

Τίτλος έρευνας : «Η μέτρηση του συντελεστή τριβής ολίσθησης ξύλινου σώματος που κινείται σε κεκλιμένο επίπεδο με την χρήση του αισθητήρα επιτάχυνσης των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones)»

Σύμφωνα με την εγκύκλιο Φ.25/103373/Δ1, που απέστειλε το Υπουργείο Παιδείας με τίτλο «Χρήση Κινητών Τηλεφώνων και Ηλεκτρονικών Συσκευών στις σχολικές μονάδες», προβλέπεται η χρήση τους για αυστηρά εκπαιδευτικούς σκοπούς. Η παρακάτω έρευνα πραγματοποιήθηκε στο **2^ο Πειραματικό ΓΕΛ Αθηνών** με συντονιστές τους Φυσικούς Κατέρη Αλέξανδρο (2^ο Πειραματικό ΓΕΛ Αθήνας) και Τσούκο Σεραφεΐμ (2^ο Πειραματικό Γυμνάσιο Αθήνας) τον Μάιο του τρέχοντος σχολικού έτους (2018-2019).

Τμήματα που συμμετείχαν στην έρευνα: Α5, Α6 του 2^{ου} Πειραματικού ΓΕΛ Αθηνών, Σύνολο μαθητών: 53, Ομαδοσυνεργατική μέθοδος, Οι μαθητές χωρίστηκαν σε 25 διμελείς ομάδες και μία τριμελή, έλαβαν φύλλο εργασίας και φύλλο αξιολόγησης και το πείραμα ολοκλήρωσαν με επιτυχία και οι 26 ομάδες.

Άτομα, και τα ιδρύματα από τα οποία προέρχονται, που βοήθησαν τόσο στον σχεδιασμό όσο και στην υλοποίηση της έρευνας,

- Αθανάσιος Βελέντζας, ΕΔΙΠ στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικής (ΣΕΜΦΕ), Τμήμα Φυσικής
- Παύλος Τζαμαλής, ΕΔΙΠ στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυσικής
- Παναγιώτης Λάζος, Φυσικός, Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ηλιούπολης

Επιστημονικό Πεδίο: **Mobile learning**

Θεωρητικό υπόβαθρο: Η χρήση των κινητών τηλεφώνων αλλά και των υπολογιστών ταμπλέτας (στο εξής Έξυπνες Κινητές Συσκευές-ΕΚΣ) έχει λάβει μεγάλη έκταση στην εκπαίδευση και ειδικότερα στη Φυσική ως μια εύκολη λύση για τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, μέσω των ποικίλων αισθητήρων που διαθέτουν όλες οι ΕΚΣ, καθώς και για την επιτόπου επεξεργασία αυτών των δεδομένων, τουλάχιστον σε ένα πρώτο επίπεδο. Η βιβλιογραφία γύρω από το θέμα είναι πολύ μεγάλη (για παράδειγμα Kuhn, 2013), αλλά τα περισσότερα άρθρα εντοπίζονται στη διατύπωση πειραματικών διατάξεων για την εκμετάλλευση των ΕΚΣ. Ένα ζήτημα που απασχολεί τον εκπαιδευτικό που διδάσκει τα μαθήματα των φυσικών επιστημών και επιθυμεί να ενσωματώσει στο μάθημά του τη χρήση των ΕΚΣ, είναι το παλιό αλλά πάντα επίκαιρο ζήτημα της ακρίβειας, δηλαδή, του πόσο κοντά είναι η μετρούμενη στην πραγματική τιμή και της αξιοπιστίας, δηλαδή, του πόσο κοντά είναι οι διαδοχικές μετρήσεις μεταξύ τους. Όπως, λοιπόν, αποτελεί πολύ σημαντικό στόχο χρησιμοποιώντας κλασικά μέσα σε κάθε εργαστήριο φυσικής να λαμβάνονται μετρήσεις των φυσικών μεγεθών τόσο με υψηλή ακρίβεια όσο και με μεγάλη αξιοπιστία, έτσι και στην περίπτωση χρήσης των ΕΚΣ οι απαιτήσεις καθίστανται παρόμοιες. Ένα δεύτερο ζήτημα σχετίζεται με τον καθορισμό των

ελάχιστων δυνατοτήτων καθώς και των χαρακτηριστικών που πρέπει να έχουν οι εφαρμογές (Apps) που θα χρησιμοποιηθούν στις ΕΚΣ προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι απαιτήσεις και να ικανοποιηθούν οι διδακτικοί στόχοι ενός εργαστηριακού μαθήματος φυσικής. Το ζήτημα είναι βιβλιογραφικά ανοικτό, καθώς σε κάθε άρθρο προτείνεται και κάποια διαφορετική εφαρμογή, αλλά και αρκετά περίπλοκο, με δεδομένη την πληθώρα των εφαρμογών που είναι διαθέσιμες, αλλά και τον γοργό ρυθμό με τον οποίο αυτές καθίστανται ξεπερασμένες από την πρόοδο της τεχνολογίας. Μια πρώτη απάντηση πιθανόν να είναι ότι σε ένα Δημόσιο Σχολείο θα πρέπει οι χρησιμοποιούμενες εφαρμογές να είναι διαθέσιμες δωρεάν (ελεύθερες εφαρμογές), να δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες μιας πρώτης επεξεργασίας των δεδομένων/μετρήσεων απευθείας στην οθόνη της ΕΚΣ, προκειμένου να έχει νόημα η επιτόπου ανατροφοδότηση των μαθητών και η κριτική τους στάση έναντι των αποτελεσμάτων, ενώ παράλληλα θα πρέπει να μπορούν να επιτύχουν ένα ικανοποιητικό ρυθμό δειγματοληψίας προκειμένου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε φαινόμενα που εξελίσσονται πολύ γρήγορα.

Ο τρόπος με τον οποίο θα ενσωματωθούν οι ΕΚΣ στην εκπαίδευση δεν έχει καθοριστεί ακόμα στην Ελλάδα. Στην περίπτωση όμως που υιοθετηθεί το μοντέλο BYOD-Bring Your Own Devices (Stavert, 2013) και οι μαθητές ενθαρρυνθούν να φέρουν και να χρησιμοποιήσουν τις συσκευές τους στο σχολείο, τότε η διαχείριση των ζητημάτων που τέθηκαν θα αποδειχθούν πολύ σημαντικά για την επιτυχή χρήση των ΕΚΣ στη σχολική τάξη.

Περίληψη: Στον πειραματισμό επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας επιτάχυνσης (επιταχυνσιόμετρο), διότι είναι ένας αισθητήρας που διαθέτουν όλα τα κινητά τηλέφωνα και υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός προτάσεων για την αξιοποίησή του (για παράδειγμα Vogt&Kuhn, 2014). Επίσης, επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί ένα από τα υποχρεωτικά πειράματα του προγράμματος σπουδών Φυσικής για την Α Λυκείου στα οποία ο αισθητήρας επιτάχυνσης χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ δύο επιφανειών. Η επιλογή του συγκεκριμένου πειράματος έγινε γιατί επιτρέπει και στις έξυπνες κινητές συσκευές (ΕΚΣ) να κινούνται κολλημένες πάνω στο ίδιο σώμα που εκτελεί μεταφορική κίνηση. Εφόσον κάποιος εκπαιδευτικός προτίθεται να χρησιμοποιήσει τον αισθητήρα επιτάχυνσης στο εργαστήριο είναι μάλλον προφανές ότι μπορεί να προτείνει την χρήση της ίδιας εφαρμογής, που αξιοποιεί εκπαιδευτικά αυτόν τον αισθητήρα, σε όλους τους μαθητές. Για το λόγο αυτό όλες οι ομάδες μαθητών αποφασίστηκε να χρησιμοποιήσουν για την μέτρηση της επιτάχυνσης, που θα οδηγήσει στον υπολογισμό του συντελεστή τριβής την ίδια εφαρμογή “sparkvue” (<https://www.pasco.com/sparkvue/>). Τα κριτήρια επιλογής της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι ότι:

- Διατίθεται δωρεάν για τις ΕΚΣ.
- Έχει την ίδια μορφή και χειρισμό στα δύο λειτουργικά συστήματα iOS και Android

- Δημιουργεί αυτόματα γραφικές παραστάσεις και επιτρέπει αφενός μεν το χειρισμό τους πάνω στη συσκευή, αφετέρου δε επιτρέπει την εξαγωγή των δεδομένων/αποτελεσμάτων σε υπολογιστικά φύλλα, όπως το excel ή το LoggerPro.
- Επιτρέπει αλλαγή τιμών δειγματοληψίας από σχετικά μικρές έως αρκετά μεγάλες (1KHz).

Στο συγκεκριμένο πείραμα που επιλέξαμε να πραγματοποιήσουν οι μαθητές απαιτείται και ο προσδιορισμός της γωνίας κλίσης κεκλιμένου επιπέδου. Η μέτρηση της γωνίας έγινε και αυτή με την χρήση των κινητών τηλεφώνων. Για τις κινητές συσκευές που διαθέτουν λογισμικό android, χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή πυξίδα-αλφάδι, ενώ για τις κινητές συσκευές που διαθέτουν λογισμικό iOS χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή surfacelevel.

Η ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ: Ο σκοπός του πειράματος είναι ο υπολογισμός του συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ ενός ξύλινου ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου και της έδρας της σχολικής τάξης. Αρχικά ανασηκώθηκε η μία πλευρά της έδρας και με τη βοήθεια κατάλληλου στηρίγματος που τοποθετήθηκε κάτω από αυτή, δημιουργήθηκε κεκλιμένο επίπεδο σταθερής γωνίας κλίσης φ . Στη συνέχεια τοποθετήθηκε και στερεώθηκε το επτά κινητό τηλέφωνο με το οποίο μέτρησε η κάθε ομάδα, πάνω σε ξύλινο συμπαγές ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο και με την χρήση της εφαρμογής “sparkvue” μετρήθηκε η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας g από κάθε ένα κινητό τηλέφωνο. Οι μετρήσεις της επιτάχυνσης της βαρύτητας πραγματοποιήθηκαν και καταγράφηκαν από τους μαθητές, αφού το ξύλινο ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, τοποθετήθηκε ακίνητο σε οριζόντιο επίπεδο. Ακολούθως, το ξύλο συγκρατήθηκε ακίνητο στην κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου και με τη χρήση των εφαρμογών “πυξίδα αλφάδι” ή surfacelevel (κατά περίπτωση, όπως ήδη αναφέρθηκε) καταγράφηκε η τιμή της γωνίας κλίσης φ που ανέγραφε κάθε ένα κινητό τηλέφωνο. Τέλος, το ξύλο αφέθηκε ελεύθερο να ολισθήσει στο κεκλιμένο επίπεδο και με τη βοήθεια της εφαρμογής “sparkvue” καταγράφηκε η τιμή της επιτάχυνσης σε συνάρτηση με το χρόνο. Η δειγματοληψία ρυθμίστηκε στη συχνότητα 1KHz.

Αν a η τιμή της επιτάχυνσης κατά την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση του ξύλου, αποδεικνύεται εύκολα ότι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\mu = \frac{g \cdot \eta \mu \varphi - a}{g \cdot \sigma \nu \nu \varphi} \quad (1)$$

Συμπεράσματα: Αν και η επεξεργασία των φύλλων αξιολόγησης είναι υπό εξέλιξη τα πρώτα ευρήματα είναι ότι λόγω της εξοικείωσης των μαθητών με την τεχνολογία οι μαθητές ολοκλήρωσαν γρήγορα και με απόλυτη επιτυχία τις μετρήσεις. Η αύξηση της ακρίβειας σε σχέση με ένα συμβατικό μετωπικό εργαστήριο τους προκάλεσε ενδιαφέρον όσο και τους εντυπωσίασε. Τα προβλήματα που εντοπίστηκαν σχετίζονται με την κατανόηση των εννοιών φυσικών ποσοτήτων.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Μέτρηση του συντελεστή τριβής ολίσθησης

Εισαγωγή

Διαθέτουμε ένα κομμάτι ξύλου σε σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου

και θέλουμε να υπολογίσουμε το συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ αυτού του ξύλου και της επιφάνειας ενός θρανίου. Όμως διαθέτουμε μόνο το κινητό μας τηλέφωνο το οποίο διαθέτει την εφαρμογή “Πυξίδα Αλφάδι” ή “Surface Level” για τα λειτουργικά συστήματα Android και iOS αντίστοιχα με την οποία μπορούμε να μετρήσουμε την γωνία κλίσης ως προς την οριζόντια διεύθυνση και την εφαρμογή “sparkvue” η οποία κατασκευάζει σε πραγματικό χρόνο το διάγραμμα της επιτάχυνσης με το χρόνο. Προτείνεται λοιπόν, συνοπτικά το παρακάτω πείραμα για τη μέτρηση του συντελεστή τριβής ολίσθησης:



Ανασηκώνουμε και στηρίζουμε ένα θρανίο προκειμένου να δημιουργήσουμε κεκλιμένο επίπεδο. Στη συνέχεια θα στερεώσουμε το κινητό πάνω στο ξύλο και θα το αφήσουμε να ολισθήσει. Με τη βοήθεια του κινητού και των εφαρμογών που προαναφέρθηκαν μπορούμε να μετρήσουμε τη γωνία κλίσης φ καθώς και την επιτάχυνση a . Γνωρίζοντας επιπλέον ότι $g = 9,8\text{m/s}^2$ μπορούμε να υπολογίσουμε τον ζητούμενο συντελεστή τριβής ολίσθησης με χρήση του τύπου:

$$\mu = \frac{g \eta \mu \varphi - a}{g \sigma \nu \nu \varphi} \quad (1)$$

Βήματα

1. Εξοικειωθείτε με τη λειτουργία των εφαρμογών του κινητού που αναφέρονται στην εισαγωγή όπως θα σας υποδείξει ο διδάσκων.
2. Δημιουργήστε ένα κεκλιμένο επίπεδο με το θρανίο σας και τη βοήθεια κάποιου στηρίγματος (π.χ. μιας καρέκλας). Στη συνέχεια στερεώστε με ταινία διπλής όψης (ή διπλώστε μια ταινία συσκευασίας) το κινητό πάνω στο ξύλο.

3. Τοποθετήστε το ξύλο πάνω στο θρανίο και κρατώντας το ακίνητο μετρήστε την γωνία κλίσης με χρήση της εφαρμογής “Πυξίδα Αλφάδι” ή “Surface Level” για τα λειτουργικά συστήματα Android και iOS αντίστοιχα

$\varphi = \dots\dots\dots$

4. Στη συνέχεια ένας μαθητής/μαθήτρια πρέπει να συγκρατήσει ακίνητο το ξύλο στο οποίο έχει προσαρμοστεί το κινητό στην κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου να θέσει την εφαρμογή “sparkvue” σε λειτουργία και πραγματοποιήσει τα παρακάτω βήματα στην εφαρμογή:

- 4.1. Να ξεκινήσει ένα νέο πείραμα μέτρησης της συνισταμένης επιτάχυνσης με γραφική παράσταση
- 4.2. Να ορίσει την δειγματοληψία του πειράματος σε 1kHz
- 4.3. Να ορίσει την ακρίβεια με την οποία εμφανίζεται η επιτάχυνση σε 0.01m/s^2
- 4.4. Να μηδενίσει την ένδειξη του αισθητήρα με το τηλέφωνο ακίνητο πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο
- 4.5. Να ξεκινήσει την καταγραφή της επιτάχυνσης και να αφήσει το ξύλο να ολισθήσει πάνω στο πλάγιο επίπεδο αφού βεβαιωθεί ότι κάποιος δεύτερος μαθητής/μαθήτρια έχει τα χέρια του στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου έτσι ώστε να συγκρατήσει το ξύλο.

5. Αφού σταματήσετε την καταγραφή της επιτάχυνσης, αποθηκεύστε τα δεδομένα του πειράματος σε αρχείο της μορφής «spklab» ονομάζοντάς το με τα ονόματά σας.

6. Μελετήστε το διάγραμμα επιτάχυνσης χρόνου που κατασκευάστηκε μέσω της εφαρμογής του κινητού κατά τη διάρκεια του πειράματος. Δώστε μία ερμηνεία της μορφής του διαγράμματος προσδιορίζοντας τόσο την περιοχή της κίνησης με σταθερή περίπου επιτάχυνση όσο και την περιοχή που το ξύλο ακινητοποιείται από τον δεύτερο μαθητή/μαθήτρια.

.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....

7. Επιλέξτε την περιοχή της γραφικής παράστασης που αντιστοιχεί στην ολίσθηση του αντικειμένου και βρείτε σε αυτή τη μέση τιμή της επιτάχυνσης.

$a = \dots\dots\dots$

8. Αποθηκεύστε τις αλλαγές στο αρχείο *.spklab (όπου να φαίνεται η επιλεγμένη περιοχή και η μέση τιμή της επιτάχυνσης)

9. Από τη σχέση (1) υπολογίστε το συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ του ξύλινου παραλληλεπίπεδου και του θρανίου.

$\mu = \dots\dots\dots$

Φύλλο αξιολόγησης (Συμπληρώνεται από τον εκπαιδευτικό για κάθε ομάδα εργασίας)

ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:

ΣΧΟΛΕΙΟ:

ΟΜΑΔΑ:

ΒΗΜΑ	ΒΑΘΜΟΣ 1-5	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
3. Υπολογισμός ϕ		
4.1. Νέο πείραμα		
4.2. Δειγματοληψία 1KHz		
4.3. Ακρίβεια $0,01\text{m/s}^2$		
4.4. Μηδενισμός ένδειξης		
4.5. Ξεκίνημα καταγραφής		
5. Αποθήκευση δεδομένων		
7. Εύρεση μέσης α		