

# Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

## THE QUALITY OF THE ARGUMENTATION OF THE STUDENTS OF THE DEPARTMENT OF EDUCATION REGARDING HEAT AND TEMPERATURE

Ρόζα Σαράμπαλη Κασιαλά  
Εκπαιδευτικός, Msc,  
Πανεπιστημίου Ιωαννίνων  
rosarab@hotmail.com

Γεώργιος Στύλος  
ΕΔΙΠ, Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε.  
Πανεπιστημίου Ιωαννίνων  
gstylos@uoi.gr

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης  
Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε.  
Πανεπιστημίου Ιωαννίνων  
kkotsis@uoi.gr

### Περίληψη

Η επιχειρηματολογία αποτελεί βασική δεξιότητα επιστημονικού συλλογισμού και θεωρείται σημαντική επιδίωξη της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία. Το δείγμα της έρευνας αποτελούν 95 φοιτητές/τριες του πρώτου έτους του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (Π.Τ.Δ.Ε.) του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε γραπτό ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου. Η ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών/τριων πραγματοποιήθηκε με κλίμακες διαβαθμισμένων κριτηρίων που αξιολογούν σε επίπεδα τη δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων τους. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι ο μέσος όρος των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων είναι χαμηλός. Τέλος, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το φύλο των φοιτητών/τριων και η κατεύθυνση σπουδών που είχαν επιλέξει στο Λύκειο, δεν συσχετίζονται με τα επιχειρήματά τους, τόσο ως προς την δομή, όσο και ως προς το περιεχόμενο.

### Λέξεις κλειδιά

*Επιχειρηματολογία, γραπτά επιχειρήματα, θερμότητα, θερμοκρασία, Φυσικές Επιστήμες.*

### Abstract

Argumentation is a basic skill of scientific reasoning and is considered an important pursuit of teaching in Science. The purpose of this study is to research the quality of the written arguments of students on the concepts of heat and temperature. The survey sample consisted of 95 first-year students of the Pedagogical Department of Elementary Education of the University

of Ioannina. For the collection of data, a questionnaire was used, which included open-ended questions about temperature and heat. The analysis of the students' answers was carried out with scales of graded criteria that assess the level of the structure and content of their arguments. The analysis of the data revealed that the average of the students' arguments about heat and temperature was low. In addition, the outcomes of the research showed that the gender of the students and their educational choice do not correlate with their arguments.

### **Key words**

*Argumentation, written arguments, heat, temperature, Science, students.*

## **0. Εισαγωγή**

Η παραγωγή και η αξιολόγηση επιχειρημάτων από τους μαθητές αποτελεί ουσιώδη στόχο της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (Σκουμιάς, 2016). Είναι μία πολυσύνθετη διαδικασία γνωστική και κοινωνική ταυτόχρονα και περιλαμβάνει τις δεξιότητες της λογικής, της αιτιολόγησης, της χρήσης της γλώσσας και άλλων γνωστικών εργαλείων (Χιώλου & Σμυρναίου, 2019).

Η επιχειρηματολογία περιλαμβάνει τη δόμηση ενός συλλογισμού για ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα, αντικρούοντας αντίθετα επιχειρήματα και ζύγιση αντίθετων υποθέσεων (Nussbaum et al., 2003), καθώς κατά τη διάρκειά της αναπτύσσονται και συζητούνται διαφορετικές ιδέες. Επιπλέον, η επιχειρηματολογία περιλαμβάνει την παραγωγή και τη σύγκριση επιχειρημάτων χρησιμοποιώντας μία ποικιλία συλλογιστικών τύπων.

Ο ρόλος της επιχειρηματολογίας στην εκπαίδευση φαίνεται να είναι καταλυτικός. Η επιχειρηματολογία πιστεύεται ότι κινητοποιεί και εμπλέκει τους μαθητές/τριες και βοηθά στη μάθηση, καθώς προκαλεί γνωστική σύγκρουση με την προϋπάρχουσα γνώση ή διασύνδεση της νέας γνώσης με την παλιά (Παγκουρέλια, 2013). Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τις Φυσικές Επιστήμες, η πρακτική της επιχειρηματολογίας συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου (Bell & Linn, 2000; McNeill & Krajcik, 2006) και στην αλλαγή των στάσεων που κατέχουν οι μαθητές απέναντί τους (Μαστρογιωργάκη & Σκουμιάς, 2019).

Οι McNeill και Krajcik (2012) για την αξιολόγηση των γραπτών επιχειρημάτων φοιτητών/τριων υιοθέτησαν ένα αναθεωρημένο μοντέλο του Toulmin, το οποίο αναφέρει ότι ένα τεκμηριωμένο επιχείρημα αποτελείται από τέσσερα συστατικά στοιχεία: τον ισχυρισμό (claim), τα αποδεικτικά στοιχεία (evidence), το συλλογισμό (reasoning) και την αντίκρουση (rebuttal). Σύμφωνα με τους Σκουμιάς και Ταράλλη (2016), ο ισχυρισμός συνιστά ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση, τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα εκείνα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό, ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά

στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας επιστημονικές αρχές και τέλος, η αντίκρουση αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

Η ποιότητα των επιχειρημάτων στις Φυσικές Επιστήμες εξετάζεται βάσει δύο κριτηρίων, τη δομή και το περιεχόμενο τους (McNeill et al., 2006). Η δομή του επιχειρήματος μελετάται ως προς την ύπαρξη και την επάρκεια των συστατικών στοιχείων του ανεξάρτητα όμως, από το εννοιολογικό τους περιεχόμενο. Από την άλλη πλευρά, το περιεχόμενο σχετίζεται με την καταλληλότητα των συστατικών στοιχείων ως προς την επιστημονική γνώση.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση της μελέτης, η οποία εστιάζεται στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών/τριων και των φοιτητών/τριων, παρατηρήθηκε δυσκολία στην ανάπτυξη επαρκών και κατάλληλων επιχειρημάτων. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές/τριες και οι φοιτητές/τριες διατυπώνουν απλές εξηγήσεις αντί για επιχειρήματα (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016) ή υποστηρίζουν τις απόψεις τους βασιζόμενοι σε ένα μόνο τεκμήριο αγνοώντας όλα τα υπόλοιπα που πιθανόν να οδηγούν σε διαφορετικές θεωρίες (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016; Σκουμιός, 2016; Priyadi et al., 2018). Επίσης, οι μαθητές/τριες συνήθως αποφεύγουν συλλογισμούς, οι οποίοι συνδέουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τους ισχυρισμούς μέσω επιστημονικών αρχών (McNeill, 2011; McNeill & Krajcik, 2012; Heng et al., 2015; Nurjannah et al., 2019).

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων που αφορούν στις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας. Οι δύο αυτές έννοιες συνιστούν μια σημαντική εννοιολογική περιοχή των Φυσικών Επιστημών γιατί συνδέονται με καταστάσεις της καθημερινής ζωής και έχουν ενταχθεί στα Αναλυτικά Προγράμματα της Πρωτοβάθμιας, της Δευτεροβάθμιας (Μουντζούρη & Σκουμιός, 2015) και της Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς. Επίσης, σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές/τριες εκδηλώνουν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση. Ενδεικτικά, μέσα από τις έρευνες παρατηρείται ότι τόσο οι μαθητές/τριες όσο και οι φοιτητές/τριες έχουν εναλλακτικές ιδέες για τη θερμότητα, τη θερμοκρασία και τα θερμικά φαινόμενα. Πιο συγκεκριμένα, αντιλαμβάνονται τη θερμότητα είτε ως ουσία (Kotsis et al., 2023, Stylos & Kotsis, 2023, Στύλος & Κώτσης, 2018; Stylos et al., 2021), είτε ως κίνηση της ύλης (Carlton, 2000), ως ποσοτικό ή ποιοτικό μέγεθος (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2002), υποστηρίζουν ότι έχει δύο οντότητες (τη θερμότητα και το ψύχος) (Σκουμιός, 2012) και ότι κάποιες φορές διατηρείται και άλλες όχι (Φασουλόπουλος, 2000). Όσον αφορά τη θερμοκρασία, οι μαθητές/τριες και οι φοιτητές/τριες δυσκολεύονται να τη διακρίνουν από τη θερμότητα (Καρούδας & Κουμαράς, 2000; Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2002). Αντίστοιχες είναι οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών/τριων και των φοιτητών/τριων για τα θερμικά φαινόμενα.

Η αναγκαιότητα της συγκεκριμένης έρευνας έγκειται στο γεγονός ότι απουσιάζουν μελέτες που να εστιάζουν στη διακριτή αξιολόγηση της δομής και του περιεχομένου των

επιχειρημάτων των μαθητών/τριων και των φοιτητών/τριων. Επίσης, δεν εντοπίζονται έρευνες που να μελετούν τα γραπτά επιχειρήματα των φοιτητών/τριων για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας και της θερμοκρασίας.

## **1. Μεθοδολογία**

### ***1.1. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα***

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του επιπέδου της επιχειρηματολογίας που διατυπώνουν πρωτοετείς φοιτητές/τριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (Π.Τ.Δ.Ε.) του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με τις έννοιες της θερμοκρασίας και της θερμότητας. Τα ερευνητικά ερωτήματα που θα απαντηθούν είναι:

- Ποιο είναι το επίπεδο της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα;
- Ποιο είναι το επίπεδο του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα;
- Υπάρχει συσχέτιση των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενο με το φύλο τους;
- Υπάρχει συσχέτιση των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενο με την κατεύθυνση σπουδών που είχαν επιλέξει στο Λύκειο;

### ***1.2. Δείγμα και Ερευνητική διαδικασία***

Το δείγμα που επιλέχθηκε για την έρευνα είναι 95 πρωτοετείς φοιτητές/τριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις φάσεις. Στην πρώτη φάση, επιλέχθηκε το ερευνητικό εργαλείο (ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου). Στη δεύτερη φάση, δόθηκε πιλοτικά σε 10 πρωτοετείς φοιτητές/τριες προκειμένου να ελεγχθεί η κατανόηση των ερωτημάτων του ερωτηματολογίου. Τα ευρήματα της πιλοτικής μελέτης έδειξαν ότι δεν υπήρχαν προβλήματα κατανόησης. Στην τρίτη φάση, η οποία αποτελεί την πιο κύρια, το ερωτηματολόγιο διαμοιράστηκε στους φοιτητές/τριες ηλεκτρονικά, λόγω της πανδημίας Covid-19. Στην τελευταία φάση, έγινε ανάλυση της ποιότητας των επιχειρημάτων τους ως προς τη δομή και το περιεχόμενο και κατά συνέπεια εξήχθησαν τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα.

### ***1.3. Συλλογή και ανάλυση δεδομένων***

Το ερευνητικό εργαλείο συλλογής δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη εργασία είναι το ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου, έτσι ώστε οι φοιτητές/τριες να έχουν την ευκαιρία να διατυπώσουν και να αιτιολογήσουν αναλυτικά και συγκροτημένα τα επιχειρήματά τους χωρίς χρονική πίεση (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016). Οι ερωτήσεις επιλέχθηκαν βάσει των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριων, όπως έχουν μελετηθεί

στη διεθνή βιβλιογραφία για την θερμότητα, τη θερμοκρασία και τα θερμικά φαινόμενα. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται συνολικά από έξι ερωτήσεις. Οι πέντε ερωτήσεις επιλέχθηκαν από το ερευνητικό εργαλείο του Ζαφειρίου (2019), το οποίο διερευνά την επίδραση της επαυξημένης πραγματικότητας στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών/τριων του δημοτικού σχολείου για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία. Ακόμα μία ερώτηση επιλέχθηκε από τις σημειώσεις του Σκουμιού (2015), οι οποίες είναι βασισμένες στη διερευνητική διδασκαλία. Αξίζει να σημειωθεί ότι όλες οι ερωτήσεις είναι δομημένες με τρόπο ώστε οι φοιτητές/τριες να μπορούν τεκμηριώσουν το επιχειρήμα τους με όλα τα συστατικά στοιχεία.

Στον πίνακα 1 φαίνονται τα θέματα διερεύνησης, οι πιθανές αντιλήψεις των μαθητών/τριων και οι αντίστοιχες ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο.

**Πίνακας 1:** Παρουσίαση ζητημάτων Φ.Ε. και αντιστοίχισή τους με τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου

Θέματα διερεύνησης	Πιθανές αντιλήψεις μαθητών	Ερωτήματα
<b>Σχέση της θερμοκρασίας και της θερμικής αίσθησης</b>	Η θερμική αίσθηση είναι αξιόπιστη. Διαφορετική θερμική αίσθηση συνεπάγεται διαφορετική θερμοκρασία.	1
<b>Η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον</b>	Η θερμοκρασία είναι μία ιδιότητα των υλικών. Η θερμοκρασία εξαρτάται από το μέγεθος τη σύσταση και το χρώμα του αντικειμένου.	2,3
<b>Σχέση θερμότητας και θερμοκρασίας</b>	Ταύτιση θερμότητας και θερμοκρασίας: Ίσες/διαφορετικές θερμότητες συνεπάγονται ίσες/διαφορετικές θερμοκρασίες και αντίστροφα.	4,5
<b>Διάδοση θερμότητας (με ακτινοβολία)</b>	Οι σκουρόχρωμες επιφάνειες έχουν την τάση να συγκρατούν την ενέργεια και να εκπέμπουν ακτινοβολία πιο αργά από τις ανοιχτόχρωμες επιφάνειες.	6

Οι γραπτές απαντήσεις των φοιτητών/τριων στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου αποτέλεσαν τα δεδομένα της έρευνας.

Για την αξιολόγηση της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων, αξιοποιήθηκε το κριτήριο (κλίμακες διαβαθμισμένων κριτηρίων – 3 επίπεδα) που προτείνουν οι Σκουμιάς και Χατζηνικήτα (2014). Πιο συγκεκριμένα, η δομή ενός επιχειρήματος σχετίζεται με την ύπαρξη και την επάρκεια των συστατικών στοιχείων του (βλ. πίνακας 2), ενώ το περιεχόμενο ενός επιχειρήματος σχετίζεται με την καταλληλότητα τους (βλ. πίνακας 3) (Μαστρογιωργάκη & Σκουμιάς, 2019).

**Πίνακας 2:** Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2014)

<b>Συστατικά στοιχεία</b>	<b>Επίπεδα που αφορούν στην αξιολόγηση της δομής</b>		
	<i>Επίπεδο 1</i>	<i>Επίπεδο 2</i>	<i>Επίπεδο 3</i>
<i>Ισχυρισμός</i>	Δεν προτείνει ισχυρισμό	Προτείνει ανεπαρκή ισχυρισμό	Προτείνει έναν επαρκή ισχυρισμό
<i>Αποδεικτικά στοιχεία</i>	Δεν προτείνει αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει επαρκή αποδεικτικά στοιχεία
<i>Συλλογισμός</i>	Δεν προτείνει συλλογισμό	Προτείνει ανεπαρκή συλλογισμό	Προτείνει έναν επαρκή συλλογισμό
<i>Αντίκρουση</i>	Δεν προτείνει αντίκρουση	Προτείνει ανεπαρκή αντίκρουση	Προτείνει μια επαρκή αντίκρουση

**Πίνακας 3:** Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης του περιεχομένου των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2014)

<b>Συστατικά στοιχεία</b>	<b>Επίπεδα που αφορούν στην αξιολόγηση του περιεχομένου</b>		
	<i>Επίπεδο 1</i>	<i>Επίπεδο 2</i>	<i>Επίπεδο 3</i>
<i>Ισχυρισμός</i>	Προτείνει έναν ακατάλληλο ισχυρισμό	Προτείνει ένα μερικώς κατάλληλο ισχυρισμό	Προτείνει έναν κατάλληλο ισχυρισμό
<i>Αποδεικτικά στοιχεία</i>	Προτείνει ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει μερικώς κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία
<i>Συλλογισμός</i>	Προτείνει έναν ακατάλληλο συλλογισμό	Προτείνει μερικώς κατάλληλο συλλογισμό	Προτείνει έναν κατάλληλο συλλογισμό
<i>Αντίκρουση</i>	Προτείνει μία ακατάλληλη αντίκρουση	Προτείνει μία μερικώς κατάλληλη αντίκρουση	Προτείνει μια κατάλληλη αντίκρουση

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται ενδεικτικά μία ερώτηση και ένα παράδειγμα από τις απαντήσεις των φοιτητών/τριων με τον τρόπο αξιολόγησής του και ένα επιχείρημα με όλα τα συστατικά στοιχεία δομημένα επαρκώς και κατάλληλα.

**Ερώτηση 1:** Ένα χειμωνιάτικο πρωί οι μαθητές της Στ' τάξης του Δημοτικού πήγαν στο εργαστήριο Φυσικής για μάθημα, το οποίο ήταν κλειστό όλο το βράδυ. Ο Πάνος κάθισε σε μία υφασμάτινη καρέκλα, ο Γιώργος σε μία ξύλινη ενώ η Αγγελική σε μία σιδερένια. Παρακάτω εμφανίζονται οι δηλώσεις τους:

Αγγελική: “Η καρέκλα μου είναι παγωμένη!”

Πάνος: “Παιδιά, η δική μου είναι μία χαρά.”

Γιώργος: “Εμένα είναι λίγο κρύα αλλά όχι και παγωμένη!”

Τα τρία παιδιά αλλάζουν θέσεις και παρατηρούν ακριβώς το ίδιο. Αναρωτιούνται λοιπόν από τι εξαρτάται η αίσθηση του ψυχρού ή του θερμού στα διάφορα αντικείμενα. Σε λίγο συμμετέχουν όλοι οι συμμαθητές τους. Στη συζήτηση αναφέρονται κι άλλα αντικείμενα πέρα από τις καρέκλες.

Από τις απόψεις των μαθητών και μετά από πειραματικές μετρήσεις προέκυψε ο παρακάτω πίνακας δεδομένων:

Αντικείμενο	Αίσθηση γυμνού χεριού	Θερμοκρασία δωματίου	Θερμοκρασία αντικειμένου	Υλικό αντικειμένου	Όγκος αντικειμένου
Μεταλλική καρέκλα	Πολύ κρύο	17 °C	17 °C	Σίδηρος	0,5 m <sup>3</sup>
Ξύλινη καρέκλα	Λίγο κρύο	17 °C	17 °C	Ξύλο	0,4 m <sup>3</sup>
Υφασμάτινη καρέκλα	Κανονικό	17 °C	17 °C	Βαμβάκι	0,7 m <sup>3</sup>
Ποδιά εργαστηρίου	Κανονικό	17 °C	17 °C	Βαμβάκι	0,2 m <sup>3</sup>
Μπαταρία	Πολύ κρύο	17 °C	17 °C	Αλουμίνιο	0,02 m <sup>3</sup>
Ξύλινη βάση	Λίγο κρύο	17 °C	17 °C	Ξύλο	0,03 m <sup>3</sup>

- Η Αγγελική πιστεύει ότι η θερμική αίσθηση εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αντικειμένου.
- Ο Πάνος υποστηρίζει ότι η αίσθηση του θερμού ή του ψυχρού εξαρτάται από το υλικό του σώματος.

Αξιοποίησε τον πίνακα για να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στην ερώτηση των παιδιών:

**“Από τι εξαρτάται η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου;”**

Όταν γράφεις την απάντησή σου, μην ξεχάσεις:

- α. να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και
- β. να πείσεις την Αγγελική, τον Γιώργο και τους συμμαθητές τους ότι η δική σου απάντηση είναι πιο σωστή από οποιαδήποτε άλλη απάντηση.

**Παράδειγμα επιχειρήματος φοιτητή/τριας:**

*«Κατά την γνώμη μου η θερμική αίσθηση δεν εξαρτάται από την θερμοκρασία του αντικειμένου αλλά από το υλικό από το οποίο έχει κατασκευαστεί το αντικείμενο αυτό. Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα η θερμοκρασία όλων των αντικειμένων είναι ίδια καθώς και η θερμοκρασία του δωματίου είναι ίδια.»*

Ως προς τη δομή του το επιχειρήμα περιλαμβάνει ισχυρισμό («Κατά την γνώμη μου η θερμική αίσθηση δεν εξαρτάται από την θερμοκρασία του αντικειμένου αλλά από το υλικό από το οποίο έχει κατασκευαστεί το αντικείμενο αυτό.») και αποδεικτικά στοιχεία («Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα η θερμοκρασία όλων των αντικειμένων είναι ίδια καθώς και η θερμοκρασία του δωματίου είναι ίδια.»).

Αναλύοντάς το προκύπτει ότι:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό, ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 3), καθώς έχει απαντήσει στο ερώτημα που τέθηκε, ανεξάρτητα από το σωστό ή το λανθασμένο επιστημονικό περιεχόμενο.
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία κρίνονται μερικώς επαρκή (επίπεδο 2), γιατί δεν έχουν χρησιμοποιηθεί όλα τα αποδεικτικά στοιχεία του πίνακα.
- Δεν περιλαμβάνει συλλογισμό (επίπεδο 1).
- Δεν περιλαμβάνει αντίκρουση (επίπεδο 1).

Ως προς το περιεχόμενό του το επιχειρήμα αυτό:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό, ο οποίος κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 3), καθώς έχει απαντήσει σωστά στην ερώτηση.
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία κρίνονται μερικώς κατάλληλα (επίπεδο 2). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δε χρησιμοποιούνται όλα τα δεδομένα, όπως είναι αυτά που αφορούν στον όγκο των αντικειμένων και κατά συνέπεια δε δικαιολογείται ο ισχυρισμός επαρκώς.



- Δεν περιλαμβάνει συλλογισμό (επίπεδο 1).
- Δεν περιλαμβάνει αντίκρουση (επίπεδο 1).

Για να γίνει πιο σαφής η διαδικασία της ανάλυσης ως προς την επάρκεια και την καταλληλότητα των συστατικών στοιχείων, δίνεται ένα παράδειγμα ενός επαρκούς και κατάλληλου επιχειρήματος.

*«Η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου εξαρτάται από το υλικό του (ισχυρισμός). Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα φαίνεται ότι η θερμοκρασία όλων των αντικειμένων που έχουν φτιαχτεί από διάφορα υλικά, είναι όμοια με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, 17°C. Επίσης, φαίνεται ότι το κάθε αντικείμενο έχει διαφορετικό όγκο κάτι το οποίο δεν μπορεί να επηρεάσει τη θερμική αίσθηση (αποδεικτικά στοιχεία). Έτσι, συμπερασματικά προκύπτει ότι η θερμική αίσθηση εξαρτάται από το υλικό κάθε αντικειμένου, και κατά συνέπεια από το αν είναι καλός ή κακός αγωγός της θερμότητας (συλλογισμός). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι ο όγκος των αντικειμένων και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος δεν παίζουν ρόλο στη θερμική αίσθηση. (αντίκρουση)».*

Αφού αναλύθηκαν τα επιχειρήματα των φοιτητών/τριων, προσδιορίστηκαν οι μέσες τιμές των επιπέδων επάρκειας και καταλληλότητας των συστατικών στοιχείων τους. Για τη μελέτη των επιπέδων επάρκειας και καταλληλότητας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης SPSS.

## 2. Αξιοπιστία

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ταξινόμηση των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών σε επίπεδα, γίνεται βάσει υποκειμενικών κριτηρίων καθώς δεν υπάρχει σαφήνεια στους όρους «επάρκεια» και «καταλληλότητα». Έτσι, για να αποφευχθεί το πρόβλημα σχετικά με την εγκυρότητα της έρευνας, χρησιμοποιήθηκε ένας κωδικογράφος, ο οποίος ενημερώθηκε από την ερευνήτρια για το σκοπό της έρευνας, τη μέθοδο, το σύστημα κατηγοριών και τη διαδικασία κωδικογράφησης, ώστε στο πέρας αυτής της «εκπαίδευσης» να καταστεί εφικτός ο μέγιστος βαθμός συμφωνίας μεταξύ ερευνητή και κωδικογράφου (Στύλος κ.ά., 2018). Η κωδικοποίηση έγινε σε 30 ερωτηματολόγια που απάντησαν φοιτητές/τριες και ο βαθμός συμφωνίας της ερευνήτριας και του κωδικογράφου που προέκυψε είναι 0,92 (Holsti, 1969; Μπονίδης, 2004). Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η αξιοπιστία της συγκεκριμένης έρευνας. Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας με το βαθμό συμφωνίας μεταξύ ερευνήτριας και κωδικογράφου.

**Πίνακας 4:** Βαθμός συμφωνίας μεταξύ ερευνήτριας και κωδικογράφου

	Ερευνήτρια- Κωδικογράφος
Ερώτηση 1	0.92
Ερώτηση 2	0.90
Ερώτηση 3	0.91
Ερώτηση 4	0.94
Ερώτηση 5	0.93
Ερώτηση 6	0.94
	0,92

### 3. Αποτελέσματα

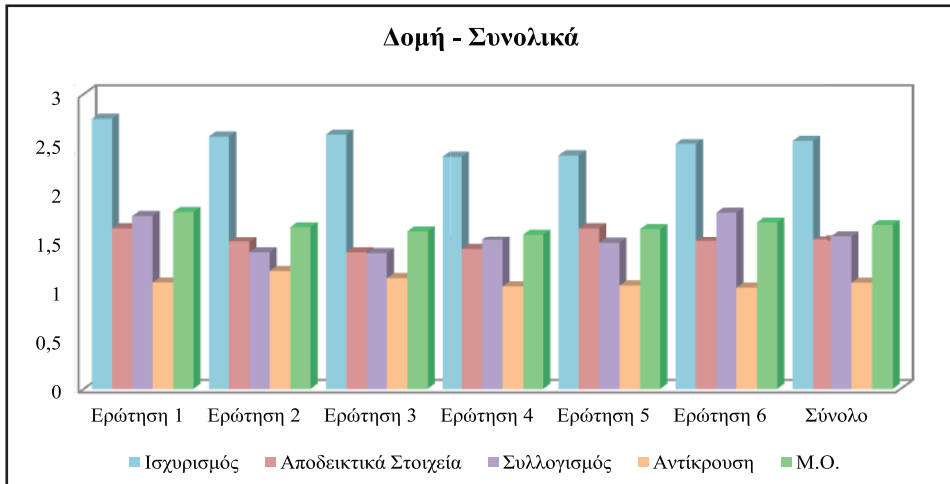
#### 3.1. Δομή επιχειρημάτων

Από την ανάλυση των επιχειρημάτων, διαπιστώθηκε ότι ο ισχυρισμός των επιχειρημάτων των περισσότερων φοιτητών/τριων κρίνεται επαρκής, καθώς ο μέσος όρος είναι 2,52. Άρα, βρίσκεται στο επίπεδο 3. Για αποδεικτικά στοιχεία των επιχειρημάτων ο μέσος αγγίζει το 1,51 και πλησιάζουν το επίπεδο 2. Όσον αφορά το συλλογισμό των επιχειρημάτων κατατάσσεται στο επίπεδο 1 και κρίνεται ανεπαρκής, γιατί ο μέσος όρος είναι 1,29. Όμοια, και με την αντίκρουση όπου ο μέσος όρος είναι μόλις 1,08 και το επίπεδο 1. Συνολικά, για την ποιότητα της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων ο μέσος όρος είναι 1,60, κρίνεται μερικώς επαρκής και κατατάσσεται κοντά στο επίπεδο 2 (βλ. πίνακας 4 και σχήμα 1).

**Πίνακας 5:** Το επίπεδο επάρκειας της ποιότητας της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για κάθε ερώτηση ξεχωριστά και συνολικά: μέσος όρος

ΔΟΜΗ	Ισχυρισμός	Αποδεικτικά Στοιχεία	Συλλογισμός	Αντίκρουση	Mean
Ερώτηση 1	2,7474	1,6421	1,5263	1,0737	<b>1,7473</b>
Ερώτηση 2	2,5684	1,4842	1,2000	1,1895	<b>1,6105</b>
Ερώτηση 3	2,5895	1,3789	1,2105	1,1158	<b>1,5736</b>
Ερώτηση 4	2,3684	1,4105	1,2105	1,0316	<b>1,5053</b>
Ερώτηση 5	2,3789	1,6421	1,2526	1,0421	<b>1,5789</b>
Ερώτηση 6	2,4947	1,4947	1,3579	1,0211	<b>1,5921</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>2,5246</b>	<b>1,5088</b>	<b>1,2929</b>	<b>1,0789</b>	<b>1,6013</b>

**Σχήμα 1:** Το επίπεδο επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για κάθε ερώτηση ξεχωριστά και συνολικά: ραβδόγραμμα



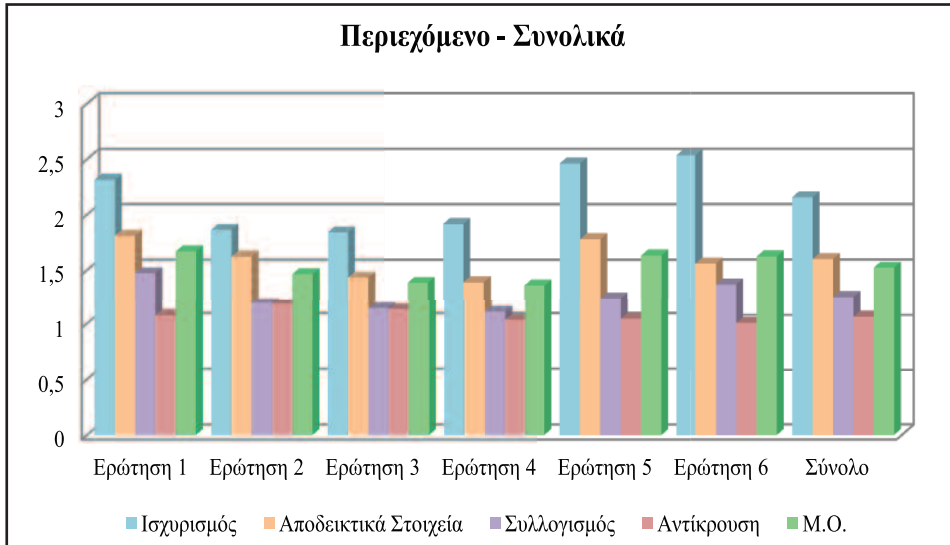
### 3.2. Περιεχόμενο επιχειρημάτων

Από τον πίνακα 5 και το σχήμα 2, προκύπτει ότι ο ισχυρισμός των επιχειρημάτων κρίνεται μερικώς κατάλληλος, καθώς ο μέσος όρος είναι 2,16 και βρίσκεται κοντά στο επίπεδο 2. Τα αποδεικτικά στοιχεία των επιχειρημάτων αξιολογήθηκαν ακατάλληλα, καθώς ο μέσος αγγίζει το 1,59 και πλησιάζει το επίπεδο 2. Το επίπεδο του συλλογισμού είναι 1, καθώς ο μέσος όρος βρίσκεται στο 1,25. Όσον αφορά την αντίκρουση η ποιότητα των επιχειρημάτων είναι πολύ χαμηλή με μέσο όρο μόλις 1,08 (επίπεδο 1). Συνοψίζοντας, η ποιότητα του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων στο σύνολο κρίνεται μερικώς επαρκής, καθώς ο μέσος όρος είναι 1,52 και έτσι κατατάσσεται μεταξύ του επιπέδου 1 και 2.

**Πίνακας 6:** Το επίπεδο καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για κάθε ερώτηση ξεχωριστά και συνολικά: μέσος όρος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ	Ισχυρισμός	Αποδεικτικά Στοιχεία	Συλλογισμός	Αντίκρουση	Mean
Ερώτηση 1	2,3158	1,8105	1,4737	1,0737	<b>1,6684</b>
Ερώτηση 2	1,8632	1,6211	1,1895	1,1789	<b>1,4632</b>
Ερώτηση 3	1,8421	1,4316	1,1368	1,1263	<b>1,3842</b>
Ερώτηση 4	1,9158	1,3895	1,1053	1,0316	<b>1,3605</b>
Ερώτηση 5	2,4632	1,7789	1,2421	1,0421	<b>1,6316</b>
Ερώτηση 6	2,5368	1,5579	1,3684	1,0211	<b>1,6210</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>2,1562</b>	<b>1,5983</b>	<b>1,2526</b>	<b>1,0789</b>	<b>1,5215</b>

**Σχήμα 2:** Το επίπεδο επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για κάθε ερώτηση ξεχωριστά και συνολικά: ραβδόγραμμα



### 3.3. Έλεγχος συσχέτισης των μέσω όρων των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων με το φύλο και με την κατεύθυνση σπουδών των φοιτητών/τριων

Γνωρίζοντας ότι η κατανομή του φύλου, της κατεύθυνσης σπουδών και των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων δεν ακολουθούν κανονική κατανομή, για να ελεγχθεί αν υπάρχει συσχέτιση των μέσων όρων, πραγματοποιήθηκε μη παραμετρικός έλεγχος Mann Whitney U.

**Πίνακας 7:** Αξία p και τιμή U στο Mann-Whitney U Test στις απαντήσεις των φοιτητών/τριων ως προς τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων και του φύλου τους

	Test Statistics <sup>a</sup>									
	Domi Ischyrismos Mesos Oros	Domi Apodeiktika Stoixeia Mesos Oros	Domi Syllogismos Mesos Oros	Domi Antikrousi Mesos Oros	Domi Overall	Periexomeno Ischyrismos Mesos Oros	Periexomeno Apodeiktika Stoixeia Mesos Oros	Periexomeno Syllogismos Mesos Oros	Periexomeno Antikrousi Mesos Oros	Periexomeno Overall
Mann-Whitney U	456	453,5	432	473,5	467,5	369	428,5	478,5	480	404
Wilcoxon W	534	531,5	3918	551,5	3954	447	506,5	556,5	558	482
Z	-0,476	-0,504	-0,763	-0,332	-0,34	-1,456	-0,785	-0,23	-0,249	-1,056
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,634	0,614	0,445	0,74	0,731	0,145	0,433	0,818	0,804	0,291

a. Grouping Variable: Φύλο

**Πίνακας 8:** Αξία  $p$  και τιμή  $U$  στο Mann-Whitney  $U$  Test στις απαντήσεις των φοιτητών/τριων ως προς τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων και του φύλου τους

Test Statistics <sup>a</sup>										
	Domi Isxyrismos Mesos Oros	Domi Apodeiktika Stoixeia Mesos Oros	Domi Syllogismos Mesos Oros	Domi Antikrousi Mesos Oros	Domi Overall	Perioxomeno Isxyrismos Mesos Oros	Perioxomeno Apodeiktika Stoixeia Mesos Oros	Perioxomeno Syllogismos Mesos Oros	Perioxomeno Antikrousi Mesos Oros	Perioxomeno Overall
Mann-Whitney U	702	614	650,5	670,5	588	620	588,5	623,5	662,5	670,5
Wilcoxon W	3628	3540	3576,5	3596,5	3514	810	3514,5	3549,5	3588,5	3596,5
Z	-0,188	-1,016	-0,687	-0,58	-1,25	-0,956	-1,252	-0,963	-0,682	-0,481
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,851	0,31	0,492	0,562	0,21	0,339	0,211	0,336	0,495	0,631

a. Grouping Variable: Κατεύθυνση Σπουδών

Ελέγχοντας τα δεδομένα των πινάκων 6 και 7 που προέκυψαν από τον παραμετρικό έλεγχο Mann Whitney U, αποδεικνύεται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές των επιχειρημάτων ως προς τη δομή και το περιεχόμενο με το φύλο και την κατεύθυνση σπουδών των φοιτητών/τριων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όλα τα asymp sig. (2-tailed) είναι μικρότερα από το επίπεδο σημαντικότητας ( $p=0,05$ ).

#### 4. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία προέκυψε ότι η ποιότητα τους είναι χαμηλή. Σχετικά με τη δομή της επιχειρηματολογίας, οι φοιτητές/τριες προτείνουν επαρκή επιχειρήματα ως προς τον ισχυρισμό, όμως, δεν προτείνουν αποδεικτικά στοιχεία ή εάν προτείνουν αυτά είναι ανεπαρκή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ικανότητές τους να αναγνωρίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία, να τα κρίνουν και να συγκρίνουν επιχειρήματα, δεν είναι αναπτυγμένες (Σκουμιάς, 2019). Επιπλέον, οι φοιτητές/τριες αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο να συνδέουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τους ισχυρισμούς και να δημιουργούν συλλογισμούς (Bell & Linn, 2000; McNeill & Krajcik, 2006; Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016). Για συστατικό στοιχείο της αντίκρουσης, οι φοιτητές/τριες δεν υποστηρίζουν το επιχειρήμα τους με αντίκρουση σχεδόν ποτέ ή η αντίκρουση κρίνεται ανεπαρκής (Bell & Linn, 2000; McNeill et al., 2006; Songer, Kelcey & Gotwals, 2009).

Όσον αφορά το περιεχόμενο των επιχειρημάτων, οι φοιτητές/τριες προτείνουν ισχυρισμούς με περιορισμένες εξηγήσεις αντί για πλήρη επιχειρήματα ή οι απόψεις τους υποστηρίζονται σε ένα μόνο τεκμήριο αγνοώντας όλα τα υπόλοιπα που πιθανόν να οδηγούν σε διαφορετικές θεωρίες (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016). Αυτό οφείλεται στην ελλιπή γνώση περιεχομένου ή στις εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών/τριων όπου συχνά επηρεάζουν τους ισχυρισμούς τους. Για τη συγκρότηση του συλλογισμού, οι φοιτητές/τριες δυσκολεύονται να επιλέξουν την κατάλληλη επιστημονική ιδέα προκειμένου να συνδέσουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τους ισχυρισμούς τους. Όμοια με τη δομή,

σπάνια προβάλλουν αντικρούσεις (Bell & Linn, 2000; McNeill et al. 2006; Songer et al. 2009).

Η χαμηλή ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών/τριων και των φοιτητών/τριων μπορεί να αποδοθεί εκτός από έλλειψη κατανόησης του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών, στη μη γνώση της δομής ενός επιχειρήματος. Έχει επισημανθεί ότι κατά την εκπαίδευση των μαθητών/τριων στις Φυσικές Επιστήμες, σπάνια τους παρέχονται ευκαιρίες να αξιολογούν επιχειρήματα και σπάνια υποστηρίζονται στην προσπάθειά τους να συγκροτούν επιχειρήματα (Πάλλη & Σκουμιός, 2019).

Επί προσθέτως, από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην ενότητα 3.3 παρατηρήθηκε ότι το φύλο και η κατεύθυνση σπουδών των φοιτητών και των φοιτητριών στο Λύκειο δεν διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην επιχειρηματολογία τους. Αν και η επίδοση των δύο φύλων στις θετικές επιστήμες είναι κάτι που έχει απασχολήσει πληθώρα ερευνών παγκοσμίως, η παρούσα έρευνα αποδεικνύει ότι δεν μπορεί να υπάρξει συσχέτιση μεταξύ του φύλου των φοιτητών/τριών με τα επιχειρήματά τους, τόσο ως προς τη δομή, όσο και ως προς το περιεχόμενο. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα, συμβαδίζουν με τη μελέτη των Hyde και Mertz (2009) όπου καταδεικνύουν ότι όσο περνούν τα χρόνια τόσο οι διαφορές στις επιδόσεις ανάμεσα στα δύο φύλα αμβλύνονται.

Όπως με τον έλεγχο συσχέτισης των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων με το φύλο, το ίδιο αποδεικνύεται και για την κατεύθυνση σπουδών. Σύμφωνα με τον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος στατιστικής, δεν υπάρχει συσχέτιση της επιχειρηματολογίας των φοιτητών/τριων με την κατεύθυνση σπουδών τους. Πιο συγκεκριμένα, φάνηκε ότι οι φοιτητές/τριες της θετικής/τεχνολογικής κατεύθυνσης, αλλά και της θεωρητικής κατεύθυνσης, παρουσίασαν παρόμοιο επιπέδο επιχειρηματολογία, καθώς όλοι/ες έδωσαν κατά κύριο λόγο έναν ισχυρισμό συνοδευμένο από λίγα δεδομένα ή ενίοτε μία προϋπόθεση υπό την οποία ίσχυε ο ισχυρισμός (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2015).

## 5. Περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο με τη χρήση ερωτηματολογίου γεγονός που αποτελεί έναν επιπρόσθετο περιορισμό, καθώς δεν μπορεί να υπάρξει παρατήρηση των φοιτητών και των φοιτητριών. Ένας πιθανός συνδυασμός ερωτηματολογίου, συνεντεύξεων καθώς και η παρατήρησή τους, θα μπορούσαν να παρέχουν πιο ακριβή αποτελέσματα για την ποιότητα των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων.

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω περιορισμούς καθώς και τα γενικότερα συμπεράσματα που αναδείχθηκαν σχηματίζονται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση.

α) Η παρούσα εργασία εστιάζει στη διακριτή αξιολόγηση της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων φοιτητών και των φοιτητριών. Από αυτό προκύπτει ότι θα μπορούσαν να διερευνηθεί η διακριτή αξιολόγηση της δομής και του περιεχομένου των φοιτητών και των φοιτητριών σε περισσότερους κλάδους των Φυσικών Επιστημών.

- b) Η παρούσα εργασία αντιμετώπισε περιορισμό στο δείγμα και στον τρόπο όπου μοιράστηκε το ερευνητικό εργαλείο-ερωτηματολόγιο. Έτσι, προτείνεται να διερευνηθεί σε μεγαλύτερο δείγμα του φοιτητικού πληθυσμού, καθώς και να μοιραστεί δια ζώσης ώστε να μπορεί να γίνει έλεγχος για τη μη πρόσβαση των ερωτώμενων σε πηγές πληροφοριών.
- c) Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση, προβλέπεται ότι η βελτίωση των επιχειρημάτων τόσο των φοιτητών όσο και των μαθητών επέρχεται μέσω διδακτικών παρεμβάσεων και εκπαιδευτικού υλικού. Η πρόταση που αναδεικνύεται είναι η παραγωγή και η αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τη βελτίωση των επιχειρημάτων των μαθητών και των φοιτητών αναφορικά με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία.
- d) Ο προφορικός λόγος διαφέρει άρδην από το γραπτό. Για αυτό το λόγο, ενδιαφέρον θα είχε η μελέτη των προφορικών επιχειρημάτων των μαθητών και των φοιτητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία και σύγκρισή τους με την ποιότητα των γραπτών επιχειρημάτων τους.

## Βιβλιογραφία

- Bell, P. & Linn, M. C. (2000) Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the Web with Kie. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797-817. DOI: [10.1080/095006900412284](https://doi.org/10.1080/095006900412284)
- Carlton, K. (2000) Teaching about heat and temperature. *Physics Education* 35(2):101. DOI: [10.1088/0031-9120/35/2/304](https://doi.org/10.1088/0031-9120/35/2/304)
- Heng, L., Surif, J. & Seng, C. H. (2015) Malaysian students' scientific argumentation: Do groups perform better than individuals? *International Journal of Science Education*, 37(3), 505-528. DOI: [10.1080/09500693.2014.995147](https://doi.org/10.1080/09500693.2014.995147)
- Holsti, O.R. (1969) *Content Analysis for the Social Sciences and Humanities*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Hyde, J. & Mertz, J. (2009) Gender, culture, and mathematics performance. *PNAS*, 106 (22), 8801-8807. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901265106>
- Kotsis K. T., Stylos, G., Houssou, P., & Kamaratos. M. (2023). Students' perceptions of the heat and temperature concepts: A comparative study between primary, secondary, and university levels. *European Journal of Education and Pedagogy*, 4(1), 136-144. <https://doi.org/10.24018/ejedu.2023.4.1.577>
- McNeill, K. L. (2011) Elementary students' views of explanation, argumentation, and evidence, and their abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793-823. <https://doi.org/10.1002/tea.20430>
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2006) Supporting students' construction of scientific explanation through generic versus context-specific written scaffolds. Paper presented at the annual meeting of the American educational research association, San Francisco, CA.

- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2012) *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J. & Marx, R. W. (2006) Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191. DOI: [10.1207/s15327809jls1502\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1502_1)
- Nurjannah, N., Setiawan, A., Rusdiana, D. & Muslim, M. (2019) Students' critical thinking skills toward analyzing argumentation on heat conductivity concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3). DOI:10.1088/1742-6596/1157/3/032053
- Nussbaum, E. M. & Sinatra, G. M. (2003) *Argument and conceptual engagement*. *Contemporary Educational Psychology*, 28(3), 384-395. DOI:10.1016/S0361-476X(02)00038-3
- Priyadi, R., Diantoro, M. & Parno, P. (2018) *Student's Scientific Argumentation Skills on Heat and Temperature*. *Pancaran Pendidikan*, 7(4), 65-72. DOI:10.25037/pancaran.v7i3.200
- Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012) Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 141-165. DOI:10.1002/tea.20454
- Stylos, G. & Kotsis, K. T. (2023). Undergraduate physics students' understanding of thermal phenomena in everyday life. *Contemporary Mathematics and Science Education*, 4(2), ep23023. <https://doi.org/10.30935/conmaths/13406>
- Stylos, G., Sargioti, A., Mavridis, D. & Kotsis, K.T. (2021) Validation of the thermal concept evaluation test for Greek university students' misconceptions of thermal concepts. *International Journal of Science Education*, 43(2), 247-273. DOI: [10.1080/09500693.2020.1865587](https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1865587)
- Γεωργίου, Μ. & Μαυρικάκη, Ε. (2015) «Επιχειρείν το επιχειρηματολογείν» σε κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα: τα καταφέρνουν οι νέοι Έλληνες πολίτες. Στο Ψύλλος Δ., Μολοχίδης Α. & Καλλέρη Μ. (Επιμ.), *Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές: 9ο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (ΕΝΕΦΕΤ). 8-10 Μαΐου 2015: Πρακτικά (σ. 733-737)*. Θεσσαλονίκη.
- Γεωργίου, Μ. & Μαυρικάκη, Ε. (2016) Επιχειρηματολογούν οι Έλληνες έφηβοι μαθητές: Η περίπτωση κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων Βιοτεχνολογίας. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 9(3), 137-149.
- Ζαφειρίου, Σ. (2019) *Οι επιδράσεις της επαυξημένης πραγματικότητας στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών του Δημοτικού Σχολείου για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία (Μεταπτυχιακή Εργασία)*. Ανακτήθηκε από: <https://hellenicus.lib.aegean.gr/handle/11610/19701>



- Καρύδας, Α., & Κουμαράς, Π. (2000) Η Ιστορία της επιστήμης και προτάσεις για τη διδακτική της εκμετάλλευση: Η περίπτωση της θερμότητας και των θερμικών φαινομένων. Στο: Βαλανίδης Ν., (Επιμ.) 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και εφαρμογών των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ημερομηνία: Πρακτικά (σ. 331-339, τόμος II). Λευκωσία.
- Μαστρογιωργάκη, Μ. & Σκουμιός, Μ. (2019) Διδάσκοντας το 2ο Νόμο του Νεύτωνα μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών: η δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών. Στο Σωτήρης Λιούκρας (Επιμ.), *Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι.: 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο (Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 10-21 Απριλίου 2019*: Πρακτικά (σ. 260-269). Φλώρινα.
- Μουντζούρη, Γ. & Σκουμιός, Μ. (2015) Η συμβολή ενός εκπαιδευτικού υλικού για τις αλλαγές κατάστασης και τη θερμοκρασία στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Στο Χ. Σκουμπορδή και Μ. Σκουμιός (Επιμ.), *Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες: 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή, 17-18 Οκτωβρίου 2014*: Πρακτικά (σ. 275-294). Ρόδος.
- Μπονίδης, Κ. (2004) *Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου ως αντικείμενο έρευνας: διαχρονική εξέταση της σχετικής έρευνας και μεθοδολογικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Μεταίχιμο.
- Παγκουρέλια, Ε. Δ., (2013) *Ανάπτυξη επιχειρηματολογίας στο λύκειο: εκπαιδευτικές πρακτικές* (Διδακτορική διατριβή). Ανακτήθηκε από: <https://ir.lib.uth.gr/xmlui/handle/11615/44040>
- Πάλλη, Ι. & Σκουμιός, Μ. (2019) Η συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης για τον ήχο στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών Στο Σ. Λιούκρας (Επιμ.), *Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι.: 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 21 Απριλίου 2019*: Πρακτικά (σ. 287-295). Φλώρινα.
- Σκουμιός, Μ. (2012) Αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών και διδακτική τους αντιμετώπιση, Σημειώσεις. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος. Ανακτήθηκε από: <http://lab-fe.pre.aegean.gr/downloads/antilipseis/ANTILIPSEIS-SHMEIWSEIS-KEFALAIA-8-9.pdf>
- Σκουμιός, Μ. (2015) Εφαρμοσμένη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών II (Πρακτικές Ασκήσεις Γ΄ Φάσης Σημειώσεις. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος.
- Σκουμιός, Μ. (2016) Συμβολή μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων στις δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν τα αποδεικτικά στοιχεία γραπτών επιχειρημάτων. Στο Πιερράτος, Θ., Κουμαράς, Π. και Πολάτογλου, Χ. (Επιμ.), *Διδακτικές προσεγγίσεις*

και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες: Πανελλήνιο Συνεδρίο. 16-17 Απριλίου 2016: Πρακτικά (σελ. 157-166). Θεσσαλονίκη.

- Σκουμιός, Μ. (2019) Μελέτη των ικανοτήτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου, του Γυμνασίου και του Λυκείου να κρίνουν τα αποδεικτικά στοιχεία των επιστημονικών επιχειρημάτων. μαθητών Στο Σ. Λιούκρας (Επιμ.), *Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι.: 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. 21 Απριλίου 2019: Πρακτικά (σ. 314-323). Φλώρινα.
- Σκουμιός, Μ. & Ταράλλη, Ε. (2016) Αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιστημονικών επιχειρημάτων από τους φοιτητές. Στο Ψύλλος Δ., Μολοχίδης Α. & Καλλέρη Μ. (Επιμ.), *Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές: 9ο Πανελληνίου Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. 8-10 Μαΐου 2015: Πρακτικά (σ. 724-732). Θεσσαλονίκη.
- Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2002) Μοντέλα μαθητών για θερμότητα και θερμοκρασία. Στο Α. Μαργετουσάκη & Π. Μιχαηλίδης (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο*. 9-11 Μαΐου 2002: Πρακτικά (σ. 316-324). Ρέθυμνο.
- Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2014) Αξιολογώντας τις γραπτές εξηγήσεις των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 3, 9-19.
- Στύλος, Γ. & Κώτσης, Κ.Θ. (2018) Διδακτικές παρεμβάσεις για τη μεταβολή των αντιλήψεων των φοιτητών του ΠΤΔΕ σε έννοιες της θερμότητας. Στο Χρ. Σκουμπορδή, Μ. Σκουμιός (Επιμ.), *Εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών: διαφορετικές χρήσεις, διασταυρούμενες πορείες μάθησης: 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή*. 9-11 Νοεμβρίου 2018: Πρακτικά (σ. 495-505). Ρόδος.
- Στύλος, Γ., Κώτσης, Κ. Θ. & Εμβαλωτής, Α. (2018) Στάσεις και πεποιθήσεις εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για το περιεχόμενο και τη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 11(1), 1-14.
- Χιώλου, Μ. & Σμυρναίου, Ζ. (2018) Ο επιχειρηματολογικός διάλογος στη δια ζώσης και στη διαμεσολαβούμενη από υπολογιστή σύγχρονη επικοινωνία. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 11(1), 15- 29. <http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete>
- Φασουλόπουλος, Γ., (2000) *Οι αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση εντατικών φυσικών μεγεθών με την ποσότητα του συστήματος και οι συνέπειές τους στη διδασκαλία* (Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.