

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

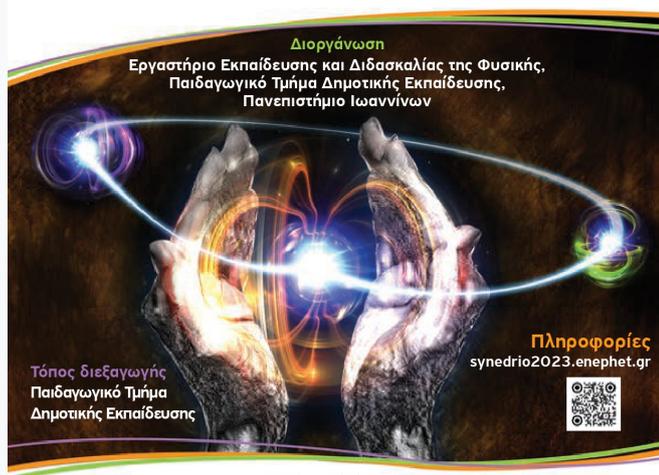
Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

13^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023



ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Γεώργιος Στύλος,

Γεωργία Βακάρου, Λεωνίδα Γαβριλάς, Δημήτρης Πανάγου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ



Ιωάννινα
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Αξιολόγηση των μαθητών του Λυκείου στη Φυσική με εργαστηριακή αναφορά. Μια περίπτωση εφαρμογής

Σεραφείμ Τσούκος, Παναγιώτης Λάζος, Αλέξανδρος Κατέρης, Παύλος Τζαμαλής, Αθανάσιος Βελέντζας

doi: [10.12681/codiste.6827](https://doi.org/10.12681/codiste.6827)

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΜΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ. ΜΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Σεραφείμ Τσούκος¹, Παναγιώτης Λάζος², Αλέξανδρος Κατέρης³, Παύλος Τζαμαλής⁴,
Αθανάσιος Βελέντζας⁵

¹Καθηγήτης Φυσικής, ²Πρότυπο Γυμνάσιο Αθηνών, ³Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης, Π.Τ.Δ.Ε.,
Ε.Κ.ΠΑ., ⁴Σύμβουλος Εκπαίδευσης ΠΕ04 Ανατολικής Αττικής, ⁵Ε.ΔΙ.Π., Εργαστήριο Φυσικής, Τμήμα
Βιοτεχνολογίας Γ.Π.Α., ⁵Ε.ΔΙ.Π., Σ.Ε.Μ.Φ.Ε., Ε.Μ.Π.

ptzamalis@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία περίπτωση εφαρμογής της αξιολόγησης των μαθητών με εργαστηριακή αναφορά, όπως προβλέπεται από το νέο Πρόγραμμα Σπουδών της Φυσικής του Λυκείου. Οι εργαστηριακές αναφορές πραγματοποιήθηκαν από μαθητές της Β' Λυκείου στο μάθημα της Φυσικής Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών κατά το πρώτο τετράμηνο του σχολικού έτους 2022-2023. Στην εφαρμογή συμμετείχαν 40 μαθητές ενός Προτύπου Λυκείου των Αθηνών και το θέμα της ήταν η διερεύνηση της απώλειας ενέργειας μεταξύ διαδοχικών αναπηδήσεων μιας μπάλας του μπάσκετ. Οι μαθητές, για να μετρήσουν τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των διαδοχικών κρούσεων της μπάλας με το δάπεδο χρησιμοποίησαν την ελεύθερη εφαρμογή rhyrbox την οποία είχαν προεγκαταστήσει σε μία έξυπνη κινητή συσκευή (ΕΚΣ).

Λέξεις κλειδιά: Εργαστήριο Φυσικής, Εργαστηριακή αναφορά, Έξυπνη κινητή συσκευή

ASSESSMENT OF HIGH SCHOOL STUDENTS IN PHYSICS WITH A LABORATORY REPORT. A CASE STUDY

Serafeim Tsoukos¹, Panagiotis Lazos², Alexandros Kateris³, Pavlos Tzamalis⁴, Athanasios
Velentzas⁵

¹ Physics Teacher, ²nd Experimental Junior High School of Athens, ³rd Laboratory Center of Natural
Sciences of Athens, Department of Pedagogy and Primary Education at the National & Kapodistrian
University of Athens, ⁴Consultant of Education in Natural Sciences in the prefecture of East Attiki ⁵Physics
Laboratory, Biotechnology Department Agricultural University of Athens, ⁵Physics Department, National
Technical University of Athens

ptzamalis@aua.gr

ABSTRACT

This paper presents the application of the assessment of students with a laboratory report as demanded by the new Lyceum Physics Curriculum. The laboratory reports were carried out by students of the second grade of Lyceum in the subject of the Physics Higher Level, during the first term of the 2022-2023 school year. The application involved 40 students of a Model Lyceum of Athens and its topic was the investigation of energy loss between successive bounces of a basketball. To measure the time intervals between successive impacts of the ball with the floor, the students used the free application phyphox which they had pre-installed on a smart mobile device.

Keywords: Physics Lab, Lab report, Smart mobile device

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τα Προγράμματα Σπουδών (ΠΣ), που θα εφαρμοστούν στην Ελλάδα τα επόμενα χρόνια, προτείνονται αλλαγές που να ενσωματώνουν τον υποχρεωτικό πειραματισμό τόσο στη διδασκαλία όσο και στην αξιολόγηση των μαθητών. Ειδικότερα στο Λύκειο, στο ΠΣ της Φυσικής (ΦΕΚ 5381/Β/19-11-2021) προβλέπεται υποχρεωτικός πειραματισμός και αξιολόγηση των μαθητών με εργαστηριακή αναφορά. Από τους πιο καινοτόμους τρόπους αξιοποίησης της επιστημονικής γραφής θεωρείται η σύνθεση, εκ μέρους των μαθητών, εκθέσεων που να είναι παρόμοιες με αυτές των επιστημονικών περιοδικών (Staer et al., 1998). Εκπονώντας τέτοιες αναφορές, οι μαθητές εισάγονται σε διαδικασίες της “τυπικής” επιστήμης. Για να παραχθούν οι αναφορές αυτές, οι μαθητές χρειάζονται σαφείς οδηγίες σχετικά με τα κριτήρια που αξιολογούνται αλλά και το επίπεδο της παρουσιάσής τους. Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην εποχή μας προωθεί την ανάπτυξη μεθόδων βασισμένων στη διερεύνηση με την ταυτόχρονη εξοικείωση των μαθητών σε επιστημονικές πρακτικές. Για να πετύχει τους στόχους της μία έρευνα των μαθητών, θα πρέπει να είναι διαχειρίσιμη από αυτούς τόσο στο επίπεδο των ιδεών όσο και σε αυτό του χειρισμού των υλικών (Χαλκιά, 2012). Σε αυτή την κατεύθυνση πολύτιμα εργαλεία αποτελούν οι Έξυπνες Κινητές Συσκευές (ΕΚΣ) εξοπλισμένες με ελεύθερες εφαρμογές (free apps) καθώς και τα απλά υλικά καθημερινής χρήσης. Ειδικότερα οι ΕΚΣ διαθέτουν αισθητήρες που μέσω ελεύθερων εφαρμογών παρέχουν την δυνατότητα λήψης μετρήσεων, επεξεργασίας, αποθήκευσης και διαμοιρασμού (Kateris et al., 2020· Tsoukos et al., 2021). Οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με τις ΕΚΣ και όπως δείχνει η έρευνα (Tzamalis et al., 2021), είναι σε θέση να τις χρησιμοποιούν με σχετική ευχέρεια προκειμένου να λαμβάνουν μετρήσεις, να τις αποθηκεύουν και να τις αποστέλλουν στους εκπαιδευτικούς ή στους συμμαθητές τους.

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται και αξιολογείται από την εκπαιδευτική σκοπιά μία διερευνητική δραστηριότητα κατά την οποία μαθητές πειραματίστηκαν με χρήση ΕΚΣ και εκπόνησαν ατομικές εργαστηριακές αναφορές.

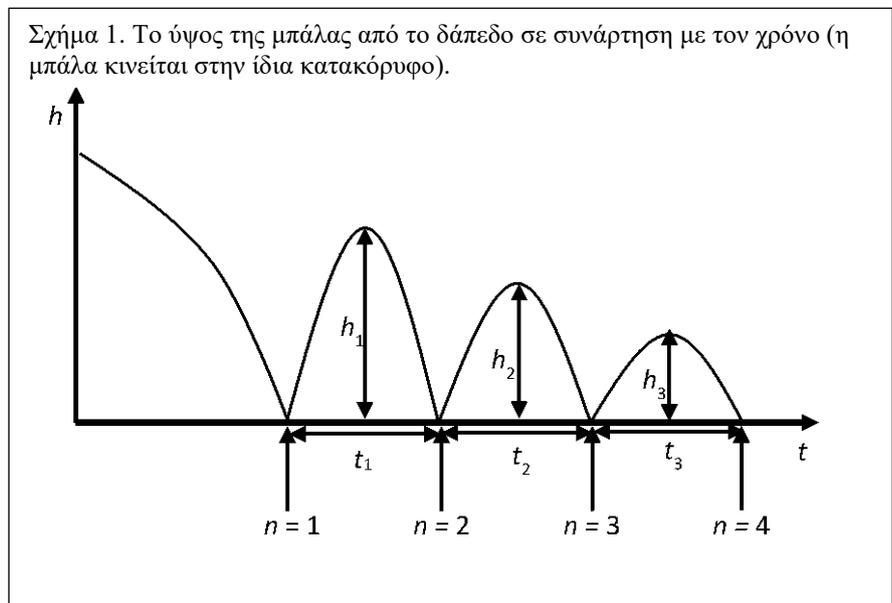
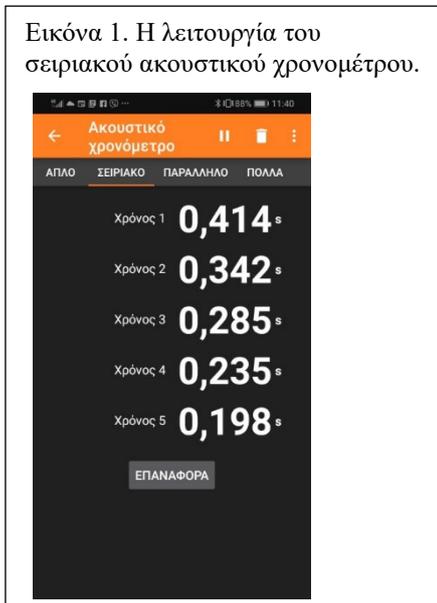
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η περιγραφή της εφαρμογής

Στην εφαρμογή συμμετείχαν σαράντα (40) μαθητές από δύο τμήματα Φυσικής Θετικού Προσανατολισμού της Β΄ Λυκείου ενός Προτύπου Λυκείου των Αθηνών. Κατά το στάδιο του πειραματισμού στο οποίο λήφθηκαν οι μετρήσεις, οι μαθητές εργάστηκαν σε δεκατέσσερις ομάδες συμπληρώνοντας ατομικό φύλλο εργασίας. Στη συνέχεια, οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά, λαμβάνοντας οδηγίες από τον εκπαιδευτικό σε

θέματα σχετικά με τη δομή της εργασίας αλλά και την επεξεργασία των μετρήσεων. Η ατομική εργασία οδήγησε σε εκπόνηση και κατάθεση εργαστηριακής αναφοράς λίγο πριν την ολοκλήρωση του πρώτου τετραμήνου (Ιανουάριος 2023).

Το θέμα του πειραματισμού ήταν η διερεύνηση της απώλειας ενέργειας μεταξύ διαδοχικών αναπηδήσεων μιας μπάλας του μπάσκετ και πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις αρχές της καθοδηγούμενης διερεύνησης (Κουμαράς, 2017). Συγκεκριμένα, δόθηκε στους μαθητές το πρόβλημα, στο οποίο δεν γνώριζαν την απάντηση, τα υλικά και η διαδικασία. Αφέθηκε, ωστόσο, ανοιχτό το μέρος της διαδικασίας που θα τους οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι το ποσοστό απώλειας μηχανικής ενέργειας είναι σταθερό. Τα υλικά για τον πειραματισμό ήταν μία μπάλα του μπάσκετ, μία μετροταινία, ένας ζυγός και μία έξυπνη κινητή συσκευή (ΕΚΣ) με εγκατεστημένη την ελεύθερη εφαρμογή rhyrbox. Οι μαθητές άφηναν από καθορισμένο ύψος την μπάλα του μπάσκετ να αναπηδήσει πάνω στο δάπεδο της αίθουσας διδασκαλίας και χρησιμοποιώντας την λειτουργία «Ακουστικό χρονόμετρο» με την επιλογή «Σειριακό» της εφαρμογής rhyrbox κατέγραφαν τα πέντε χρονικά διαστήματα μεταξύ των έξι πρώτων διαδοχικών κρούσεων της μπάλας με το δάπεδο (Εικόνα 1 & Σχήμα 1). Η λήψη των μετρήσεων ολοκληρωνόταν με τη ζύγιση της μπάλας.



Οι εργαστηριακές αναφορές

Οι μαθητές είχαν να εκπονήσουν εργαστηριακή αναφορά, με τη μορφή προβλέπει το ΠΣ, για πρώτη φορά. Θεωρήσαμε ως πρώτο βήμα, η εργασιακή αναφορά να δοθεί δομημένη στους μαθητές, με κάποια τμήματα συμπληρωμένα, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως πρότυπο για μελλοντικές εργαστηριακές αναφορές. Συγκεκριμένα η αναφορά περιείχε τα εδάφια:

1. Τίτλος
2. Γενική Περιγραφή
3. Θεωρία
4. Όργανα και υλικά
5. Πειραματική διαδικασία
6. Οι υπολογισμοί με βάση τη θεωρία
7. Τα ερευνητικά ερωτήματα

8. Λήψη πειραματικών μετρήσεων – Συμπλήρωση πινάκων

9. Ανάλυση αποτελεσμάτων – Απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα

10. Βιβλιογραφία Εργαστηριακής αναφοράς

Οι μαθητές είχαν κυρίως να συμπληρώσουν τα εδάφια 6,8,9 και αυτά ήταν τα οποία αξιολογήθηκαν. Με άλλα λόγια οι εργαστηριακές αναφορές που εκπόνησαν οι μαθητές είχαν μορφή ενός φύλλου εργασίας. Κατά τη φάση της επεξεργασίας των πειραματικών δεδομένων ζητήθηκε από τους μαθητές να εξάγουν κατάλληλες μαθηματικές σχέσεις ώστε με τα δεδομένα του πειραματισμού τους (μάζα της μπάλας και χρονικά διαστήματα μεταξύ διαδοχικών κρούσεων της μπάλας με το δάπεδο) και την επιτάχυνση της βαρύτητας να υπολογίσουν:

- α. το μέγιστο ύψος h στο οποίο φτάνει η μπάλα ανάμεσα σε δύο διαδοχικές κρούσεις με το δάπεδο,
- β. την μηχανική ενέργεια της μπάλας στη διάρκεια της κίνησης που εκτελεί ανάμεσα σε δυο διαδοχικές κρούσεις και
- γ. το επί τοις εκατό ποσοστό απωλειών της μηχανικής ενέργειας της μπάλας σε κάθε κρούση.

Στη συνέχεια οι μαθητές καλούνταν, αφού υπολογίσουν τα παραπάνω χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις τους, να συμπληρώσουν τους αντίστοιχους πίνακες (Πίνακες 1-3).

Πίνακας 1. Μέγιστο ύψος στο οποίο φτάνει η μπάλα

Μεταξύ 1 ^{ης} και 2 ^{ης} κρούσης h_1 (m)	Μεταξύ 2 ^{ης} και 3 ^{ης} κρούσης h_2 (m)	Μεταξύ 3 ^{ης} και 4 ^{ης} κρούσης h_3 (m)	Μεταξύ 4 ^{ης} και 5 ^{ης} κρούσης h_4 (m)	Μεταξύ 5 ^{ης} και 6 ^{ης} κρούσης h_5 (m)

Πίνακας 2. Μείωση της μηχανικής ενέργειας της μπάλας

2 ^η κρούση $E_1 - E_2$ (J)	3 ^η κρούση $E_2 - E_3$ (J)	4 ^η κρούση $E_3 - E_4$ (J)	5 ^η κρούση $E_4 - E_5$ (J)

Πίνακας 3. Το % ποσοστό της μείωση της μηχανικής ενέργειας της μπάλας

2 ^η κρούση $(E_1 - E_2)/E_1$	3 ^η κρούση $(E_2 - E_3)/E_2$	4 ^η κρούση $(E_3 - E_4)/E_4$	5 ^η κρούση $(E_4 - E_5)/E_4$

Τα ερωτήματα που κλήθηκαν να απαντήσουν οι μαθητές με βάση τους υπολογισμούς τους ήταν:

- A) Η απώλεια της μηχανικής ενέργειας της μπάλας από κρούση σε κρούση είναι ίδια, αυξάνεται ή μειώνεται;
- B) Υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ των επί τοις εκατό ποσοστών μείωσης της μηχανικής ενέργειας της μπάλας από κρούση σε κρούση;

Γ) Οι σχέσεις που διαπιστώσατε στα προηγούμενα ερωτήματα εξαρτώνται από το αρχικό ύψος που αφέθηκε η μπάλα;

Αξιολόγηση της εφαρμογής

Η προτεινόμενη εφαρμογή αξιολογήθηκε τόσο σε επίπεδο εργαστηριακής διαδικασίας της κάθε ομάδας μαθητών όσο και σε ατομικό επίπεδο από τις εργαστηριακές αναφορές που εκπονήθηκαν.

Η αξιολόγηση της εργαστηριακής διαδικασίας της ομάδας έγινε με βάση τη συμμόρφωση με τις οδηγίες, τη χρήση υλικών, το χειρισμό της ΕΚΣ και τη συνεργατικότητα, όπως προβλέπεται στο ΠΣ.

Η ατομική αξιολόγηση της συγγραφής έγινε με βάση την επεξεργασία των μετρήσεων, τα ευρήματα που προέκυψαν από την επεξεργασία και τα τελικά συμπεράσματα.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας ήταν (i) το κατά πόσο οι ομάδες των μαθητών ολοκλήρωσαν σωστά την λήψη των μετρήσεων, και (ii) κατά πόσο οι μαθητές, ατομικά, επεξεργάστηκαν τις μετρήσεις και οδηγήθηκαν σε συμπεράσματα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τους 40 μαθητές παρέδωσαν εργαστηριακή αναφορά οι 35. Από τα ευρήματα της εφαρμογής εξάγονται κάποια αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Αξιολόγηση της διαδικασίας του πειραματισμού

Οι ομάδες πραγματοποίησαν διαδοχικά το πείραμα σε αίθουσα όπου επικρατούσε ησυχία, όπως ήταν απαραίτητο για την λήψη των μετρήσεων με το ακουστικό χρονόμετρο. Τη διαδικασία επέβλεπαν δύο ερευνητές και από τις παρατηρήσεις τους προκύπτει ότι οι μαθητές:

- ακολούθησαν τις οδηγίες επακριβώς και ζήτησαν βοήθεια όποτε χρειάστηκε,
- ήταν προσεκτικοί στη χρήση της ΕΚΣ και των υλικών και χρησιμοποίησαν σωστά την εφαρμογή κατά τις μετρήσεις,
- μοιράστηκαν τις εργασίες και τις αρμοδιότητες, συζήτησαν και πήραν αποφάσεις συλλογικά.

Για την αξιολόγηση της διαδικασίας του πειραματισμού χρησιμοποιήθηκε ρουμπρικά αξιολόγησης με τους χαρακτηρισμούς: ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ, ΜΕΤΡΙΑ, ΕΠΑΡΚΗΣ και ΠΛΗΡΗΣ. Όλες οι ομάδες των μαθητών αξιολογήθηκαν με τον χαρακτηρισμό ΠΛΗΡΗΣ.

Αξιολόγηση των εξαγόμενων από τους μαθητές μαθηματικών σχέσεων

Ελέγχθηκαν οι μαθηματικές σχέσεις στις οποίες κατέληξαν και τις οποίες χρησιμοποίησαν οι μαθητές για να υπολογίσουν τα ζητούμενα μεγέθη (μέγιστο ύψος, απώλεια μηχανικής ενέργειας και ποσοστό απώλειας της μηχανικής ενέργειας της μπάλας μεταξύ διαδοχικών κρούσεων). Όπως προκύπτει οι 25 από τους 35 μαθητές (71%) απέδειξαν σωστά τις απαιτούμενες σχέσεις ενώ περίπου το 14% από αυτούς κατέγραψε τις σωστές σχέσεις χωρίς απόδειξη.

Αξιολόγηση των ευρημάτων που προέρχονται από την επεξεργασία των μετρήσεων.

Έγινε έλεγχος των υπολογισμών των μαθητών για το μέγιστο ύψος, την απώλεια μηχανικής ενέργειας και το ποσοστό απώλειας της μηχανικής ενέργειας της μπάλας μεταξύ διαδοχικών κρούσεων. Συγκεκριμένα αξιολογήθηκαν οι ατομικές εργαστηριακές αναφορές με έλεγχο α) των τιμών που υπολόγισαν οι μαθητές για τα προαναφερθέντα μεγέθη και β) του τρόπου καταγραφής των τιμών αυτών (στρογγυλοποίηση και αριθμός δεκαδικών ψηφίων). Ως προς το πρώτο κριτήριο διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές έκαναν σωστούς υπολογισμούς σε ποσοστό που κυμαίνεται από 60% έως 91% για τα ζητούμενα μεγέθη. Ως προς το δεύτερο κριτήριο παρατηρήθηκε ότι σχεδόν 50% των μαθητών κατέγραφε τις τιμές των ζητούμενων μεγεθών σωστά στρογγυλοποιημένες με την απαιτούμενη ακρίβεια. Το μέσο ποσοστό των μαθητών που κατέγραφε τις τιμές χρησιμοποιώντας μεγαλύτερο από το σωστό αριθμό δεκαδικών ψηφίων ήταν 35%, ενώ το υπόλοιπο 15% των μαθητών στρογγυλοποιούσε σε λιγότερα δεκαδικά ψηφία.

Αξιολόγηση στην απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων που αποτελούν τα συμπεράσματα των μαθητών.

Στο ερευνητικό ερώτημα για την εξέλιξη της απώλειας της μηχανικής ενέργειας της μπάλας από κρούση σε κρούση οι μαθητές απάντησαν σωστά σε ποσοστό 77% ότι συνεχώς μειώνεται, ενώ το 11,5% των μαθητών απάντησε ότι υπάρχει αυξομείωση. Το υπόλοιπο 11,5% των μαθητών δεν απάντησε ή απάντησε για την μηχανική ενέργεια της μπάλας και όχι για την απώλειά της.

Στο ερευνητικό ερώτημα για την εξέλιξη του ποσοστού μείωσης της μηχανικής ενέργειας της μπάλας από κρούση σε κρούση οι μαθητές απάντησαν σε ποσοστό 43% ότι παραμένει σταθερό και αποδίδουν μικρές διαφορές σε πειραματικά σφάλματα. Το 37% των μαθητών, αδυνατώντας προφανώς να εκτιμήσει τη στατιστικά μη σημαντική διαφορά μεταξύ των ποσοστών μείωσης της μηχανικής ενέργειας, απάντησε ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ τους. Το 11,5% μαθητών δεν απάντησε στο ερώτημα, ενώ οι υπόλοιποι μαθητές έδωσαν απάντηση που δεν προκύπτει από τα πειραματικά τους ευρήματα.

Στο τελευταίο ερευνητικό ερώτημα για την συσχέτιση των απαντήσεων στα προηγούμενα ερωτήματα με το αρχικό ύψος από το οποίο αφέθηκε η μπάλα, το 54% των μαθητών απάντησε ότι δεν υπάρχει συσχέτιση ενώ το 26% απάντησε ότι οι απαντήσεις εξαρτώνται από το αρχικό ύψος της μπάλας. Το υπόλοιπο 20% δεν απάντησε. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μαθητές δεν επανέλαβαν το πείραμα από διαφορετικά αρχικά ύψη αλλά έπρεπε να απαντήσουν το συγκεκριμένο ερώτημα παρατηρώντας ότι το ανώτατο ύψος μετά από κάθε κρούση μπορεί να θεωρηθεί ως αρχικό ύψος για τη συνέχεια του φαινομένου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο υποχρεωτικός πειραματισμός και η αξιολόγηση των μαθητών με εργαστηριακή αναφορά, θεωρούνται καινοτόμα στοιχεία στο νέο ΠΣ Φυσικής Λυκείου. Η ενσωμάτωση του υποχρεωτικού πειραματισμού στην εκπαιδευτική/διδακτική διαδικασία απαιτεί πολύ καλό σχεδιασμό και συστηματική παρακολούθηση από τον εκπαιδευτικό. Στο παράδειγμα της εφαρμογής που περιγράφει η παρούσα έρευνα, ο σχεδιασμός έγινε έτσι ώστε οι μαθητές να διερευνήσουν ένα πρόβλημα στο οποίο δεν γνωρίζουν την απάντηση και η φάση της εργασίας σε ομάδες για τη λήψη των μετρήσεων να διαρκέσει μία διδακτική ώρα. Η χρήση της ΕΚΣ έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην γρήγορη και υψηλής ακρίβειας λήψη μετρήσεων χρόνου. Δυσκολίες παρουσιάστηκαν στην απόδειξη των κατάλληλων μαθηματικών σχέσεων, στη στρογγυλοποίηση των τιμών που υπολόγιζαν οι μαθητές, και στην πλήρη και τεκμηριωμένη απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων. Αυτές οι δυσκολίες

αποδίδονται στο γεγονός ότι οι μαθητές έγραφαν εργαστηριακή αναφορά για πρώτη φορά αλλά και σε πιθανές εννοιολογικές παρανοήσεις.

Οι μαθητές είχαν να συμπληρώσουν για πρώτη φορά μια εργαστηριακή αναφορά και για το λόγο αυτό προτιμήθηκε να τους δοθεί, ως πρώτο βήμα και ως πρότυπο για μελλοντική τους εργασία, μια δομημένη αναφορά με κάποια τμήματα συμπληρωμένα. Συνεπώς, στην παρούσα εργασία αξιολογήθηκαν μόνο τα βήματα της διερεύνησης που είχαν να κάνουν οι μαθητές και δεν αξιολογήθηκε η ικανότητα δόμησης μιας εργαστηριακής αναφοράς. Πιστεύουμε ότι και κατά την εφαρμογή της πρόβλεψης του ΠΣ για εκπόνηση εργαστηριακής αναφοράς καλό είναι να ακολουθηθεί η λογική της σταδιακής μείωσης της καθοδήγησης ώστε οι μαθητές να είναι ικανοί να γράφουν μία ολοκληρωμένη εργαστηριακή αναφορά. Πιθανή επέκταση της παρούσας έρευνας θα μπορούσε να είναι η αξιολόγησης της ικανότητας των μαθητών να γράφουν μια εργαστηριακή αναφορά αφού εξοικειωθούν με την συμπλήρωση ημιδομημένων εργαστηριακών αναφορών με συνεχή μείωση του βαθμού καθοδήγησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κουμαράς Π. (2017) *Διδάσκοντας Φυσική αύριο*. QUTENBERG

Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκης.

Kateris, A., Lazos, P., Tsoukos, S., Tzamalīs, P. & Velentzas, A. (2020). Possible Technical Problems Encountered by the Teachers in the Incorporation of Mobile Phone Sensors in the Physics Lab. *European Journal of Physics Education*, 11(2), 5-23.

Staer, H., Goodrum, D., & Hackling, M. (1998). High School Laboratory Work in Western Australia: Openness to Inquiry. *Research in science education*, 28(2), 219-228. <https://doi.org/10.1007/BF02462906>

Tsoukos, S., Lazos, P., Tzamalīs, P., Kateris, A., & Velentzas, A. (2021). How Effectively Can Students' Personal Smartphones be Used as Tools in Physics Labs? *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*. 15(14), 55-71. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i14.22375>

Tzamalīs, P., Kateris, A., Lazos, P., Tsoukos, S., & Velentzas, A. (2021). An educational proposal for students' experimentation in a distance learning environment. *Physics Education*, 56(6), 065010. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac1c49>