ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

(2023)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών

Δεξιότητες επεξεργασίας και ερμηνείας πειραματικών δεδομένων Φυσικής από προπτυχιακούς φοιτητές

Στυλιανός Καστρινάκης, Δημήτρης Χαλκίδης

doi: 10.12681/codiste.5511

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 14/12/2025 22:43:56

ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΠΟ ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ

Στυλιανός Καστρινάκης[1], Δημήτρης Χαλκίδης[2]

[1]Υποψήφιος Διδάκτορας ΣΕΜΦΕ ΕΜΠ, [2]Μεταπτυχιακός φοιτητής ΔΠΜΣ Διδακτική της Βιολογίας ΕΚΠΑ

dimchalk96@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επεξεργασία και ερμηνεία των πειραματικών δεδομένων αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα του εκπαιδευτικού εργαστηρίου Φυσικής. Αναλύθηκαν οι εργαστηριακές αναφορές άσκησης Κλασικής Μηχανικής 30 προπτυχιακών φοιτητών τριτοβάθμιας εκπαίδευσης Τεχνολογικής ειδίκευσης, ως προς τον βαθμό επιτέλεσης σχετικών δεξιοτήτων. Άνω του ενός τρίτου των φοιτητών εμφανίζει σημαντικές ελλείψεις κατά την κατασκευή γραφικών παραστάσεων. Επιπλέον, φαίνεται ιδιαίτερα συχνή η επιφανειακή κατανόηση των σφαλμάτων και των σημαντικών ψηφίων, καθώς και του ίδιου του σκοπού της άσκησης, διότι είναι πολύ συχνή η παραμέληση απάντησης στο ίδιο το αρχικό διερευνητικό ερώτημα της άσκησης με ρητή αναφορά στο εννοιολογικό επιστημονικό πλαίσιο.

Λέξεις κλειδιά: Πειραματική διδασκαλία, Διδακτική της Φυσικής, Επιστημονικές δεξιότητες

COMPETENCIES OF DATA ANALYSIS AND INTERPRETATION ON AN EDUCATIONAL PHYSICS EXPERIMENT BY UNDERGRADUATE STUDENTS

Stylianos Kastrinakis[1], Dimitris Chalkidis[2]

[1]PhD Candidate, School of Applied Mathematical and Physical Sciences, National Technical University of Athens, [2]M.Ed. Student, Master Programme Didactics of Biology, National and Kapodistrian University of Athens

dimchalk96@yahoo.gr

ABSTRACT

Data analysis and interpretation are integral parts of laboratory Physics education. The scientific reports from 30 undergraduate Engineering students about a Classical Mechanics experiment were analysed concerning the practice of relevant inquiry competencies. About one third of them omit main features in graph creation. Moreover, and the conceptualization of experimental errors, and significant figures seem not to be understood to a large extent in depth. It is common not to understand the main purpose of the experiment, since students usually do not answer the initial inquiry question through explicit references to the conceptual theoretical framework.

Keywords: Educational experiment, Physics education, Scientific competencies

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μεγάλο τμήμα της επιστήμης αποτελούν οι επιστημονικές δεξιότητες (scientific competencies) που ασκούνται εντός της, οδηγώντας στην ανάπτυξη των εκπαιδευτικών πειραμάτων στην τυπική εκπαίδευση μέσω ανακαλυπτικών ή διερευνητικών προσεγγίσεων (Hofstein & Lunetta, 2014). Η επεξεργασία πειραματικών δεδομένων αποτελεί καίριο τμήμα του εκπαιδευτικού εργαστηρίου περιλαμβάνοντας δεξιότητες όπως απάντηση ερευνητικών ερωτημάτων, οργάνωση δεδομένων, αναγνώριση ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών, χρήση μαθηματικών, γραφική απεικόνιση δεδομένων, διεξαγωγή κατάλληλων συγκρίσεων, εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει δεδομένων, και επιχειρηματολογία κατά την εξαγωγή συμπερασμάτων (Arnold et al., 2014˙ Osborne, 2014˙ Κουμαράς, 2017). Εμφανίζονται συχνά δυσκολίες σε σημεία όπως η ανίχνευση συγχυτικών παραγόντων (Arnold et al., 2014), η κατασκευή και ερμηνεία γραφικών παραστάσεων (Pels et al., 2021), η χρήση εύλογου πλήθους δεκαδικών ψηφίων (Kok et al., 2019), η κατανόηση του σκοπού των εργαστηρίων και εξαγωγή συμπερασμάτων (Kanari & Millar, 2004), επειδή οι οδηγίες ακολουθούνται σε μεγάλο βαθμό άνευ νοηματοδότησης του περιεχομένου τους (Χαλκιά, 2010).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σχεδιασμός της έρευνας

Η έρευνα στοχεύει στην αξιολόγηση δεξιοτήτων ανάλυσης και ερμηνείας πειραματικών δεδομένων Φυσικής από προπτυχιακούς φοιτητές. Το δείγμα της έρευνας ορίστηκε με δειγματοληψία ευχέρειας (convenience sampling). Απαρτίζεται από 30 δευτεροετείς προπτυχιακούς φοιτητές Τμήματος τριτοβάθμιας Τεχνολογικής εκπαίδευσης που συμμετείχαν σε εργαστηριακή άσκηση μαθήματος Γενικής Φυσικής, και οι παραδοτέες εργαστηριακές αναφορές αποτέλεσαν το αντικείμενο της έρευνας. Οι φοιτητές είχαν ήδη ασκηθεί σε προηγούμενα εργαστήρια στη χρήση σφαλμάτων, σημαντικών ψηφίων, στη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων και στην κατασκευή γραφικών παραστάσεων. Τα δεδομένα αναλύθηκαν από δύο ανεξάρτητους ερευνητές με ανάλυση περιεχομένου (Bryman, 2012) έχοντας ως μονάδα ανάλυσης την κάθε αναφορά. Το ποσοστό συμφωνίας των ερευνητών ήταν 91% και ο δείκτης Kappa 0,81 υποδηλώνοντας πολύ μεγάλο βαθμό συμφωνίας. Σε περιπτώσεις διαφωνίας οι ερευνητές κατέληξαν σε κοινώς αποδεκτό αποτέλεσμα.

Πειραματική διάταξη

Η εργαστηριακή άσκηση στην οποία ασκήθηκαν οι φοιτητές έγκειται στην πειραματική επαλήθευση - ποιοτική και ποσοτική- του 2^{ου} Νόμου του Νεύτωνα. Ένα βαγονέτο τίθεται σε κίνηση επί αεροτροχιάς υπό την επίδραση δεδομένων δυνάμεων. Μέσω της καταγραφής χρονικών διαστημάτων και αποστάσεων υπολογίζεται η τιμή επιτάχυνσης ανά περίπτωση. Κατασκευάζεται γραφική παράσταση επιτάχυνσης – δύναμης. Από την κλίση της ευθείας υπολογίζεται μια ενεργός μάζα αντιπροσωπευτική του συστήματος, η οποία, εν τέλει, συγκρίνεται με την πραγματική τιμή. Πρόκειται για το απλούστερο είδος διερεύνησης, την επιβεβαίωση (confirmation), κατά την οποία παρέχονται στους ασκούμενους το ερευνητικό ερώτημα και αναλυτικές οδηγίες για τη διεξαγωγή του πειράματος και επεξεργασία δεδομένων, και το αποτέλεσμα είναι γνωστό εκ των προτέρων (Bell et al., 2005). Η μέθοδος είναι κατάλληλη για αρχάριους συμμετέχοντες, την ταχεία μάθηση επιστημονικών εννοιών και την άσκηση βασικών δεξιοτήτων (Zion & Mendelovici, 2012).

Ερευνητικό εργαλείο

Για την ανάλυση των εργαστηριακών αναφορών χρησιμοποιήθηκε οδηγός κωδικοποίησης προσαρμοσμένος από τους Pols et al. (2021), ο οποίος εξετάζει θεμελιώδεις διερευνητικές δεξιότητες. Προστέθηκαν παράμετροι ποσοτικής επεξεργασίας, αντίστοιχων της ηλικίας και εκπαίδευσης των φοιτητών.

Πίνακας 1: Οδηγός κωδικοποίησης δεξιοτήτων ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων

Κύριες δεξιότητες	**Επιμέρους δεξιότητες**	**Κύριες δεξιότητες**	**Επιμέρους δεξιότητες**
Δ1: Αριθμητική επεξεργασία δεδομένων	α: Οργάνωση δεδομένων σε πίνακες	Δ4: Ποιοτική και ποσοτική περιγραφή δεδομένων και	α: Αναφορά φυσικών μεγεθών υπό μελέτη
	β: Ορθή εφαρμογή μαθηματικών τύπων		β: Αναφορά στη γραμμικότητα της σχέσης
	γ: Αναφορά μονάδων μέτρησης		γ: Σχολιασμός αν η ευθεία διέρχεται από την αρχή των αξόνων (αναλογία μεγεθών)

	δ: Αναφορά σωστής τάξης μεγέθους σφάλματος κατά τη λήψη δεδομένων	γραφικής παράστασης	δ: Υπολογισμός κλίσης ευθείας
	ε: Τήρηση λογικού αριθμού δεκαδικών ψηφίων στα αποτελέσματα		ε: Αναγραφή μονάδων μέτρησης κλίσης
			στ: Ρητή αναφορά εξίσωσης ευθείας
Δ2: Γραφική απεικόνιση δεδομένων	α: Ορθός ορισμός ανεξάρτητης και εξαρτημένης μεταβλητής στους άξονες	Δ5: Σύγκριση δεδομένων με προβλεπόμενες τιμές και εξαγωγή συμπερασμάτων	α: Απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα με αναφορά στο εννοιολογικό πλαίσιο
	β: Αναγραφή φυσικών μεγεθών σε άξονες		β: Εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει δεδομένων
	γ: Απεικόνιση σημείων		γ: Αναφορά στη σύγκλιση ή την απόκλιση των πειραματικών και προβλεπόμενων τιμών
	δ: Αναγραφή μονάδων μέτρησης σε άξονες		δ: Αιτιολόγηση μέσω απόκλισης της κλίσης
	ε: Επιλογή εύλογης κλίμακας στους άξονες		ε: Αιτιολόγηση μέσω εύρους σφάλματος κλίσης
Δ3: Χάραξη ευθείας σε γραφική παράσταση	α: Επιλογή ευθείας ή καμπύλης γραμμής	Δ6: Αναγνώριση και ερμηνεία των σφαλμάτων κατά τη λήψη δεδομένων	α: Αναφορά ύπαρξης σφαλμάτων
	β: Χάραξη ευθείας μεταξύ των σημείων		β: Διάκριση συστηματικών και τυχαίων σφαλμάτων
	γ: Χάραξη ευθείας κατά το δυνατόν εγγύτερα από τα σημεία		γ: Αναφορά πιθανών πηγών συστηματικών σφαλμάτων
	δ: Υπολογισμός εξίσωσης ευθείας βάσει ελαχίστων τετραγώνων		δ: Αναφορά πιθανών πηγών τυχαίων σφαλμάτων
			ε: Σχολιασμός της απόστασης των σημείων από την ευθεία ή πιθανή απόρριψη μετρήσεων

Κάθε κύρια δεξιότητα χαρακτηρίστηκε υψηλή, μέτρια, ή χαμηλή. Η υψηλή αντικατοπτρίζει επαρκή ποσοτικό χειρισμό δεδομένων, η μέτρια δεξιότητα επαρκή ποιοτικό χειρισμό, και η χαμηλή ανεπαρκή.

Πίνακας 2: Οδηγός κωδικοποίησης βαθμού επίτευξης δεξιοτήτων ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων

Δεξιότητα	**Υψηλή**	**Μέτρια**	**Χαμηλή**
Δ1	Ικανοποιούνται όλα τα Δ1(α-ε)	Ικανοποιούνται τα Δ1(α-γ)	Λοιπές περιπτώσεις
Δ2	Ικανοποιούνται όλα τα Δ2(α-ε)	Ικανοποιούνται 4 από τα Δ2(α-ε)	Λοιπές περιπτώσεις
Δ3	Ικανοποιούνται όλα τα Δ3(α-δ)	Ικανοποιούνται τα Δ3(α-γ)	Λοιπές περιπτώσεις
Δ4	Ικανοποιούνται όλα τα Δ4(α-στ)	Ικανοποιούνται τα Δ4(α,β,δ)	Λοιπές περιπτώσεις
Δ5	Ικανοποιούνται όλα τα Δ5(α-γ) και ένα από τα Δ5(δ) ή Δ5(ε)	Ικανοποιούνται τα Δ5(α-γ)	Λοιπές περιπτώσεις
Δ6	Ικανοποιούνται τα Δ6(α,β,ε) και στα Δ6(γ,δ) αναφέρονται 2 σωστά/έως 0 λάθος	Ικανοποιούνται τα Δ6(α,β) και στο Δ6(γ) αναφέρονται 2 σωστά/έως 1 λάθος	Λοιπές περιπτώσεις

Πίνακας 2: Οδηγός κωδικοποίησης βαθμού επίτευξης δεξιοτήτων ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων

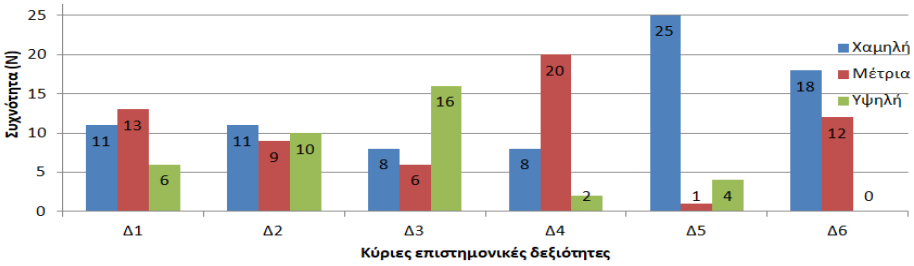
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Παρατίθενται οι απόλυτες συχνότητες φοιτητών που ικανοποιούν πλήρως τις επιστημονικές δεξιότητες και ο βαθμός επίτευξής τους, μετά από συμφωνία των ερευνητών:

Πίνακας 3: Συχνότητες πλήρους επίτευξης επιμέρους δεξιοτήτων ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων. Με αστερίσκο (*) σημειώνονται όσες επετεύχθησαν από λιγότερους του ημίσεως των φοιτητών.

	N		**N**		**N**		**N**		**N**		**N**
Δ1α	29/30	**Δ2α**	26/30	**Δ3α**	21/30	**Δ4α**	25/30	**Δ5α**	6/30*	**Δ6α**	27/30
Δ1β	25/30	**Δ2β**	22/30	**Δ3β**	23/30	**Δ4β**	23/30	**Δ5β**	26/30	**Δ6β**	14/30*
Δ1γ	24/30	**Δ2γ**	26/30	**Δ3γ**	23/30	**Δ4γ**	8/30*	**Δ5γ**	28/30	**Δ6γ**	9/30*
Δ1δ	16/30	**Δ2δ**	18/30	**Δ3δ**	21/30	**Δ4δ**	29/30	**Δ5δ**	22/30	**Δ6δ**	1/30*
Δ1ε	18/30	**Δ2ε**	24/30			**Δ4ε**	5/30*	**Δ5ε**	3/30*	**Δ6ε**	7/30*
						Δ4στ	14/30*				

Σχήμα 1: Συχνότητες βαθμού επίτευξης κύριων δεξιοτήτων ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι συχνότερες δυσκολίες που εντοπίστηκαν ταυτίζονται με αντίστοιχα ευρήματα διεθνών ερευνών, παρόλο που αυτές αφορούν σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Εν γένει, φαίνεται πως οι φοιτητές εφαρμόζουν τα βήματα επεξεργασίας δεδομένων αλλά χωρίς να εννοιολογούν επαρκώς το περιεχόμενό τους (Hofstein & Lunetta, 2004) και προκύπτουν αντιφάσεις. Στη συντριπτική πλειονότητα των φοιτητών δεν απαντάται το αρχικό ερευνητικό ερώτημα κατά τρόπο που να γεφυρώνονται τα συμπεράσματα με το εννοιολογικό πλαίσιο (2^{ος} Νόμος Νεύτωνα). Επιμέρους δυσκολίες εντοπίζονται ευρέως στη νοηματοδότηση των σφαλμάτων (π.χ. στην εφαρμογή τους ως κριτήριο αβεβαιότητας) και την τήρηση των σημαντικών ψηφίων. Εμφανίζονται, επίσης, αδυναμίες στον εντοπισμό πηγών σφαλμάτων -ιδίως τυχαίων- και περίπου το 1/3 των φοιτητών παραλείπει βασικά στοιχεία σε γραφικές παραστάσεις (π.χ. μονάδες μέτρησης).

Οι επιμέρους επιστημονικές δεξιότητες φαίνεται να ικανοποιούνται ικανοποιητικά, εξαιρουμένων όσων αφορούν στα σφάλματα. Ωστόσο, εφαρμόζονται με έναν υπερβολικά τεχνικό τρόπο και γίνονται μόνο ακροθιγώς κατανοητές (Χαλκιά, 2010), με αποτέλεσμα να μη μπορούν να εφαρμοστούν κατάλληλα χωρίς καθοδήγηση. Προτείνεται η εφαρμογή της διερευνητικής εργαστηριακής διδασκαλίας στα μαθήματα Φυσικών Επιστημών, σε απλές μορφές, ήδη από την πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Κουμαράς, 2017˙ Χαλκιά, 2010) και διατήρηση της κατά τη δευτεροβάθμια. Έμφαση πρέπει να δίνεται στον σκοπό και το θεωρητικό υπόβαθρο της διερεύνησης, πέραν των πρακτικών δεξιοτήτων (Pols & Diepenbroek, 2023). Έτσι, οι μαθητές δύνανται να μεταβούν σε πιο αυτόνομες μορφές της με εκτενέστερη λήψη αποφάσεων (Zion & Mendelovici, 2012). Η ρητή (explicit) πραγμάτευση εννοιών Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης, όπως η αβεβαιότητα στην έρευνα και η έννοια του σφάλματος, κρίνεται χρήσιμη, ώστε να αποφευχθούν συγχύσεις και ασάφειες κατά τη χρήση τους.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Κουμαράς, Π. (2017). *Διδάσκοντας Φυσική αύριο ... με στόχο την καλλιέργεια γνώσεων και ικανοτήτων για τη ζωή*. Gutenberg, Αθήνα.

Χαλκιά, Κ. (2010). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις* (Α΄ Τόμος). Πατάκη, Αθήνα.

Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments - What kind of support do they need in inquiry tasks?. *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719-2749.

Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.

Bryman, A. (2012). *Social Research Methods* (4th Edition). Oxford University Press.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty- first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.

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.

Kok, K., Priemer, B., Musold, W., & Masnick, A. (2019). Students' conclusions from measurement data: The more decimal places, the better?. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010103.

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196.

Pols, C. F. J., Dekkers, P. J. J. M., & De Vries, M. J. (2021). What do they know? Investigating students' ability to analyse experimental data in secondary physics education. *International Journal of Science Education*, 43(2), 274-297.

Pols, F., & Diepenbroek, P. (2023). Collaborative data collection: shifting focus on meaning making during practical work. *Physics Education*, 58(2), 023001.

Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: challenges and limits. *Science Education International*, 23(4), 383-399.