

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



Οι αντιλήψεις πρωτοετών φοιτητών Φυσικής για την ποιότητα των πειραματικών μετρήσεων

Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος, Γεώργιος Στύλος,
Δημήτρης Πανάγου, Κωνσταντίνος Κώτσης

doi: [10.12681/codiste.6809](https://doi.org/10.12681/codiste.6809)

ΟΙ ΑΝΤΙΑΛΗΨΕΙΣ ΠΡΩΤΟΕΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος¹, Γεώργιος Στύλος¹, Δημήτρης Πανάγου², Κωνσταντίνος Κώτσης³

¹ΕΔΙΠ ΠΤΔΕ Παν. Ιωαννίνων, Υποψ. Διδάκτορας² ΠΤΔΕ Παν. Ιωαννίνων, ³Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Ιωαννίνων

kgeorgop@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία διερευνά τις αντιλήψεις 70 πρωτοετών φοιτητών/τριών του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με την αξιοπιστία των πειραματικών δεδομένων και ειδικότερα για την ανάγκη λήψης επαναληπτικών μετρήσεων καθώς και τις επιπτώσεις του εύρους της μέτρησης που σχετίζεται με τα δεδομένα. Το ερευνητικό εργαλείο αποτελείται από 6 σενάρια εργασίας (ανοικτού τύπου ερωτήσεις). Οι απαντήσεις τους κατηγοριοποιήθηκαν σε δύο ομάδες: Το «πρότυπο σημείου» (Point paradigm) και το πρότυπο ομάδων σημείων (set paradigm). Τα αποτελέσματα της έρευνας αναδεικνύουν πως οι ακολουθούμενες διαδικασίες και οι αιτιολογήσεις των φοιτητών/τριών σχετικά με τις πειραματικές μετρήσεις και τη σύγκριση συνολικά των δεδομένων χαρακτηρίζονται, κυρίως, από την αντίληψη του «πρότυπου σημείου»

Λέξεις κλειδιά: αντιλήψεις, μετρήσεις, Φυσική

FIRST-YEAR PHYSICS STUDENTS' PERCEPTIONS OF THE QUALITY OF EXPERIMENTAL MEASUREMENTS

Konstantinos Georgopoulos¹, Georgios Stylos¹, Dimitris Panagou², Konstantinos Kotsis³

¹Laboratory Teaching Staff Department of Primary Education University of Ioannina, PhD Students Department of Primary Education University of Ioannina², ³Professor Department of Primary Education University of Ioannina

kgeorgop@uoi.gr

ABSTRACT

This paper explores the perceptions of 70 first-year students of the Physics Department regarding the reliability of experimental data, particularly the need to take repeated measurements and the implications of the range associated with the data. The research tool consists of 6 working scenarios (open-ended questions) in which respondents select and justify how student groups work (in cartoon form) in recording, processing and analyzing experimental data. Their responses were categorized into two groups: The "point paradigm" and the "set paradigm". The survey results indicate that the procedures followed and the students' justifications regarding the experimental measurements and the comparison of the data as a whole are mainly characterized by the perception of the "point paradigm".

Keywords: perceptions, measurement, physics

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκμάθηση της επιστημονικής διερεύνησης θεωρείται ευρέως ως ένας σημαντικός στόχος της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών, παράλληλα με την απόκτηση της επιστημονικής γνώσης και κατανόησης από τους μαθητές. Έτσι, τα αναλυτικά προγράμματα δεν έχουν στόχο να διδάξουν στους μαθητές μόνο το αποδεκτό επιστημονικό περιεχόμενο, αλλά και την κατανόηση των χαρακτηριστικών και των διαδικασιών της επιστημονικής διερεύνησης (Kanari & Millar, 2004). Επίσης, ένα μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας περιγράφει τις εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών σε διάφορες περιοχές της Φυσικής. Όμως το μεγαλύτερο τμήμα, αφορά τη δηλωτική γνώση και λιγότερο τις αντιλήψεις των φοιτητών σχετικά με το «κάνω φυσική» (π.χ. διαδικαστική κατανόηση στο πλαίσιο του πειραματισμού) (Lubben et al., 2001). Ο σκοπός των εισαγωγικών εργαστηριακών μαθημάτων Φυσικής είναι τόσο η κατανόηση εννοιών, φαινομένων, σχέσεων και θεωριών όσο και η ανάπτυξη γνώσεων οι οποίες αφορούν το σχεδιασμό επιστημονικών διερευνήσεων, την επεξεργασία των δεδομένων και την αξιοποίηση τους για την εξαγωγή των συμπερασμάτων (Buffler et al., 2001).

Η κατανόηση των μετρήσεων παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανόηση της φύσης των Φυσικών Επιστημών που αποτελεί ένα από τους κεντρικούς στόχους της διδασκαλίας τους (Caussarieu & Tiberghien, 2017). Παρά τη σημασία του να γνωρίζουμε πώς να εξετάζουμε τα λάθη και τις αβεβαιότητες στις επιστημονικές μετρήσεις, αυτή είναι μια περιοχή που έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί πρόκληση για τους μαθητές (Eshach & Kukliansky, 2018). Η πλειοψηφία των φοιτητών εισέρχονται στο πανεπιστήμιο με απόψεις για τις επιστημονικές μετρήσεις που βασίζονται στην αντίληψη ότι μια μέτρηση θα επιφέρει ένα ακριβές αποτέλεσμα (Etkina et al., 2006; Evangelinos et al., 2002; Kung & Linder, 2006). Επίσης, ανάμεσα σε ένα πλήθος ποσοτικών δεδομένων συνήθως επιλέγουν τη μέτρηση που επαναλαμβάνεται και χρησιμοποιούν τη φράση «ανθρώπινο λάθος» για να ερμηνεύσουν τις μη αναμενόμενες μετρήσεις (Allie et al., 2003).

Έρευνες έχουν δείξει ότι οι φοιτητές που έχουν ολοκληρώσει εργαστηριακά μαθήματα φυσικής, δεν αναγνωρίζουν την αξία της φύσης των επιστημονικών ενδείξεων και ιδιαίτερα τον κεντρικό ρόλο της αβεβαιότητας στην πειραματική μέτρηση (Allie et al., 2003). Οι Buffler et al. (2001) κατηγοριοποίησαν τις αντιλήψεις των μαθητών σε δύο κατηγορίες: το «πρότυπο σημείου» (point paradigm) και το «πρότυπο ομάδων σημείων» (set paradigm) (Buffler et al., 2001). Το «πρότυπο σημείου» χαρακτηρίζεται από την αντίληψη ότι η κάθε μέτρηση είναι αξιόπιστη και δεν συνδέεται με τις άλλες μετρήσεις. Το «πρότυπο ομάδων σημείων» θεωρεί την κάθε μέτρηση μια καταγραφή – απεικόνιση της πραγματικής μέτρησης που ταυτόχρονα εμφανίζει μια απόκλιση που ακολουθεί μια τυχαία κατανομή.

Στο πλαίσιο αυτό η προσέγγιση της πραγματικής τιμής προκύπτει με κατάλληλο συνδυασμό των επί μέρους μετρήσεων, που αξιοποιεί τις μαθηματικές έννοιες μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Συγκρίνοντας τις δύο προσεγγίσεις το «πρότυπο σημείου» θεωρεί ότι η κάθε μέτρηση δεν εμφανίζει πειραματικό σφάλμα, ενώ το «πρότυπο ομάδων σημείων» θεωρεί δεδομένη την αβεβαιότητα της μέτρησης (πειραματικό σφάλμα) και προσπαθεί να την ελαχιστοποιήσει με την βοήθεια των αντίστοιχων εργαλείων.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της κατανόησης πρωτοετών φοιτητών του Τμήματος Φυσικής για τη συλλογή, την επεξεργασία και την ερμηνεία πειραματικών δεδομένων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

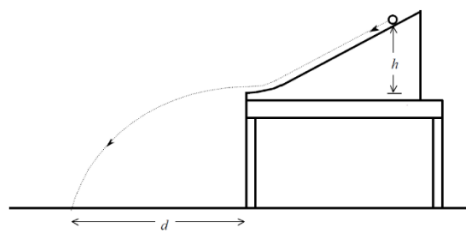
Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 70 πρωτοετείς φοιτητές/τριες του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Οι φοιτητές/τριες κατά τη διάρκεια του πρώτου εξαμήνου έχουν παρακολουθήσει

το μάθημα «Στοιχεία Πιθανοτήτων και Στατιστικής» το οποίο παρέχει στο φοιτητή γνώσεις για την επεξεργασία και ανάλυση των πειραματικών δεδομένων.

Το ερευνητικό εργαλείο

Το ερευνητικό εργαλείο αποτελείται από 6 ερωτήσεις (σενάρια εργασίας), που βασίζονται στο ερευνητικό εργαλείο των Allie et al. (1998). Οι φοιτητές/τριες των σεναρίων σε μορφή κόμικς εργάζονται σε ομάδες εργασίας και όλα τα σενάρια συνδέονται με την ακόλουθη εργαστηριακή διάταξη (Σχήμα 1): «Ένα ξύλινο κεκλιμένο επίπεδο βρίσκεται στην άκρη του τραπεζιού. Μία μπάλα αφήνεται από ύψος h πάνω από το τραπέζι όπως φαίνεται στο σχήμα. Η μπάλα εγκαταλείπει το κεκλιμένο επίπεδο οριζόντια και προσγειώνεται στο πάτωμα σε απόσταση d από την άκρη του τραπεζιού. Ειδικό χαρτί είναι τοποθετημένο στο πάτωμα πάνω στο οποίο η μπάλα αφήνει ένα σημάδι μόλις προσγειώνεται. Οι φοιτητές/τριες θα πρέπει να διερευνήσουν τη συσχέτιση της απόστασης d με το ύψος h , με τη βοήθεια μετροταινίας».

Σχήμα 1. Η εργαστηριακή διάταξη



Η έρευνα μελετά τον τρόπο εργασίας των φοιτητών/τριών στην καταγραφή, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων, με αιτιολόγηση της απάντησής τους.

Η κωδικοποίηση των απαντήσεων

Η αρχική κωδικοποίηση των απαντήσεων πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ένα αλφαριθμητικό σχήμα το οποίο αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε από τους Allie et al. (1998), ενώ η τελική κωδικοποίηση βασίστηκε στην αρχική κωδικοποίηση μέσω της οποίας προέκυψαν δύο κατηγορίες: Το «πρότυπο σημείου» (Point paradigm) και το πρότυπο ομάδων σημείων (set paradigm) (Buffler et al., 2001).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σκοπός επανάληψης μετρήσεων

Για την κωδικοποίηση των απαντήσεων φοιτητών/τριών στην καταγραφή δεδομένων με τη διαδικασία των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων του ίδιου αναμενόμενου αποτελέσματος, χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά σενάρια. Σε καθένα από αυτά οι φοιτητές/τριες επιλέγουν την απάντησή τους και την δικαιολογούν.

Το Πρώτο Σενάριο συνδέεται με την επανάληψη των μετρήσεων της απόστασης:

Το πρώτο έργο είναι να υπολογίσουν το d όταν το ύψος είναι $h = 400 \text{ mm}$. Μια ομάδα αφήνει την μπάλα από αυτό το ύψος και μετρά την απόσταση $d=436 \text{ mm}$. Η παρακάτω συζήτηση λαμβάνει χώρα:

Νομίζω πως θα έπρεπε να αφήσουμε την μπάλα μερικές ακόμα φορές από το ίδιο ύψος και να μετρήσουμε το d κάθε φορά



A

Γιατί; Έχουμε το αποτέλεσμα έτοιμο. Δεν χρειάζεται να αφήσουμε ξανά την μπάλα



B

Νομίζω πως θα έπρεπε να αφήσουμε την μπάλα μία ακόμα φορά από το ίδιο ύψος και να μετρήσουμε το d



C

Με ποιον από τους παραπάνω συμφωνείτε; Δικαιολογήστε την απόφασή σας.

Το Δεύτερο Σενάριο σχετίζεται με την διαφορετική ανάγνωση δύο συνεχόμενων μετρήσεων απόστασης:

Έχει δοθεί στους φοιτητές ένα χρονόμετρο και τους έχει ζητηθεί να μετρήσουν τον χρόνο που απαιτείται για να φτάσει από την άκρη του τραπεζιού μέχρι το πάτωμα, αφού το αφήσουν από ύψος $h=400\text{mm}$. Η παρακάτω συζήτηση ακολουθεί:

A: Μπορούμε να αφήσουμε την μπάλα μια φορά από ύψος $h=400\text{mm}$ και να μετρήσουμε τον χρόνο. Μια φορά αρκεί.

B: Ας αφήσουμε την μπάλα δύο φορές από ύψος $h=400\text{mm}$ και θα μετρήσουμε τον χρόνο για κάθε περίπτωση

Γ: Νομίζω ότι πρέπει να αφήσουμε την μπάλα περισσότερες από δύο φορές από $h=400\text{mm}$ και να μετρήσουμε τον χρόνο σε κάθε περίπτωση

Η παρακάτω συζήτηση ακολουθεί:

A: Ξέρουμε αρκετά. Δεν χρειάζεται να επαναλάβουμε τη μέτρηση

B: Πρέπει να αφήσουμε την μπάλα άλλη μια φορά

Γ: Δεν είναι αρκετές! Πρέπει να αφήσουμε την μπάλα αρκετές φορές

Με ποιο (A ή B ή Γ) από το παραπάνω συμφωνείτε; Δικαιολογήστε την απόφασή σας.

Το Τρίτο Σενάριο συνδέεται με επαναληπτικές μετρήσεις του χρόνου:

Έχει δοθεί στους φοιτητές ένα χρονόμετρο και τους έχει ζητηθεί να μετρήσουν τον χρόνο που απαιτείται για να φτάσει από την άκρη του τραπεζιού μέχρι το πάτωμα, αφού το αφήσουν από ύψος $h=400\text{mm}$.

Η παρακάτω συζήτηση ακολουθεί:

A: Μπορούμε να αφήσουμε την μπάλα μια φορά από ύψος $h=400\text{mm}$ και να μετρήσουμε τον χρόνο. Μια φορά αρκεί.

B: Ας αφήσουμε την μπάλα δύο φορές από ύψος $h=400\text{mm}$ και θα μετρήσουμε τον χρόνο για κάθε περίπτωση

Γ: Νομίζω ότι πρέπει να αφήσουμε την μπάλα περισσότερες από δύο φορές από $h=400\text{mm}$ και να μετρήσουμε τον χρόνο σε κάθε περίπτωση

Τα περιγραφικά αποτελέσματα που δείχνουν τη σύνοψη των απαντήσεων των φοιτητών/τριών στα τρία σενάρια παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Σύνοψη των απαντήσεων των φοιτητών/τριών στα τρία σενάρια

Κατηγορία	Περιγραφή	Επανάληψη μετρήσεων αποστάσεων (EMA) – 1 (%)	Επανάληψη μετρήσεων αποστάσεων (EMA) – 2 (%)	Επανάληψη μετρήσεων χρονικού διαστήματος (EMX) -7 (%)
K1	Δεν χρειάζονται άλλες επαναλήψεις	8.6	2.9	1.9
K2	Η επανάληψη των μετρήσεων παρέχει εξάσκηση προκειμένου να βελτιωθεί η διαδικασία μετρήσεων	12.9	11.5	13.6
K3	Οι επαναλήψεις χρειάζονται ώστε να βρούμε την επαναλαμβανόμενη μέτρηση	12.9	14.3	12.9
K4	Οι επαναλήψεις χρειάζονται ώστε να βελτιώσουμε την ακρίβεια	27.1	25.7	29.4
K5	Οι επαναλήψεις χρειάζονται ώστε να εξακριβώσουμε τον μέσο όρο	12.9	17.1	17.7
K6	Οι επαναλήψεις χρειάζονται ώστε να εξακριβώσουμε το εύρος	1.4	4.2	1.6
K0	Μη κωδικοποιήσιμη	24.2	24.3	22.9

Στη συνέχεια δίνονται παραδείγματα από τις απαντήσεις των φοιτητών/τριών που κωδικοποιούνται σύμφωνα με τις κατηγορίες του Πίνακα 1.

Κατηγορία K1: Σε αυτή την κατηγορία, οι φοιτητές/τριες δεν βλέπουν κανέναν σκοπό στην επανάληψη των μετρήσεων και αναφέρουν ότι:

Φ 23 / Ερώτηση 2 – K1: Οι μετρήσεις είναι περίπου ίδιες, άρα δεν χρειάζεται άλλη φορά. Δεν είναι δυνατές οι ακριβείς μετρήσεις. (EMA) - 2

Κατηγορία K2: Σε αυτή την κατηγορία, οι φοιτητές/τριες θεωρούν ότι απαιτείται επανάληψη προκειμένου να εξασκηθεί και να τελειοποιηθεί η μεμονωμένη μέτρηση και αναφέρουν ότι :

Φ 10 / Ερώτηση 1 – K2: Όσο πιο πολλές φορές επαναληφθεί το πείραμα είμαστε πιο σίγουροι ότι δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποιο λάθος κατά τη μέτρηση. (EMA) - 1

Κατηγορία K3: Σε αυτή την κατηγορία, οι φοιτητές/τριες θεωρούν ότι απαιτούνται επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για να βρεθεί μια επαναλαμβανόμενη τιμή, η οποία στη συνέχεια εκλαμβάνεται ως η σωστή τιμή και αναφέρουν ότι:

Φ 49 / Ερώτηση 1 – K3: Όσο περισσότερες μετρήσεις έχουμε για κάθε ύψος τόσο πιο σίγουροι θα είμαστε για το αποτέλεσμα αφού θα συγκρίνουμε τις μετρήσεις μεταξύ τους και θα καταλάβουμε ποια είναι σωστή και σε ποια ίσως έγινε κάποιο λάθος κατά τη μέτρηση μας. (EMA) - 1

Κατηγορία K4: Σε αυτή την κατηγορία, οι φοιτητές/τριες κάνουν μια πολύ γενική αναφορά στην επανάληψη προκειμένου να αυξηθεί η ακρίβεια. Συνήθως οι απαντήσεις τους συνδέονται με τον σκοπό για μια ενιαία «πραγματική» ή «αληθινή» τιμή, υποδηλώνοντας έλλειψη εκτίμησης της εγγενούς διακύμανσης στα πειραματικά δεδομένα και αναφέρουν:

Φ 17 / Ερώτηση 1 – K4: Όσο περισσότερες φορές επαναληφθεί η μέτρηση τόσο πιο σίγουροι μπορούμε να είμαστε για την τιμή της απόστασης d, αλλά και για την ακρίβεια της μέτρησης και το μέγεθος των σφαλμάτων. (EMA) - 1

Κατηγορία K5: Σε αυτή την κατηγορία, οι φοιτητές/τριες εστιάζουν σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις προκειμένου να υπολογιστεί μια μέση τιμή. Ειδικότερα, ένα ποσοστό αυτών των φοιτητών/τριών υποδεικνύει ότι η λήψη του μέσου όρου αντισταθμίζει τα τυχαία σφάλματα σε μεμονωμένες μετρήσεις. Σαν παράδειγμα αναφέρεται:

Φ 54 / Ερώτηση 1 – K5: Πρέπει να αφήσουν την μπάλα από το ίδιο σημείο, διότι στη μέτρηση του d υπάρχουν σφάλματα και υπολογίζοντας το μέσο όρο όλων των μετρήσεων θα έχουν πιο ακριβή τιμή. (EMA) - 1

Κατηγορία K6: Σε αυτή την κατηγορία, οι φοιτητές/τριες εστιάζουν ότι απαιτούνται επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για τη βελτίωση της διασποράς των μετρήσεων και αναφέρουν:

Φ56 / Ερώτηση 1 – Κ6: Πρέπει το πείραμα να επαναληφθεί αρκετές φορές, επειδή υπάρχει πιθανότητα τυχαίου σφάλματος. Ο πειραματιστής θα διαβάσει πιθανότατα ελάχιστα διαφορετικό αποτέλεσμα. Στη συνέχεια, θα βρεθεί η μέση τιμή και το σφάλμα αυτής, ώστε να είναι γνωστή η διασπορά των τιμών γύρω από αυτήν. Όσες περισσότερες φορές επαναλαμβάνεται το πείραμα, τόσο περισσότερο μειώνεται το τυχαίο σφάλμα. (ΕΜΑ) - 1

Κατηγορία Κ0: Σε αυτή την κατηγορία, περιλαμβάνονται μη κωδικοποιημένες απαντήσεις, όπως:

Φ05 / Ερώτηση 1 – Κ0: Υπάρχει η αντίσταση του αέρα και κάθε φορά το σώμα αποκτά διαφορετική επιτάχυνση ώστε να προσγειώνεται σε διαφορετικά σημεία. (ΕΜΑ) - 1

Φ05 / Ερώτηση 7 – Κ0: Ο χρόνος αντίδρασης των ατόμων που πατούν το χρονόμετρο είναι διαφορετικός, άρα θα πρέπει να γίνουν πολλές μετρήσεις. (ΕΜΧ) - 7

Τα αποτελέσματα των συχνοτήτων για τις απαντήσεις των φοιτητών/τριών στα ανωτέρω σενάρια με τη χρήση των όρων «πρότυπο σημείου» (Point paradigm) και το «πρότυπο ομάδων σημείων» (set paradigm), εμφανίζονται στον Πίνακα 2. Σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 2 παρατηρούμε ότι 4 στους 10 φοιτητές/τριες χρησιμοποιούν το «πρότυπο ομάδων σημείων» και 1 στους τρεις το «πρότυπο σημείου».

Πίνακας 2: Σύνοψη των απαντήσεων των φοιτητών/τριών στα τρία σενάρια, με εφαρμογή των όρων «πρότυπο σημείου» (Point paradigm) και «πρότυπο ομάδων σημείων» (set paradigm).

Περιγραφή	Επανάληψη μετρήσεων αποστάσεων (ΕΜΑ) – 1 (%)	Επανάληψη μετρήσεων αποστάσεων (ΕΜΑ) – 2 (%)	Επανάληψη μετρήσεων χρονικού διαστήματος (ΕΜΧ) - 7 (%)
Πρότυπο σημείου (Κ1+Κ2+Κ3)	34.9	28.4	28.4
Πρότυπο ομάδων σημείων (Κ4+Κ5+Κ6)	41.8	47.3	48.7
Μη κωδικοποιήσιμη	24.3	24.3	22.9

Εύρος και σύγκριση σετ (ομάδων-συνόλων) δεδομένων

Εύρος και σύγκριση δεδομένων: Ισοδύναμοι Μέσοι όροι - Διαφορετικό Εύρος (ΙΜΟ-ΔΕ)

Για την κωδικοποίηση των απαντήσεων φοιτητών/τριών στη σύγκριση και απόκλιση των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά σενάρια. Το πρώτο σενάριο διαπραγματεύεται τη Σύγκριση Μετρήσεων με Ισοδύναμους Μέσους όρους αλλά Διαφορετικού Εύρους (ΙΜΟ-ΔΕ):

Δύο ομάδες φοιτητών συγκρίνουν τα αποτελέσματα για την απόσταση d.

Τα αποτελέσματα των πέντε επαναλήψεων φαίνεται στον διπλανό πίνακα. Η παρακάτω συζήτηση ακολουθεί:

Α: Τα αποτελέσματα μας είναι καλύτερα. Είναι όλα μεταξύ 424mm και 444mm. Τα δικά σας κυμαίνονται από 410mm έως 460mm.

Β: Τα αποτελέσματα μας είναι καλά όσο τα δικά σας. Ο μέσος όρος ίδιος όπως ο δικός σας. Και οι δύο έχουμε μέσο όρο 435mm για το d.

Γ: Νομίζω ότι τα αποτελέσματα της ομάδας Β είναι καλύτερα από τα αποτελέσματα της Α ομάδας.

	Ομάδα Α	Ομάδα Β
Επαναλήψεις	d(mm)	d(mm)
1	444	441
2	432	460
3	424	410
4	440	424
5	435	440
Μέσος όρος	435	435

Στη συνέχεια δίνονται παραδείγματα από τις απαντήσεις των φοιτητών/τριών που κωδικοποιούνται σύμφωνα με τις κατηγορίες του Πίνακα 1.

Κατηγορία K1: Σε αυτή την κατηγορία, οι φοιτητές/τριες, θεωρούν ότι ο μοναδικός σημαντικός παράγοντας είναι ο μέσος όρος και αναφέρουν:

Φ 27 / Ερώτηση 5 – K1: Από τη στιγμή που ο μέσος όρος των πειραματικών δεδομένων και των δύο ομάδων A και B είναι ίδιος τα αποτελέσματα τους θα είναι το ίδιο καλά. (IMO-ΔΕ) – 5

Φ 42 / Ερώτηση 5 – K1: Δεν έχει σημασία από πόσες από πόσο έως πόσο κυμαίνονται τα αποτελέσματα αρκεί ο μέσος όρος να είναι ίδιος. (IMO-ΔΕ) – 5

Κατηγορία K2: Σε αυτή την κατηγορία, οι φοιτητές/τριες, λαμβάνουν υπόψη το εύρος της διασποράς των μετρήσεων και αναφέρουν:

Φ 30 / Ερώτηση 5 – K2: Το διάστημα της πρώτης ομάδας έχει μικρότερο εύρος από το διάστημα της δεύτερης ομάδας. Αυτό σημαίνει ότι οι τιμές της πρώτης ομάδας είναι περισσότερο ακριβείς. (IMO-ΔΕ) – 5

Φ 65 / Ερώτηση 5 – K2: Είναι καλύτερα τα αποτελέσματα της ομάδας A, καθώς το εύρος των τιμών είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με αυτό της B. Όσο μικρότερο εύρος τόσο μικρότερο σφάλμα, οπότε ακριβέστερο αποτέλεσμα. (IMO-ΔΕ) – 5

Κατηγορία K0: Σε αυτή την κατηγορία, οι φοιτητές/τριες, αξιοποιούν ως σημαντικά, τόσο το μέσο όρο, όσο και το εύρος της διασποράς των μετρήσεων και αναφέρουν:

Φ 66 / Ερώτηση 5 – K0: Η ομάδα A έχει μικρή διασπορά άρα βεβαιότητα στα αποτελέσματα αλλά μικρότερη αξιοπιστία. Η ομάδα B αντίθετα έχει μεγάλη διασπορά άρα μικρότερη βεβαιότητα και αξιοπιστία. (IMO-ΔΕ) – 5

Φ 31 / Ερώτηση 5 – K0: Τα αποτελέσματα στην πρώτη ομάδα κυμαίνονται από 424 - 444 mm και στην δεύτερη από 410 - 460 mm, αλλά ο μέσος όρος παραμένει ο ίδιος. Γι' αυτό το λόγο ο μέσος όρος δεν μας δίνει πολλές πληροφορίες και αποτελεί το πρώτο βήμα στις μετρήσεις. Όμως η πρώτη ομάδα έχει μεγαλύτερη ακρίβεια στις επαναλήψεις της. (IMO-ΔΕ) – 5

Με βάση τη συχνότητα των απαντήσεων, που συνδέονται με τους ισοδύναμους μέσους όρους και το διαφορετικό εύρος (IMO-ΔΕ) έχουμε τον Πίνακα 3, στον οποίο 6 στους 10 φοιτητές/τριες αξιοποιούν στην επιλογή τους την έννοια του όρου «Πρότυπο ομάδας σημείων». Πιο συγκεκριμένα αξιοποιούν την έννοια του εύρους για να φτάσουν στο συμπέρασμά τους. Μόλις το 16% περίπου, χρησιμοποίησε τον μέσο όρο ως το μοναδικό κριτήριο για τη σύγκριση των δύο συνόλων δεδομένων («Πρότυπο σημείο»).

Πίνακας 3: Σύνοψη των απαντήσεων των φοιτητών/τριών στο σενάριο που συνδέεται με τους ισοδύναμους μέσους όρους και το διαφορετικό εύρος (IMO-ΔΕ).

Κατηγορία	Περιγραφή	Ισοδύναμοι Μέσοι όροι - Διαφορετικό Εύρος (IMO-ΔΕ)
K1	Τα αποτελέσματα είναι ίδια καθώς οι μέσοι όροι είναι ίδιοι («Πρότυπο σημείου»)	15.7
K2	Τα αποτελέσματα της A ομάδας είναι καλύτερα καθώς τα δεδομένα είναι πιο κοντά σε σχέση με τα δεδομένα της B ομάδας («Πρότυπο ομάδας σημείων»)	58.6
K0	Μη κωδικοποιήσιμη	25.7

Εύρος και σύγκριση δεδομένων: Διαφορετικοί Μέσοι Όροι - Ίδιο Εύρος (ΔΜΟ-ΙΕ)

Το δεύτερο σενάριο ασχολείται με τη Σύγκριση Μετρήσεων Διαφορετικών Μέσων Όρων αλλά Ίδιου Εύρους (ΔΜΟ-ΙΕ) και ζητείται από τους φοιτητές και φοιτήτριες να αποφασίσουν:

Δύο ομάδες φοιτητών συγκρίνουν τα αποτελέσματα για το d . Τα αποτελέσματα των πέντε επαναλήψεων φαίνονται στον διπλανό πίνακα.

A: Τα αποτελέσματά μας συμφωνεί με το δικό σας.

B: Όχι, το αποτέλεσμα σας δεν συμφωνεί με το δικό μας.

	Ομάδα A	Ομάδα B
Επαναλήψεις	d(mm)	d(mm)
1	440	432
2	438	444
3	433	426
4	422	433
5	432	440
Μέσος όρος	433	435

Στη συνέχεια δίνονται παραδείγματα από τις απαντήσεις των φοιτητών/τριών που κωδικοποιούνται σύμφωνα με τις κατηγορίες του Πίνακα 1.

Κατηγορία K1: Φοιτητές και φοιτήτριες που αξιολογούν ως σημαντικό το πόσο κοντά είναι οι μέσοι όροι. Ειδικότερα σε αυτή την κατηγορία (38.6%) συγκρίνουν του μέσους όρους και αποφασίζουν σχετικά με το εάν οι μέσοι όροι ήταν «κοντά», «μακριά» ή «σε συμφωνία» και αναφέρουν:

Φ 30 / Ερώτηση 6 – K1: Τα δύο αποτελέσματα δεν συμφωνούν μεταξύ τους διότι δεν έχουν τις ίδιες μέσες τιμές. (ΔΜΟ-ΙΕ) - 6

Φ 53 / Ερώτηση 6 – K1: Συμφωνεί, αφού είναι πολύ μικρή η απόκλιση μεταξύ των δύο αποτελεσμάτων. (ΔΜΟ-ΙΕ) - 6

Κατηγορία K2: Φοιτητές και φοιτήτριες που αξιολογούν ως σημαντικό το σχετικό εύρος των δεδομένων. Σε αυτή την κατηγορία το 15.7%, οι φοιτητές/τριες χρησιμοποίησαν τα κριτήρια ότι τα σχετικά εύρη ήταν η βάση για τη σύγκριση των μέσων όρων και αναφέρουν:

Φ 56 / Ερώτηση 6 – K2: Για να συμφωνήσουμε με μία από τις δύο πρέπει να υπάρχει μία περιοχή στην οποία τα διαστήματα διασποράς των τιμών να ταυτίζονται. Δηλαδή, A - ομάδα: 422-440mm και η B - ομάδα 426-444mm, που ταυτίζονται στην περιοχή 426-440mm. Συνεπώς τα αποτελέσματα τους συμφωνούν. (ΔΜΟ-ΙΕ) - 6

Φ 14 / Ερώτηση 6 – K0: (μπορεί και K2): Το αποτέλεσμα της B ομάδας είναι πιο ακριβές από αυτό της A διότι οι τιμές κυμαίνονται σε μικρότερο εύρος. (ΔΜΟ-ΙΕ) - 6

Κατηγορία K3: Φοιτητές και φοιτήτριες που αξιολογούν ως σημαντικό το βαθμό συσχέτισης μεταξύ των μεμονωμένων μετρήσεων των δυο ομάδων. Σε αυτή την κατηγορία (8.6%), οι φοιτητές/τριες συγκρίνουν τις μεμονωμένες μετρήσεις μεταξύ των δύο συνόλων δεδομένων και αναφέρουν:

Φ 34 / Ερώτηση 6 – K3: Τα αποτελέσματα μοιάζουν αρκετά. Κατά τις δύο διαφορετικές εκτελέσεις που πραγματοποιήθηκαν πέντε φορές η καθεμία οι τρεις συμπίπτουν. Λαμβάνοντας υπόψη τα σφάλματα τα αποτελέσματα συμφωνούν μεταξύ τους. (ΔΜΟ-ΙΕ) - 6

Φ 61 / Ερώτηση 6 – K3: Η τιμή που έβγαλε η ομάδα A είναι $433 \pm 7\text{mm}$ και της ομάδας B είναι $435 \pm 7\text{mm}$. Ένα μεγάλο μέρος του συνόλου των τιμών που έβγαλαν οι δύο ομάδες αλληλοκαλύπτονται, οπότε μπορούμε να πούμε πως τα αποτελέσματα συμφωνούν. (ΔΜΟ-ΙΕ) - 6

Κατηγορία K4: Φοιτητές και φοιτήτριες που αξιολογούν ως σημαντικούς τόσο τον μέσο όρο, όσο και την αβεβαιότητα. Σε αυτή την κατηγορία (21.4%), οι φοιτητές/τριες χρησιμοποιούν την έννοια της αβεβαιότητας ή του εύρους σε συνδυασμό με τον μέσο όρο για να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα και αναφέρουν:

Φ 65 / Ερώτηση 6 – K4: Λογικά θα έρχονται σε συμφωνία τα σφάλματα. Δηλαδή οι τιμές θα μπορούσαν να είναι, A-ομάδα: $433 \pm 3\text{mm}$ και B-ομάδα: $433 \pm 3\text{mm}$. Οπότε υπάρχει συμφωνία. (ΔΜΟ-ΙΕ) - 6

Φ 67 / Ερώτηση 6 – K4: Πρέπει να συγκρίνουμε τα σφάλματα σε κάθε μέση τιμή. Συγκρίνοντάς τα βλέπουμε πως σε ορισμένο περιθώριο οι μέσοι όροι συγκλίνουν. (ΔΜΟ-ΙΕ) - 6

Κατηγορία K0: Φοιτητές και φοιτήτριες που οι απαντήσεις τους δεν κωδικοποιούνται. Σε αυτή την κατηγορία (15.7%), οι φοιτητές/τριες αναφέρουν:

Φ 14 / Ερώτηση 6 – K0: (μπορεί και K2): Το αποτέλεσμα της B ομάδας είναι πιο ακριβές από αυτό της A διότι οι τιμές κυμαίνονται σε μικρότερο εύρος. (ΔΜΟ-ΙΕ) - 6

Φ 44 / Ερώτηση 6 – Κ0: Τα αποτελέσματα δεν συμφωνούν μεταξύ τους. Διαφορετικά αποτελέσματα είναι πειραματικά οπότε η κάθε μεταβολή μπορεί να αλλάξει το αποτέλεσμα. (ΔΜΟ-ΙΕ) - 6

Στον Πίνακα 4 εμφανίζεται η σύνοψη των απαντήσεων των φοιτητών/τριών στο σενάριο που συνδέεται με τους διαφορετικούς μέσους όρους και το ίδιο εύρος (ΔΜΟ-ΙΕ).

Πίνακας 4: Σύνοψη των απαντήσεων των φοιτητών/τριών στο σενάριο που συνδέεται με τους διαφορετικούς μέσους όρους και το ίδιο εύρος (ΔΜΟ-ΙΕ).

Κατηγορία	Περιγραφή	Διαφορετικοί Μέσοι Όροι - Ίδιο Εύρος (ΔΜΟ-ΙΕ)
K1	Εξαρτάται από πόσο κοντά είναι οι μέσοι όροι	38.6
K2	Εξαρτάται από το σχετικό εύρος των δεδομένων	15.7
K3	Εξαρτάται από το βαθμό συσχέτισης μεταξύ των μεμονωμένων μετρήσεων των δυο σετ.	8.6
K4	Εξαρτάται από τους μέσους όρους και την αβεβαιότητα.	21.4
K0	Μη κωδικοποιήσιμη	15.7

Στη συνέχεια γίνεται εκ νέου κωδικοποίηση των δεδομένων των δύο σεναρίων (Πίνακες 3 και 4), όπου οι κατηγορίες K1, K2 και K3 αξιολογούνται ότι συνδέονται με τον όρο «Πρότυπο σημείου», ενώ η κατηγορία K4 με τον όρο «Πρότυπο ομάδων σημείων» και τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον Πίνακα 5. Παρατηρούμε ότι το 63% των φοιτητών/τριών χρησιμοποιούν την έννοια του «Πρότυπου σημείου» προκειμένου να δικαιολογήσουν την επιλογή τους.

Πίνακας 5: Σύνοψη των απαντήσεων των φοιτητών/τριών στα δύο σεναρία αξιοποιώντας τους όρους «Πρότυπο σημείου» και «Πρότυπο ομάδων σημείων».

Περιγραφή	Διαφορετικοί Μέσοι Όροι - Ίδιο Εύρος (ΔΜΟ-ΙΕ)
Πρότυπο σημείου (K1+K2+K3)	62.9
Πρότυπο ομάδων σημείων (K4)	21.4
Μη κωδικοποιήσιμη	15.7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κατανόηση και αξιοποίηση των μετρήσεων, που προκύπτουν στο πλαίσιο των πειραμάτων αποτελεί μια βασική δεξιότητα και γνώση της επιστημονικής διαδικασίας και πρακτικής. Η αξιόπιστη καταγραφή των δεδομένων, η ακρίβεια των μετρήσεων και η επεξεργασία τους, επαληθεύει και διευρύνει την υπάρχουσα επιστημονική γνώση και παράλληλα δυνητικά συνεισφέρει σε νέες αποκαλύψεις που όμως απαιτείται η εκ νέου επαλήθευση.

Τα αποτελέσματα της έρευνας αναδεικνύουν πως οι δράσεις και οι αιτιολογήσεις των φοιτητών/τριών σχετικά με τη συλλογή και αξιοποίηση των πειραματικών μετρήσεων χαρακτηρίζονται από την αντίληψη του «πρότυπου σημείου» (30%-30%). Παράλληλα, όμως, στις απαντήσεις των φοιτητών/τριών στα τρία πρώτα σεναρία, καταγράφονται οι προτάσεις για τη βελτίωση της διαδικασίας των μετρήσεων μέσω της πρακτικής της επανάληψης, της εύρεσης της επαναλαμβανόμενης μέτρησης και της βελτίωσης της ακρίβειας. Σε ό,τι αφορά τη σύγκριση της ποιότητας ή συμβατότητας του συνόλου των δεδομένων, οι αντιλήψεις των φοιτητών/τριών στο πλαίσιο του «πρότυπου ομάδων σημείων» για την περίπτωση της σύγκρισης ίσων μέσων όρων και διαφορετικού εύρους, αναδεικνύουν το εύρος των πειραματικών μετρήσεων ως καθοριστικό παράγοντα της ποιότητας των πειραματικών δεδομένων.

Αντίθετα, μεταξύ δύο συνόλων δεδομένων με διαφορετικούς μέσους όρους αλλά ίδιου εύρους, δεν έχει κατανοηθεί επαρκώς το διάστημα αβεβαιότητας που εμφανίζουν τα πειραματικά δεδομένα. Στην περίπτωση αυτή, οι φοιτητές/τριες έπρεπε να συσχετίσουν την έννοια του εύρους ως δείκτη της αβεβαιότητας (τυπική απόκλιση) ενός συνόλου μετρήσεων και να αναδείξουν τα διαστήματα (περιοχές) των μετρήσεων που επικαλύπτονται.

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της έρευνας, προτείνεται να μελετηθεί εκ νέου η επίδραση του πειραματικού πλαισίου στα αποτελέσματα των μετρήσεων και να εξεταστεί ο τρόπος που η διαδικαστική γνώση επιδρά στις γνώσεις και δεξιότητες των φοιτητών και φοιτητριών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allie, S., Buffler, A., Campbell, B., Lubben, F., Evangelinos, D., Psillos, D., & Valassiades, O. (2003). Teaching measurement in the introductory physics laboratory. *The Physics Teacher*, 41(7), 394–401. <https://doi.org/10.1119/1.1616479>
- Buffler, A., Allie, S., Lubben, F., & Campbell, B. (2001). The development of first-year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1137–1156. <https://doi.org/10.1080/09500690110039567>
- Caussarieu, A., & Tiberghien, A. (2017). When and why are the values of physical quantities expressed with uncertainties? A case study of a physics undergraduate laboratory course. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 997-1015. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9734-x>.
- Eshach, H., & Kukliansky, I. (2018). University Physics and Engineering Students' Use of Intuitive Rules, Experience, and Experimental Errors and Uncertainties. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 817–834. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9817-3>
- Etkina, E., Murthy, S., & Zou, X. (2006). Using introductory labs to engage students in experimental design. *American Journal of Physics*, 74(11), 979–986. <https://doi.org/10.1119/1.2238885>
- Evangelinos, D., Psillos, D., Valassiades, O. (2002). An investigation of teaching and learning about measurement data and their treatment in the introductory physics laboratory In D. Psillos and H. Niedderer (eds.) *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (Dordrecht, Boston, MA and London: Kluwer Academic Publishers) 179-190.
- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748–769. <https://doi.org/10.1002/tea.20020>
- Kung, R. L., & Linder, C. J. (2006). University students' ideas about data processing and data comparison in a physics laboratory course. *Nordic Studies in Science Education*, 4, 40–53. <https://doi.org/10.5617/nordina.423>
- Lubben, F., Campbell, B., Buffler, A., & Allie, S. (2001). Point and set reasoning in practical science measurement by entering university freshmen. *Science Education*, 85(4), 311–327. <https://doi.org/10.1002/sce.1012>