητών.

Για τον έλεγχο π.χ. το κατά πόσο η δίτιμη μεταβλητή «Διδασκαλία» (πριν και μετά) επηρεάζει την επτάτιμη μεταβλητή «Τα smartphones προσφέρουν εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση στο σχολείο» (Διαφωνώ απόλυτα, Διαφωνώ, Μάλλον διαφωνώ, Δεν ξέρω, Μάλλον συμφωνώ, Συμφωνώ και Συμφωνώ απόλυτα) διατυπώνεται η μηδενική υπόθεση:

H0: Οι απαντήσεις στη παραπάνω άποψη δεν επηρεάζεται από τη διδασκαλία με smartphones, και επιλέγεται το στατιστικό κριτήριο χ^2 , προκειμένου να συγκριθούν οι παρατηρούμενες συχνότητες από το δείγμα με τις αναμενόμενες συχνότητες που θα εμφανίζονταν εάν η μηδενική υπόθεση ήταν αληθής.

Στον πίνακα συνάφειας 4.14 παρουσιάζονται οι παρατηρούμενες και οι αναμενόμενες συχνότητες της 5^{ης} ερώτησης, οι οποίες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Όπως φαίνεται στον πίνακα, υπάρχουν αρκετά κελιά με αναμενόμενες συχνότητες μικρότερες από 5. Αυτός είναι ο λόγος που κατά την εφαρμογή του κριτηρίου χ^2 θα πρέπει κανείς να εστιάσει στον δείκτη Fisher και όχι στον Pearson, όπως γίνεται συνήθως, αν και οι διαφορές είναι όπως φαίνεται μικρές μεταξύ τους. Οι τιμές των δυο δεικτών είναι ενδεικτικές της εξάρτησης. Η βασική παραδοχή είναι ότι όσο οι τιμές τους αυξάνονται, τόσο αυξάνει και η πιθανότητα οι μεταβλητές που εξετάζουμε να μην είναι ανεξάρτητες.

Crosstab				
5 ^η Ερώτηση: «Τα smartphones προσφέρουν εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση στο σχολείο».		Διδασκαλία		
		ΠΙΠΙΝ	META	Total
Διαφωνώ απόλυτα	Count	2	0	2
	Expected Count	1,0	1,0	2,0
Διαφωνώ	Count	4	1	5
	Expected Count	2,5	2,5	5,0
Μάλλον διαφωνώ	Count	2	1	3
	Expected Count	1,5	1,5	3,0
Δεν ξέρω	Count	12	2	14
	Expected Count	7,0	7,0	14,0
Μάλλον συμφωνώ	Count	11	8	19
	Expected Count	9,5	9,5	19,0
Συμφωνώ	Count	21	24	45
	Expected Count	22,5	22,5	45,0
Συμφωνώ απόλυτα	Count	17	33	50
	Expected Count	25,0	25,0	50,0
Total	Count	69	69	138
	Expected Count	69,0	69,0	138,0

Πίνακας 4.15. Πίνακας συνάφειας με τις παρατηρούμενες και αναμενόμενες τιμές της 5ης ερώτησης

Στον πίνακα 4.15 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής του κριτηρίου X^2 στο σύνολο των πέντε (5) ερωτήσεων. Στη περίπτωση της 5^{ης} ερώτησης που εξετάζουμε, ο δείκτης Fisher είναι 16,782 και η συσχέτιση στατιστικά σημαντική, επειδή ο δείκτης p ή Exact Sig. (2-sided) είναι μικρότερος του 0,05 ($p = ,004 < 0,05$). Επομένως, μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση και να υποθέσουμε ότι πράγματι η «διδασκαλία» καθορίζει σε κάποιο βαθμό τις απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση αν «τα smartphones προσφέρουν εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση στο σχολείο».

Παρατηρώντας τις τιμές του δείκτη Fisher στον πίνακα 4.15, όπως και τον στατιστικό δείκτη p ή Exact Sig. (2-sided) που είναι μικρότερος από 0.05 σε όλες τις ερωτήσεις, καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές και η διδασκαλία με smartphones μετέβαλλε σημαντικά το ποσοστό των μαθητών που αντιμετωπίζουν θετικά την εισαγωγή των smartphones στην εκπαίδευση. Σε συνδυασμό με το διάγραμμα 4.15, φαίνεται ότι αυτή η μεταβολή σημαίνει σημαντική αύξηση των μαθητών που συμφωνούν, τουλάχιστον για την 4^η, 5^η, 6^η και 7^η ερώτηση. Δηλαδή, μετά τη διδασκαλία, περισσότεροι μαθητές θεωρούν ότι η μαθησιακή εμπειρία τους από την χρήση των smartphones είναι πολύ καλή, ότι τα smartphones προσφέρουν εργαλεία που διευκολύνουν τη μάθηση στο σχολείο, ότι η χρήση τους συμβάλλει στην στενότερη συνεργασία μεταξύ των μαθητών και ότι θα είχαν μεγαλύτερη διάθεση για μάθηση αν τα χρησιμοποιούσαν στα μαθήματα. Τα αποτελέσματα της 3^{ης} χρειάζονται περισσότερη διερεύνηση και αυτό γιατί ενώ στο διάγραμμα 4.15 φαίνεται ότι ο αριθμός αυτών που γενικά συμφωνούν μειώνεται ελαφρά, η στατιστική ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση των συμφωνούντων μαθητών. Αυτό εξηγείται μάλλον από το γεγονός ότι ενώ μειώνεται ο αριθμός των μαθητών που απαντούν «μάλλον συμφωνώ», αυξάνεται αυτός που απαντά «συμφωνώ» και «συμφωνώ απόλυτα».

Chi-Square Tests				
3 ^η Ερώτηση	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	13,413 ^a	6	,037	,034
Fisher's Exact Test	13,186			,037

a. 2 cells (14,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3,50.

Chi-Square Tests				
4 ^η Ερώτηση	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	46,711 ^a	5	,000	,000
Fisher's Exact Test	47,897			,000

a. 2 cells (16,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 4,00.

Chi-Square Tests				
5 ^η Ερώτηση	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	17,070 ^a	6	,009	,004
Fisher's Exact Test	16,782			,004

a. 6 cells (42,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,00.

6 ^η Ερώτηση	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	16,101 ^a	6	,013	,010
Fisher's Exact Test	15,741			,012

a. 6 cells (42,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3,00.

7 ^η Ερώτηση	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig.(2-sided)
Pearson Chi-Square	16,711 ^a	6	,010	,007
Fisher's Exact Test	16,842			,006

a. 6 cells (42,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,00.

Πίνακας 4.16. Εφαρμογή του Χ² σε όλες τις απαντήσεις με μεταβλητή τη διδασκαλία (πριν-μετά)

Μια άλλη προσέγγιση είναι να θεωρηθούν οι απαντήσεις των πέντε ερωτήσεων ποσοτικές μεταβλητές με βαθμολογία από 1 μέχρι 7, σύμφωνα με την επτάβαθμη κλίμακα Likert. Χρησιμοποιώντας μια τέτοια βαθμονόμηση προκύπτει ο πίνακας 4.16, όπου εμφανίζονται οι μέσοι όροι της βαθμολογίας κάθε ερώτησης από τις απαντήσεις των 69 μαθητών. Όπως δείχνει και ο πίνακας, οι μέση βαθμολογία κάθε ερώτησης μετά τη διδασκαλία με smartphones είναι μεγαλύτερη από την μέση βαθμολογία πριν τη διδασκαλία. Π.χ. η μέση βαθμολογία για την 3^η ερώτηση είναι 4,38 πριν τη διδασκαλία και 4,75 μετά απ' αυτή. Για τον έλεγχο της σημαντικότητας αυτής της μεταβολής, όπως και των υπολοίπων, πραγματοποιήθηκε ο μη παραμετρικός στατιστικός έλεγχος για ανεξάρτητα δείγματα Mann – Whitney U. Το παραπάνω στατιστικό τεστ θεωρήθηκε καταλληλότερο γιατί οι απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις δεν ακολουθούσαν την κανονική κατανομή σύμφωνα με το τεστ κανονικότητας του Kolmogorov – Smirnov που προηγήθηκε.

	Descriptive Statistics				
	Πριν		Μετά		N
	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation	
3 ^η Ερώτηση	4,3768	1,64586	4,7536	1,63064	69
4 ^η Ερώτηση	4,4203	1,38698	6,0290	1,07061	69
5 ^η Ερώτηση	5,2754	1,58934	6,2029	1,02297	69
6 ^η Ερώτηση	4,6957	1,75988	5,3768	1,53490	69
7 ^η Ερώτηση	5,1014	1,81614	5,8406	1,60535	69

Πίνακας 4.17. Η βαθμολογία των απαντήσεων (μέσοι όροι) πριν και μετά τη διδασκαλία

Στον πίνακα 4.17 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτού του ελέγχου. Όπως φαίνεται, για όλες τις ερωτήσεις εκτός από την 3^η ο στατιστικός δείκτης p ή Asymp. Sig. (2-tailed) είναι μικρότερος από 0.05 γεγονός που σημαίνει ότι οι αυξήσεις στους μέσους όρους είναι στατιστικά σημαντικές και οι μαθητές απαντούν στις ερωτήσεις θετικότερα. Μόνο η αύξηση

των θετικών απαντήσεων στην 3^η ερώτηση δεν θεωρείται στατιστικά σημαντική, δηλαδή οι μαθητές δεν δείχνουν προθυμότεροι να χρησιμοποιούν στο μέλλον εκπαιδευτικές εφαρμογές.

Test Statistics (smartphones και εκπαίδευση)					
	3 ^η Ερώτηση	4 ^η Ερώτηση	5 ^η Ερώτηση	6 ^η Ερώτηση	7 ^η Ερώτηση
Mann-Whitney U	2090,500	870,000	1525,500	1825,500	1762,500
Asymp. Sig. (2-tailed)	,208	,000	,000	,015	,006

Πίνακας 4.18. Ο στατιστικός έλεγχος Mann – Whitney για τις πέντε (5) ερωτήσεις

Για την εύρεση κάποιας συσχέτισης μεταξύ των απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson r, οι τιμές του οποίου παρουσιάζονται στον πίνακα 4.18. Όπως φαίνεται από τις τιμές του συντελεστή r, πριν τη διδασκαλία υπάρχει μια μικρή θετική σύνδεση ($0,2 < r < 0,4$) μεταξύ της 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} ερώτησης, όπως και μεταξύ της 2^{ης} και 7^{ης}. Μετά τη διδασκαλία ισχυροποιούνται κάποιες συνδέσεις και μάλιστα υπάρχουν εκτός από τις παραπάνω μικρές θετικές συνδέσεις και μέτριες θετικές σχέσεις ($0,4 < r < 0,6$).

Correlations (Πριν)								
		1 ^η Ερώτηση	2 ^η Ερώτηση	3 ^η Ερώτηση	4 ^η Ερώτηση	5 ^η Ερώτηση	6 ^η Ερώτηση	7 ^η Ερώτηση
1 ^η	Pearson Correlation	1	-,015	-,058	,014	-,005	-,123	-,095
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)		,905	,634	,909	,970	,315	,436
2 ^η	Pearson Correlation	-,015	1	-,044	,228	,154	-,040	,263*
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,905		,722	,060	,206	,741	,029
3 ^η	Pearson Correlation	-,058	-,044	1	,381**	,291*	-,077	-,156
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,634	,722		,001	,015	,532	,202
4 ^η	Pearson Correlation	,014	,228	,381**	1	,254*	,162	,047
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,909	,060	,001		,036	,185	,701
5 ^η	Pearson Correlation	-,005	,154	,291*	,254*	1	,099	-,035
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,970	,206	,015	,036		,420	,773
6 ^η	Pearson Correlation	-,123	-,040	-,077	,162	,099	1	,106
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,315	,741	,532	,185	,420		,384
7 ^η	Pearson Correlation	-,095	,263*	-,156	,047	-,035	,106	1
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,436	,029	,202	,701	,773	,384	
N		69	69	69	69	69	69	69

Correlations (Μετά)								
		1 ^η Ερώτηση	2 ^η Ερώτηση	3 ^η Ερώτηση	4 ^η Ερώτηση	5 ^η Ερώτηση	6 ^η Ερώτηση	7 ^η Ερώτηση
1 ^η	Pearson Correlation	1	-,015	,183	-,076	-,008	,114	-,034

Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,905	,132	,537	,949	,352	,784
2 ^η	Pearson Correlation	-,015	1	,012	,110	-,033	-,121
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,905	,925	,367	,789	,323	,563
3 ^η	Pearson Correlation	,183	,012	1	,493**	,260*	,337**
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,132	,925	,000	,031	,005	,000
4 ^η	Pearson Correlation	-,076	,110	,493**	1	,344**	,333**
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,537	,367	,000	,004	,005	,000
5 ^η	Pearson Correlation	-,008	-,033	,260*	,344**	1	,157
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,949	,789	,031	,004	,199	,002
6 ^η	Pearson Correlation	,114	-,121	,337**	,333**	,157	1
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,352	,323	,005	,005	,199	,084
7 ^η	Pearson Correlation	-,034	-,071	,530**	,448**	,369**	,210
Ερώτηση	Sig. (2-tailed)	,784	,563	,000	,000	,002	,084
	N	69	69	69	69	69	69

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας 4.19. Συσχετίσεις (δείκτης Pearson) μεταξύ των ερωτήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία

4.2.3 Σχολιασμός των αποτελεσμάτων

Σχετικά με το προφίλ των μαθητών ως προς το μάθημα της Φυσικής και τη χρήση των smartphones, η συντριπτική πλειοψηφία δήλωσε ότι χρησιμοποιεί πολύ εύκολα τα smartphones. Η δήλωση αυτή έγινε πριν το μάθημα και προφανώς οι περισσότεροι είχαν στο μυαλό τους επικοινωνιακές εφαρμογές, εφαρμογές κοινωνικών δικτύων και παιχνιδιών. Ίσως οι απαντήσεις να διαφοροποιούνταν αν είχαν πληροφορηθεί, πριν απαντήσουν, τα χαρακτηριστικά των εφαρμογών και τις δεξιότητες που απαιτούνται για τη χρήση τους. Πάντως, η θετική αντιμετώπιση της αξιοποίησης των smartphones στην εκπαίδευση μπορεί σε ένα βαθμό να οφείλεται και σ' αυτή την άνεση χρήσης τους.

Ως προς τη Φυσική δήλωσαν, αν και λιγότερο ενθουσιασμένοι, ότι το μάθημα είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον, γεγονός που εξέπληξε τον ερευνητή και διδάσκοντα ταυτόχρονα. Η διπλή ιδιότητα του επηρέασε ενδεχομένως τις απαντήσεις τους, αλλά η διερεύνηση του θέματος ξεφεύγει από το πλαίσιο αυτής της έρευνας.

Η γνωριμία τους με τις 2 εφαρμογές, που χρησιμοποιήθηκαν στη διδασκαλία με τα smartphones, δεν φαίνεται πάντως να άλλαξε τη στάση τους απέναντι στη μελλοντική χρήση εκπαιδευτικών εφαρμογών (3^η ερώτηση). Τα παιδιά δεν άλλαξαν στάση ως προς το να χρησιμοποιήσουν από μόνα τους εκπαιδευτικές εφαρμογές στο μέλλον. Μια τέτοια στάση φαντάζει μάλλον λογική, αφού η εκπαίδευση αντιμετωπίζεται ως μια υποχρέωση από τα παιδιά με το στοιχείο της ψυχαγωγίας να απουσιάζει από τις περισσότερες δραστηριότητες ή εκπαιδευτικές εφαρμογές.

Από τις απαντήσεις στις υπόλοιπες ερωτήσεις φαίνεται ότι και πριν τη διδασκαλία υπήρχαν θετικές απόψεις απέναντι στη χρήση των smartphones στην εκπαιδευτική διαδικασία προσφέροντας κατάλληλα εργαλεία και αυξάνοντας τη διάθεση για μάθηση (5^η και 7^η ερώτηση). Οι απόψεις αυτές είναι μάλλον διαισθητικές και δείχνουν μια θετική στάση απέναντι στα smartphones με τα οποία είναι ήδη αρκετά εξοικειωμένα τα παιδιά. Σχετική αμηχανία εκδήλωσαν πριν τη διδασκαλία στην 4^η και 6^η ερώτηση με αυξημένα τα ποσοστά των απαντήσεων «δεν ξέρω» προφανώς γιατί δεν είχαν μαθησιακές εμπειρίες, ή δεν γνώριζαν πως μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα smartphones συνεργατικά στα μαθήματα. Μετά τη διδασκαλία η θετική αντιμετώπιση κυμάνθηκε ακόμη ψηλότερα σε όλες τις ερωτήσεις από 77% (7^η ερώτηση) μέχρι 94% (5^η ερώτηση). Ίσως τα ποσοστά να ήταν ακόμη μεγαλύτερα, αν η διδακτική παρέμβαση αφορούσε άλλο μάθημα εκτός της Φυσικής, μια που το μάθημα αυτό έχει εγγενείς δυσκολίες και απαιτεί ιδιαίτερες δεξιότητες.

Επίσης θα πρέπει να τονιστεί ότι, ενώ πριν τη διδασκαλία η αναφορά στη παιδαγωγική αξιοποίηση των smartphones ήταν ασαφής και γενική, μετά τη διδασκαλία οι μαθητές απάντησαν έχοντας κατά νού τις δυο συγκεκριμένες εφαρμογές (Physics Toolbox Suite και Socrative). Πιθανών, με άλλες εφαρμογές οι απαντήσεις τους να ήταν διαφοροποιημένες.

4.4 Απόψεις για τη χρήση του smartphone στη διδασκαλία της Φυσικής

Οι απόψεις και στάσεις των μαθητών απέναντι στη χρήση των smartphones στη διδασκαλία της Φυσικής αποτυπώνονται σε μια ομάδα ερωτήσεων, οι περισσότερες από τις οποίες είναι κοινές στα δυο ερωτηματολόγια που δόθηκαν για τον σκοπό αυτό, πριν και μετά τη διδασκαλία.

2^ο Ερωτηματολόγιο (πριν) – Smartphones και Φυσική

6. Τα smartphones μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία της Φυσικής.

7. Η χρήση των smartphones στο μάθημα της Φυσικής θα ήταν απλή και ευχάριστη (1)

8. Αν η χρήση των smartphones ενταχθεί στο μάθημα της Φυσικής θα αυξηθεί το ενδιαφέρον μου για τη Φυσική. (2)

9. Η χρήση των smartphones θα συμβάλλει στην κατανόηση εννοιών της Φυσικής. (3)

10. Η χρήση των smartphones στο μάθημα της Φυσικής θα αυξήσει τη διάθεση μου για μελέτη της Φυσικής. (4)

11. Αν τα smartphones ενταχθούν στο μάθημα της Φυσικής θα βελτιώσω σίγουρα την επίδοσή μου στη Φυσική. (5)

12. Θα προτιμούσα τη χρήση των smartphones από τα παραδοσιακά εργαστήρια. (6)

3^ο Ερωτηματολόγιο (μετά) – Smartphones και Φυσική

1. Η εφαρμογή *Physics Toolbox Suite* είναι εύκολη στη χρήση
 2. Η εφαρμογή *Physics Toolbox Suite* είναι απλή και ευχάριστη (1)
 3. Η χρήση της εφαρμογής *Physics Toolbox Suite* αυξάνει το ενδιαφέρον μου για τη Φυσική (2)
 4. Η χρήση της εφαρμογής *Physics Toolbox Suite* συμβάλλει στην κατανόηση εννοιών της Φυσικής (3)
 5. Η χρήση της εφαρμογής *Physics Toolbox Suite* αυξάνει τη διάθεση μου για μελέτη της Φυσικής (4)
 6. Αν η εφαρμογή *Physics Toolbox Suite* ενταχθεί στο μάθημα της Φυσικής θα βελτιώσω σίγουρα την επίδοσή μου στη Φυσική (5)
 7. Θα σύστηνα την εφαρμογή και σε άλλους μαθητές
 8. Θα ήθελα να χρησιμοποιήσω και άλλες εφαρμογές όπως η *Physics Toolbox Suite*
 9. Θα προτιμούσα την *Physics Toolbox Suite* από τα παραδοσιακά εργαστήρια. (6)
-

Πίνακας 4.20. Οι ερωτήσεις των 2 ερωτηματολογίων σχετικές με το smartphone στη Φυσική

Στον πίνακα 4.19 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις των δυο ερωτηματολογίων που συνδέουν τη χρήση του smartphone με τη διδασκαλία της Φυσικής. Οι κοινές ερωτήσεις αριθμούνται εκ νέου και η νέα αρίθμηση σημειώνεται μέσα σε παρένθεση και στα δυο ερωτηματολόγια.

Στις κοινές ερωτήσεις επίσης, η λέξη smartphone αντικαθίσταται από το όνομα της εφαρμογής *Physics Toolbox Suite* (PTS) μια που αυτή χρησιμοποιήθηκε στη διδασκαλία. Στη πραγματικότητα δηλαδή, οι συγκρίσεις είναι σχετικά ανόμοιες, γιατί η ασαφής αξιοποίηση των smartphones στις ερωτήσεις του 2^{ου} ερωτηματολογίου, αντικαθίσταται με ερωτήσεις όπου η έννοια smartphones στη Φυσική ταυτίζεται με την εφαρμογή PTS.

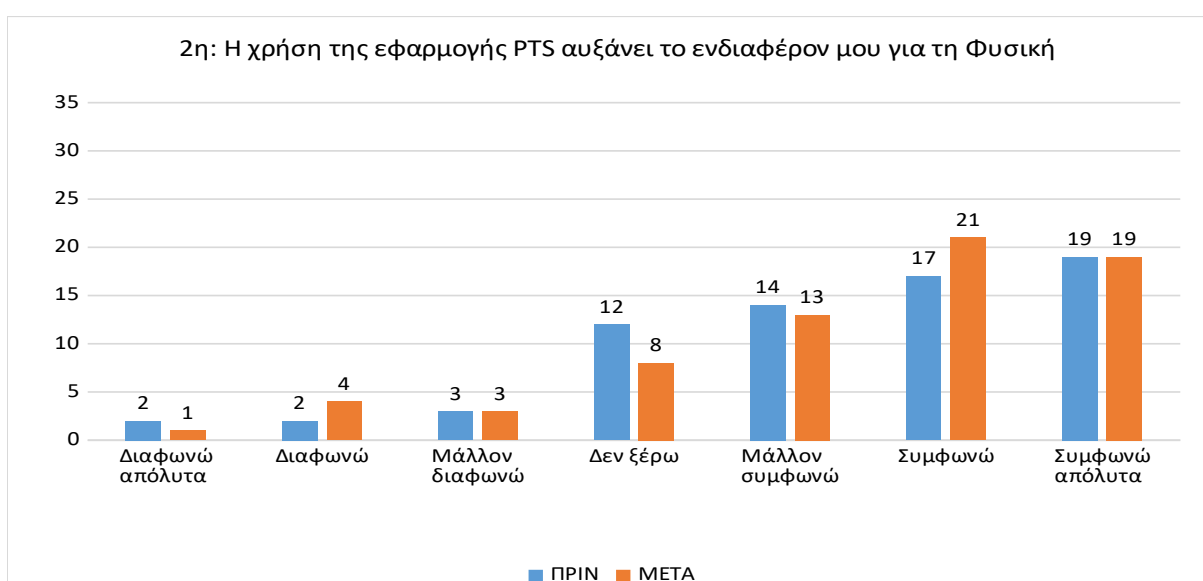
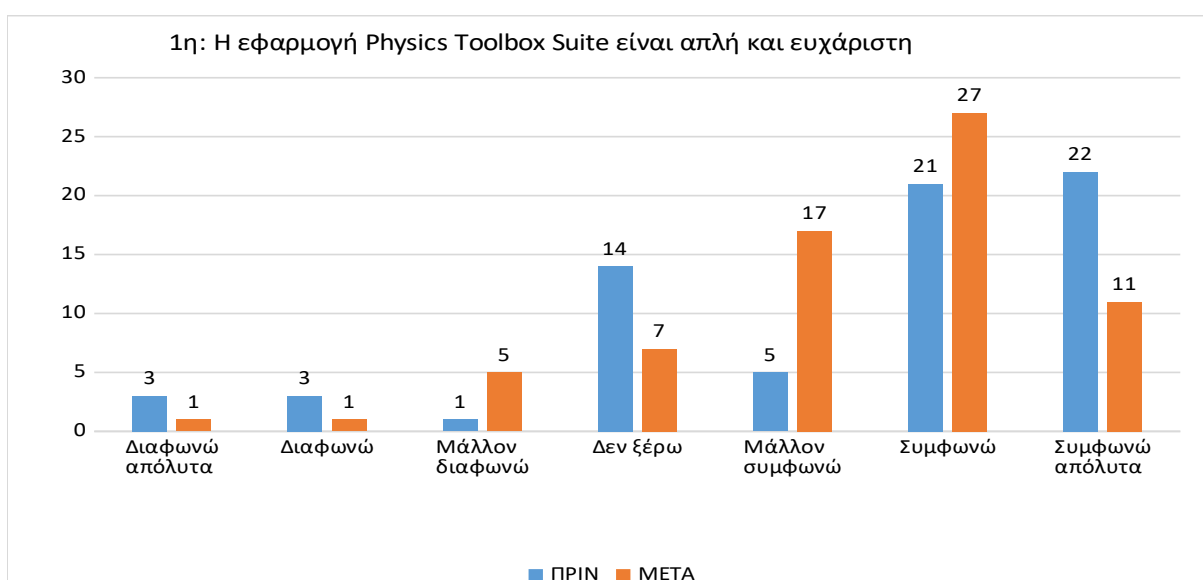
Κατά τ'άλλα οι κοινές ερωτήσεις ελάχιστα διαφέρουν μεταξύ τους και μπορούν να χαρακτηριστούν απόλυτα ίδιες. Οι κοινές ερωτήσεις με τη νέα αρίθμηση είναι οι παρακάτω:

- 1^η . Η εφαρμογή *Physics Toolbox Suite* είναι απλή και ευχάριστη
- 2^η . Η χρήση της εφαρμογής *Physics Toolbox Suite* αυξάνει το ενδιαφέρον μου για τη Φυσική
- 3^η . Η χρήση της εφαρμογής *Physics Toolbox Suite* συμβάλλει στην κατανόηση εννοιών της Φυσικής
- 4^η . Η χρήση της εφαρμογής *Physics Toolbox Suite* αυξάνει τη διάθεση μου για μελέτη της Φυσικής
- 5^η . Αν η εφαρμογή *Physics Toolbox Suite* ενταχθεί στο μάθημα της Φυσικής θα βελτιώσω σίγουρα την επίδοσή μου στη Φυσική.
- 6^η . Θα προτιμούσα την *Physics Toolbox Suite* από τα παραδοσιακά εργαστήρια.

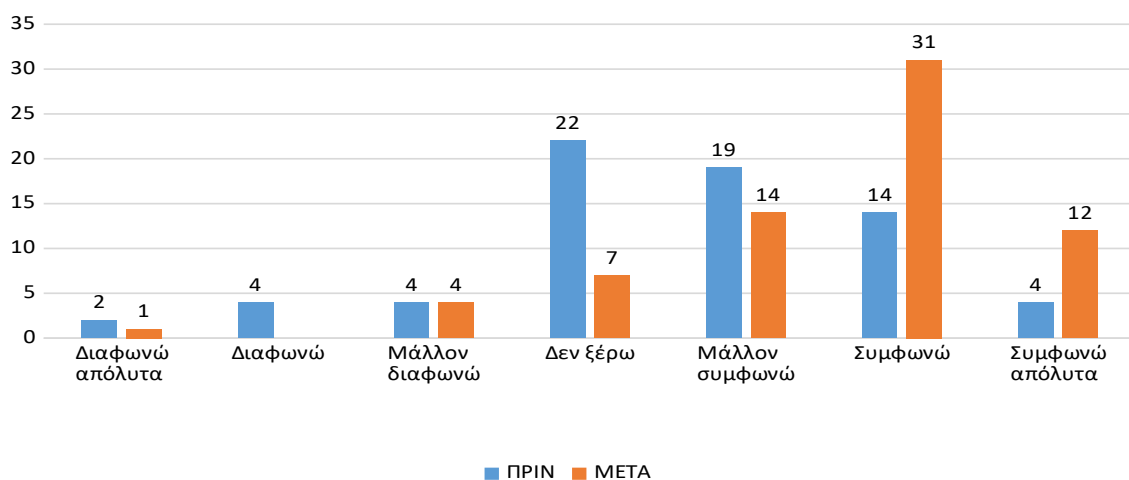
4.4.1 Περιγραφική στατιστική

Στο διάγραμμα 4.16 παρουσιάζονται οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στην επτάβαθμη κλίμακα Likert για τις παραπάνω (6) ερωτήσεις που αφορούν την χρήση της εφαρμογής Physics Toolbox Suite (smartphones) στη διδασκαλία της Φυσικής.

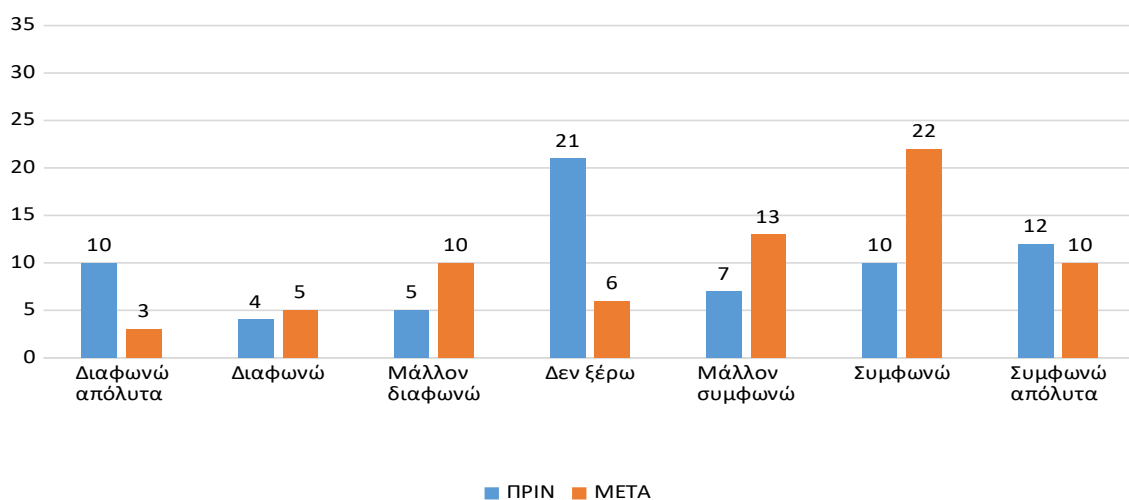
Όπως φαίνεται από τα ιστογράμματα, υπάρχουν ερωτήσεις όπου φαίνεται εμφανώς η αλλαγή των απόψεων των μαθητών προς το θετικότερο, όπως επίσης υπάρχουν και άλλες όπου οι διαφοροποιήσεις είναι μικρές ή ασήμαντες. Π.χ. μετά τη διδασκαλία αυξήθηκε ο αριθμός των μαθητών που πιστεύουν ότι η εφαρμογή PTS συμβάλλει στην κατανόηση των εννοιών Φυσικής, ενώ παρέμεινε σταθερός ο αριθμός αυτών που πιστεύουν ότι η χρήση της αυξάνει το ενδιαφέρον τους για τη Φυσική.



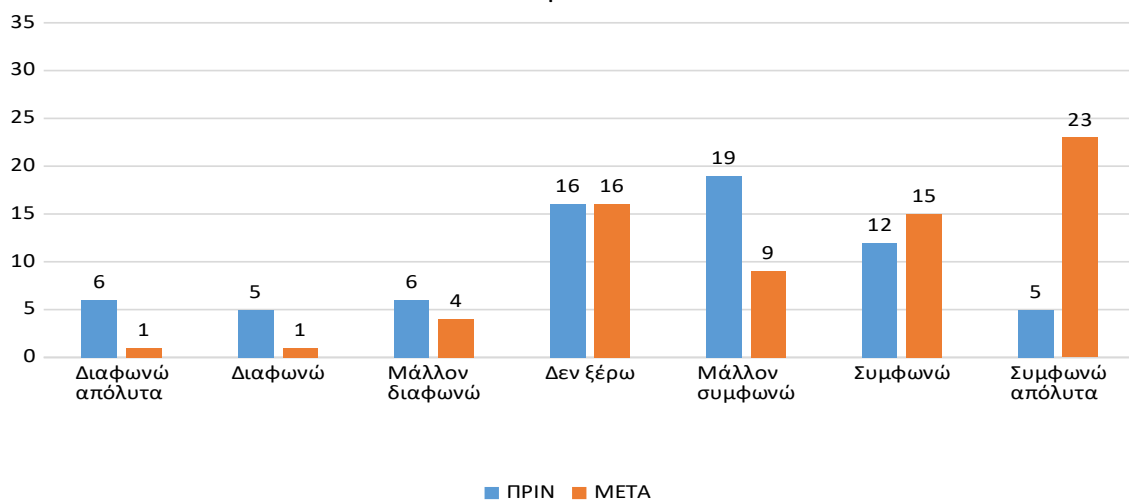
3η: Η χρήση της εφαρμογής PTS συμβάλλει στην κατανόηση εννοιών της Φυσικής

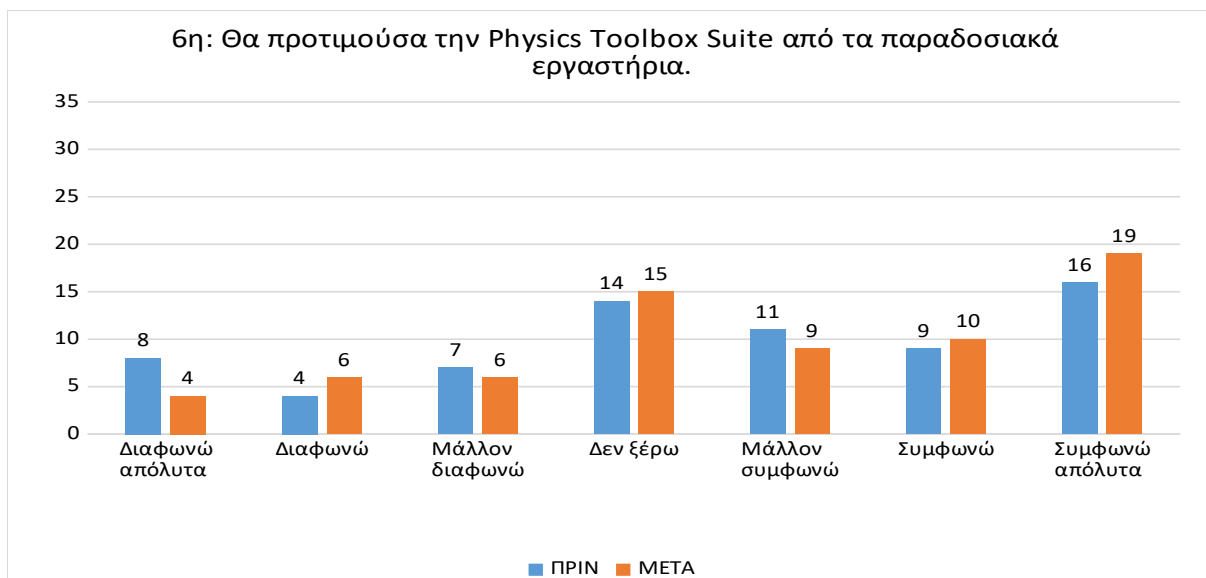


4η: Η χρήση της εφαρμογής PTS αυξάνει τη διάθεση μου για μελέτη της Φυσικής



5η: Αν η εφαρμογή PTS ενταχθεί στη Φυσική θα βελτιώσω την επίδοσή μου





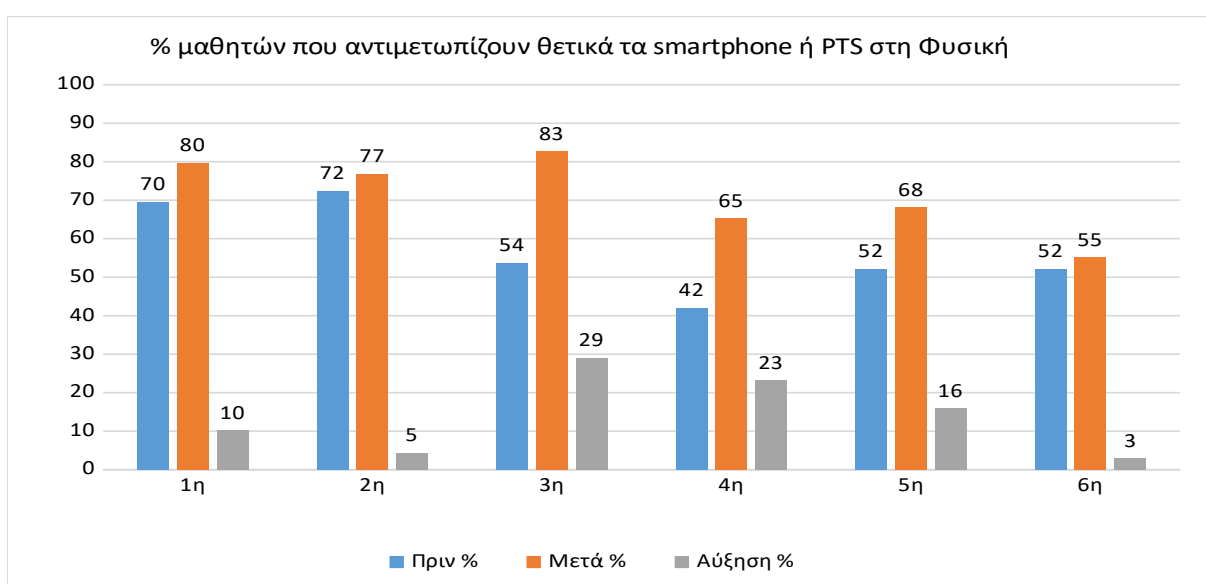
Διάγραμμα 4.19. Απαντήσεις στην 7βαθμη κλίμακα Likert για τη σχέση των smartphones με τη Φυσική

Στον πίνακα 4.20 παρουσιάζεται το πλήθος των μαθητών ανά άποψη ή ερώτηση, πριν και μετά τη διδασκαλία, που γενικά συμφωνούν (μάλλον συμφωνούν, συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως). Η ποσοστιαία κατανομή των ίδιων μαθητών παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.17.

Πίνακας μαθητών που συμφωνούν ανά ερώτηση

	1η	2η	3η	4η	5η	6η
Πριν	48	50	37	29	36	36
Μετά	55	53	57	45	47	38
Αύξηση	7	3	20	16	11	2

Πίνακας 4.21. Πλήθος συμφωνούντων μαθητών ανά ερώτηση, πριν και μετά τη διδασκαλία



Διάγραμμα 4.20. Ποσοστά μαθητών που αντιμετωπίζουν θετικά τα smartphones ή PTS

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.17 και για όλες τις απόψεις, υπάρχει ποσοστιαία αύξηση των συμφωνούντων μαθητών, με μεγαλύτερη κατά σειρά στην 3^η, 4^η, 5^η, 1^η, 2^η και 6^η. Ιδιαίτερα αξιοπρόσεκτο είναι το γεγονός ότι και πριν τη διδασκαλία και σε όλες σχεδόν τις ερωτήσεις, το ποσοστό των μαθητών που συμφωνούν γενικά με τη θετική επίδραση της χρήσης των smartphones στη Φυσική είναι μεγαλύτερο του 50%.

Με τη θεώρηση ότι οι ερωτήσεις ή απόψεις είναι συνεχόμενες ή αναλογικές μεταβλητές με τιμές από 1 μέχρι 7 (όσοι και οι βαθμοί της κλίμακας Likert), υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι των απαντήσεων όλων των μαθητών, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.21. Στον πίνακα παρουσιάζονται οι μέσοι όροι κατά φύλο, πριν και μετά τη διδασκαλία και όπως φαίνεται, είναι σχεδόν όλοι πάνω από τον μέσο όρο. Επίσης, οι μέσοι όροι μετά τη διδασκαλία είναι μεγαλύτεροι (εκτός των αγοριών της 1^{ης} ερώτησης) από τους αντίστοιχους μέσους όρους πριν τη διδασκαλία.

		Report						
Φύλο		Πρώτη	Δεύτερη	Τρίτη	Τέταρτη	Πέμπτη	Έκτη	
Αγόρι	Mean	5,6136	5,6818	4,5682	4,3636	4,5909	4,5909	
	(N=44) Std. Deviation	1,65959	1,47495	1,45311	1,97768	1,55994	2,08336	
Πριν τη διδασκαλία	Κορίτσι	Mean	5,0400	4,7200	4,6400	4,1600	3,9200	4,4800
	(N=25) Std. Deviation	1,67033	1,45831	1,18603	1,95107	1,73013	1,80555	
Total	Mean	5,4058	5,3333	4,5942	4,2899	4,3478	4,5507	
	(N=69) Std. Deviation	1,67436	1,53073	1,35385	1,95615	1,64340	1,97437	
Φύλο		Πρώτη	Δεύτερη	Τρίτη	Τέταρτη	Πέμπτη	Έκτη	
Αγόρι	Mean	5,4318	5,7273	5,8409	5,0455	5,7045	4,7955	
	(N=44) Std. Deviation	1,33639	1,35310	,83369	1,59876	1,21195	1,98341	
Μετά τη διδασκαλία	Κορίτσι	Mean	5,2400	4,8800	4,9600	4,4800	4,9600	4,8400
	(N=25) Std. Deviation	1,23423	1,66633	1,54056	1,87350	1,81384	1,72434	
Total	Mean	5,3623	5,4203	5,5217	4,8406	5,4348	4,8116	
	(N=69) Std. Deviation	1,29446	1,51857	1,20792	1,71175	1,48995	1,88083	

Πίνακας 4.22. Οι μέσοι όροι των απαντήσεων για τις 6 ερωτήσεις, πριν και μετά τη διδασκαλία

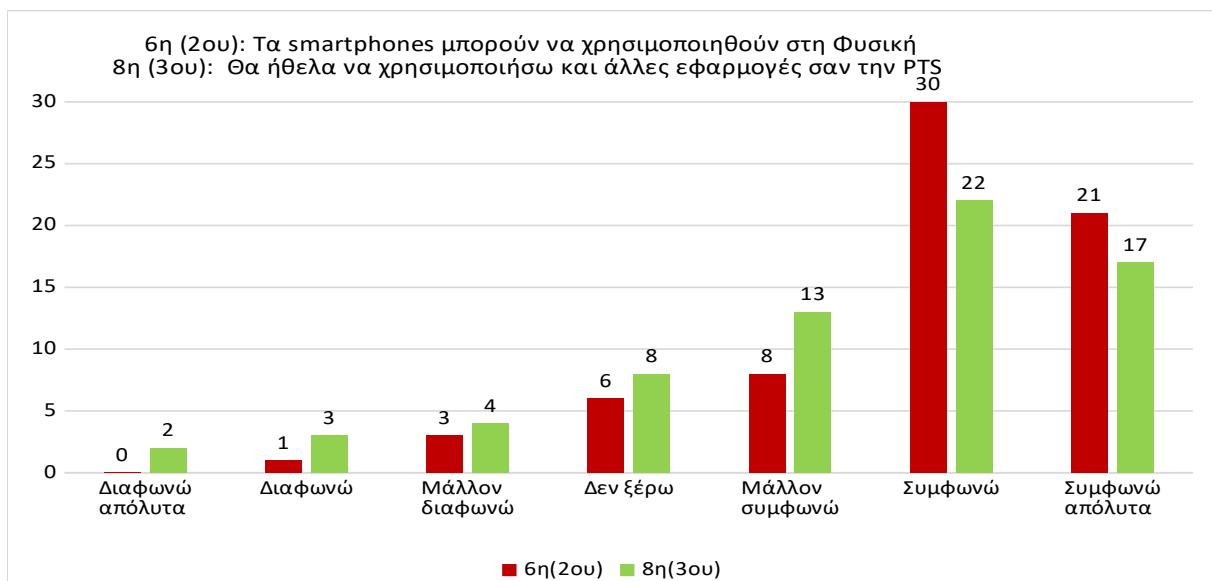
Ακόμη, οι θέσεις με την μεγαλύτερη αποδοχή (μέσο όρο) είναι κατά σειρά οι 1^η, 2^η, 3^η, 7^η, 6^η και 4^η πριν τη διδασκαλία και οι 3^η, 5^η, 2^η, 1^η, 4^η και 7^η. Το αν αυτές οι διαφορές, ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας, είναι στατιστικά σημαντικές θα εξεταστεί στην επόμενη ενότητα.

Στα δυο ερωτηματολόγια υπάρχουν ακόμη τέσσερεις (4) που συνδέουν τα smartphones με τη Φυσική. Είναι η 6^η ερώτηση του 2^{ου} ερωτηματολογίου (6. Τα smartphones μπορούν να

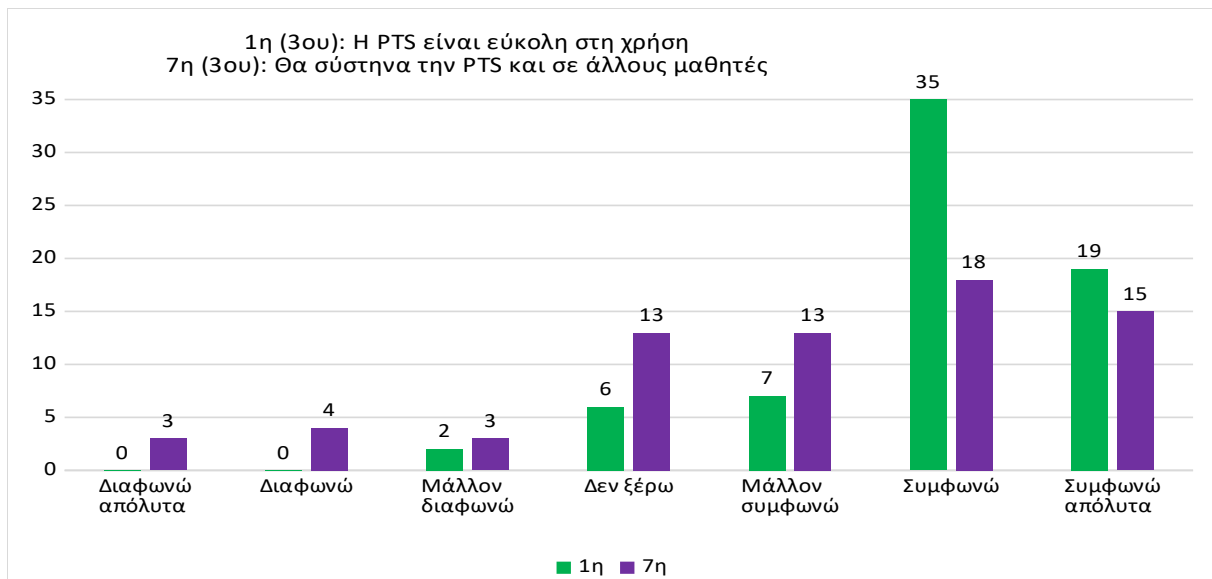
χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία της Φυσικής.) και τρεις ακόμη του 3^{ου} (1. Η εφαρμογή *Physics Toolbox Suite* είναι εύκολη στη χρήση, 7. Θα σύστηνα την εφαρμογή και σε άλλους μαθητές και 8. Θα ήθελα να χρησιμοποιήσω και άλλες εφαρμογές όπως η *Physics Toolbox Suite*).

Στο διάγραμμα 4.18 παρουσιάζεται η κατανομή των απαντήσεων στην 6^η ερώτηση (2^ο ερωτηματολογίου και 8^η ερώτηση του 3^{ου} και στο διάγραμμα 4.19 οι απαντήσεις στην 1^η και 7^η ερώτηση του 3^{ου} ερωτηματολογίου.

Όπως φαίνεται, η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών (59 μαθητές, ή 85,5%) πιστεύουν πριν τη διδασκαλία ότι τα smartphones μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία της Φυσικής, ενώ το 75,4% (52 μαθητές) μετά τη διδασκαλία, θα ήθελε να χρησιμοποιήσει και άλλες παρόμοιες εφαρμογές όπως η PTS. Τέλος, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.19, 61 μαθητές (88,4%) συμφωνούν ότι η εφαρμογή PTS είναι εύκολη στη χρήση, ενώ λιγότερο ενθουσιώδεις δείχνουν στην ιδέα να την προτείνουν και σε άλλους μαθητές (46 μαθητές ή το 66,6%).



Διάγραμμα 4.21. Κατανομή απαντήσεων στην 6η (2ου) και 3η (3ου) ερώτηση



Διάγραμμα 4.22. Κατανομή απαντήσεων στην 1η και 7η ερώτηση του 3ου ερωτηματολογίου

4.1.2. Επαγωγική στατιστική ανάλυση

Θεωρώντας τις ερωτήσεις ως επτάβαθμες ιεραρχικές μεταβλητές χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο χ^2 για να ελεγχθεί αν υπήρξε μεταβολή στην κατανομή των απαντήσεων μετά τη διδασκαλία με τα smartphones.

Στον πίνακα 4.22 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας. Επειδή υπάρχουν απαντήσεις που επιλέχθηκαν από λιγότερο από 5 μαθητές σημασία έχει ο συντελεστής Fisher, που όμως δεν διαφέρει στην περίπτωση μας από τον Pearson Chi-Square.

Chi-Square Tests				
1 ^η Ερώτηση	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	17,962 ^a	6	,006	,004
Fisher's Exact Test	17,628			,004
a. 6 cells (42,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,00.				
2 ^η Ερώτηση	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,258 ^a	6	,894	,900
Fisher's Exact Test	2,432			,900
a. 6 cells (42,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,50.				
3 ^η Ερώτηση	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	23,272 ^a	6	,001	,000
Fisher's Exact Test	23,180			,000
a. 6 cells (42,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,50.				
4 ^η Ερώτηση	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	20,362 ^a	6	,002	,002
Fisher's Exact Test	20,389			,002
a. 2 cells (14,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 4,50.				

5 ^η Ερώτηση	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig.(2-sided)
Pearson Chi-Square	22,114 ^a	6	,001	,001
Fisher's Exact Test	22,250			,001

a. 4 cells (28,6%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3,00.

6 ^η Ερώτηση	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig.(2-sided)
Pearson Chi-Square	2,355 ^a	6	,884	,893
Fisher's Exact Test	2,418			,894

a. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5,00.

Πίνακας 4.23. Εφαρμογή του κριτηρίου Χ² στις έξι (6) κοινές ερωτήσεις πριν και μετά τη διδασκαλία

Όπως φαίνεται ο συντελεστής Fisher είναι σχετικά μικρός για την 2^η και 6^η ερώτηση (2,432 και 2,418 αντίστοιχα) με τον δείκτη στατιστικής σημαντικότητας p ή Exact Sig.(2-sided) να είναι μεγαλύτερος από 0,05 ($0,9 > 0,05$ και $0,894 > 0,05$). Αυτό σημαίνει ότι η διδασκαλία δεν αύξησε στατιστικά σημαντικά την (θετική) άποψη που είχαν για το ότι το smartphone μπορεί να αυξήσει το ενδιαφέρον τους για τη Φυσική, ούτε μετέβαλλε την άποψη τους ότι μπορεί το smartphone να αντικαταστήσει τα παραδοσιακά εργαστήρια.

Ως προς τις υπόλοιπες τέσσερις ερωτήσεις (1^η, 3^η, 4^η και 5^η), ο δείκτης στατιστικής σημαντικότητας p είναι μικρότερος από 0,05 (0,004, 0,000, 0,002 και 0,001 αντίστοιχα), γεγονός που σημαίνει ότι η διδασκαλία μετέβαλλε σημαντικά τις απαντήσεις τους. Από το διάγραμμα 4.17 φαίνεται ότι η μεταβολή αυτή ίσως σημαίνει αύξηση αυτών που συμφωνούν με τη θετική επίδραση των smartphones στη διδασκαλία της Φυσικής.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, για την εύρεση διαφορών μεταξύ των απαντήσεων, οι ερωτήσεις θεωρήθηκαν συνεχείς ή αναλογικές μεταβλητές και βαθμολογήθηκαν από 1 έως 7, όσες και οι βαθμίδες της κλίμακας Likert. Η βαθμονόμηση αυτή επέτρεψε να δημιουργηθεί ο πίνακας 4.21 που περιέχει τους μέσους όρους των απαντήσεων κατά φύλο, πριν και μετά τη διδασκαλία.

Στους παραπάνω μέσους όρους εφαρμόστηκε το στατιστικό κριτήριο Mann – Whitney με τα αποτελέσματα να παρουσιάζονται στον πίνακα 4.23.

		Test Statistics					
		Πρώτη	Δεύτερη	Τρίτη	Τέταρτη	Πέμπτη	Έκτη
Total	Mann-Whitney U	2159,500	2287,500	1398,000	2004,500	1511,500	2211,500
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,331	,684	,000	,104	,000	,464
Αγόρια (Πριν - Μετά)	Mann-Whitney U	815,000	962,500	445,000	784,000	586,000	917,500
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,185	,962	,000	,119	,001	,667

Κορίτσια (Πριν - Μετά)	Mann-Whitney U	300,500	280,500	258,000	283,000	212,500	273,000
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,810	,526	,278	,561	,049	,436
Πριν (Αγόρια – Κορίτσια)	Mann-Whitney U	426,000	327,000	548,500	511,500	425,000	513,000
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,109	,004	,985	,624	,111	,639
Μετά (Αγόρια – Κορίτσια)	Mann-Whitney U	493,000	379,000	372,500	458,500	423,500	543,000
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,458	,028	,019	,242	,103	,929

Πίνακας 4.24. Mann – Whitney test στις απαντήσεις ανά φύλο πριν και μετά τη διδασκαλία

Σύμφωνα μ' αυτά, οι μαθητές στο σύνολο τους απάντησαν θετικότερα μετά τη διδασκαλία στην 3^η και 5^η ερώτηση, δηλαδή η χρήση της PTS συμβάλλει στην κατανόηση των εννοιών στη Φυσική (3^η ερώτηση) και η χρήση της θα βελτιώσει την επίδοση των μαθητών στη Φυσική (5^η ερώτηση), αφού οι στατιστικοί δείκτες σημαντικότητας ήταν μικρότεροι από 0,05 ($p = 0,000 < 0,05$). Και αν αυτό ισχύει γενικά για όλους τους μαθητές και επιμέρους για τα αγόρια ($p = 0,000$ και $p = 0,001 < 0,05$) και οριακά για τα κορίτσια στην 5^η ερώτηση ($p = 0,049 < 0,05$), δεν ισχύει για τα κορίτσια στην 3^η ερώτηση ($p = 0,278 > 0,05$). Δηλαδή τα κορίτσια δεν αλλάζουν γνώμη ως προς τη συμβολή της PTS στην κατανόηση των εννοιών της Φυσικής.

Σημαντικές διαφορές έχουμε και ως προς τις απαντήσεις της 2^{ης} ερώτησης πριν τη διδασκαλία μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Τα αγόρια πιστεύουν περισσότερο από τα κορίτσια ότι η χρήση των smartphones αυξάνει το ενδιαφέρον τους για τη Φυσική ($p = 0,004 < 0,05$). Και μετά τη διδασκαλία όμως, τα αγόρια συνεχίζουν να πιστεύουν περισσότερο από τα κορίτσια, ότι αφενός η PTS αυξάνει το ενδιαφέρον για τη Φυσική ($p = 0,028 < 0,05$) και αφετέρου ότι η χρήση της συμβάλλει στην κατανόηση των εννοιών της ($p = 0,019 < 0,05$).

		Correlations (Πριν τη διδασκαλία)					
		Πρώτη	Δεύτερη	Τρίτη	Τέταρτη	Πέμπτη	Έκτη
Πρώτη	Pearson Correlation	1	,537**	,294*	,484**	,493**	,345**
	Sig. (2-tailed)		,000	,014	,000	,000	,004
Δεύτερη	Pearson Correlation	,537**	1	,315**	,532**	,696**	,464**
	Sig. (2-tailed)	,000		,008	,000	,000	,000
Τρίτη	Pearson Correlation	,294*	,315**	1	,462**	,553**	,475**
	Sig. (2-tailed)	,014	,008		,000	,000	,000
Τέταρτη	Pearson Correlation	,484**	,532**	,462**	1	,618**	,449**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000		,000	,000
Πέμπτη	Pearson Correlation	,493**	,696**	,553**	,618**	1	,430**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000		,000
Έκτη	Pearson Correlation	,345**	,464**	,475**	,449**	,430**	1
	Sig. (2-tailed)	,004	,000	,000	,000	,000	

N		69	69	69	69	69	69
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).							
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).							
Correlations (Μετά τη διδασκαλία)							
		Πρώτη	Δεύτερη	Τρίτη	Τέταρτη	Πέμπτη	Έκτη
Πρώτη	Pearson Correlation	1	,497**	,376**	,431**	,321**	,276*
	Sig. (2-tailed)		,000	,001	,000	,007	,022
Δεύτερη	Pearson Correlation	,497**	1	,408**	,586**	,542**	,368**
	Sig. (2-tailed)	,000		,001	,000	,000	,002
Τρίτη	Pearson Correlation	,376**	,408**	1	,340**	,436**	,232
	Sig. (2-tailed)	,001	,001		,004	,000	,055
Τέταρτη	Pearson Correlation	,431**	,586**	,340**	1	,581**	,141
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,004		,000	,247
Πέμπτη	Pearson Correlation	,321**	,542**	,436**	,581**	1	,303*
	Sig. (2-tailed)	,007	,000	,000	,000		,012
Έκτη	Pearson Correlation	,276*	,368**	,232	,141	,303*	1
	Sig. (2-tailed)	,022	,002	,055	,247	,012	
N		69	69	69	69	69	69
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).							
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).							

Πίνακας 4.25. Συσχετίσεις μεταξύ των 6 ερωτήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία

Ταυτόχρονα, επιβεβαιώθηκαν τα ευρήματα της X^2 ως προς την 2^η ($p = 0,684 > 0,05$) και 6^η ερώτηση ($p = 0,464 > 0,05$), ότι δηλαδή δεν προέκυψε στατιστική διαφορά στις απαντήσεις λόγω διδασκαλίας. Επίσης, στατιστικά δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ μέσω όρων στην 1^η και 4^η ερώτηση ($p = 0,331 > 0,05$ και $p = 0,104 > 0,05$), αν και από την ανάλυση X^2 προκύπτει αλλαγή στις απαντήσεις τους λόγω διδασκαλίας.

Στον πίνακα 4.24 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις μεταξύ των έξι (6) ερωτήσεων, τόσο πριν, όσο και μετά τη διδασκαλία. Όπως διαπιστώνει κανείς, πριν τη διδασκαλία υπάρχουν αρκετές μέτριες συσχετίσεις (δέκα συσχετίσεις με $r > 0,4$) και δυο ισχυρές ($r > 0,6$) μεταξύ της 2^{ης} και 5^{ης} ερώτησης. Δηλαδή όσοι απαντάνε ότι η χρήση του smartphone αυξάνει το ενδιαφέρον τους για τη Φυσική, πιστεύουν επίσης ότι η χρήση του θα βελτιώσει την επίδοσή τους στο μάθημα. Επίσης, οι μέτριες συσχετίσεις μεταξύ όλων σχεδόν των ερωτήσεων μεταξύ τους, δείχνει ότι οι ερωτήσεις είναι λίγο πολύ συνδεδεμένες μεταξύ τους και όσοι απαντάνε θετικά σε μια, τείνουν να απαντάνε θετικά και στις υπόλοιπες.

Μετά τη διδασκαλία οι μέτριες συσχετίσεις μειώνονται σε επτά, ενώ δεν υπάρχει καμία ισχυρή συσχέτιση. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι η έννοια «smartphone» γίνεται πιο συγκεκριμένη και είναι η εφαρμογή PTS και οι μαθητές απαντούν πιο συγκεκριμένα γνωρίζοντας τα χαρακτηριστικά της εφαρμογής. Πριν τη διδασκαλία π.χ. υπάρχει μια μικρή τάση (μέτρια συσχέτιση), όσοι απαντάνε θετικά στις ερωτήσεις για τη χρήση του smartphone

στη Φυσική να θεωρούν ότι μπορεί αυτή να αντικαταστήσει τα παραδοσιακά εργαστήρια, ενώ μετά τη διδασκαλία αυτή ελαττώνεται.

	Ευκολία χρήσης		Σύσταση σε άλλους	
	Socratic (10 ^η)	PTS (1 ^η)	Socratic (14 ^η)	PTS (7 ^η)
Διαφωνώ απόλυτα	0	0	2	3
Διαφωνώ	2	0	4	4
Μάλλον διαφωνώ	1	2	5	3
Δεν ξέρω	11	6	10	13
Μάλλον συμφωνώ	13	7	15	13
Συμφωνώ	20	35	24	18
Συμφωνώ απόλυτα	22	19	9	15
Μέσος όρος	5,6522	5,9130	5,0290	5,0725

Πίνακας 4.26. Το πλήθος απαντήσεων ανά βαθμίδα στις 2 ερωτήσεις σύγκρισης των 2 εφαρμογών

Για την σύγκριση μεταξύ των δυο εφαρμογών (Socratic και PTS), αξιολογήθηκαν οι ερωτήσεις 1^η με την 10^η του 3^{ου} ερωτηματολογίου που αναφέρονται στην ευκολία χρήσης τους (η 1^η για την PTS και η 10^η για την Socratic), όπως και η 7^η με την 14^η που αφορούν την πρόθεση να τις συστήσουν σε άλλους μαθητές (η 7^η για την PTS και η 14^η για την Socratic).

Στον πίνακα 4.25 παρουσιάζονται οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στην επτάβαθμη κλίμακα Likert που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα. Επίσης, εμφανίζονται και οι μέσοι όροι των απαντήσεων τους, αν βαθμολογηθούν ως συνεχείς μεταβλητές, από 1 μέχρι 7.

Για τον έλεγχο της σημαντικότητας των διαφορών τους, εφαρμόστηκαν δυο κριτήρια. Το κριτήριο χ^2 με τη θεώρηση των απαντήσεων ως ιεραρχικές μεταβλητές (πίνακας 4.26) και το μη παραμετρικό Wilcoxon Test για εξαρτημένα δείγματα, αν οι ερωτήσεις θεωρηθούν συνεχείς μεταβλητές (πίνακας 4.27).

Chi-Square Tests					
		Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)
Ευκολία χρήσης	Pearson Chi-Square	9,914 ^a	5	,078	,061
	Fisher's Exact Test	9,535			,062
1 ^η – 10 ^η	a. 4 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,00.				
Σύσταση σε άλλους	Pearson Chi-Square	3,591 ^a	6	,732	,745
	Fisher's Exact Test	3,712			,734
7 ^η – 14 ^η	a. 6 cells (42,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,50.				

Πίνακας 4.27. Εφαρμογή του χ^2 στις ερωτήσεις σύγκρισης των δυο εφαρμογών

Wilcoxon Test Statistics ^a		
	(Ερώτηση 10 - Ερώτηση 1)	(Ερώτηση 14 - Ερώτηση 7)
Z	-1,706 ^b	-,070 ^b
Asymp. Sig tailed). (2-	,088	,944

a. Wilcoxon Signed Ranks Test b. Based on positive ranks.

Πίνακας 4.28. Η εφαρμογή Wilcoxon Test στις 2 ερωτήσεις σύγκρισης των 2 εφαρμογών

Σύμφωνα με το X^2 , ο δείκτης στατιστικής σημαντικότητας p για τον συντελεστή Fisher είναι και στις δυο συγκρίσεις μεγαλύτερος από 0,05 (0,062 και 0,734). Άρα οι κατανομές των απαντήσεων δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους, οι μαθητές δηλαδή εμφανίζουν τον ίδιο βαθμό αποδοχής για τις δυο εφαρμογές.

Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει κανείς με την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου Wilcoxon Test. Σύμφωνα μ' αυτόν, αν και ο μέσος όρος των απαντήσεων για την PTS είναι μεγαλύτερος απ' αυτόν της Socrative ($5,9130 > 5,6522$) στην ερώτηση για την ευκολία χρήσης, εντούτοις δεν παρουσιάζει στατιστικά καμιά σημαντική διαφορά ($p = 0,088 > 0,05$). Το ίδιο δε ισχύει ακόμα πιο ξεκάθαρα και για τις ερωτήσεις που αφορούν την σύσταση των εφαρμογών σε άλλους μαθητές ($p = 0,944 > 0,05$).

4.2.3 Σχολιασμός των αποτελεσμάτων

Για τον σχολιασμό των απόψεων των μαθητών, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη ότι πριν τη διδασκαλία, ο τρόπος χρήσης των smartphones στο μάθημα της Φυσικής παρέμεινε για τους μαθητές τελείως άγνωστος. Μετά τη διδασκαλία, οι μαθητές απάντησαν, έχοντας εμπλακεί σε δραστηριότητες με την εφαρμογή PTS που εκμεταλλεύεται τους αισθητήρες ενός smartphone. Η θετική άποψη που έχουν πριν τη διδασκαλία (μάλλον από διαίσθηση) για την αποτελεσματικότητα της αξιοποίησης του smartphone στο μάθημα της Φυσικής, αυξάνεται μετά τη διδασκαλία.

Πιο συγκεκριμένα, πριν τη διδασκαλία, 2 στους 4 πιστεύουν ότι τα smartphones μπορούν να αντικαταστήσουν τα παραδοσιακά εργαστήρια και 3 στους 4 ότι αυτά (τα smartphones) αυξάνουν το ενδιαφέρον για τη Φυσική. Μετά τη διδασκαλία αυτή η αναλογία δεν άλλαξε σημαντικά. Δηλαδή, παρέμεινε σταθερό το ήδη υψηλό ποσοστό αυτών που θεωρούν ότι η εφαρμογή PTS και όχι γενικά τα smartphones αυξάνουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη Φυσική, ενώ δεν αυξήθηκε το ποσοστό αυτών που προτιμούν τα smartphones από τα παραδοσιακά εργαστήρια. Το τελευταίο πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι τα

παραδοσιακά εργαστήρια υπολογισμού της περιόδου ταλάντωσης είναι ευκολότερα, από τη χρήση της PTS, αν και η PTS θεωρείται εύκολη στη χρήση της από το 88,4% των μαθητών. Αν και θεωρείται εύκολη στη χρήση, η αξιοποίηση της στο εργαστήριο προϋποθέτει και άλλες δεξιότητες (υπολογισμού, μέτρησης κ.λπ.) γεγονός που δυσκολεύει μάλλον τους μαθητές.

Σημαντική αύξηση παρουσίασε η θετική αποδοχή των θέσεων ότι η χρήση της PTS θα συμβάλλει στην κατανόηση των εννοιών της Φυσικής και θα βελτιώσει την επίδοσή τους στο μάθημα. Οι μαθητές φαίνεται να ελπίζουν ότι η αξιοποίηση ενός οικείου και εύκολου στη χρήση εργαλείου, όπως θεωρούν το smartphone, θα τους βοηθήσει να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες του μαθήματος, που παραδοσιακά διδάσκεται θεωρητικά και φορμαλιστικά χωρίς πολλές εργαστηριακές δραστηριότητες.

Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις των φαινομένων, η γρήγορη απεικόνιση και υπολογισμός των δεδομένων και η ελάφρυνση από το εξωτερικό γνωστικό φορτίο που προσφέρουν τα smartphones, αναγνωρίζεται από τους μαθητές που πιστεύουν ότι με τη βοήθεια των smartphones θα επικεντρωθούν στις έννοιες και νόμους της Φυσικής

Επίσης, η διδασκαλία τροποποίησε τις απόψεις τους, αυξάνοντας το ποσοστό (από 70% σε 80%) αυτών που συμφωνούν γενικά με την άποψη ότι η χρήση των smartphones και πιο συγκεκριμένα της PTS, είναι ενδιαφέρουσα και ευχάριστη, όπως επίσης και το ποσοστό (από 42% σε 65%) αυτών που συμφωνούν ότι η εισαγωγή τους στη διδασκαλία θα αυξήσει τη διάθεση για μελέτη. Το ποσοστό 42% πάντως, είναι το χαμηλότερο ποσοστό συμφωνίας που εμφανίζεται πριν τη διδασκαλία και η σχετική επιφυλακτικότητα συνδέεται μάλλον με την επίπονη διαδικασία της μελέτης, παρά με το ίδιο το smartphone.

Γενικά, η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών συμφωνεί, πριν ακόμη χρησιμοποιήσει τα smartphones στη διδασκαλία, ότι αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μάθημα της Φυσικής. Η άποψη αυτή εκφράζει μάλλον μια επιθυμία, παρά μια τεκμηριωμένη άποψη, αφού είναι γνωστό ότι οι τρόποι αξιοποίησης των αισθητήρων στη Φυσική είναι άγνωστοι για τα παιδιά.

Τέλος, συγκρινόμενη η PTS με την εφαρμογή Socrative, φαίνεται ότι και οι δυο θεωρούνται εύκολες στη χρήση, με περισσότερο την PTS, χωρίς όμως αυτή η άποψη να είναι οριακά στατιστικά σημαντική. Αν και τα χαρακτηριστικά της Socrative είναι σχετικά απλούστερα αυτών της PTS, φαίνεται ότι η σύνδεση της με την αξιολόγηση τους αποτελεί μάλλον ανασταλτικό παράγοντα αποδοχής.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα έρευνα ανάμεσα σε 70 περίπου μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου επιζητούσε απαντήσεις σε ερευνητικά ερωτήματα που σχετίζονται με τη χρήση των smartphones στη διδασκαλία και αξιολόγηση της στο μάθημα της Φυσικής και πιο συγκεκριμένα στην ενότητα της ταλάντωσης των εκκρεμούς. Τα ερωτήματα αφορούσαν την επίτευξη τόσο γνωστικών στόχων, όσο και στόχων στάσεων και πεποιθήσεων απέναντι την αξιοποίηση δυο συγκεκριμένων εφαρμογών των smartphones στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Σχετικά με το προφίλ των μαθητών ως προς το μάθημα της Φυσικής και τη χρήση των smartphones, η συντριπτική πλειοψηφία (95,6%) δήλωσε πριν τη διδασκαλία ότι χρησιμοποιεί πολύ εύκολα το smartphones. Επίσης, η πλειοψηφία των μαθητών (65,2%) ήταν σύμφωνη με την άποψη ότι το μάθημα της Φυσικής είναι πολύ ενδιαφέρον. Δεδομένου ότι είχαν προηγηθεί μαθήματα εμπλουτισμένα με πειραματικές ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες και χρήση προσομοιώσεων, ίσως το παραπάνω ποσοστό να αποδεικνύει ότι το μάθημα της Φυσικής μπορεί να γίνει ενδιαφέρον και να αναδειχθεί, χρησιμοποιώντας και άλλες προσεγγίσεις, πέρα από την «παραδοσιακή» δασκαλοκεντρική διδασκαλία.

Ως προς το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, αν δηλαδή «*Η χρήση των αισθητήρων των smartphones ως πειραματικά εργαλεία (SET) διευκολύνει την κατανόηση εννοιών της Φυσικής που σχετίζονται με περιοδικά φαινόμενα, όπως είναι η περίοδος ταλάντωσης του εκκρεμούς ;*», τα αποτελέσματα έδειξαν μια σημαντική αύξηση των σωστών απαντήσεων μετά τη

διδασκαλία, χωρίς όμως να είμαστε βέβαιοι ότι αυτή οφείλεται αποκλειστικά στη χρήση των smartphones, αφού απουσίαζε προς σύγκριση μια ομάδα ελέγχου που θα διδασκόταν το ίδιο γνωστικό αντικείμενο χωρίς τη χρήση των smartphones. Το γεγονός όμως ότι κράτησαν γενικά μια θετική στάση απέναντι στην αξιοποίηση των smartphones στη διδασκαλία, φαίνεται να έπαιξε ρόλο στη σημαντική βελτίωση τους.

Ταυτόχρονα οι απαντήσεις των μαθητών ανέδειξαν το έλλειμα συστηματικής διδασκαλίας μαθηματικών εννοιών και μεθόδων, όπως είναι η έννοια της μέσης τιμής και η απλή μέθοδος των τριών, γιατί μια από τις προϋποθέσεις κατανόησης νόμων και εννοιών στη Φυσική αποτελεί η καλή γνώση της γλώσσας που χρησιμοποιεί, τα Μαθηματικά. Ακόμη, οι απαντήσεις ανέδειξαν την ανάγκη για επίμονη και συχνή επανάληψη φαινομενικά απλών εννοιών, όπως είναι η περίοδος ταλάντωσης του εκκρεμούς. Και αυτό γιατί, αν και η διδασκαλία επέμενε ιδιαίτερα στον ορισμό της περιόδου ταλάντωσης, τελικά η αύξηση των σωστών απαντήσεων, αν και ιδιαίτερα σημαντική, θα μπορούσε, κατά την άποψη του ερευνητή, να ήταν μεγαλύτερη. Το τελευταίο αναδεικνύει τη σημασία που έχουν εφαρμογές ανατροφοδότησης και αξιολόγησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας, άμεσα, με ταχύτητα και τη στιγμή που διεξάγεται.

Τέτοια εφαρμογή είναι η Socratic και τα παραπάνω αποτελούν ένα από τα επιχειρήματα, άμεσης αξιοποίησης της. Ιδίως μάλιστα όταν πάνω από το 70% αποδέχονται τα χρήσιμα για την εκπαίδευση χαρακτηριστικά της εφαρμογής, απαντώντας έτσι στο 2^ο ερευνητικό ερώτημα για το αν «*Αντιμετωπίζουν θετικά τη χρήση της τεχνολογίας των smartphones στη αξιολόγηση στο μάθημα της Φυσικής*». Οι μαθητές έκριναν θετικότερα την άποψη ότι η εφαρμογή είναι εύκολη στη χρήση και ότι τους βοηθά να συνεργαστούν με τους συμμαθητές τους, επιβεβαιώνοντας ταυτόχρονα τα ευρήματα άλλων ερευνών στο χώρο της τριτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, γεγονός που πρέπει να λάβουν υπόψη τους οι σχεδιαστές αναλυτικών προγραμμάτων και διδακτικών παρεμβάσεων.

Σχετικά με το 3^ο ερευνητικό ερώτημα για το αν «*Αντιμετωπίζουν θετικά τη χρήση των smartphones στη διδασκαλία*» τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ήδη πριν τη διδασκαλία, η πλειοψηφία των μαθητών (πάνω από 70%) πίστευαν ότι τα smartphones προσφέρουν κατάλληλα εργαλεία και αυξάνουν τη διάθεση για μάθηση. Επίσης, τα παιδιά δεν άλλαξαν στάση ως προς το να χρησιμοποιήσουν από μόνα τους εκπαιδευτικές εφαρμογές στο μέλλον, αποδεικνύοντας ότι η καθοδηγούμενη μάθηση είναι απαραίτητη και ότι η εκπαίδευση αντιμετωπίζεται απ' αυτά ως μια υποχρέωση με το στοιχείο της ψυχαγωγίας να απουσιάζει από τις περισσότερες δραστηριότητες ή εκπαιδευτικές εφαρμογές.

Σχετική αμηχανία εκδήλωσαν πριν τη διδασκαλία στις ερωτήσεις που αφορούν τις μαθησιακές εμπειρίες και τη δυνατότητα συνεργασίας με τη χρήση των smartphones. Το τελευταίο ήταν μάλλον παράδοξο γιατί τα παιδιά είναι ήδη εξοικειωμένα με την χρήση εφαρμογών των κοινωνικών δικτύων που ευνοούν την κοινωνικοποίηση και συνεργατικότητα. Πάντως μετά τη διδασκαλία η θετική αντιμετώπιση των smartphones στη διδασκαλία κυμάνθηκε, ανάλογα με την ερώτηση, σε ακόμη υψηλότερα ποσοστά (από 77% μέχρι 92%).

Η ανάλυση των απαντήσεων έδωσε επίσης ενδιαφέροντα αποτελέσματα ως προς το 4^ο ερευνητικό ερώτημα, για το αν δηλαδή «*Η χρήση των αισθητήρων των smartphones ως πειραματικά εργαλεία (SET) αυξάνει το ενδιαφέρον τους και τη θετική τους στάση απέναντι στη Φυσική*». Αν και ο τρόπος χρήσης των smartphones στο μάθημα της Φυσικής παρέμεινε για τους μαθητές τελείως άγνωστος πριν τη διδασκαλία, η πλειοψηφία αυτών αντιμετώπισε θετικά την αξιοποίηση των smartphones στη εκπαιδευτική διαδικασία. Η θετική αυτή αντιμετώπιση εξέφραζε μάλλον μια επιθυμία να ενταχθεί ένα οικείο και εύκολο στη χρήση του εργαλείο στο μάθημα, παρά μια τεκμηριωμένη από την εμπειρία άποψη. Να σημειωθεί πάντως για μια ακόμη φορά, ότι η έννοια «*smartphone*» στη Φυσική μετά τη διδασκαλία δεν είναι γενική και αόριστη αλλά έχει συγκεκριμένο όνομα και ονομάζεται Physics Toolbox Suite (PTS).

Μετά τη διδασκαλία τέσσερις στους πέντε μαθητές θεωρούν την εφαρμογή απλή και ευχάριστη στη χρήση, ενώ τρεις στους τέσσερις ότι αυξάνει το ενδιαφέρον τους για τη Φυσική. Τη μεγαλύτερη πάντως ποσοστιαία αύξηση είχε η άποψη ότι η PTS συμβάλλει στην κατανόηση των εννοιών στη Φυσική (από 54% σε 83%).

Όμως, αν και θεωρούν την εφαρμογή απλή και ευχάριστη, ότι αυξάνει το ενδιαφέρον τους για τη Φυσική και συμβάλλει στην κατανόηση των εννοιών της, εντούτοις μόνο το 55% των μαθητών επιθυμεί την αντικατάσταση των παραδοσιακών εργαστηρίων από την PTS. Το μικρό αυτό σχετικά ποσοστό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι τα παραδοσιακά εργαστήρια υπολογισμού της περιόδου ταλάντωσης είναι ευκολότερα από τη χρήση της PTS, αν και η PTS θεωρείται εύκολη στη χρήση της από το 88,4% των μαθητών. Το πιθανότερο είναι οι μαθητές να είχαν ασχοληθεί μέχρι τώρα με πειραματικές διατάξεις που ήταν εφικτό να υλοποιηθούν στον περιορισμένο εργαστηριακό χώρο του σχολείου και άρα είχαν εκ προοιμίου μικρό βαθμό δυσκολίας (πειράματα επίδειξης). Αντίθετα, η αξιοποίηση της PTS στο εργαστήριο προϋποθέτει και άλλες δεξιότητες (υπολογισμού, μέτρησης, επιμονής, επιμέλειας, συνεργατικότητας κ.λπ.) γεγονός που δυσκολεύει μάλλον τους μαθητές.

Σημαντική αύξηση παρουσίασε επίσης η θετική αποδοχή των θέσεων ότι η χρήση της PTS θα βελτιώσει την επίδοση τους στο μάθημα. Οι μαθητές φαίνεται να ελπίζουν ότι η αξιοποίηση ενός οικείου και εύκολου στη χρήση εργαλείου, όπως θεωρούν το smartphone, θα τους βοηθήσει να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες του μαθήματος, που παραδοσιακά διδάσκεται θεωρητικά και φορμαλιστικά χωρίς πολλές εργαστηριακές δραστηριότητες.

Ακόμη, η διδασκαλία με την PTS αύξησε και το ποσοστό (από 42% σε 65%) αυτών που συμφωνούν ότι η εισαγωγή τους στη διδασκαλία θα αυξήσει τη διάθεση για μελέτη. Το ποσοστό 42% πάντως, είναι το χαμηλότερο ποσοστό συμφωνίας που εμφανίζεται πριν τη διδασκαλία και η σχετική επιφυλακτικότητα συνδέεται μάλλον με την επίπονη διαδικασία της μελέτης, παρά με το ίδιο το smartphone.

Τέλος, συγκρινόμενη η PTS με την εφαρμογή Socrative, φαίνεται ότι και οι δυο θεωρούνται εύκολες στη χρήση, με περισσότερο την PTS, χωρίς όμως αυτή η άποψη να είναι οριακά στατιστικά σημαντική. Αν και τα χαρακτηριστικά της Socrative είναι σχετικά απλούστερα αυτών της PTS, φαίνεται ότι η σύνδεση της με την αξιολόγηση τους αποτελεί μάλλον ανασταλτικό παράγοντα αποδοχής.

Συνοψίζοντας, οι μη φυλοεπηρεαζόμενες απαντήσεις των μαθητών δείχνουν μια θετική αντιμετώπιση των δυο εφαρμογών που χρησιμοποιήθηκαν για τη διδασκαλία και αξιολόγηση των διαδικασιών στη Φυσική και συγκεκριμένα στη ταλάντωση του εκκρεμούς. Η απλότητα στη χρήση, οι δυνατότητες των συσκευών, η τεχνογνωσία και η εξοικείωση των σπουδαστών με τα smartphones που διαθέτουν, είναι οι σημαντικότεροι λόγοι της θετικής αντιμετώπισης που έτυχαν από την πλευρά των μαθητών. Τα παραπάνω ευρήματα είναι παρόμοια με τα ευρήματα και άλλων παρόμοιων εμπειρικών ερευνών στο χώρο της δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Πάλλας & Πάλλα 2017; González et al., 2015; Sans et al., 2015; Hochberg, Kuhn & Müller, 2018; Purba & Hwang, 2018). Έτσι, σε συνδυασμό με την τεχνολογική πρόοδο των συσκευών και τη μείωση του κόστους τους, διαφαίνεται η δυνατότητα σχεδιασμού και ανάπτυξης εργαστηρίων χαμηλού κόστους με αισθητήρες smartphones, η αξιοπιστία και η ακρίβεια μέτρησης των οποίων ολοένα και αυξάνεται.

Πάντως δεν έλλειψαν και αρκετά, τεχνικά κυρίως, προβλήματα που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, όπως ήταν η με διακοπές πρόσβαση στο δίκτυο του σχολείου, η προβληματική ενεργειακή αυτονομία των συσκευών και η έλλειψη μνήμης τους για τη φόρτωση των εφαρμογών. Τα προβλήματα αυτά είναι αντιμετωπίσιμα και πάντως όχι αρκετά για να αντιστρέψουν τα θετικά οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση της εφαρμογής με τα smartphones.

Όμως, αν και οι τυχόν τεχνολογικές ατέλειες των smartphones αναμένεται στο άμεσο μέλλον να ξεπεραστούν, η πλήρης αξιοποίηση τους στην εκπαίδευση προβλέπεται ότι θα χρειαστεί κάποιο χρονικό διάστημα για να επιτευχθεί. Ο λόγος είναι ότι τα θεωρητικά και διδακτικά μοντέλα πάνω στην οποία θα στηριχθεί αυτή η ανάπτυξη αναμένεται να χρειαστούν κάποιο χρόνο για την ωρίμανση τους. Όπως αναφέρουν οι Falk και Dierking (2002) ήδη πριν από μερικά χρόνια, *«Ότι γνωρίζουμε μέχρι σήμερα αναφορικά με τη μάθηση προέρχεται από μελέτες, είτε σε αίθουσες διδασκαλίας, είτε σε εργαστήρια ψυχολογίας, κατά συνέπεια, μπορεί να μην αποτελεί την κατάλληλη βάση για τη μάθηση που πραγματοποιείται έξω από τα περιβάλλοντα αυτά»*. Οι θεωρίες αυτές θα πρέπει να επαναπροσεγγιστούν κάτω από τα νέα δεδομένα που επιφέρει η τεχνολογική εξέλιξη με την είσοδο στην κοινωνία των συσκευών φορητής μάθησης όπως είναι τα smartphones με τις συνεχώς εξελισσόμενες δυνατότητες που προσφέρουν. Και αυτό γιατί ένα σημαντικό στοιχείο της χρήσης των smartphones και των αισθητήρων τους είναι η αλλαγή του ρόλου του εκπαιδευτικού. Στην παραδοσιακή τάξη ο εκπαιδευτικός βρίσκεται στο «επίκεντρο», ενώ στην τάξη της «κλασικής» συνεργατικής μάθησης μέσω υπολογιστών έχει το ρόλο του βοηθού ή συντονιστή της μαθησιακής διαδικασίας. Στην τάξη όμως με τα smartphones ο εκπαιδευτικός πρέπει να έχει το ρόλο του «διευθυντή ορχήστρας», οδηγώντας και συγχρονίζοντας ολόκληρη την ομάδα των μαθητών. Αυτό δίνει στον εκπαιδευτικό τη δυνατότητα να παρακολουθεί την πρόοδο ολόκληρης της τάξης μέσω και των κατάλληλων εφαρμογών (π.χ. Socratic), ενώ ταυτόχρονα μπορεί να ενθαρρύνει και να κατευθύνει εκείνους τους μαθητές που χρειάζονται περισσότερη βοήθεια (Roschelle & Pea, 2002).

Τα αποτελέσματα θα ήταν ίσως καλύτερα ή διαφορετικά, αν αφιερωνόταν περισσότερος χρόνος στην εξήγηση του τρόπου λειτουργίας των εφαρμογών και στη διδασκαλία, αν ο μαθητής της κάθε ομάδας είχε στη διάθεση του δικό του smartphone, αν οι μαθητές είχαν περισσότερα κίνητρα, αν υπήρχε διαφορετικός σχεδιασμός της διδακτικής παρέμβασης, αν οι μαθητές ήταν μαθητές μεγαλύτερης ή και μικρότερης τάξης, αν οι εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν διαφορετικές (π.χ. Phythox), αν το γνωστικό αντικείμενο ήταν άλλο, όπως είναι τα θέματα όπου οι μαθητές εμφανίζουν πολλές εναλλακτικές ιδέες, αν ο εκπαιδευτικός είχε μεγαλύτερη εμπειρία σε συνεργατικές δραστηριότητες και τέλος αν η συλλογή των απαντήσεων γινόταν με ανοικτές συνεντεύξεις αντί ερωτηματολογίου με ερωτήσεις κλειστού τύπου.

Οι παραπάνω υποθετικές καταστάσεις θα μπορούσαν να αποτελέσουν εν δυνάμει ερευνητικές προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση των προϋποθέσεων της αποδοτικότερης παιδαγωγικής αξιοποίησης των smartphones στα σχολεία.

Γιατί όπως φαίνεται, η ταχεία είσοδος του μέσου αυτού στα σχολεία, η επικοινωνιακή χρήση του, αλλά και η γρήγορη αποκομιδή των γνωστικών, συμμετοχικών και μαθησιακών αποτελεσμάτων της εφαρμογής του, εξαρτάται από τη θέληση και την οργανωμένη προσπάθεια της εκπαιδευτικής κοινότητας. Στην οργανωμένη προσπάθεια κατατάσσεται και η συστηματική επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για αξιοποίηση της σχετικής τεχνολογίας, αλλά και η επίλυση του προβλήματος της καθολικής απαγόρευσης κατοχής και χρήσης των smartphones που ισχύει σήμερα στο ελληνικό σχολείο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δημητρόπουλος, Ε. (2009). *Εισαγωγή στη Μεθοδολογία της Επιστημονικής Έρευνας*. Αθήνα, Εκδόσεις Έλλην.
- Δώνης, Σ. (2014). *Σχεδίαση και αξιολόγηση ακολουθίας διδακτικών ενοτήτων στα πλαίσια της καινοτομικής και επικοινωνιακής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών: η περίπτωση της διδασκαλίας του εκκρεμούς στο Γυμνάσιο*. Διδακτορική διατριβή, Πάτρα 2014
- Ζιώγα, Σ., Καραμάνη, Π., Κύρου, Θ., Μπαλωμένου, Λ., Μπούσδα, Φ., Νούλη, Ε., Ντάγλα, Ε., Πραμαντιώτη, Λ., Σαργιώτη, Α., Σταμούλη, Ε., Μικρόπουλος, Α. (2017). Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες με φορητές συσκευές: μια βιβλιογραφική επισκόπηση. Ανακοίνωση στο 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο με τίτλο «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία», Παιδαγωγικό Τμήμα, Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε., Αθήνα.
- Ίσαρη, Φ., Πουρκός, Μ. (2015). *Ποιοτική Μεθοδολογία Έρευνας*. Αθήνα, Εκδόσεις Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Κουμαράς, Π. (2006). Είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ενδιαφέρον στους μαθητές για την Φυσική;. Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης για την Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, (30-39).
- Μαγγόπουλος, Γ. (2014). Η μελέτη περίπτωσης ως ερευνητική στρατηγική στην αξιολόγηση προγραμμάτων: θεωρητικοί προβληματισμοί. *Το Βήμα των Κοινωνικών Επιστημών*, Τόμ. 16, Αρ.64, 73-93.
- Ορφανός Σ., Δημητρακοπούλου Α. (2004). Σχεδιασμός Φύλλων Δραστηριοτήτων Μαθητών για Διερευνητικά Τεχνολογικά Περιβάλλοντα στις Φυσικές Επιστήμες: Η περίπτωση σχεδιασμού Δραστηριοτήτων Μοντελοποίησης. Στο Μ. Γρηγοριάδου, (Επιμ.) Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου, *Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση*, Παν/μιο Αθήνας, Οκτώβριος 2004, Τόμος Β, 3-13.
- Ουζούνη, Χ., Νακάκης, Κ. (2011). Η Αξιοπιστία και η Εγκυρότητα των Εργαλείων Μέτρησης σε Ποσοτικές Μελέτες. *Νοσηλευτική*, 50 (2), 231-239.

- Πάλλας, Α. (2016α). Η αξιοποίηση του αισθητήρα ήχου ενός Smartphone στη διδασκαλία φαινομένων Ακουστικής. Μια καινοτόμος χρήση του από μαθητές Α' Λυκείου. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 12, 17-27.
- Πάλλας, Α. (2016β). Η αξιοποίηση του επιταχυνσιομέτρου των smartphones στη διδασκαλία Μηχανικών φαινομένων και η σύγκριση του με επαγγελματικό σειсмоγράφο. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 13, 29-39.
- Πάλλας, Α., Ορφανάκης Σ. (2017). Ανασκόπηση της χρήσης των αισθητήρων του smartphone και κυρίως του μαγνητομέτρου στις Φυσικές Επιστήμες. 3ο Διεθνές Συνέδριο για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας, Λάρισα 13-15 Οκτωβρίου.
- Πάλλας, Α., Πάλλα, Ι. (2017). Η χρήση του μαγνητόμετρου ενός smartphone από μαθητές γυμνασίου για τη μελέτη μηχανικών και ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, (64-65): 26-36.
- Παπαδάκης, Στ., Καλογιαννάκης, Μ. (2017). Αξιολόγηση των ελληνικών εκπαιδευτικών εφαρμογών για συσκευές με λειτουργικό σύστημα Android για παιδιά προσχολικής ηλικίας. *Προσχολική και Σχολική Εκπαίδευση*, 5(2), 65-100.
- Πετρίδης, Π. (2014). Μέτρηση της Γης με Smartphone και mobile apps. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 4, 67-78.
- Πιερράτος, Θ, (2018). Διεθνής επισκόπηση της χρήσης των έξυπνων τηλεφώνων και ταμπλετών ως εργαλείων συγχρονικής λήψης και απεικόνισης σε εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. 11ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», Θεσσαλονίκη 2018, 213-224
- Πιερράτος, Θ. Πριμεράκης, Γ. (2016). Ποσοτικά πειράματα Φυσικής με τη χρήση έξυπνων κινητών τηλεφώνων και τάμπλετς: επιμόρφωση εκπαιδευτικών στη χρήση τους σε μία παιδική χαρά. Στο Σκουμιός Μ. & Σκουμπουρδή Χ. (2016). Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;», 655-664.
- ΥΠ.Π.Ε.Θ., (2018). *Χρήση Κινητών Τηλεφώνων και Ηλεκτρονικών Συσκευών στις σχολικές μονάδες*, Φ.25/103373/Δ1.
- Φλαμπούρη, Φ. (2009). Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτών ενηλίκων για το ρόλο τους, όπως διαμορφώθηκαν από τη συμμετοχή τους στο Εθνικό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης Εκπαιδευτών Συνεχιζόμενης Επαγγελματικής Κατάρτισης του Ε.ΚΕ.ΠΙΣ. Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Adhikari, J., Mathrani, A., Scogings, C. (2016). Bring Your Own Devices classroom: Exploring the issue of digital divide in the teaching and learning contexts. *Interactive Technology and Smart Education*, 13(4), 323-343.
- Adhikari, J., Parsons, D., Mathrani, A. (2012). *Bridging Digital Divides in the Learning Process: Challenges and Implications of Integrating ICTs*, mLearn, 224-227.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: a conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learn Instr*, 16(3), 183-198.
- Alrasheedi, M., Capretz, L. F., Raza, A. (2015). A systematic review of the critical factors for success of mobile learning in higher education (university students' perspective). *Journal of Educational Computing Research*, 52(2), 257-276.
- Anderson M., Jiang, J. (2018). *Teens, social media, and technology overview 2018*. Pew Research Center. Ανακτήθηκε 26 Αυγούστου 2019 από <https://www.pewinternet.org/2018/05/31/teens-social-media-technology-2018/>.
- Arista, F., Kuswanto, H. (2018). Virtual Physics Laboratory Application Based on the Android Smartphone to Improve Learning Independence and Conceptual Understanding. *International Journal of Instruction*, 11(1), 1-16.
- Arnone, M. P., Small, R. V., Chauncey, S. A., McKenna, H. P. (2011). Curiosity, interest and engagement in technology-pervasive learning environments: a new research agenda. *Educational Technology Research and Development*, 59(2), 181-198.
- Arribas, E., Escobar I., Suarez, C., Najera, A., Beléndez, A. (2015). Measurement of the magnetic field of small magnets with a smartphone: a very economical laboratory practice for introductory physics courses. *European Journal of Physics*, 36, 1-11.

- Atewell, J. (2015a). A long term-approach is needed to achieve change with technology in Switzerland. In Atewell J., Balanskat A., Ayre J. (Eds), *Designing the future classroom BYOD (Bring Your Own Device) A guide for school leaders European Schoolnet*, Brussels.
- Atewell, J. (2015b). BYOD maximising benefits from national infrastructure investment in Estonia. In Atewell J., Balanskat A., Ayre J. (Eds) *Designing the future classroom BYOD (Bring Your Own Device) A guide for school leaders European Schoolnet* Brussels
- Awedh, M., Mueen, A., Zafar, B., Manzoor, U. (2014). Using Socrative and Smartphones for the support of collaborative learning. *International Journal on Integrating Technology in Education*, 3(4), 17-24.
- Bahtaji, M. A. A. (2015). Improving transfer of learning through designed context-based instructional materials. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 3(3), 265-274.
- Ballagas, R., Rohs, M., Sheridan, J.G., Borchers, J. (2004). 'Byod: Bring your own device', *Proceedings of the Workshop on Ubiquitous Display Environments*, Ubicomp.
- Balta, N., Awedh, M. H. (2017). The effect of student collaboration in solving physics problems using an online interactive response system. *European Journal of Educational Research*, 6(3), 385-394.
- Balta, N., Guvercin, S. (2016). Increasing Undergraduate Students' Exam Performances In Statistics Course Using Software Socrative. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, (Special Issue), 314-321.
- Barkham, P., Moss, S. (2012). *Should mobile phones be banned from schools?* The Guardian. Ανακτήθηκε 25 Ιουλίου 2019 από <https://www.theguardian.com/education/2012/nov/27/should-mobiles-be-banned-schools>.
- Becker, s. Klein, P. Gößlingb, A., Kuhn J. (2019). *Using Mobile Devices to Augment Inquiry-Based Learning Processes with Multiple Representations*. Ανακτήθηκε 30 Αυγούστου από <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1908/1908.11281.pdf>
- Beichner, R. J. (1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics*, 64(10), 1272-1277.
- Beland, L. P., Murphy, R. (2015). *Ill communication: technology, distraction & student performance. Centre for economic performance*. Ανακτήθηκε 25 Αυγούστου από <http://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1350.pdf>.
- Bennett, J., Lubben, F., Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: a synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370.
- Brasell, H. (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(4), 385-395.
- Briggle, J. (2013). Analysis of pendulum period with an iPod touch/iPhone. *Physics Education*, 48(3), 285-288.
- Buesing, M., Cook, M. (2013). Augmented Reality Comes to Physics. *The Physics Teacher*, 51(4), 226-228.
- Cai, Y., Zhao, Y., Ding, X., Fennely, J. (2012). *Magnetometer basics for mobile phone applications*. Electronic Products, www2.electronicproducts.com.
- Castro-Palacio, J. C., Velazquez L, Gomez-Tejedor, J.A., Manjon, F., J., Monsoriu, J. A. (2014). Using a smartphone acceleration sensor to study uniform and uniformly accelerated circular motions. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(2), 2315 (1-5).
- Castro-Palacio, J. C., Velazquez-Abad, L., Gimenez, F., Monsoriu, J.A. (2013). A quantitative analysis of coupled oscillations using mobile accelerometer sensors. *European Journal of Physics*, 34(3), 737-744.
- Castro-Palacio, J. C., Velazquez-Abad, L., Serrano, M. H., Monsoriu, J. A. (2013). Using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments on free and damped harmonic oscillations. *American Journal of Physics*, 81, 472-475.
- Chan, T. W., Roschelle, J., Hsi, S., Kinshuk, K., Sharples, M., Brown, T., Norris, C. (2006). One-to-one technology-enhanced learning: An opportunity for global research collaboration. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 1(1), 3-29.
- Cisco, (2019). Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2017–2022. Ανακτήθηκε 30 Αυγούστου 2019 από

<http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>.

- Cobcroft, R. S., Towers, S. J., Smith, J. E., Bruns, A. (2006). Mobile learning in review: Opportunities and challenges for learners, teachers, and institutions. *Proceedings Online Learning and Teaching (OLT) Conference 2006*, 21-30.
- Coco, D., Slisko, J. (2013). Software Socrative and smartphones as tools for implementation of basic processes of active physics learning in classroom: An initial feasibility study with prospective teachers. *European Journal of Physics Education*, 4(2), 17-24.
- Cohen, L., Manion, L. (1997). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*. (Φ. Μητσοπούλου & Μ. Φιλοπούλου, Μετάφ.). Αθήνα: Έκφραση
- Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. (2008). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*. Αθήνα, Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Colella, V. (2000). Participatory Simulations: Building Collaborative Understanding through Immersive Dynamic Modeling. *Journal of the Learning Sciences*, 9(4), 471-500.
- Crompton, H., Burke, D., Gregory, K. H. (2017). The use of mobile learning in PK-12 education: A systematic review. *Computers & Education*, 110, 51-63.
- Crompton, H., Burke, D., Gregory, K. H., Gräbe, C. (2016). The Use of Mobile Learning in Science: A Systematic Review. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 149-160.
- De la Pena-Bandalaria, M. (2007). Impact of ICTs on open and distance learning in a developing country setting: the Philippine experience. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 8, 1-15.
- DeWitt, J., Storksdieck, M. (2008). A short review of school field trips: key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies*, 11(2), 181-197.
- Eisenhardt, M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532-550.
- Embi, M. A., Nordin, N. M. (edit.) (2013). *Mobile Learning: Malaysian Initiatives & Research Findings*. Centre for Academic Advancement, University Kebangsaan Malaysia & Department of Higher Education, Ministry of Higher Education.
- Forinash, K., Wisman, R. F. (2012). Smartphones as portable oscilloscopes for physics labs. *The Physics Teacher*, 50(4), 242-243.
- Fried, C. B. (2008). In-class laptop use and its effects on student learning. *Computers & Education*, 50(3), 906-914.
- George, D., Mallery, P. (2003). *Using SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference (4th ed.)*. London: Pearson Education.
- Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W., Pilot, A. (2011). Concept development and transfer in context-based science education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817-837.
- Gluck, M. (2005). *MEMS in der Mikrosystemtechnik: Aufbau, Wirkprinzipien, Herstellung und Praxiseinsatz mikroelektro mechanischer Schaltungen und Sensorsysteme*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Gómez-Tejedor, J.A., Castro-Palacio, J.C., Monsoriu, J.A. (2014). The acoustic Doppler effect applied to the study of linear motions. *European Journal of Physics*, 35(2), 25006-25015.
- Gómez-Tejedor, J.A., Castro-Palacio, J.C., Monsoriu, J.A. (2015). Frequency Analyser: A New Android Application for High Precision Frequency Measurement. *Computer Applications in Engineering Education*, 23, 471-476.
- González, Miguel Á., González, Manuel Á., Martín, M. E., Llamas, C., Martínez, Ó., Vegas, J., Herguedas, M., Hernández, C. (2015). Teaching and Learning Physics with smartphones. *Journal of Cases in Information Technology*, 17(1), 31-50.
- Hare, J. (2011). A simple demonstration for exploring the radio waves generated by a mobile phone. *Physics Education*, 45, 481-486.
- Haßler, B., Major, L., Hennessy, S. (2016). Tablet use in schools: a critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32, 139-156.
- Hidi, S., Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111-127.
- Hirth, M., Kuhn, J., Muller, A. (2015). Measurement of sound velocity made easy using harmonic resonant frequencies with everyday mobile technology. *The Physics Teacher*, 53(2), 120-121.

- Hochberg, K., Gröber, S., Kuhn, J., Müller, A. (2014). The spinning disc: Studying radial acceleration and its damping process with smartphone acceleration sensors. *Physics Education*, 49(2), 137-140.
- Hochberg, K., Kuhn, J., Müller, A. (2018). Using Smartphones as Experimental Tools—Effects on Interest, Curiosity, and Learning in Physics Education. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 385-403.
- Hwang, W.-Y., Huang, Y.-M., Shadiev, R., Wu, S.-Y., Chen, S.-L. (2014). Effects of using mobile devices on English listening diversity and speaking for EFL elementary students. *Australasian journal of educational technology*, 30(5).
- Johnson, L., Sumner, S., Duong, T., Yan, P., Bajcsy, R., Abresch, T., De Bie, E., Han, Y. (2015). Validity and reliability of smartphone magnetometer-based goniometer evaluation of shoulder abduction: A pilot study. *Manual Therapy*, 20, 777-782.
- Kalogiannakis, M., Papadakis, St. (2017). Combining mobile technologies in environmental education: A Greek case study. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 11(2), 108-130.
- Kapotis, E., Kalkanis, G. (2016). Einstein's Elevator in Class: A Self-Construction by Students for the Study of the Equivalence Principle. *The Physics Teacher*, 54(7), 404-407.
- Kaya, A., Balta, N. (2016). Taking Advantages of Technologies: Using the Socratic in English Language Teaching Classes. *International Journal of Social Sciences & Educational Studies*, 2(3), 4-12.
- Klein, P., Hirth, M., Gröber, S., Kuhn, J., Müller, A. (2014). Classical experiments revisited: smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics. *Physics Education*, 49(4), 412-418.
- Kuhn, J., Muller, A. (2014). Context-based science education by newspaper story problems: a study on motivation and learning effects. *Perspectives in Science*, 2(1-4), 5-21.
- Kuhn, J., Molz, A., Gröber, S., Frübis, J. (2014). iRadioactivity-possibilities and limitations for using smartphones and tablet PCs as radioactive counters. *The Physics Teacher*, 52(6), 351-356.
- Kuhn, J., Vogt, P. (2012a). Analyzing spring pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 50(8), 504-505.
- Kuhn, J., Vogt, P. (2012b). Analyzing Diffraction Phenomena of Infrared Remote Controls. *The Physics Teacher*, 50, 118-119.
- Kuhn, J., Vogt, P. (2013a). Smartphones as experimental tools: Different methods to determine the gravitational acceleration in classroom physics by using everyday devices. *European Journal of Physics Education*, 4(1), 16-27.
- Kuhn, J., Vogt, P. (2013b). Analyzing acoustic phenomena with a smartphone microphone. *The Physics Teacher*, 51(2), 118-119.
- Kuhn, J., Vogt, P. (2015). *Smartphones & Co. in physics education: effects of learning with new media experimental tools in acoustics*. Multidisciplinary Research on Teaching and Learning.
- Kuhn, J., Vogt, P. & Müller, A. (2014). Analyzing elevator oscillation with the smartphone acceleration sensors. *The Physics Teacher*, 52(1), 55-56.
- Kuhn, J., Vogt, P., Hirth, M. (2014). Analyzing the acoustic beat with mobile devices. *The Physics Teacher*, 52(4), 248-249.
- Kukulka - Hulme, A. (2010). Mobile learning as a catalyst for change. *Open Learning*, 25(3), 181-185.
- Lara, V., Amaral, D., Faria, D., Vieira, L. (2014). Demonstrations of magnetic phenomena: measuring the air permeability using tablets. *Physics Education*, 49 (6), 658-662.
- Lim W. N., "Improving student engagement in higher education through mobile-based interactive teaching model using socratic," *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Athens, 2017, 404-412.
- Lu, Z.J. (2012). *Learning with Mobile Technologies, Handheld Devices, and Smart Phones: Innovative Methods*, IGI Global, Hershey, PA, USA.
- Matthews, M. (2000). *Time for science education*, New York: Kluner Academic/Plenum Publishers
- Mazzella, A., Testa, I. (2016). An investigation into the effectiveness of smartphone experiments on students' conceptual knowledge about acceleration. *Physics Education*, 51(5), 1-10.
- McLeod, K. (2019). *Smartphone-based Wellness Assessment Using Mobile Environmental Sensors*. A Thesis presented to The University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada

- Monteiro, M., Cabeza, C., Marti, A.C. (2015). Acceleration measurements using smartphone sensors: Dealing with the equivalence principle. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(1), 1303 (1-6).
- Monteiro, M., Mart, A. (2016). *Using smartphone pressure sensors to measure vertical velocities of elevators, stairways, and drones*. Ανακτήθηκε 20 Ιουνίου 2018 από <https://arxiv.org/pdf/1607.00363.pdf>
- Monteiro, M., Marti, A. C., Vogt, P., Kasper, L., Quarthal, D. (2015). Measuring the acoustic response of Helmholtz resonators. *The Physics Teacher*, 53(4), 247-249.
- Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C. & Marti, A. (2017). Magnetic field "flyby" measurement using simultaneously magnetometer and accelerometer. Ανακτήθηκε 25 Ιουλίου 2018 από <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1704/1704.01686.pdf>
- Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., Marti, A. (2019). Physics experiments using simultaneously more than one smartphone sensors. *Journal of Physics: Conference Series*, 1287(1).
- Monteiro, M., Vogt, P., Stari, C., Cabeza, C., Marti, A. C. (2016). Exploring the atmosphere using smartphones. *The Physics Teacher*, 54(5), 308-309.
- Muller, A., Hirth, M., Kuhn, J. (2016). Tunnel pressure waves - smartphone inquiry on rail travel. *The Physics Teacher*, 54(2), 118-119.
- Muller, A., Vogt, P., Kuhn, J., Muller, M. (2015). Cracking knuckles - a smartphone inquiry on bioacoustics. *The Physics Teacher*, 53(5), 307-308.
- Muller, R. (2006). Physik in interessanten Kontexten. Handreichung für die Unterrichtsentwicklung. Ανακτήθηκε 21 Μαρτίου 2017 από <https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/ifdn-physik/physik-in-interessanten-kontexten-rmueller.pdf>.
- Munusamy S., Osman A., Riaz S., Ali S., Mraiche F. (2019) The use of Socratic and Yammer online tools to promote interactive learning in pharmacy education. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 11(1), 76-80.
- Newhouse, P., Rennie, L. (2001). A longitudinal study of the use of student-owned portable computers in a secondary school. *Computers & Education*, 36(3), 223-243.
- Nikolopoulou, K. & Kousloglou M. (2019). Mobile Learning in Science: A Study in Secondary Education in Greece. *Creative Education*, 10, 1271-1284.
- Nuryantini, A., Yudhiantara, R. (2019). The Use of Mobile Application as a Media in Physics Learning. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 5(1), 72-83.
- OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD Publishing.
- Ogawara, Y., Bhari, S., Mahrley, S. (2017). Observation of the magnetic field using a smartphone. *The Physics Teacher*, 55(3), 184-185.
- Oprea, M. (2016). The Use of Mobile Phones for the Study of Periodical Movements. *The 11th International Conference on Virtual Learning ICVL 2016*, 366-373.
- Parolin, S.O., Pezzi, G. (2013). Smartphone-aided measurements of the speed of sound in different gaseous mixtures. *The Physics Teacher*, 51(8), 508-509.
- Pathirathna, S., Hoang, L., Santos, C., Pitaksarit, S., Yamamoto Y., Taketomi T., Sandor, C., Kato, H. (2015). *A Learning Support System using Camera Tracking for High School Physics Experiments*. IPSJ SIG Technical Report.
- Pili, U., Violanda, R., Ceniza, C. (2018). Measurement of g using a magnetic pendulum and a smartphone magnetometer. *The Physics Teacher*, 56(4), 258-259.
- Pimmer, C., Mateescu, M., Grohbiel, U. (2016). Mobile and ubiquitous learning in higher education settings. A systematic review of empirical studies. *Computers in Human Behavior*, 63, 490-501.
- Purba, S. W. D., Hwang, W.-Y. (2017). Investigation of Learning Behaviors and Achievement of Vocational High School Students Using an Ubiquitous Physics Tablet PC App. *Journal of Science Education and Technology*, 26(3), 322-331.
- Purba, S. W. D., Hwang, W.-Y. (2018). Investigation of Learning Behaviors and Achievement of Simple Pendulum for Vocational High School Students with Ubiquitous Physics App. *Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(7), 2877-2893.
- Ratcliffe, M., Millar, R. (2009). Teaching for understanding of science in context: evidence from the pilot trials of the twenty first century science courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 945-959.

- Rath, G. (2019). Mobile phones in physics teaching - an overview of development and research activities. *Journal of Physics: Conf. Series*, 1286(1).
- Remón J, Sebastián V., Arauzo E. R. J., (2017). Effect of using smartphones as clickers and tablets as digital whiteboards on students' engagement and learning. *Active Learning in Higher Education*, 18(2), 173-187.
- Roschelle, J., Pea, R. (2002). A walk on the WILD side: How wireless handhelds may change computer-supported collaborative learning. *International Journal of Cognition and Technology*, 1(1), 145-168.
- Sans, J.A., Manjón, F.J., Cuenca-Gotor, V., Giménez-Valentín, M.H., Salinas, I., Barreiro, J.J., Monsoriu, J.A., Gomez- Tejedor, J.A. (2015). Smartphone: a new device for teaching Physics. *1st International Conference on Higher Education, Advances, HEAd'15*.
- Schuller, C., Winters, N., West, M. (2013). *The future of mobile learning. Implications for policy makers and planners*. France: UNESCO.
- Schwarz, O., Vogt, P., Kuhn, J. (2013). Acoustic measurements of bouncing balls and the determination of gravitational acceleration. *The Physics Teacher*, 51(5), 312-313.
- Septianto, D., Suhendra, D., Iskandar, F. (2017). Utilisation of the magnetic sensor in a smartphone for facile magnetostatics experiment: magnetic field due to electrical current in straight and loop wires. *Physics Education*, 52, 1-7.
- Shakur, A., Sinatra, T. (2013). Angular momentum. *The Physics Teacher*, 51(9), 564-565.
- Silva, N. (2012). Magnetic field sensor. *The Physics Teacher*, 50(6), 372-373.
- Soares A., Reis T. (2019). Studying Faraday's law of induction with a smartphone and personal computer. *Physics Education*, 54, 1-7
- Stork, M., Rose, A., Wang, C. X. (2014). ICT international. *Tech Trends*, 59(6), 13-14.
- Strawson, R. (2013). Map and apps widen the scope of school physics. *Physics Education*, 48, 409-410.
- Sulisworo, D, Yunita, L., Komalasari, A. (2017). Which Mobile Learning is More Suitable on Physics Learning in Indonesian High School? *Ijes*, 5(1), 97-103.
- Swarat, S., Ortony, A., Revelle, W. (2012). Activity matters: understanding student interest in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(4), 515-537.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
- Taasoobshirazi, G., Carr, M. (2008). A review and critique of context- based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, 3(2), 155-167.
- Temiz, B, Yavuz, A. (2016). Magnetogate: using an iPhone magnetometer for measuring kinematic variables. *Physics Education*, 51(1), 015004 (5pp).
- Tho, S. W., Chan, K. W., Yeung, Y. Y. (2015). Technology-enhanced physics programme for community-based science learning: innovative design and programme evaluation in a theme park. *Journal of Science Education and Technology*, 24(5), 580-594.
- Tianjiao, S., Xingming, S., Zhihua, X., Leiyue, C., Jianxiao, L. (2016). Fall Detection Algorithm Based on Triaxial Accelerometer and Magnetometer. *Engineering Letters*, 24(2), 157-163.
- Tornaria, F., Monteiro, M., Marti, A. C. (2014). Understanding coffee spills using a smartphone. *The Physics Teacher*, 52(8), 502-503.
- Tossell, C. C., Kortum, P., Shepard, C., Rahmati, A., Zhong, L. (2014). You can lead a horse to water but you cannot make him learn: smartphone use in higher education. *British Journal of Educational Technology*, 46(4), 713-724.
- Tuset-Sanchis, L., Castro-Palacio, J. C., Gomez-Tejedor, J. A., Manjon, F. J., Monsoriu, J. A. (2015). The study of two-dimensional oscillations using a smartphone acceleration sensor: example of Lissajous curves. *Physics Education*, 50, 580-585.
- Uguroglu, M. E., Walberg, H. J. (1979). Motivation and achievement: a quantitative synthesis. *American Educational Research Journal*, 16(4), 375-389.
- Van Bruggen, J. M., Kirschner, P. A., Jochems, W. (2002). External representation of argumentation in CSCL and the management of cognitive load. *Learning and Instruction*, 12(1), 121-138.
- Vogt, P., Kuhn, J. (2012a). Analyzing free-fall with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 50(3), 182-183.

- Vogt, P., Kuhn, J. (2012b). Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 50(7), 439-440.
- Vogt, P., Kuhn, J. (2014a). Acceleration Sensors of Smartphones. *Frontiers in Sensors*, 2, 1-9.
- Vogt, P., Kuhn, J. (2014b). Analyzing collision processes with the smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 52(2), 118-119.
- Vogt, P., Kuhn, J. (2013). Analyzing radial acceleration with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 51(3), 182-183.
- Von Stumm, S., Hell, B., Chamorro-Premuzic, T. (2011). The hungry mind: intellectual curiosity is the third pillar of academic performance. *Perspectives on Psychological Science*, 6(6), 574-588.
- Wathiq, A., Biller, D., Wilson, T. (2015). The Earth's magnetic field fuels interdisciplinary education. *Physics Education*, 50 (2), 218-223.
- West, M., Vosloo, S. (2013). *UNESCO Policy Guidelines for Mobile Learning*, Paris: UNESCO Publications
- Wild, E., Hofer, M., Pekrun, R. (2001). Psychologie des Lerners. In A. Krapp & B. Weidenmann (Eds.), *Padagogische Psychologie - Ein Lehrbuch*, (207-270). Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.
- Wu, W. H., Wu, Y. C. J., Chen, C. Y., Kao, H. Y., Lin, C. H., Huang, S. H. (2012). Review of trends from mobile learning studies: a metaanalysis. *Computers & Education*, 59(2), 817-827.
- Yavuz, A. (2015). Measuring the speed of sound in air using smartphone applications. *The Physics Education*, 50(8), 281-284.
- Yin, R. (2014). *Case Study Research: Design and Methods (5th ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

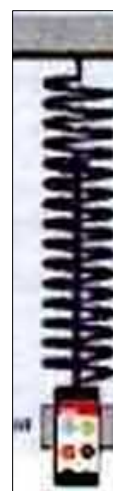
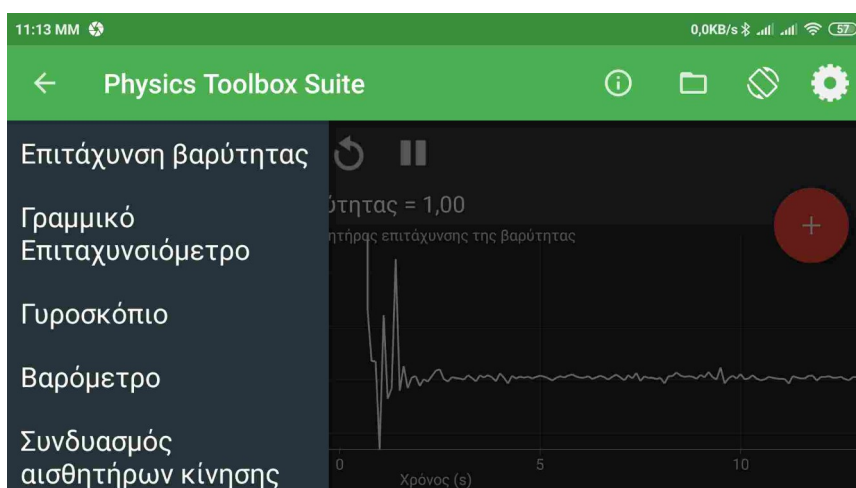
Στο παράρτημα παρουσιάζονται τα φύλλα εργασίας που δόθηκαν στις ομάδες, ώστε να έχουν υπόψη τους το σύνολο των δραστηριοτήτων που θα εκτελέσουν κατά τη διάρκεια της διδακτικής αυτής παρέμβασης. Οι οδηγίες δεν είναι αναλυτικές γιατί κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων ο διδάσκων παρέμβαινε κάνοντας εισηγήσεις και δίνοντας αυτός τις διάφορες απαιτούμενες οδηγίες. Επίσης, κάποιες ερωτήσεις των φύλλων εργασίας που απαντήθηκαν είχαν έμμεσο ενδιαφέρον για τα ερευνητικά ερωτήματα, τόνωναν όμως το ενδιαφέρον για την επιστημονική μέθοδο που εφαρμόζει η Φυσική (επηρεάζεται η περίοδος από τη μάζα ;), ή έδιναν πληροφορίες για απόψεις των μαθητών για τους τρεις αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν. Οι απόψεις αυτές αν και ενδεικτικές, λόγω του μικρού πλήθους, θα μπορούσαν να αποτελέσουν τροφή για ποικίλα άλλα σχετικά ερευνητικά ερωτήματα.

1^ο Φύλλο Εργασίας

Τμήμα: Ομάδα :

2^η Δραστηριότητα: Ταλάντωση ελατηρίου, υπολογισμός της περιόδου ταλάντωσης και γνωριμία με το επιταχυνσιόμετρο του smartphone σας.

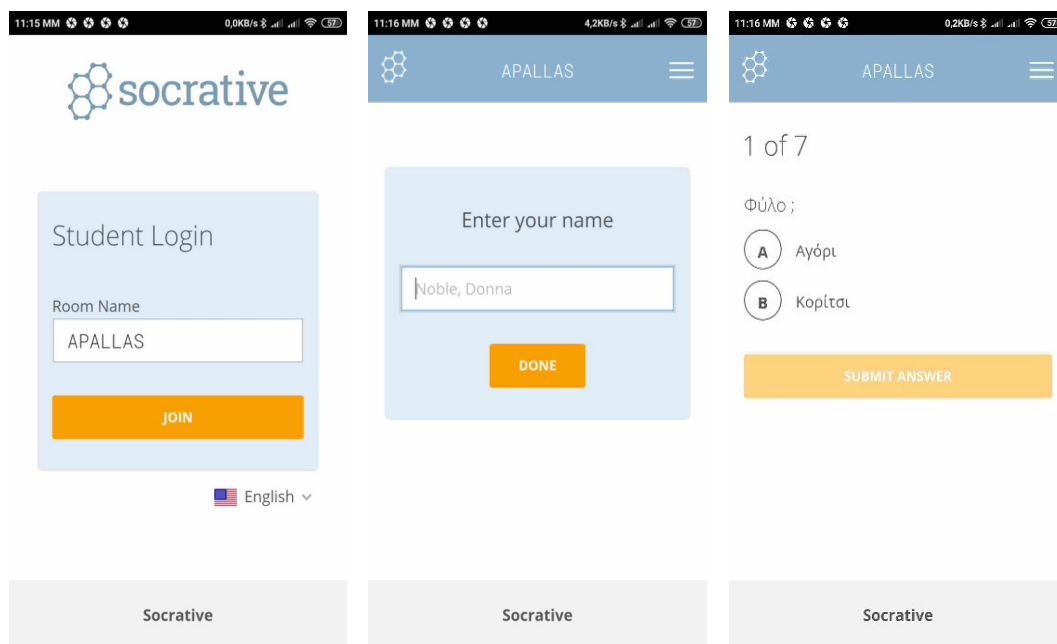
Κρεμάστε το κινητό στο άκρο ενός ελατηρίου κα. αφήστε το να κάνει ταλαντώσεις, ενεργοποιώντας ταυτόχρονα την εφαρμογή Physics Toolbox Suite και τον αισθητήρα επιταχυνσιόμετρο (επιτάχυνση βαρύτητας).



Αφήστε το για μερικά δευτερόλεπτα να ταλαντωθεί, πατήστε Pause και αποτυπώστε το διάγραμμα που φαίνεται στην οθόνη του κινητού, σημειώνοντας τις τιμές χρόνου στον οριζόντιο άξονα. Εναλλακτικά, αποτυπώστε το διάγραμμα που φαίνεται στην οθόνη του προτζέκτορα.



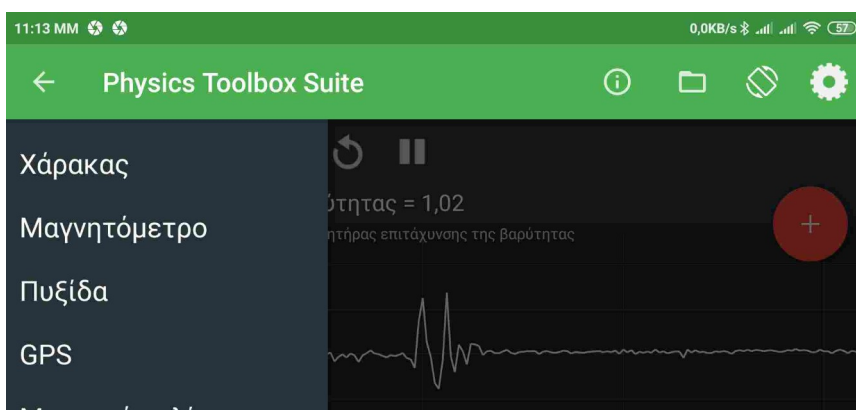
Τρέξτε την εφαρμογή Socrative, συμπληρώστε διαδοχικά τις οθόνες που εμφανίζονται στο smartphone σας με τα απαραίτητα στοιχεία (APALLAS, ένα δικό σας όνομα) και απαντήσετε στις ερωτήσεις που εμφανίζονται σχετικά με την περίοδο ταλάντωσης.



Κρεμάστε ένα επιπλέον βαρίδιο στο κινητό και επαναλάβετε τις μετρήσεις. Άλλαξε η τιμή της περιόδου ; ΝΑΙ ΟΧΙ

3^η **Δραστηριότητα:** Ταλάντωση ελατηρίου, υπολογισμός της περιόδου ταλάντωσης και γνωριμία με το μαγνητόμετρο του smartphone σας.

3.1 Κρεμάστε ένα βαρίδιο με μαγνητάκι στο άκρο ενός ελατηρίου και αφήστε το να κάνει ταλαντώσεις ακριβώς πάνω από το μαγνητόμετρο του smartphone σας, ενεργοποιώντας ταυτόχρονα την εφαρμογή Physics Toolbox Suite και τον αισθητήρα Μαγνητόμετρο.





3.2 Αφήστε το για μερικά δευτερόλεπτα να ταλαντωθεί, πατήστε Pause και αποτυπώστε το διάγραμμα που φαίνεται στην οθόνη του κινητού, σημειώνοντας τις τιμές χρόνου στον οριζόντιο άξονα. Εναλλακτικά, αποτυπώστε το διάγραμμα που φαίνεται στην οθόνη του προτζέκτορα.

3.3 Υπολογίστε την περίοδο Ταλάντωσης : $T = \dots\dots\dots$

3.4 Χρησιμοποιείστε την εφαρμογή Socrative για να δώσετε την απάντησή σας.

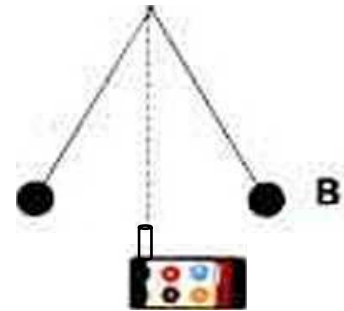
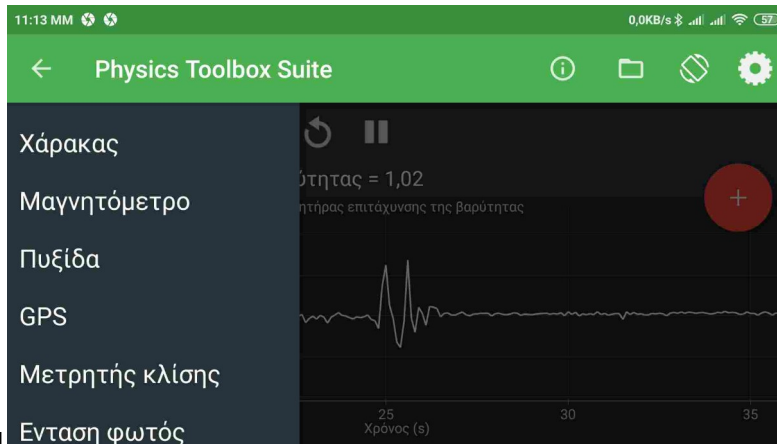
2^ο Φύλλο Εργασίας

Τμήμα: Ομάδα :

4^η Δραστηριότητα: Υπολογισμός περιόδου ταλάντωσης του εκκρεμούς με τη χρήση των αισθητήρων φωτός και εγγύτητας του smartphone.

4.1 Κρεμάστε το βαρίδιο στην άκρη του σκοινιού και αφήστε να ταλαντωθεί φροντίζοντας να βάλετε το smartphone, με το προστατευτικό πάνω από τον αισθητήρα φωτός, ακριβώς κάτω

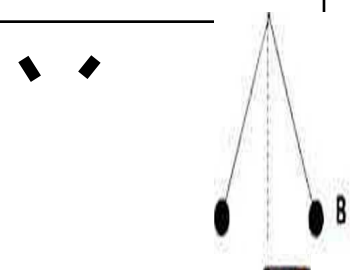
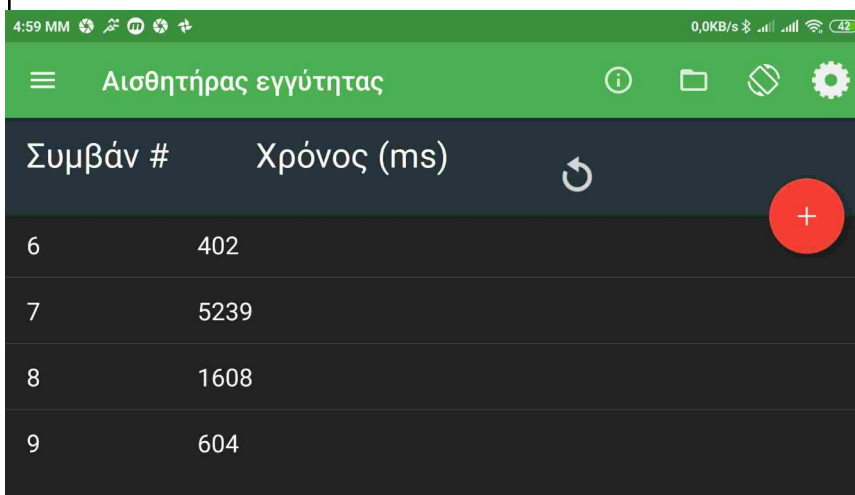
από τη θέση ισορροπίας. Αφήστε το να κάνει ταλαντώσεις ενεργοποιώντας ταυτόχρονα την εφαρμογή Physics Toolbox Suite και τον αισθητήρα Ένταση φωτός.



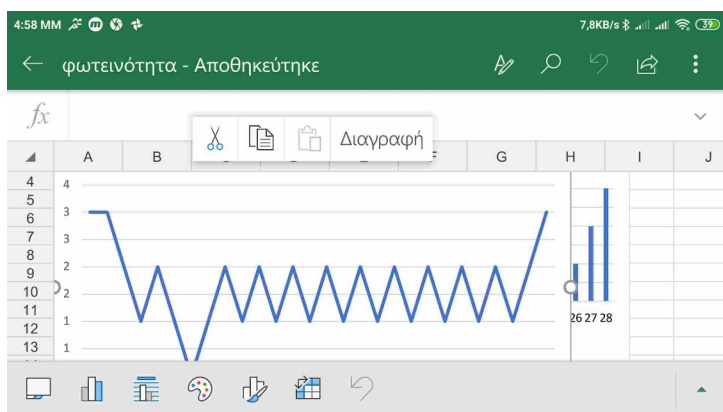
4.2 Αφήστε το για μερικά δευτερόλεπτα να ταλαντωθεί, πατήστε Pause και αποτυπώστε το διάγραμμα που φαίνεται στην οθόνη του κινητού, σημειώνοντας τις τιμές χρόνου στον οριζόντιο άξονα. Εναλλακτικά, αποτυπώστε το διάγραμμα που φαίνεται στην οθόνη του προτζέκτορα.

4.3 Υπολογίστε την περίοδο Ταλάντωσης : $T = \dots\dots\dots$

4.4 Κρεμάστε το βαρίδιο με το χαρτονάκι στην άκρη του και αφήστε το να ταλαντωθεί φροντίζοντας να βάλετε το smartphone ακριβώς κάτω και πολύ κοντά στη θέση ισορροπίας του. Αφήστε το να κάνει ταλαντώσεις ενεργοποιώντας την εφαρμογή Physics Toolbox Suite και τον αισθητήρα Εγγύτητας, επιλέγοντας ταυτόχρονα την περίοδο Εκκρεμούς.



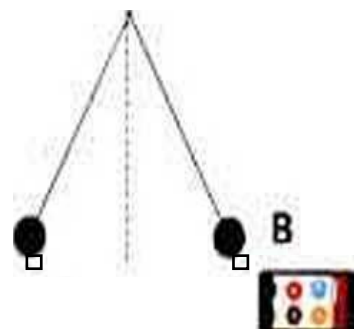
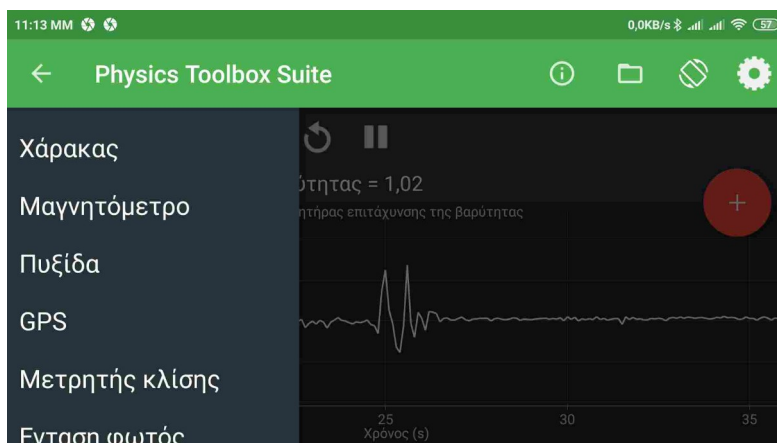
4.4 Αφήστε το για μερικά δευτερόλεπτα να ταλαντωθεί, πατήστε Pause, καταγράψτε τις τιμές τις ημιπεριόδου στον παρακάτω πίνακα και υπολογίστε την περίοδο του. Εναλλακτικά, χρησιμοποιήστε την εφαρμογή Excel του smartphone για τους υπολογισμούς σας.



4.5. Υπολογίστε την περίοδο Ταλάντωσης : $T = \dots\dots\dots$

5^η Δραστηριότητα: Υπολογισμός περιόδου ταλάντωσης του εκκρεμούς με τη χρήση των αισθητήρων φωτός και εγγύτητας του smartphone.

5.1 Κρεμάστε το βαρίδιο με το μαγνητάκι στην άκρη του και αφήστε το να ταλαντωθεί φροντίζοντας να βάλετε το smartphone με τον αισθητήρα μαγνητόμετρο στην μία από τις δυο ακραίες θέσεις του εκκρεμούς. Αφήστε το να κάνει ταλαντώσεις ενεργοποιώντας ταυτόχρονα την εφαρμογή Physics Toolbox Suite και τον αισθητήρα Μαγνητόμετρο.



5.2 Αφήστε το για μερικά δευτερόλεπτα να ταλαντωθεί, πατήστε Pause και αποτυπώστε το διάγραμμα που φαίνεται στην οθόνη του κινητού, σημειώνοντας τις τιμές χρόνου στον οριζόντιο άξονα. Εναλλακτικά, αποτυπώστε το διάγραμμα που φαίνεται στην οθόνη του προτζέκτορα.

4.5. Υπολογίστε την περίοδο Ταλάντωσης : $T = \dots\dots\dots$

4.6. Χρησιμοποιείστε την εφαρμογή Socrative για να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις.

- α) Ποιες είναι οι τιμές της περιόδου που υπολογίσατε με τους τρεις αισθητήρες;
- β) Ποιος ήταν ο ποιο αξιόπιστος ;
- γ) Με ποιόν αισθητήρα καταγράφηκε (και γιατί) η φθίνουσα ταλάντωση του εκκρεμούς ;
- δ) Ποιος αισθητήρας σας έκανε μεγαλύτερη εντύπωση ;