

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ
(3D PRINTING) ΣΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ, ΣΤΟ ΑΓΧΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟ
ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ.
ΜΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ STEM.

Πανταζής Σπυρίδων

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής
Κώτσης Κωνσταντίνος Επιβλέπων Καθηγητής
Μικρόπουλος Αναστάσιος
Μαυρίδης Δημήτριος

Ιωάννινα Ιούνιος 2020

Τίτλος

Η επίδραση της χρήσης της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D Printing) στις γνώσεις περιεχομένου, στο άγχος και στο ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τις Φυσικές Επιστήμες. Μια προσέγγιση STEM.

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα διερευνά την επίδραση που έχει ένα σχέδιο εργασίας Ε΄ και Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου με τη χρήση τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D Printing) στις γνώσεις περιεχομένου, στο άγχος και στο ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τις Φυσικές Επιστήμες και τη διδασκαλία τους και ταυτόχρονα τις συγκρίνει με τα αντίστοιχα αποτελέσματα μαθητών/τριών που διδάχθηκαν σύμφωνα με το ίδιο μοντέλο διδασκαλίας. Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 111 μαθητές/τριες δημοτικών σχολείων του Νομού Θεσπρωτίας. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε ομάδες μαθητών/τριών (ομάδα ελέγχου-πειραματική ομάδα). Η διενέργεια της έρευνας ολοκληρώθηκε το Μάρτιο του 2020. Οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν στην έρευνα διδάχθηκαν την έννοια της Τριβής και τους παράγοντες από τους οποίους αυτή επηρεάζεται με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση. Χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο διαμορφωμένο σε τέσσερις θεματικές ενότητες, που αφορούσαν δημογραφικά στοιχεία, γνώσεις περιεχομένου και στάσεις για τις Φυσικές Επιστήμες. Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS 23. Μέσα από την έρευνα διαπιστώνεται η θετική επίδραση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην εννοιολογική κατανόηση και μάθηση της έννοιας της δύναμης της τριβής και των παραγόντων από τους οποίους αυτή επηρεάζεται και επιβεβαιώνεται ότι η τεχνολογία 3D εκτύπωσης μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο STEM το οποίο συμβάλλει στην υποστήριξη της μάθησης και της δημιουργικότητας. Αναφορικά με το επιστημονικό ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τις Φ.Ε. διαπιστώνεται ότι δεν επηρεάζεται, ενώ παρατηρείται παρόμοια θετική επίδραση της διδακτικής παρέμβασης, στο άγχος των μαθητών/τριών για τις Φυσικές Επιστήμες.

Λέξεις κλειδιά Τρισδιάστατη εκτύπωση, Φυσικές Επιστήμες

Title

The impact of the use of 3D Printing technology on content knowledge, stress and student's interest in the Natural Sciences. A STEM approach.

Abstract

The present study examines the results of the effect of a project done by students of the 5th and 6th grade of Primary School with the use of 3D Printing Technology on content knowledge, anxiety and their interest in natural sciences and the approach of teaching natural sciences. At the same time it compares them with the corresponding results of students who were taught according to the same teaching model. The research sample consists of 111 primary school students (control group – experimental group). The research was completed in March 2020. The students who participated in the research were taught the concept of Friction and the factors by which it is influenced by the constructive approach. A questionnaire was used in four thematic sections, which dealt with demographics, content knowledge, and attitudes toward the Natural Sciences. The statistical analyses were performed with the statistical package SPSS 23. The research reveals the positive effect of 3D Printing on the conceptual understanding and learning of the concept of the force of friction and the factors by which it is influenced and confirms that 3D printing technology can be used as a powerful STEM educational tool that supports learning and creativity. Regarding to the scientific interest of the students in natural sciences it is determined that is not affected while it is observed that there is a similar positive effect of the teaching intervention on the students' anxiety about Natural Sciences.

Keywords: 3D Printing, Natural Sciences

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	3
1.1	ΤΠΕ στη Διδασκαλία των Φ.Ε.	3
1.2	Εκπαίδευση STEM	6
1.2.1	Μαθησιακά αποτελέσματα της προσέγγισης STEM.....	8
1.3	STEM - Τρισδιάστατη Εκτύπωση	9
1.3.1	Τρισδιάστατη Εκτύπωση	11
1.3.2	Η εξέλιξη των τρισδιάστατων εκτυπωτών	12
1.3.3	Προγράμματα CAD	12
1.3.4	Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου μέσω CAD ή τρισδιάστατης σάρωσης.....	12
1.3.5	Μετατροπή CAD σε G-code	13
1.3.6	Μέθοδοι για την τρισδιάστατη εκτύπωση.....	13
1.3.7	Εφαρμογές τρισδιάστατης εκτύπωσης	14
1.3.8	Πλεονεκτήματα της χρήσης τρισδιάστατων εκτυπωτών στην οικονομία και στην προστασία του περιβάλλοντος	14
1.4	Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΤΠΓΝ)	15
1.5	Διδακτικά μοντέλα	18
1.5.1	Ανακαλυπτική Μάθηση.....	18
1.5.2	Διερευνητική Μάθηση	19
1.5.3	Εποικοδομητικό Μοντέλο	21
1.6	Στάσεις.....	30
1.6.1	Στάσεις μαθητών/τριών	33
1.6.2	Μέτρηση των στάσεων.....	35
1.7	Τριβή – Εναλλακτικές ιδέες μαθητών σχετικά με τη τριβή.....	37
2	Μεθοδολογία	40
2.1	Ερευνητικοί Στόχοι	40
2.2	Δείγμα – Διαδικασία της έρευνας.....	40
2.3	Στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων.....	50
3	Αποτελέσματα	52
3.1	Περιγραφικά Στοιχεία	52
3.2	Αποτελέσματα στις επιδόσεις των μαθητών σχετικά με τις Γνώσεις περιεχομένου ..	53

3.3	Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας της μέσης διαφοράς ως προς το σκορ των γνώσεων περιεχομένου.	71
3.3.1	Συγκρίσεις πριν και μετά ομάδα ελέγχου	71
3.3.2	Συγκρίσεις πριν και μετά πειραματική ομάδα.....	72
3.3.3	Συγκρίσεις πριν και μετά μεταξύ ομάδας ελέγχου και πειραματικής	73
3.4	Αποτελέσματα στάσεων.....	74
3.4.1	Ενδιαφέρον.....	74
3.4.2	Άγχος.....	90
	Στατιστικοί Έλεγχοι.....	103
3.4.2.1	Συγκρίσεις πριν και μετά σχετικά με την άγχος και το ενδιαφέρον της πειραματικής ομάδας	103
3.4.2.2	Συγκρίσεις πριν και μετά σχετικά με το άγχος και το ενδιαφέρον της ομάδας ελέγχου	104
3.4.2.3	Συγκρίσεις πριν και μετά μεταξύ ομάδας ελέγχου και πειραματικής σχετικά με το ενδιαφέρον	105
3.4.2.4	Συγκρίσεις πριν και μετά μεταξύ ομάδας ελέγχου και πειραματικής σχετικά με το άγχος	106
4	Συμπεράσματα	108
5	Συζήτηση.....	110
6	Βιβλιογραφία.....	111
7	Παραρτήματα	133
7.1	Παράρτημα Α.....	133
7.2	Παράρτημα Β.....	135
7.3	Παράρτημα Γ	144
7.4	Παράρτημα Δ.....	147
7.5	Παράρτημα Ε	152
7.6	Παράρτημα ΣΤ	154

1 Εισαγωγή

1.1 ΤΠΕ στη Διδασκαλία των Φ.Ε.

Η διδακτική των Φ.Ε. οφείλει να ενσωματώνει στοιχεία δυναμικής εκπαίδευσης η οποία βρίσκεται σε αμφίδρομη σχέση με την κοινωνική πραγματικότητα, όπου η νέα γενιά καλείται όλο και περισσότερο να συμμετέχει μέσω της ψηφιακής παγκόσμιας κοινότητας του διαδικτύου και των ηλεκτρονικών μέσων. Στην κατεύθυνση αυτή οι ΤΠΕ χρησιμοποιούνται για μοντελοποίηση, οπτικοποίηση και προσομοίωση αφηρημένων εννοιών και φυσικών φαινομένων, για συλλογή δεδομένων με αισθητήρες και μετρήσεις κ.α. ως εκπαιδευτική πρακτική για τη διδασκαλία των Φ.Ε. είτε προς την κατεύθυνση της διερευνητικής μάθησης είτε ως στρατηγική μαθητοκεντρικής διδασκαλίας.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση διαφαίνεται πως στόχος των ερευνών είναι η ανάδειξη του κατάλληλου μαθησιακού περιβάλλοντος, όπου οι μαθητές/τριες θα αξιοποιούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα εργαλεία τεχνολογίας, πληροφορίας και επικοινωνιών στη μάθηση και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Αρχικά, έως τα μέσα της δεκαετίας του 1990, σε παγκόσμιο επίπεδο στο χώρο της εκπ/σης κυριαρχούσε η προσέγγιση της κριτικής ανάλυσης των ψηφιακών κειμένων, σε βαθμό που ερευνητές καταδίκάζαν απερίφραστα τη δημιουργική παραγωγή από μαθητές/τριες (Masterman, 1980; 1985; Ferguson, 1981; Alvarado, M., Gutch, R., & Wollen, T. , 1987).

Στις αρχές της επόμενης δεκαετίας παρατηρήθηκε σαφής στροφή προς την ενθάρρυνση παραγωγής περιεχομένου από μαθητές/τριες (Buckingham, 2003).

Η ερευνητική κοινότητα στην Ελλάδα θεωρεί ότι το πεδίο της εκπαιδευτικής τεχνολογίας έχει ωριμάσει ώστε να ασχολείται κυρίως με την ενσωμάτωση των τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία και όχι τόσο με τη βασική και την εφαρμοσμένη έρευνα (Νικόπουλος, Πλατή, & Μικρόπουλος, 2014). Αυτό προϋποθέτει ότι η ενσωμάτωσή τους απλά στη διδακτική πράξη δεν συντελεί ουσιαστικά στην αποτελεσματική παιδαγωγική αξιοποίηση τους. Η ένταξη της εκπαιδευτικής τεχνολογίας απαιτεί ανατρεπτικές καινοτομίες που αμφισβητούν τα παραδοσιακά διδακτικά μοντέλα (Mikropoulos, Sampson, Nikopoulos, & Pintelas, 2014).

Πολλές έρευνες παρουσίασαν τη σημασία των εικονικών αντικειμένων και κατ' επέκταση των εικονικών πειραμάτων στην επίτευξη της εννοιολογικής κατανόησης στις

Φυσικές Επιστήμες (Murray et al., 2003; Zacharia, 2007; Zacharia et al., 2008; Ταραμόπουλος κ.ά., 2011; Ολυμπίου, 2012), ενώ κάποιες εστιάζουν συγκεκριμένα στην αλλαγή προϋπαρχουσών αντιλήψεων των μαθητών/τριών σε σχέση με την κατανόηση τους σε συγκεκριμένες έννοιες όπως είναι τα ηλεκτρικά κυκλώματα (Jaakkola & Nurmi, 2004; Finkelstein et al., 2005; Tarekegn, 2009; Ταραμόπουλος, 2012), η μηχανική (Tao & Gunstone, 1999), η τροχιακή κίνηση (Jimoyiannis & Komis, 2001), η θερμότητα και θερμοκρασία (Zacharia et al., 2008; Zacharia & Constantinou, 2008). Ταυτόχρονα, τα εικονικά πειράματα σχετίζονται με εκείνα τα μαθησιακά έργα κατά τα οποία οι μαθητές/τριες με το ποντίκι χειρίζονται, κινούν, τακτοποιούν ή παρατηρούν τα εικονικά αντικείμενα και τις συσκευές (Hodson, 1990; Τσαπαρλής, 2009; Zacharia & Olympiou, 2011; Ευαγγέλου, 2012), σε ένα περιβάλλον που δεν είναι πραγματικό αλλά προσομοιώνει συγκεκριμένες πτυχές της πραγματικότητας (Zacharia & Olympiou, 2011; Ολυμπίου, 2012).

Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώνεται ότι υπάρχουν αφενός ερευνητές που υπερασπίζονται την αποτελεσματικότητα των πραγματικών πειραμάτων στη μάθηση και διδασκαλία των φυσικών επιστημών και αφετέρου άλλοι που υπερασπίζονται την αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων (Κώτσης & Ευαγγέλου, 2007; Zacharia, 2007; Zacharia et al., 2008; Zacharia & Constantinou, 2008; Ευαγγέλου & Κώτσης, 2009; Λεύκος κ.ά., 2009; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009; Zacharia & Olympiou, 2011)

Η διαφοροποίηση στην αποτελεσματικότητα των δύο μέσων πειραματισμού αποδίδεται και στο γεγονός ότι δεν έγινε αποκλειστική σύγκριση της επίδρασης των εικονικών πειραμάτων έναντι μόνο των πραγματικών στη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών με αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις να μην ελέγχονται όλες οι παράμετροι που επηρεάζουν τη μάθηση, όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το λεκτικό πλαίσιο διδασκαλίας, το μαθησιακό περιβάλλον, ο χρόνος εκτέλεσης των πειραμάτων, το διδακτικό υλικό (φύλλα εργασίας, υλικό για πειράματα) και η προστιθέμενη αξία των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων (Κώτσης & Ευαγγέλου, 2011; Ευαγγέλου & Κώτσης, 2012; Ευαγγέλου, 2012; Ολυμπίου, 2012). Σε έρευνες που δόθηκε έμφαση σε πλεονεκτήματα που δίνουν προστιθέμενη αξία στα εικονικά πειράματα και σχετίζονται με δραστηριότητες που απεικονίζουν το μικρόκοσμο (π.χ. ροή του ηλεκτρικού ρεύματος) διαπιστώθηκε ότι αυτά υπερτερούν έναντι των πραγματικών (Finkelstein et al., 2005; Zacharia, 2007; Ευαγγέλου, 2012). Σε άλλες, που δόθηκε έμφαση σε πλεονεκτήματα που δίνουν προστιθέμενη αξία και σχετίζονται με δραστηριότητες που απαιτούν

αποκλειστικά φυσικό χειρισμό και την αίσθηση της αφής, διαπιστώθηκε ότι τα πραγματικά πειράματα υπερτερούν έναντι των εικονικών (Marshall & Young, 2006; Zacharia et al., 2008, Zacharia & Constantinou, 2008).

Ταυτόχρονα, έρευνες προσανατολίζονται στην εφαρμογή σύγχρονων ψηφιακών μορφών οπτικοακουστικής έκφρασης οι οποίες προτείνονται ως μέρος της διδασκαλίας και μάθησης της φύσης των φυσικών επιστημών έχοντας την μορφή ψηφιακών αφηγήσεων, τις οποίες σχεδιάζουν και παράγουν οι μαθητές/τριες. Την ίδια στιγμή, η τεχνολογία του δεύτερου επιπέδου του παγκόσμιου ιστού, συνεργατικό δίκτυο web2.0 σηματοδοτεί δύο σπουδαίες ευκαιρίες για τα μέλη της σχολικής κοινότητας αυτές τις διασύνδεσης εργαλείων, πηγών και ιδεών, καθώς και του εύκολου διαμοιρασμού της γνώσης «Gauntlett,2011». Έρευνες προτείνουν παράλληλα και την εκπαιδευτική ρομποτική για την προσέγγιση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών (Γρυπαίου, 2018).

Οι Τεχνολογίες Πληροφόρησης και Επικοινωνίας αλλάζουν τη διαδικασία της μάθησης με τρόπους που προηγουμένως δεν μπορούσαμε να φανταστούμε. Οι ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα της εκπαιδευτικής τεχνολογίας οδηγούν στη δημιουργία νέων περιβαλλόντων μάθησης με τη χρήση προσομοιώσεων, οπτικοποιήσεων, μοντέλων, εκπαιδευτικών παιχνιδιών, επαναχρησιμοποιήσιμων εκπαιδευτικών εφαρμογών και περιεχομένου. Υπάρχουν πολλές προκλήσεις στη διαδικασία της εκπαιδευτικής καινοτομίας, οι οποίες πρέπει να μελετηθούν διεξοδικά, για να εκμεταλλευτούμε τις τεχνολογίες αυτές με στόχο τη βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας. Οι προηγμένες τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν για άλλους λόγους και εξυπηρετούν διαφορετικές ανάγκες, πρέπει να μετατραπούν σε εργαλεία προσβάσιμα και φιλικά για τους μαθητές/τριες και τους εκπαιδευτικούς. Τα τεχνικά κριτήρια θα πρέπει να αναπτυχθούν και να προσαρμοστούν, για να βοηθήσουν στην καθοδήγηση της ανάπτυξης του εκπαιδευτικού περιεχομένου, το οποίο θα προέρχεται από πολυάριθμες πηγές από όλο τον κόσμο και θα είναι διαθέσιμο κάθε στιγμή. Η τεχνολογική κοινότητα πρέπει να ισχυροποιήσει τις συνεργασίες της με την εκπαιδευτική κοινότητα. Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα οφείλουν να προετοιμαστούν για ραγδαία τεχνολογική αλλαγή. Η προστιθέμενη αξία της εισαγωγής των νέων εκπαιδευτικών εργαλείων έγκειται στην αναβάθμιση της υπάρχουσας εκπαιδευτικής πραγματικότητας και ειδικότερα σε περιοχές όπου οι παρούσες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις φαίνεται να αποτυγχάνουν.

Στο πλαίσιο αυτό ερευνητικές εργασίες φιλοδοξούν να παρουσιάσουν εκπαιδευτικές εφαρμογές προηγμένων τεχνολογικών εργαλείων στην εκπαίδευση,

επιλέγοντας διαφορετικές θεματικές περιοχές για την πραγματοποίηση στοχευμένων διδακτικών παρεμβάσεων, αναδεικνύοντας έτσι την προστιθέμενη αξία της τεχνολογίας στη διδασκαλία αλλά και κυρίως στην κατανόηση πολύπλοκων φυσικών φαινομένων και εννοιών συμβάλλοντας έτσι στον γραμματισμό στις Φυσικές Επιστήμες .

Οι προσομοιώσεις εξασφαλίζουν τη βαθιά διαισθητική, γνωστική επεξεργασία και ενθαρρύνουν τη διερεύνηση δεδομένων. Η εικονική πραγματικότητα απ' την άλλη συνεισφέρει στη δημιουργία ανοικτών, διερευνητικών, «αυθεντικών» καταστάσεων, ενώ ο προγραμματισμός συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου, στην επίλυση προβλημάτων και στην ανακάλυψη της γνώσης. (de Jong & van Joolingen, 1998; Bigge & Shermis, 2004; Mikropoulos & Natsis, 2011). Οι ψηφιακές αφηγήσεις, τέλος, γίνονται το όχημα με το οποίο τα εργαλεία ΤΠΕ λαμβάνουν νέα υπόσταση στη μάθηση και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, επιχειρώντας μια πιο δημιουργική λειτουργία τους με ταυτόχρονη απομάκρυνση από τις συνηθισμένες χρήσεις τους.

Η γενική τάση στη σύγχρονη διεθνή βιβλιογραφία στο πλαίσιο του εργαστηριακού πειραματισμού στις Φυσικές Επιστήμες καταδεικνύει πως ο συνδυασμός του πραγματικού και του εικονικού πειράματος είναι δυνατόν να οδηγήσει σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα από την αποκλειστική χρήση του ενός ή του άλλου πειραματικού μέσου (Ολυμπίου, 2012; Ζαχαρία, 2013; Zacharia & de Jong, 2014; Zacharia & Michael, 2016), αρκεί αυτά να συνδυάζονται με τρόπο που να εξυπηρετούν όσο το δυνατόν καλύτερα τις αναγκαίες εμπειρίες για τους μαθητές/τριες (Ολυμπίου, 2012).

1.2 Εκπαίδευση STEM

Το ακρωνύμιο **STEM** (Science, Technology, Engineering, Mathematics) Διεπιστημονική Προσέγγιση της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών πρωτοεμφανίστηκε στις ΗΠΑ το 2001 και αναφερόταν στον ολοκληρωμένο και ενοποιημένο σχεδιασμό της διδασκαλίας των επιμέρους τομέων του σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Έναν σχεδιασμό ο οποίος θα αξιοποιεί σύγχρονα μοντέλα διδασκαλίας, τα οποία δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στην μέθοδο ανακάλυψης, στις εργαστηριακές και ερευνητικές δραστηριότητες, στη διαθεματική και ολοκληρωμένη προσέγγιση των γνωστικών αντικειμένων του STEM και φέρνουν τους μαθητές/τριες πιο κοντά στις ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας. Σήμερα κέντρα STEM

υπάρχουν σε όλα τα Αμερικανικά Πανεπιστήμια και σε πολλά σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ υπάρχουν και ειδικά σχολεία STEM.

Η εκπαίδευση STEM τα τελευταία χρόνια αποτελεί σημαντική επιλογή και προτεραιότητα στην ευρωπαϊκή εκπαίδευση, καθώς δημιουργούνται καινοτόμα προγράμματα συνεργασίας προς την κατεύθυνση αυτή. Άρχισε πλέον να γίνεται περισσότερο επιτακτική η αναγκαιότητα ύπαρξης μιας διεπιστημονικής προσέγγισης των Μαθηματικών, των Επιστημών και της Τεχνολογίας. Στη δεκαετία του 90' το National Science Foundation (NSF) επιχείρησε την προσέγγιση με το ακρωνύμιο “SMET” (science, mathematics, engineering, and technology) το οποίο αντικατέστησε στη συνέχεια με το γνωστό σήμερα “STEM” (science, technology, engineering, and mathematics) (Sanders, 2009).

Μερικοί ερευνητές χρησιμοποιούν τις συνιστώσες αυτού του ακρωνύμιου ως έναν ορισμό της διεπιστημονικής εκπαίδευσης STEM (STEM education) και το ταυτίζουν με τα επιμέρους αντικείμενα που το συνθέτουν. Η προσέγγιση όμως αυτή καθίσταται ανεπαρκής (Bybee, 2010; Salinger & Zuga, 2009). Η εκπαίδευση STEM ορίζεται ως μια ολοκληρωμένη προσέγγιση του Προγράμματος Σπουδών και της διδασκαλίας αποτελώντας μια προσέγγιση που καταργεί τα σύνορα μεταξύ των ιδιαίτερων αντικειμένων θεωρώντας τα ως ένα “όλον”, στη βάση του σκεπτικού ότι τα σύγχρονα προβλήματα είναι αρκετά σύνθετα και πολυδιάστατα για να μπορούν να αντιμετωπισθούν από μια και μόνο επιστήμη (Morrison & Bartlett, 2009). Η ενοποιημένη αντίληψη των συνιστωσών του STEM αποτελεί ζωτικής σημασίας ζήτημα για την οικονομική ανταγωνιστικότητα ενός κράτους και την ικανότητα των νέων να επιτύχουν στον 21ο αιώνα αφού αυτό που απουσιάζει σήμερα από την εκπαίδευση είναι “μια διεπιστημονική προσέγγιση στη μάθηση, όπου οι αυστηρές ακαδημαϊκές έννοιες παρουσιάζονται σε συνδυασμό με πραγματικά προβλήματα, μια προσέγγιση που οι φοιτητές ή και οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν την επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά σε πλαίσια που αναδεικνύουν συνδέσεις μεταξύ του σχολείου, της κοινότητας, της εργασίας και την παγκόσμια επιχειρηματική δράση...” (Tsupros, Kohler, & Hallinen, 2009)

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της εκπαίδευσης STEM αποτελεί η δημιουργία ενός μαθησιακού περιβάλλοντος στο οποίο οι μαθητές/τριες εξερευνούν, εφευρίσκουν και ανακαλύπτουν με τη χρήση πραγματικών προβλημάτων και καταστάσεων (PCAST

2010). Συνδυάζοντας τις επιστημονικές περιοχές που εμπεριέχει βοηθά τους μαθητές/τριες να κάνουν νέες συνδέσεις μεταξύ των επιστημονικών κλάδων αλλά και να δημιουργήσουν νέους, προωθώντας την καινοτομία. (Council on Competitiveness, 2005). Δημιουργεί κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές/τριες δεν περιορίζονται απλά στην απόκτηση δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, αλλά έχουν την ευκαιρία δημιουργίας νέων δεξιοτήτων (Narum, 2008).

1.2.1 Μαθησιακά αποτελέσματα της προσέγγισης STEM

Κατά την Morrison (2006) τα άτομα που θα ολοκληρώσουν μια εκπαίδευση τύπου STEM, καθίστανται:

- **Ικανοί λύτες προβλημάτων-Problem-solvers** – ώστε να καθορίζουν τις ερωτήσεις και τα προβλήματα, να σχεδιάζουν έρευνες για τη συλλογή και την οργάνωση των δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων και στη συνέχεια να τα εφαρμόζουν σε νέες καταστάσεις.
- **Καινοτόμοι-Innovators** – με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούν δημιουργικά τις έννοιες και αρχές της Επιστήμης των Μαθηματικών και της Τεχνολογίας, εφαρμόζοντάς τες στο μηχανικό σχεδιασμό.
- **Αυτοδύναμοι-Self-reliant**– για να είναι σε θέση να παίρνουν πρωτοβουλίες και να θέτουν εσωτερικά κίνητρα για να προσδιορίζουν μια ατζέντα δράσης μέσα σε καθορισμένα χρονικά πλαίσια.
- **Λογικοί στοχαστές-Logical thinkers** – που εφαρμόζουν λογικές διαδικασίες σκέψης των Επιστημών, των Μαθηματικών και του Τεχνολογικού σχεδιασμού για την καινοτομία και την εφεύρεση.
- **Τεχνολογικά εγγράμματοι – Technologically literate** – ώστε να είναι ικανοί να κατανοήσουν και να εξηγήσουν τη φύση της τεχνολογίας, να αναπτύξουν τις δεξιότητες που απαιτούνται και να εφαρμόζουν κατάλληλα την τεχνολογία.

Οι μαθητές/τριες μέσα από τη συμμετοχή τους στα προγράμματα και τις δραστηριότητες του STEM καλλιεργούν τις δεξιότητές τους και την κριτική τους ικανότητα και έχουν την ευκαιρία να γνωρίσουν στην πράξη το αντικείμενο που

ενδιαφέρονται να σπουδάσουν, αποκτώντας έτσι σαφή και αποτελεσματικό επαγγελματικό προσανατολισμό.

Όλα τα προγράμματα του STEM έχουν ως αντικείμενο κορυφαίες επιστημονικές επιλογές (βιοτεχνολογία, νανοτεχνολογία, pre-engineering), και έχουν ως στόχο να φέρουν τους μαθητές/τριες που συμμετέχουν, σε επαφή με πρωτοποριακές εργαστηριακές έρευνες, καθώς και να τους χαρίσουν μία πραγματική εικόνα στην καθημερινότητα των επιστημόνων και των μηχανικών. Ενθαρρύνονται να διερευνήσουν σημαντικές έννοιες, ιδέες και θεωρίες που ασχολούνται με τα μεγάλα ερωτήματα της ζωής. Μαθαίνουν την ιστορία πίσω από αυτές τις ιδέες, τα ερωτήματα και τα προβλήματα, τους αγώνες που δόθηκαν και τις διαμάχες που προέκυψαν ώσπου να γίνουν οι ιδέες αυτές πραγματικότητα.

Η φιλοσοφία του STEM έχει σαν βάση την εμπλοκή των μαθητών/τριών σε δραστηριότητες με θέματα τις φυσικές επιστήμες, τα μαθηματικά, τη μηχανική και την τεχνολογία από μικρή ηλικία, με απώτερο στόχο να αυξηθεί η εργασιακή ανταγωνιστικότητα στα πεδία αυτά (Παλιούρας & Ψυχάρης, 2017).

1.3 STEM - Τρισδιάστατη Εκτύπωση

Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια καινοτόμος και ραγδαία αναπτυσσόμενη τεχνολογία που επιτρέπει τη δημιουργία αντικειμένων-μοντέλων με σχηματισμό στρωμάτων υλικού. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει το σχεδιασμό ενός τρισδιάστατου μοντέλου του επιθυμητού αντικειμένου, χρησιμοποιώντας υπολογιστή με τη βοήθεια λογισμικού σχεδιασμού (CAD) και τελικά την εκτύπωση του από έναν εκτυπωτή 3D. Αποτελεί πλέον τεχνολογία η οποία διατίθεται ευρέως και είναι προσιτή, λόγω των συνεχών μειώσεων των τιμών των συσκευών εκτυπωτών 3D και της διαθεσιμότητας εφαρμογών CAD ανοιχτού κώδικα, που έχουν σχεδιαστεί για χρήστες, και μπορεί να συνεισφέρει στην κατεύθυνση μιας ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM .

Η τεχνολογία 3D εκτύπωσης μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο καθώς εισάγει τους μαθητές/τριες στην διαδικασία σχεδιασμού, μια πρακτική που εμπεριέχεται στη Μηχανική ,προσφέροντας μεγαλύτερες δυνατότητες για την εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης στην τάξη και συμμετοχή σε τεχνικές πρακτικές (National Research Council, 2012).

Όμως, η έρευνα σχετικά με τις δυνατότητες ενσωμάτωσης της τεχνολογίας 3D εκτύπωσης στην τυπική εκπαίδευση με μάθηση STEM είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Παρά το γεγονός ότι η εκτύπωση 3D έχει εφαρμοστεί σε διάφορες μορφές άτυπης μάθησης-εκπ/σης, όπως βιβλιοθήκες, μεταπτυχιακά προγράμματα και μουσεία, απουσιάζει η εκτεταμένη έρευνα σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η καινοτόμος αυτή τεχνολογία μπορεί να φέρει σε επαφή τους μαθητές/τριες με τις περίπλοκες έννοιες της τεχνολογίας και της επιστήμης και η ενσωμάτωσή της στο πρόγραμμα σπουδών αποτελεί μια ανεπίσημη διαδικασία. Βιβλιογραφική ανασκόπηση των Papavlasopoulou et al. (2017) εξέτασε εμπειρικές μελέτες σχετικά με το κίνημα του κατασκευαστή (μια ευρεία τάση που εκπαιδεύει τους ανθρώπους στη διαδικασία λήψης αποφάσεων χρησιμοποιώντας διάφορα εργαλεία, ψηφιακά και μη αντικείμενα και τεχνολογίες όπως η εκτύπωση 3D, η ηλεκτρονική, η ρομποτική και οι φυσικές πλατφόρμες υπολογιστών). Από τους ερευνητές διαπιστώθηκε η ύπαρξη μεγάλου ενδιαφέροντος σχετικά με το κίνημα του κατασκευαστή. Ωστόσο, η εμπειρική έρευνα σχετικά με το παραπάνω θέμα είναι πολύ περιορισμένη. Από 43 σχετικές με το θέμα αξιολογημένες από ομότιμους μελέτες, μόνο δύο διερεύνησαν τα εκπαιδευτικά οφέλη της παραγωγής 3D εκτύπωσης (Leduc-Mills και Eisenberg 2011, Mellis και Buechley 2012). Οι Kostakis et al. (2015) διεξήγαγαν μια πιλοτική ποιοτική μελέτη η οποία εξέτασε τα εκπαιδευτικά οφέλη της 3D εκτύπωσης και του σχεδιασμού με 33 μαθητές/τριες γυμνασίου στην Ελλάδα.

Η βιβλιογραφία υποδηλώνει θετικά αποτελέσματα στις αντιλήψεις με την εμπλοκή των μαθητών/τριών σε σχεδιαστικές δραστηριότητες σχετικές με εκτυπώσεις 3D, ενώ αποδεικνύεται ως μια επιτυχημένη εμπειρία σε διάφορους τομείς εφαρμογής. Παρ' όλα αυτά, η απλή διαθεσιμότητα της τεχνολογίας 3D εκτύπωσης δεν είναι αρκετή ώστε οι εκπαιδευτικοί να αξιοποιήσουν τις δυνατότητές τους στην τάξη. Είναι απαραίτητο να συνδυάζεται με περιεχόμενο που βασίζεται στην ανάπτυξη καλών πρακτικών και στα συστηματικά ολοκληρωμένα προγράμματα κατάρτισης και επαγγελματικής εξέλιξης των εκπαιδευτικών (Sullivan and McCartney, 2017). Υπάρχουν αρκετές μελέτες που αφορούν στη συμμετοχή των εκπαιδευτικών στην τεχνολογία εκτύπωσης 3D, αναπτύσσοντας ένα πρόγραμμα σπουδών βασισμένο σε TPACK για τεχνολογία εκτυπωτών 3D (Sullivan and McCartney, 2017, Yi et al, 2016). Ωστόσο, σε αναφορικά με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας 3D εκτύπωσης στα προγράμματα προετοιμασίας των εκπαιδευτικών η εμπειρική έρευνα είναι εξαιρετικά ελλιπής (π.χ., Maloyet al. 2017; Verner και Merksamer 2015; Ford, Simon & Minshall, Tim, 2019). Οι

ερευνητές συμφωνούν ότι η εκτύπωση 3D μπορεί να υποστηρίξει τη μάθηση, τη δημιουργικότητα και την αφοσίωση. Η πιθανή δε υλοποίησή της διερευνήθηκε σε διάφορα εκπαιδευτικά πλαίσια, στα οποία συμπεριλαμβάνονται οι ιστορικές / κοινωνικές μελέτες (Maloy et al., 2017), η ειδική εκπαίδευση (Buehler et al., 2016), η εκπαίδευση ανατομίας (Vaccarezza, Papa2015), η τεχνολογική εκπαίδευση των γυμνασίων (Chien 2017), και η βιοτεχνολογία με τις χημικές επιστήμες (Gross et al., 2014).

1.3.1 Τρισδιάστατη Εκτύπωση

Η δημιουργία των τρισδιάστατων εκτυπωτών, εμφανίστηκε ως αποτέλεσμα της ανάγκης για εύκολη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, με την χρήση εύκολων στην επεξεργασία υλικών. Οι εκτυπωτές αυτού του είδους χρησιμοποιούν διάφορες διαστρωματικές τεχνικές ώστε να κατασκευάσουν πλήρως λειτουργικά αντικείμενα τριών διαστάσεων. Ενώ περιλαμβάνεται η λέξη "εκτύπωση", η τρισδιάστατη εκτύπωση δεν έχει παρά ελάχιστη σχέση με τη συμβατική και γνωστή σε όλους εκτύπωση δύο διαστάσεων. Οι εκτυπωτές που γνωρίζουμε και χρησιμοποιούμε είναι ουσιαστικά απόγονοι των τυπογραφικών μηχανών, που περιορίζονται στο να αποτυπώνουν κάποιου είδους μελάνι πάνω σε χαρτί ή άλλα παρόμοια υλικά (M. Rainone, C. Fonda, E. Canessa, 2014; W. Easley, E. Buehler, G. Salib, A. Hurst, 2017).

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές δεν ανήκουν στην ίδια κατηγορία με την τυπογραφία. Πρόκειται για συσκευές παραγωγής αντικειμένων τριών διαστάσεων. Αν ο εκτυπωτής δύο διαστάσεων είναι απόγονος του τυπογραφείου, ο τρισδιάστατος εκτυπωτής αποτελεί μικρογραφία μιας αυτοματοποιημένης γραμμής παραγωγής.

Με την τρισδιάστατη εκτύπωση, έχοντας τον κατάλληλο 3D εκτυπωτή και βασικές γνώσεις σε προγράμματα σχεδιασμού CAD, μπορούμε να κατασκευάσουμε πλήθος διαφορετικών αντικειμένων. Δεν απαιτείται κάποιο σχεδιαστικό ταλέντο ή ικανότητα. Στο διαδίκτυο υπάρχουν δωρεάν ή επί πληρωμή σχέδια CAD για μια πληθώρα αντικειμένων, από απλά διακοσμητικά ή χρηστικά αντικείμενα, μέχρι περίπλοκες συσκευές σε συναρμολογούμενα κομμάτια. Το Thingiverse είναι μία από τις πιο δημοφιλείς σχετικές ιστοσελίδες (Groenendyk, M., 2016) .

1.3.2 Η εξέλιξη των τρισδιάστατων εκτυπωτών

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούν ως πρώτες ύλες κυρίως κεραμικά, πολυμερή πλαστικά, και σε κάποιες πολύ ειδικευμένες περιπτώσεις μέταλλα ή γυαλί, για να δημιουργήσουν το τελικό αντικείμενο. Η δημιουργία συνεχόμενων οριζόντιων στρωμάτων, με αποτέλεσμα την κατασκευή του τελικού αντικειμένου αποτελεί τη βασική τεχνική για την τρισδιάστατη εκτύπωση. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν, όμως όλες αποτελούν παραλλαγές της τεχνικής των στρωμάτων.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση βασίζεται στην τεχνολογία των εκτυπωτών InkJet. Οι εκτυπωτές InkJet χρησιμοποιούν στρώσεις μελανιών. Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούν στρώσεις άλλων υλικών με μεγαλύτερη μάζα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η τρισδιάστατη μορφή. Συνεπώς, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το θεμέλιο για την τρισδιάστατη εκτύπωση ήταν η δημιουργία του πρώτου InkJet εκτυπωτή το 1976.

Ο πρώτος τρισδιάστατος εκτυπωτής κατασκευάστηκε το 1984 από τον Charles Hull, ο οποίος εργαζόταν στην εταιρία 3D Systems. Επιπλέον, ο Hull είναι και ο πατέρας της στερεογραφίας, μιας διαδεδομένης μεθόδου για τρισδιάστατη εκτύπωση. Το 2008, δημιουργήθηκε το πρώτο προσθετικό πόδι με τρισδιάστατη εκτύπωση.

1.3.3 Προγράμματα CAD

Τα προγράμματα CAD (Computer-Aided Design, σχεδιασμός με την υποβοήθηση υπολογιστή) αποτελούν το λογισμικό του υπολογιστή από το οποίο εξαρτάται ο τρισδιάστατος εκτυπωτής. Πρόκειται για προγράμματα σχεδίασης τρισδιάστατων μοντέλων, από τα οποία μερικά έχουν την δυνατότητα προσομοίωσης, ώστε να μπορεί να διαπιστωθεί η λειτουργικότητα του σχεδίου.

1.3.4 Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου μέσω CAD ή τρισδιάστατης σάρωσης

Απαραίτητο στάδιο για την τρισδιάστατη εκτύπωση είναι η αποστολή των δεδομένων από ένα υπολογιστικό σύστημα, ώστε ο εκτυπωτής να διαμορφώσει το αντικείμενο. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να δημιουργηθούν είτε με κάποιο πρόγραμμα τύπου CAD ή μέσω τρισδιάστατης σάρωσης. Το λογισμικό CAD είναι απαραίτητο για τη σχεδίαση του αντικειμένου από τον χρήστη σε ένα εικονικό περιβάλλον. Αυτή η διαδικασία αποτελεί και το πρώτο στάδιο, αυτό της σχεδίασης και του ελέγχου της

λειτουργικότητας του αντικειμένου. Εναλλακτική μέθοδος της σχεδίασης σε CAD είναι η σάρωση υπαρκτών αντικειμένων μέσω τρισδιάστατων σαρωτών. Οι τρισδιάστατοι σαρωτές συλλέγουν δεδομένα για το σχήμα και συχνά το χρώμα ενός φυσικού αντικειμένου και δημιουργούν ένα τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο.

1.3.5 Μετατροπή CAD σε G-code

Αφού ολοκληρωθεί το τρισδιάστατο μοντέλο στο CAD λογισμικό, χρειάζεται μια ειδική επεξεργασία πριν την τρισδιάστατη εκτύπωση. Αυτή η επεξεργασία είναι η μετατροπή του αρχείου CAD σε G-code. Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στον τεμαχισμό του τρισδιάστατου μοντέλου σε οριζόντια τμήματα, ώστε να μπορέσει ο εκτυπωτής να δημιουργήσει ένα στρώμα την φορά. Συνοπτικά αυτή η διαδικασία προσαρμόζει το μοντέλο στην στρωματοποιημένη τεχνική για την τρισδιάστατη εκτύπωση (C. Scholz, A. Sack, M. Heckel, T. Pöschel, 2016, R. Maloy, T. Trust, S. Kommers, A. Malinowski, I. LaRoche, 2017).

1.3.6 Μέθοδοι για την τρισδιάστατη εκτύπωση

Στερεολιθογραφία Fused Deposition Modelling (FDM) / Fused Filament

FabricatiLaser Sintering (LS) / Laser Melting (LM)on (FFF) Inkjet Digital Light Processing (DLP) Laminated object manufacturing (LOM)

Η ονομασία Fused Filament Fabrication και η συντόμευση FFF δημιουργήθηκαν από το RepRap Project και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελεύθερα και χωρίς περιορισμούς από τρίτους κατασκευαστές τρισδιάστατων εκτυπωτών. Μερικές φορές συναντούμε την ίδια τεχνολογία με την ονομασία Plastic Jet Printing (PJP). Στην πράξη το υλικό, που βρίσκεται σε μορφή νήματος, περνά από έναν εξωθητή, ο οποίος έχει τέτοια υπολογισμένη ροπή ώστε να περνάει μια συγκεκριμένη ποσότητα υλικού. Στην συνέχεια περνάει σε ένα χώρο στον οποίο θερμαίνεται μέχρι να λιώσει και εξέρχεται μέσω μιας κεφαλής. Μόλις ολοκληρωθεί το πρώτο στρώμα, η βάση στην οποία είναι τοποθετημένο κινείται προς το κάτω, ώστε πάνω από το υπάρχον στρώμα να δημιουργηθεί ένα νέο.

1.3.7 Εφαρμογές τρισδιάστατης εκτύπωσης

Η προσφορά των τρισδιάστατων εκτυπωτών στην ιατρική (**Ιατρική τεχνολογία**) είναι τεράστια αφού μπορούν να κατασκευαστούν προσθετικά μέρη σώματος με πολύ χαμηλότερο κόστος από ό,τι ήταν δυνατό μέχρι πριν λίγα χρόνια (M.L. Smith, J.F.X. Jones, 2017).

Στον τομέα της Τέχνης η τρισδιάστατη εκτύπωση δεν έχει εντατική χρήση. Πολλοί γλύπτες έχουν αρχίσει να αντικαθιστούν τις παραδοσιακές τεχνικές τους με την δημιουργία ψηφιακών μοντέλων (R. Maloy, T. Trust, S. Kommers, A. Malinowski, I. LaRoche, 2017).

Συμβάλει στην ανάπτυξη της βιομηχανίας (**Βιομηχανική τεχνολογία**). Η πλήρης αυτοματοποίηση της παραγωγής έχει ως αποτέλεσμα της κατασκευή αναρίθμητων πανομοιότυπων προϊόντων, μειώνοντας την πιθανότητα του ανθρώπινου λάθους (P. Moeck, J. Stone-Sundberg, T.J. Snyder, W. Kaminsky, 2014).

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλη συζήτηση μεταξύ των πολεμικών βιομηχανιών για την εκμετάλλευση των τρισδιάστατων εκτυπωτών για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών πολέμου (**Τεχνολογία οπλικών συστημάτων**). Η βασική ιδέα είναι οι στρατιωτικές μονάδες, και ειδικότερα αυτές που βρίσκονται μακριά από τον τόπο που προήλθαν, να παράγουν μόνες τους τα όπλα τους με την χρήση τρισδιάστατων εκτυπωτών.

Σε λίγα χρόνια, που η χρήση των τρισδιάστατων εκτυπωτών θα έχει εδραιωθεί, οι τιμές αυτών των εκτυπωτών θα έχουν γίνει προσβάσιμες στο ευρύ κοινό. Με δεδομένη την κοινότητα του διαδικτύου, μπορούμε να υποθέσουμε ότι θα υπάρξει η δυνατότητα να κατεβάσεις το αρχείο ενός τρισδιάστατου μοντέλου και να το εκτυπώνεις στο σπίτι σου. Επομένως, η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να αποτελέσει την εναλλακτική για την αντικατάσταση φθαρμένων αντικειμένων (**Καθημερινή χρήση**).

1.3.8 Πλεονεκτήματα της χρήσης τρισδιάστατων εκτυπωτών στην οικονομία και στην προστασία του περιβάλλοντος

Η χρήση πολυεστερικών υλικών και μετάλλων από τους τρισδιάστατους εκτυπωτές, μπορεί να αποτελέσει τεράστιο βήμα για την προστασία του περιβάλλοντος,

αφού τα υλικά αυτά είναι πλήρως ανακυκλώσιμα. Θα μπορούμε να αντικαθιστούμε είδη εκτυπωμένα αντικείμενα με άλλα, χωρίς την ανάγκη νέων φυσικών πόρων.

1.4 Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΤΠΓΝ)

Ο όρος ΤΠΓΠ προτάθηκε από τους Mishra και Koehler (2006) ως η προέκταση του όρου «Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου» (ΠΓΠ) που εισήγαγε αρχικά ο Shulman (1986) με σκοπό τον καθορισμό της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην «Παιδαγωγική Γνώση» και την «Γνώση Περιεχομένου». Παιδαγωγική Γνώση αναφέρεται ως η καλή γνώση των εκπαιδευτικών σχετικά με τις διαδικασίες και τις πρακτικές ή μεθόδους διδασκαλίας και μάθησης. Περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, γενικούς εκπαιδευτικούς σκοπούς, αξίες και στόχους. Αυτή η γενική μορφή γνώσης ισχύει για την κατανόηση του τρόπου μάθησης των μαθητών/τριών, των γενικών δεξιοτήτων διαχείρισης της τάξης, του σχεδιασμού των μαθημάτων και της αξιολόγησης των σπουδαστών (Koehler&Mishra, 2009).

Σύμφωνα με τον Shulman (1986) η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ) ορίζεται ως ένα σώμα γνώσης που δημιουργείται από τις αλληλεπιδράσεις άλλων “σωμάτων” γνώσεων που έχουν σχέση με τη διδακτέα ύλη, τη διδασκαλία της και των παρανοήσεων των μαθητών/τριών για το περιεχόμενο της διδασκαλίας, ενώ αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο πρέπει να μετασχηματιστούν με κατάλληλες αναπαραστάσεις οι παρανοήσεις των μαθητών/τριών, ώστε να διορθωθούν ή να εξαλειφθούν (Shulman, 1986, 1987).

Ο Shulman θέτει την ΠΓΠ στη βάση της διδασκαλίας και θεωρεί πως αποτελείται από τρεις υποκατηγορίες και τρία συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Αναλυτικά:

Υποκατηγορίες:

- **Contentknowledge.** Η γνώση του περιεχομένου,
- **General pedagogical knowledge.** Η παιδαγωγική γνώση. Οι αρχές και οι στρατηγικές που θα πρέπει να διέπουν μια σχολική τάξη,
- **Curricularknowledge.** Η γνώση του αναλυτικού προγράμματος.

Χαρακτηριστικά:

- Knowledge of learners. Τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευόμενων,
- Knowledge of educational context. Η γνώση των εκπαιδευτικών περιβαλλόντων και
- Knowledge of educational values. Η γνώση των εκπαιδευτικών στόχων.

Η ένταξη των ΤΠΕ στις σχολικές τάξεις δημιούργησε την ανάγκη διεύρυνσης του πλαισίου της ΠΠΠ, ώστε να επιτευχθεί με επιστημονικό τρόπο η συστηματική προετοιμασία των εκπαιδευτικών για να καταστούν ικανοί να διδάσκουν αποτελεσματικά με τη χρήση της τεχνολογίας στις τάξεις τους. Η ανάγκη αυτή ώθησε μια ομάδα ερευνητών να εργαστούν εντατικά για τη δημιουργία του θεωρητικού πλαισίου της Τεχνολογικής Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΤΠΠΠ), με σκοπό να καθοδηγεί και να ερμηνεύει τις ενέργειες των εκπαιδευτικών σχετικά με την ενσωμάτωση τεχνολογικών εργαλείων στη διδασκαλία και μάθηση (Angeli&Valanides, 2005, 2009, 2013; Koehler&Mishra, 2005, 2008, 2009; Niess,2005, 2011; Voogtet al., 2012).

Κυρίαρχα θεωρητικά μοντέλα σχετικά με την εννοιολογική θεώρηση της ΤΠΠΠ αποτελούν το αθροιστικό μοντέλο και το μετασχηματιστικό μοντέλο. Και τα δύο θέτουν ως βάση της ΤΠΠΠ το εννοιολογικό πλαίσιο της ΠΠΠ, όπως αυτό ορίστηκε από τον Shulman (1986, 1987).

Το αθροιστικό μοντέλο, προτάθηκε από τους Koehler και Mishra (2005) και αντιλαμβάνεται εννοιολογικά την ΤΠΠΠ ως ένα σώμα γνώσης, το οποίο ορίζεται από τις τομές μεταξύ του περιεχομένου και της παιδαγωγικής (PCK στο σχήμα), του περιεχομένου και της τεχνολογίας (TCK), και της παιδαγωγικής και της τεχνολογίας (TPK).

Το μετασχηματιστικό μοντέλο προτάθηκε από τους Angeli και Valanides (2005, 2009) και αντιλαμβάνεται εννοιολογικά την ΤΠΠΠ ως ένα μοναδικό και ξεχωριστό σώμα γνώσης. Στο μετασχηματιστικό μοντέλο, το περιεχόμενο, η παιδαγωγική, οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών, η τεχνολογία και το πλαίσιο όπου λαμβάνει χώρα η διδασκαλία με την τεχνολογία θεωρούνται σημαντικά στοιχεία για την ανάπτυξη της ΤΠΠΠ.

Με βάση τις δύο αυτές εννοιολογικές θεωρήσεις της ΤΠΠΠ, για την ερευνητική κοινότητα, δημιουργείται ένα ερώτημα. Η ΤΠΠΠ αποτελεί ιδιαίτερη και ξεχωριστή γνώση (μετασχηματιστική θεώρηση) που οικοδομείται με τη δυναμική αλληλεπίδραση

άλλων μορφών γνώσης ή δεν αποτελεί ιδιαίτερη και ξεχωριστή μορφή γνώσης, αλλά αποτέλεσμα που προκύπτει άμεσα από την ανάπτυξη άλλων μορφών γνώσης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (αθροιστική θεώρηση).

Τα αποτελέσματα πολλών ερευνητικών προσπαθειών δικαιολογούν την υιοθέτηση της μετασχηματιστικής θεώρησης της ΤΠΓΠ και υποστηρίζουν ότι η ΤΠΓΠ μπορεί να αναπτύσσεται και να αξιολογείται ως ιδιαίτερη μορφή γνώσης και όχι ως απλό αθροιστικό αποτέλεσμα άλλων μορφών γνώσης (Valanides & Angeli, 2008α, 2008β; Graham, 2011; Archambault & Barnett, 2010).

Κατά τους Angeli και Valanides (2009), η ΤΠΓΠ ορίζεται ως οι τρόποι με τους οποίους η γνώση για τα τεχνολογικά εργαλεία και τις δυνατότητές τους (η παιδαγωγική γνώση, το περιεχόμενο της διδασκαλίας και η γνώση για τους μαθητές/τριες και το περιβάλλον της διδασκαλίας) αλληλεπιδρούν και συμβάλλουν στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί αποφασίζουν πώς ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο διδασκαλίας, που είναι δύσκολο να κατανοηθεί από τους μαθητές/τριες και δύσκολο να αναπαρασταθεί από τους εκπαιδευτικούς, μπορεί να μετασχηματιστεί και να διδαχθεί με τεχνολογικά εργαλεία, με τρόπους που το καθιστούν προσιτό για τους μαθητές/τριες και που αναδεικνύουν την προστιθέμενη αξία της τεχνολογίας.

Ορίζουν την ΤΠΓΠ ως σώμα γνώσης που καθιστά τους εκπαιδευτικούς ικανούς να εντοπίζουν διδακτέα ύλη που η ενσωμάτωση της τεχνολογίας μπορεί να αναδείξει την προστιθέμενη μαθησιακή της αξία, ιδιαίτερα σε θέματα που δύσκολα κατανοούνται από τους μαθητές/τριες ή θέματα τα οποία, οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί δεν μπορούν εύκολα να διδάξουν όπως αναπαραστάσεις για το μετασχηματισμό του περιεχομένου της διδασκαλίας με αναπαραστάσεις που διευκολύνουν την κατανόηση των μαθητών/τριών και οι οποίες δεν είναι δυνατές χωρίς την τεχνολογία, διδακτικές στρατηγικές που είναι αδύνατο να υλοποιηθούν με παραδοσιακούς τρόπους ή χωρίς την ενσωμάτωση της τεχνολογίας, να επιλέγουν κατάλληλα τεχνολογικά εργαλεία και να προσδιορίζουν κατάλληλες στρατηγικές για μια μαθητοκεντρική ενσωμάτωση της τεχνολογίας στο μαθησιακό περιβάλλον της τάξης.

Η ΤΠΓΠ ορίζεται ως ένα θεωρητικό παιδαγωγικό πλαίσιο που καθοδηγεί τους εκπαιδευτικούς να επιλέξουν τα κατάλληλα τεχνολογικά εργαλεία για τη διδασκαλία ενός συγκεκριμένου περιεχομένου, αξιοποιώντας κατάλληλα διδακτικά μοντέλα και στρατηγικές με βάση τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/τριών.

Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου στις ΦΕ περιλαμβάνει την επιστημονική γνώση, το πρόγραμμα σπουδών των ΦΕ, τον μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης, τις μαθησιακές δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών/τριών (σε συγκεκριμένες ενότητες ή έννοιες), τις Μαθησιακές και παιδαγωγικές στρατηγικές και το Εκπαιδευτικό πλαίσιο.

1.5 Διδακτικά μοντέλα

1.5.1 Ανακαλυπτική Μάθηση

Η ανακαλυπτική μάθηση, με κύριο εκπρόσωπο τον Bruner, κάνει λόγο για την ενεργό συμμετοχή του μαθητή, μέσα από την οποία ο μαθητής θα ανακαλύψει τη γνώση με θετικές συνέπειες ως προς την κατανόηση και τη διάρκειά της.

Οι μαθητές/τριες στην ανακαλυπτική μάθηση θα ανακαλύψουν έννοιες και αρχές μέσα από:

1. Επαγωγικές διαδικασίες, π.χ. εξερεύνηση - επινόηση - ανακάλυψη.
2. Απαγωγικές / παραγωγικές διαδικασίες, π.χ. θεωρία - επιβεβαίωση αρχών και νόμων-εφαρμογή.

Σύμφωνα με την ανακαλυπτική μάθηση διδάσκω κάποιον δεν σημαίνει του βάζω τη γνώση στο μυαλό του. Περισσότερο σημαίνει του διδάσκω να συμμετέχει στη διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης. Η μάθηση είναι μια διαδικασία όχι ένα αποτέλεσμα. Ο εκπαιδευτικός λειτουργεί ως «σκαλωσιά», μέντορας στη διαδικασία μάθησης παρέχοντας βοήθεια στήριγμα οδηγεί τον νεότερο από την εξάρτηση στην ανεξαρτησία (Bruner, J. S. 1966).

Οι στρατηγικές παίζουν σημαντικό ρόλο στη μάθηση. Ο Bruner διέκρινε 4 τύπους γνωστικών στρατηγικών οι οποίοι αντιστοιχούν σε διαφορετικούς τρόπους χειρισμού των υποθέσεων που διατυπώνουν τα παιδιά κατά τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων.

Με βάση την πρώτη στρατηγική το παιδί διατυπώνει υποθέσεις που το οδηγούν σε αποσπασματικές λύσεις και δεν του επιτρέπουν να πάρει αποφάσεις και να κάνει τους απαραίτητους χειρισμούς.

Κατά τη δεύτερη στρατηγική το παιδί διατυπώνει μια υπόθεση, τη θέτει σε έλεγχο και όταν αυτή απορρίπτεται οδηγείται σε μια νέα υπόθεση. Πρόκειται για μια αποτελεσματική στρατηγική που είναι όμως ιδιαίτερα χρονοβόρα.

Κατά την τρίτη στρατηγική, η σκέψη διακρίνει διάφορες υποθέσεις που διαφοροποιούνται κατά ένα στοιχείο. Επιλέγει την κεντρική και συγκρίνει τα αποτελέσματά της με τα αποτελέσματα των άλλων.

Κατά την τέταρτη στρατηγική κάνει ακριβώς το ίδιο με την τρίτη αλλά οι υποθέσεις διαφοροποιούνται ως προς περισσότερα από ένα στοιχεία (Bruner, J. S. 1977).

Ωστόσο οι μαθητές/τριες δεν μπορούν να ανακαλύψουν νοητικές επινοήσεις-εισαγωγή εννοιών π.χ. την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος.

Ο εκπαιδευτικός σε αυτή τη θεωρία μάθησης στοχεύει και πετυχαίνει περισσότερο την επίτευξη ψυχοκινητικών και συναισθηματικών στόχων, χωρίς πολλές φορές να σημειώνεται η ίδια επιτυχία σε γνωστικούς στόχους.

1.5.2 Διερευνητική Μάθηση

Με τον όρο διερευνητική μάθηση αναφερόμαστε στη μάθηση μέσω διερεύνησης η οποία δεν περιορίζεται στη συλλογή και απομνημόνευση δεδομένων και ιδεών αλλά προσανατολίζεται στην προτροπή να εμπλακούν οι μαθητές/τριες στην ενεργή αναζήτηση απαντήσεων σε ερωτήματα που έχουν διατυπωθεί από αυτούς ή τον εκπαιδευτικό. Με αυτό τον τρόπο κατανοούν τις μεθόδους που ακολουθούν οι επιστήμονες για την παραγωγή, επαλήθευση και προώθηση της γνώσης, μαθαίνουν να δημιουργούν ερωτήματα και να αναζητούν απαντήσεις αυξάνοντας το ενδιαφέρον τους και αναπτύσσουν τον τρόπο σκέψης τους παράλληλα με την επιστημονική τους ικανότητα ενώ ταυτόχρονα η μάθηση καθίσταται ενεργητική περιορίζοντας τα ποσοστά αποτυχίας.

Στη σύγχρονη Διδακτική μέθοδο των ΦΕ επικρατεί η "Διερευνητική μέθοδος μάθησης/διδασκαλίας των Φ.Ε. – Inquiry Based Science Learning/Education" (Artigue, Dillon, Harlen & Lena, 2012. ΜΠΕ, 2011γ. NRC, 2012). Προσδιορίζονται τα πρόβληματα ερωτήματα και οι υποθέσεις, λαμβάνοντας υπόψη τις αντιλήψεις των μαθητών/τριών. Αναζητούνται πληροφορίες, σχεδιάζεται και πραγματοποιείται μια

έρευνα με πειραματικές δραστηριότητες είτε σε κλασικό εργαστήριο ή με αξιοποίηση των ΤΠΕ, ώστε να δοθούν απαντήσεις. Τα δεδομένα που συλλέγονται, αναλύονται, αξιολογούνται, συσχετίζονται, ερμηνεύονται, παρουσιάζονται και διατυπώνονται τα πρώτα συμπεράσματα, ανταλλάσσονται απόψεις και επιχειρήματα των μαθητών/τριών, οικοδομούνται μοντέλα, χτίζεται η σχολικοεπιστημονική γνώση των ΦΕ και τα τελικά συμπεράσματα ανακοινώνονται με διάφορους τρόπους, και όλα τα παραπάνω πραγματοποιούνται κατά προτίμηση σε συνεργατικό πλαίσιο (Artigue et al. 2012. ΜΠΕ, 2011γ. NRC, 2012. Σταυρίδου, 2011:7). Έτσι οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν κατάλληλες ικανότητες, χρήσιμες ως μελλοντικοί ενήλικες πολίτες, οι οποίες σχετίζονται με την εφαρμογή της επιστημονικής μεθόδου (Σταυρίδου, 2011:7).

Η εφαρμογή της στην εκπαιδευτική διαδικασία συμβάλλει τόσο στον επιστημονικό γραμματισμό γενικότερα, όσο και στον γραμματισμό στις Φυσικές Επιστήμες.

Στη διεθνή βιβλιογραφία, συναντάμε δύο διαφορετικούς όρους: **inquiry learning** και **discovery learning**. Ο όρος **discovery learning (Μάθηση μέσω Ανακάλυψης)** προηγήθηκε. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται ευρύτερα ο όρος, **inquiry learning**, που σε ελεύθερη μετάφραση σημαίνει, **Μάθηση μέσω Διερεύνησης**.

Σε ό,τι αφορά στη διαδικασία μια ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στις δύο είναι πως η Μάθηση μέσω Ανακάλυψης είναι δασκαλοκεντρική, ενώ η Μάθηση μέσω Διερεύνησης είναι μαθητοκεντρική (Victor, Kellough, 2003). Στην Ανακαλυπτική Μάθηση, ο εκπαιδευτικός είναι αυτός που αποφασίζει ποια προβλήματα αφορούν τις ανάγκες του μαθητή, καθώς και τις κατάλληλες στρατηγικές συλλογής και ανάλυσης των σχετικών με την επίλυση του προβλήματος στοιχείων. Οι μαθητές/τριες ακολουθούν πιστά τις οδηγίες του εκπαιδευτικού, οπότε θα ανακαλύψουν τις σωστές αρχές ή σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές. Στη Μάθηση μέσω Διερεύνησης, οι μαθητές/τριες έχουν το «πάνω χέρι». Καθορίζουν τα προβλήματα των ΦΕ που είναι σχετικά με τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες τους, αποφασίζουν τη μεθοδολογία που θα ακολουθήσουν κατά τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων και είναι αυτοί οι οποίοι καθορίζουν την αποδεκτή λύση στο πρόβλημά τους. Ο εκπαιδευτικός είναι *μεσολαβητής της μάθησης* και όχι επικεφαλής κυρίαρχος της διδασκαλίας. Και οι δύο διαδικασίες έχουν τα υπέρ και τα κατά τους: Η Ανακαλυπτική Μάθηση μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές/τριες στο να επικεντρώνουν σε κάτι που είναι σημαντικό στην επίλυση κάποιου προβλήματος, παρά

στο να περιπλανώνται γύρω από το πρόβλημα συναντώντας αδιέξοδα. Από την άλλη τα αδιέξοδα τους βοηθάνε να αντιλαμβάνονται τι δεν προχωράει και έτσι μαθαίνουν από την εμπειρία.

1.5.3 Εποικοδομητικό Μοντέλο

Τις τελευταίες δεκαετίες η εποικοδομητική προοπτική έχει επηρεάσει την εκπαίδευση των επιστημών. Προτείνει πως η μάθηση δεν είναι αποτέλεσμα συσσώρευσης των νέων γεγονότων, αλλά μια διαδικασία η οποία απαιτεί αναδόμηση της γνώσης (αυτός που μαθαίνει βγάζει νόημα από μια νέα πληροφορία) (von Glasersfeld 1993, Vygotsky 1962, 1978). Σύμφωνα μ' αυτήν τη θεωρία, το άτομο χτίζει ή κατασκευάζει τα δικά του νοήματα της νέας πληροφορίας με βάση την υπάρχουσα γνώση. Ο Vygotsky (1962) τόνισε ότι αυτός που μαθαίνει (π.χ. ένας μαθητής/τρια) μεταφέρει εμπειρίες οι οποίες επιδρούν στην άποψή του για τον κόσμο και στην ικανότητά του να δεχτεί άλλες απόψεις που βασίζονται στην επιστήμη. Η νέα αυτή εμπειρία χρησιμοποιείται από τον μαθητή/τρια για να οικοδομήσει νέα νοήματα, νέα γνώση. Αυτού του είδους η ανασυγκρότηση των ιδεών δε γίνεται στο κενό, αλλά μέσω της αλληλεπίδρασης με άλλα άτομα. Η κοινωνική πτυχή της μάθησης αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της εποικοδομητικής προοπτικής. Κατά τον Gordon (2008), ο εποικοδομητισμός οδηγεί σε εκπαιδευτικές προσεγγίσεις, με τις οποίες ο μαθητής δημιουργεί, ερμηνεύει και αναδιοργανώνει τη γνώση.

Σύμφωνα με τον εποικοδομητισμό, τα παιδιά από τις πρώτες αισθητηριακές τους εμπειρίες με το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον, αναπτύσσουν εναλλακτικές ιδέες/αντιλήψεις και αυθόρμητες ερμηνείες/εξηγήσεις για πολλά πράγματα και φαινόμενα που υπάρχουν ή συμβαίνουν γύρω τους. Οι προϋπάρχουσες ιδέες και ερμηνείες «συνοδεύουν» τα παιδιά στις αίθουσες διδασκαλίας και είναι συνήθως διαφορετικές από τις επιστημονικές (Σπυροπούλου-Κατσάνη 2002, Pfundt & Duit 1994, Osborne & Freyberg 1985) και μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς τη συνακόλουθη μάθηση (Garnett et al. 1995, Jonassen 1991, Sanger & Greenbowe 1997, Resnick 1983). Η μάθηση θεωρείται μια ατομική διαδικασία, που περιλαμβάνει σύνδεση των νέων ιδεών και εμπειριών με την προηγούμενη γνώση μέσω αλληλεπιδράσεων με το φυσικό και/ή κοινωνικό περιβάλλον (Liang & Gabel, 2005). Οι εναλλακτικές ιδέες είναι βαθιά ριζωμένες και δύσκολα αλλάζουν, αν δε ληφθούν υπόψη στη διδακτική διαδικασία

(Gilbert et al. 1982, Eryilmaz 2002). Κατά συνέπεια, οι παρανοήσεις ισοδυναμούν με κάτι περισσότερο από την παρεξήγηση μιας έννοιας και αποτελούν μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος γνώσης, το οποίο περιλαμβάνει αλληλένδετες έννοιες που συμβάλλουν στην ερμηνεία των εμπειριών των μαθητών και μπορούν να εμποδίσουν την πρόοδο ενός μαθητή σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης (Duit & Treagust 2003, Southerland et al. 2001). Πολλοί όροι έχουν χρησιμοποιηθεί για να περιγράψουν αυτές τις κατανοήσεις των παιδιών, όπως, λόγου χάρη, εναλλακτικές αντιλήψεις (alternative conceptions, Driver & Easley 1978), Φ.Ε. των παιδιών (children's science, Osborne et al. 1983), παρανοήσεις (misconceptions, Fisher 1985, Griffiths & Preston 1992) και προαντιλήψεις (preconceptions, Klammer 1998).

Η άποψη των κονστρουκτιβιστών υποστηρίζει πως η μάθηση και η γνώση μπορούν να περιγραφούν συνοπτικά ως εξής: (α) οι μαθητές δεν είναι παθητικοί αποδέκτες γνώσεων, ενώ η μάθηση συντελείται με την *ενεργό συμμετοχή* του μαθητή, (β) η γνώση δεν εντοπίζεται στον εξωτερικό κόσμο του ατόμου, αλλά *κατασκευάζεται* ατομικά και κοινωνικά, (γ) η διδασκαλία δε συνίσταται στη *μεταφορά γνώσης* και (δ) το αναλυτικό πρόγραμμα αποτελεί ένα σύνολο έργων και υλικών με τα οποία οι μαθητές κατασκευάζουν τη γνώση τους (Driver 1988, Løyen & Gijbels 2008, Treagust, Duit & Fraser 1996). Επομένως, πρόκειται, για ένα δυναμικό μαθησιακό περιβάλλον με αυθεντικά και ρεαλιστικά προβλήματα ή εργασίες που συνδέουν τις προϋπάρχουσες εμπειρίες, γνώσεις και ενδιαφέροντα των μαθητών και ταυτόχρονα αποτελεί μια σημαντική προϋπόθεση για την εκπαίδευση των επιστημών, αλλά και των τεχνολογιών.

Ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα δομημένο στα πλαίσια της εποικοδομητικής μάθησης θα πρέπει να αναγνωρίσει τρία στοιχεία (Brooks & Brooks, 1999): (α) η αρχική γνώση ενός μαθητή αποτελεί τον παράγοντα-κλειδί που επηρεάζει τη μελλοντική μάθηση, αφού οτιδήποτε γνωρίζει ή πιστεύει ο μαθητής αλληλεπιδρά με μια νέα έννοια, στην οποία ο μαθητής έχει ήδη εκτεθεί, (β) οι μαθητές οικοδομούν τα νοήματα μέσω των αλληλεπιδράσεων με άλλους, με υλικά, καθώς και με την παρατήρηση και την εξερεύνηση ενδιαφερόντων και προκλητικών δραστηριοτήτων και (γ) οι μαθητές θα πρέπει να οικοδομούν την κατανόηση πάνω σε έννοιες που έχουν το ρόλο του πυρήνα και πάνω σε μεγάλες ιδέες. Μια εποικοδομητική άποψη της διδασκαλίας και της μάθησης ενσωματώνει ικανότητες σκέψης υψηλού επιπέδου, καθώς ενθαρρύνει την εξερεύνηση, τη διερεύνηση και την άμεση εμπειρία με υλικά και πληροφορίες

προκειμένου να αποκαλυφθούν οι παρανοήσεις των μαθητών· έτσι, οι μαθητές ενθαρρύνονται να μοιραστούν τις εμπειρίες τους με άλλους (Brooks 1990).

Ο Hodson (1996) συνόψισε τα παρακάτω τέσσερα κύρια βήματα της εποικοδομητικής προσέγγισης: (α) προσδιορισμός των ιδεών και των απόψεων των μαθητών, (β) δημιουργία ευκαιριών στους μαθητές με στόχο να εξερευνήσουν τις ιδέες τους, (γ) παροχή ερεθισμάτων στους μαθητές για να αναπτύξουν, να τροποποιήσουν και, όποτε αυτό κρίνεται απαραίτητο, να μεταβάλουν τις ιδέες και τις απόψεις τους και (δ) υποστήριξη των προσπαθειών τους να ξανασχηματίσουν και να ανοικοδομήσουν τις ιδέες και τις απόψεις τους. Σύμφωνα με τους Uzuntiryaki et al. (2009), τα χαρακτηριστικά ενός εκπαιδευτικού που διδάσκει εποικοδομητικά μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα: (α) να δίνει αξία στην ποιότητα της μάθησης και όχι στην ποσότητα με επίκεντρο πάντα το μαθητή παρά το αντικείμενο διδασκαλίας, (β) να προωθεί κοινωνικές αλληλεπιδράσεις παρέχοντας ταυτόχρονα ουσιαστικές εμπειρίες και να διευκολύνει τους μαθητές να επεξεργάζονται την αρχική γνώση, (γ) να παρακολουθεί και να αξιολογεί τη διαδικασία μάθησης καθιερώνοντας ταυτοχρόνως μαθησιακά περιβάλλοντα που ενθαρρύνουν τους μαθητές να μαθαίνουν με παραγωγικούς τρόπους και (δ) να προωθεί μια πλουραλιστική, δοκιμαστική και πιθανή άποψη της επιστημονικής γνώσης.

Η Murphy με βάση τις εργασίες των Jonassen (1991, 1994), Wilson & Cole (1991), Ernest (1995), Honebein (1996), Vygotsky (1978) και της εποικοδομητικής θεωρίας παρουσίασε μια σύνθεση και σύνοψη των χαρακτηριστικών της εποικοδομητικής προσέγγισης, τα οποία περιορίζονται στα εξής:

1. παρουσιάζονται και ενθαρρύνονται οι πολλαπλές προοπτικές και αναπαραστάσεις των εννοιών και του περιεχομένου
2. στόχοι και σκοποί που προέρχονται από το μαθητή ή σε διαπραγμάτευση με τον εκπαιδευτικό ή το εκπαιδευτικό σύστημα
3. ο ρόλος του εκπαιδευτικού ως καθοδηγητής, διευκολυντής μάθησης κ.λπ.
4. δραστηριότητες, ευκαιρίες, εργαλεία και περιβάλλοντα που παρέχονται για να ενθαρρύνουν τη μεταγνώση, την ανάλυση της αυτορύθμισης, της αντανάκλασης και της ευαισθητοποίησης των μαθητών

5. ο μαθητής διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη διαμεσολάβηση και τον έλεγχο της γνώσης
6. οι καταστάσεις μάθησης, τα περιβάλλοντα, οι ικανότητες, το περιεχόμενο και τα έργα είναι σχετικά, ρεαλιστικά και αναπαριστούν τις φυσικές πολυπλοκότητες του αληθινού κόσμου
7. η χρησιμοποίηση βασικών πηγών δεδομένων προκειμένου να εξασφαλιστεί η αυθεντικότητα και η πολυπλοκότητα του αληθινού κόσμου
8. δίνεται έμφαση στην κατασκευή της γνώσης και όχι στην αναπαραγωγή
9. η παραπάνω κατασκευή πραγματοποιείται σε ατομικά πλαίσια και μέσω της κοινωνικής διαπραγμάτευσης, της συνεργασίας και της εμπειρίας
10. οι προηγούμενες δομές γνώσης του μαθητή, οι πεποιθήσεις και οι στάσεις λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης
11. δίνεται έμφαση σε λύσεις προβλημάτων, σε ικανότητες σκέψεων υψηλού επιπέδου και βαθιάς κατανόησης
12. τα λάθη προσφέρουν την ευκαιρία για βαθιά γνώση των κατασκευών της προηγούμενης γνώσης των μαθητών
13. η εξερεύνηση αποτελεί την ευνοϊκή προσέγγιση που ενθαρρύνει τους μαθητές να αναζητήσουν τη γνώση με αυτονομία και να διαχειριστούν την επιδίωξη των στόχων τους
14. παρέχεται στους μαθητές η ευκαιρία για μάθηση με την οποία επιτυγχάνεται μια αυξανόμενη πολυπλοκότητα έργων, ικανοτήτων και απόκτησης γνώσεων
15. η πολυπλοκότητα της γνώσης αντανακλάται με έμφαση στην εννοιολογική αλληλοσύνδεση και τη διεπιστημονική μάθηση
16. η συνεργατική μάθηση καθίσταται ευνοϊκή, αφού μπορούμε να εκθέσουμε το μαθητή σε εναλλακτικές απόψεις
17. παρέχεται η βοήθεια στους μαθητές να εκτελέσουν με ακρίβεια πέρα από τα όρια της ικανότητας τους

18. η αξιολόγηση είναι αυθεντική και συνυφασμένη με τη διδασκαλία.

Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο έχουν αναπτυχθεί διάφορα διδακτικά/πρότυπα, κύριο χαρακτηριστικό των οποίων είναι η διδακτική αξιοποίηση των αρχικών ιδεών των μαθητών με στόχο την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης. Αντιπροσωπευτικά μαθήματα ωριαίας διδασκαλίας εποικοδομητικού χαρακτήρα -τα οποία στοχεύουν στην εννοιολογική αλλαγή της προϋπάρχουσας γνώσης- αποτελούν το διδακτικό μοντέλο 4 φάσεων στο Primary School Teacher Science (PSTS) Project (Kruger et al. 1991), το μοντέλο 3 φάσεων των Nussbaum-Novick (Osborne & Freyberg 1985), την προσέγγιση 4 φάσεων στο Children's Learning in Science Project (Harlen 1992), το διδακτικό μοντέλο εποικοδομητικής προσέγγισης 5 φάσεων των Driver και Oldham (Driver et al. 1998). Ανεξάρτητα από τον αριθμό των φάσεων μπορούμε να αναγνωρίσουμε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά στη σύνταξη μιας εποικοδομητικής διδασκαλίας (Σπύρτου 2002):

- Στην αρχή της διδασκαλίας ο/η εκπαιδευτικός στοχεύει στην ανάδειξη των αρχικών απόψεων των μαθητών/τριών οι οποίοι ενθαρρύνονται να εκφράσουν και να υποστηρίξουν τις υπάρχουσες απόψεις τους, ενώ οι αντιδράσεις του/της εκπαιδευτικού είναι ουδέτερες απέναντι σε όλες τις απόψεις.
- Κατά την ανάπτυξη της διδασκαλίας ο/η εκπαιδευτικός στοχεύει στη δοκιμασία και την επαύξηση ή την αλλαγή των αρχικών απόψεων των μαθητών /τριών , αναπτύσσοντας πειραματικές δραστηριότητες που τους βοηθούν να εξετάσουν, αν οι αρχικές τους απόψεις έχουν ατέλειες και αν επιβάλλεται, να τις αναδομήσουν ή να τις συμπληρώσουν.
- Με το κλείσιμο της διδασκαλίας ο/η εκπαιδευτικός στοχεύει στην εφαρμογή και την ανασκόπηση των απόψεων, προσφέρονται στους/στις μαθητές/τριες νέα παραδείγματα, ώστε με αυτόν τον τρόπο να εξετάσουν αν οι νέες απόψεις παρέχουν πιο επαρκείς ερμηνείες των φυσικών φαινομένων ενώ παράλληλα ενθαρρύνονται να αναλογιστούν τις διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στις αρχικές και τις νέες απόψεις, τους λόγους που άλλαξαν ή διατήρησαν τις αρχικές τους απόψεις και περιγράψουν ποια σημεία του μαθήματος τους/τις έκαναν περισσότερη εντύπωση ή τους/τις δυσκόλεψαν.

Στο μοντέλο της κονστρουκτιβιστικής μάθησης, ο εκπαιδευτικός καλείται να παίξει έναν εξίσου απαιτητικό όσο και καθοριστικό ρόλο. Στόχος του είναι η εισαγωγή

και η υποστήριξη της χρήσης της νέας γνώσης στο κοινωνικό επίπεδο της σχολικής τάξης, ώστε η επιστημονική γνώση να μετατραπεί σε «κοινή γνώση» (Χαλκιά 2010 από Leach & Scott 2003). Στο συγκεκριμένο πλαίσιο, ο/η εκπαιδευτικός:

- γνωρίζει τις επιστημονικές έννοιες και τα φυσικά φαινόμενα που πρόκειται να διδάξει στο συγκεκριμένο μάθημα που σημαίνει ότι έχει μελετήσει καλά το επιστημονικό περιεχόμενο του συγκεκριμένου μαθήματος
- έχει μελετήσει τους στόχους του μαθήματος σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα και γνωρίζει επακριβώς τι θα πρέπει να είναι σε θέση να κάνουν οι μαθητές/τριες του μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας
- επιχειρεί να μετασχηματίσει διδακτικά την επιστημονική γνώση σε σχολική (σε συμφωνία με τις νοητικές και πρακτικές ικανότητες, καθώς και με το πολιτισμικό επίπεδο των μαθητών/τριών του)
- σχεδιάζει τη διδακτική στρατηγική που πρόκειται να ακολουθήσει σύμφωνα με το μοντέλο της κονστρουκτιβιστικής μάθησης καταστρώνοντας σχέδιο μαθήματος που αναφέρεται σε όλες τις παραπάνω ενέργειες, καθώς και φύλλο εργασίας στο οποίο θα εργαστούν οι μαθητές/τριες του
- γνωρίζει τις τεχνικές ανάπτυξης διαλόγου με τους μαθητές/τριες του έχοντας επίγνωση των διαφορών ανάμεσα στο Λόγο της επιστήμης και το Λόγο της καθημερινής ζωής, καθώς και των σοβαρών δυσκολιών που συναντούν οι μαθητές/τριές του κατά τη μετάβαση από τον ένα Λόγο στον άλλο
- αναγνωρίζει την ικανότητά του να ανιχνεύει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/τριών του, γεγονός που προϋποθέτει ενασχόληση με τη σχετική βιβλιογραφία, και γνωρίζει τις δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές/τριές του κατά την προσπάθεια υπέρβασης και τροποποίησης των εναλλακτικών ιδεών τους
- βοηθά τους μαθητές του να συνειδητοποιήσουν τις ιδέες που ήδη έχουν για το φυσικό φαινόμενο που πρόκειται να μελετηθεί. Αυτό προϋποθέτει γνώση και χρήση ειδικών τεχνικών ανάδειξης των ιδεών, εφόσον πρέπει ο εκπαιδευτικός να είναι ικανός να φέρει στην επιφάνεια τις ιδέες των μαθητών του, οι οποίες βρίσκονται σε λανθάνουσα κατάσταση

- σχεδιάζει (ή βοηθά τους μαθητές του να σχεδιάσουν) μαθησιακές καταστάσεις (π.χ. επίλυση ενός προβλήματος, ή διερεύνηση ενός ερωτήματος), ώστε μέσα από αυτήν τη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος (ή διερεύνησης του ερωτήματος) να διαπιστώσουν το αδιέξοδο ή την ανεπάρκεια των ιδεών τους. Αυτό συμβαίνει, όταν έρχονται αντιμέτωποι με δεδομένα του προβλήματος που δε μπορούν να εξηγηθούν, ή πιθανότατα εξηγούνται μονάχα εν μέρει.
- εξηγεί στους μαθητές του ότι ο τρόπος ερμηνείας των φυσικών φαινομένων στο επίπεδο της καθημερινής ζωής διαφέρει από τον τρόπο ερμηνείας τους στο επίπεδο του σχολείου με άλλον τρόπο, δηλαδή, συζητάμε για τα φυσικά φαινόμενα στην καθημερινή ζωή και με άλλον τρόπο «μιλά» η επιστήμη για τα φαινόμενα αυτά. Συγχρόνως, ο εκπαιδευτικός οφείλει να τους εξηγήσει ότι στο σχολείο έρχονται για να μάθουν τον τρόπο πραγμάτευσης αυτών των φαινομένων από την επιστήμη. Αυτό σημαίνει ότι καλούνται να εξοικειωθούν με το Λόγο της επιστήμης, ο οποίος διαφέρει από το Λόγο της καθημερινής ζωής
- βοηθά τους μαθητές του να συνειδητοποιήσουν -μέσα από το διάλογο- ότι η νέα γνώση είναι πιο λειτουργική για την ερμηνεία των φαινομένων σε σύγκριση με την καθημερινή τους γνώση
- εισάγει τη μετασχηματισμένη μορφή της επιστήμης αξιοποιώντας κατάλληλα διδακτικά εργαλεία, όπως, για παράδειγμα, νοητικούς χάρτες, αναλογίες, μεταφορές, κ.λπ.
- βοηθά τους μαθητές του να διατρέξουν και να συνειδητοποιήσουν τη συνολική τους γνωσιακή πορεία για το συγκεκριμένο μάθημα: από το τι γνώριζαν πριν (εναλλακτικές ιδέες) στο τι γνωρίζουν τώρα (επιστημονικές έννοιες). Αυτό σημαίνει ότι βοηθά τους μαθητές του να αναπτύξουν μεταγνωσιακές και αναστοχαστικές δεξιότητες.

Οι Driver και Oldham (1986) πρότειναν ένα μοντέλο της εποικοδομητικής προσέγγισης στη διδασκαλία που περιλαμβάνει τις φάσεις του προσανατολισμού, της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών, της αναδόμησης των ιδεών, της εφαρμογής των νέων ιδεών και της ανασκόπησης.

- *Η φάση του προσανατολισμού*

Αφορά την έναρξη της διδασκαλίας, η οποία επιβάλλεται να είναι καλά οργανωμένη, ώστε να τραβήξει την προσοχή και το ενδιαφέρον των μαθητών. Ο/η εκπαιδευτικός εξηγεί αρχικά τι πρόκειται να επακολουθήσει, ώστε να αφοσιωθούν καλύτερα στις δραστηριότητες που θα διεξάγουν οι ίδιοι οι μαθητές/τριες. Πρέπει με κάθε τρόπο να προκαλέσει το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών αξιοποιώντας την παρατήρηση ενός φαινομένου ή την παρουσίαση μιας συλλογής αντικειμένων, την παρατήρηση μιας διαφάνειας στον ανακλαστικό προβολέα κ.τ.λ.

- *Η φάση της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών*

Σε αυτήν τη φάση οι μαθητές/τριες εκφράζουν προφορικά ή γραπτά τις ιδέες τους, τις εξωτερικεύουν, ενώ ο δάσκαλος ανακαλύπτει τι σκέπτονται και τι μπορεί ο ίδιος να πράξει, ώστε να προγραμματίσει τις διδακτικές στρατηγικές που προσφέρονται σε κάθε περίπτωση. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους επιτυγχάνεται η ανάδειξη των ιδεών των μαθητών. Ο πιο απλός τρόπος είναι να παρακολουθήσουμε τι λένε ή να κάνουμε διάλογο μαζί τους. Αυτό γίνεται άτυπα σε εξατομικευμένη βάση κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων στην τάξη ή, πιο συστηματικά, σε συζήτηση μικρών ομάδων. Οι πρακτικές δραστηριότητες, τα ερωτηματολόγια, οι ατομικές εργασίες είναι τρόποι ανάδειξης των ιδεών. Άλλος τρόπος είναι τα υποθετικά πειράματα, με τα οποία ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν τα αποτελέσματα κάποιων πειραμάτων που περιγράφουμε. Εδώ οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες δυο ή περισσότερων ατόμων, ο δάσκαλος τους δίνει τα κατάλληλα έργα, αυτοί εργάζονται στην αρχή ατομικά και στη συνέχεια συζητούν σε επίπεδο ομάδας. Οι μαθητές/τριες καταγράφουν τις απόψεις τους σε χαρτί που τις συγκεντρώνει ο δάσκαλος, ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων και έτσι εξάγονται τα σημαντικότερα μοντέλα των ιδεών των μαθητών. Η ύπαρξη των διαφορετικών μοντέλων είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί, ώστε να επιλεγεί ένα μοντέλο, το επιστημονικό. Η υιοθέτησή του από τους μαθητές επιδιώκεται στην επόμενη φάση.

- *Η φάση της αναδόμησης των ιδεών*

Σε αυτή τη φάση οι μαθητές/τριες ενθαρρύνονται να ελέγξουν τις ιδέες τους με σκοπό να τις επεκτείνουν, να αναπτύξουν ιδέες στην περίπτωση που δεν έχουν άποψη, ή να αντικαταστήσουν τις προϋπάρχουσες με άλλες. Επιδίωξη του εκπαιδευτικού είναι η

αυτόβουλη και οικειοθελής μετατόπιση των παιδιών από τις δικές τους σε άλλες ιδέες που πλησιάζουν στο επιστημονικό πρότυπο. Αν στην προηγούμενη φάση είχαμε ζητήσει να εκφράσουν άποψη για τα αποτελέσματα κάποιου «υποθετικού» πειράματος, σ' αυτήν τη φάση τους ζητάμε να εκτελέσουν το πείραμα. Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα του πειράματος συμπίπτουν με την άποψή τους, τότε έχουμε επιβεβαίωση της υπάρχουσας γνώσης. Διαφορετικά έχουμε γνωστική σύγκρουση. Οι μαθητές/τριες χωρίζονται σε ομάδες των δύο ή τριών ατόμων και ακολουθούν γραπτές οδηγίες για το πώς θα εκτελέσουν συγκεκριμένα έργα, τα αποτελέσματα των οποίων προσπαθούν να ερμηνεύσουν. Στόχος των έργων αυτών είναι να οδηγηθούν σε αδιέξοδο διακρίνοντας τη διάσταση ανάμεσα στο αναμενόμενο από αυτούς αποτέλεσμα και στο πειραματικό αποτέλεσμα. Έτσι θα οδηγηθούν σε ενδο-προσωπική σύγκρουση η οποία θα τους κάνει να μη νιώθουν ικανοποιημένοι, γεγονός που θα τους ωθήσει πιθανότατα σε μια εννοιολογική αλλαγή. Αναλυτικότερα, θα μπορούσαμε να καταλήξουμε στο γεγονός ότι ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους μαθητές να συγκρίνουν τις εναλλακτικές ιδέες τους με τρόπο συστηματικό, ώστε να είναι σε θέση να αναγνωρίσουν αποτελέσματα που δεν ταιριάζουν με την ιδέα που ερευνούν, ακόμα και αν αυτή είναι δική τους. Απαιτείται προσοχή όσον αφορά στην επιλογή των κατάλληλων έργων, π.χ. πειράματα επίδειξης που μπορεί να φαίνονται πολύ πειστικά στο δάσκαλο, εντούτοις, ενδέχεται να μην προκαλούν καμία εντύπωση στους μαθητές/τριες, αν οι τελευταίοι δεν έχουν κατανοήσει το σκοπό για τον οποίο γίνονται.

- *Η φάση της εφαρμογής*

Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής οι μαθητές/τριες συσχετίζουν αυτό που έμαθαν με τις εμπειρίες της καθημερινής ζωής ενώ τους δίνεται η ευκαιρία να ανακαλύψουν το πώς οι νέες ιδέες που απέκτησαν μπορούν να εφαρμοστούν για τη λύση πραγματικών προβλημάτων. Η δυνατότητα που έχουν αποκτήσει να ερμηνεύουν φαινόμενα χάρη στις καινούριες ιδέες, τα οποία δεν μπορούσαν να τα ερμηνεύσουν νωρίτερα, κατοχυρώνει την υιοθέτηση των απόψεων αυτών, επειδή ακριβώς αναγνωρίζουν την αξία τους και τη λειτουργικότητά τους.

- *Η φάση της ανασκόπησης*

Αφορά το στάδιο κατά το οποίο οι μαθητές/τριες αναγνωρίζουν τη σπουδαιότητα αυτών που ανακάλυψαν. Στη φάση αυτή θα πρέπει να συγκρίνουν τις αρχικές με τις νέες απόψεις τους. Συνειδητοποιούν την προηγούμενη με την τωρινή κατάσταση, καθώς και

τη γνωστική πορεία της αλλαγής. Αυτό αποτελεί σημαντικό μέσο αυτοελέγχου και αποκαλείται μεταγνώση.

1.6 Στάσεις

Ορισμοί και δομή των στάσεων

Σύμφωνα με τον ορισμό της έννοιας της στάσης από φιλοσόφους, ψυχολόγους, κοινωνιολόγους, εκπαιδευτικούς, ερευνητές κ.α. με μονοδιάστατο ή πολυδιάστατο τρόπο διακρίνονται τα εξής μοντέλα:

Μονοδιάστατα μοντέλα με:

Συναίσθηματικές δομές, που ορίζουν ως στάση το συναίσθημα ή τα συναισθήματα υπέρ ή εναντίον ενός ψυχολογικού αντικειμένου (Thurstone, 1931), το συναίσθημα που συνδέεται με κάποιο νοητικό αντικείμενο (Greenwald, 1989) και ένα γενικό και διαρκές, θετικό ή αρνητικό συναίσθημα για κάποιο αντικείμενο ή θέμα (Petty & Cacioppo 1981).

Γνωστικές δομές, όπου οι στάσεις αναγνωρίζονται ως γνωστικές δομές (Crano & Prislin, 2006, Kruglanski, 1989).

Αξιολογικές δομές, όπου στάση είναι η αξιολόγηση που κάνει ένα άτομο για ένα αντικείμενο της σκέψης (Pratkanis & Greenwald, 1989) ή οτιδήποτε αφορά στην κατηγοριοποίηση ενός αντικειμένου σε κάποια διάσταση αξιολόγησης (Zanna & Fazio 1982).

Δισδιάστατα μοντέλα

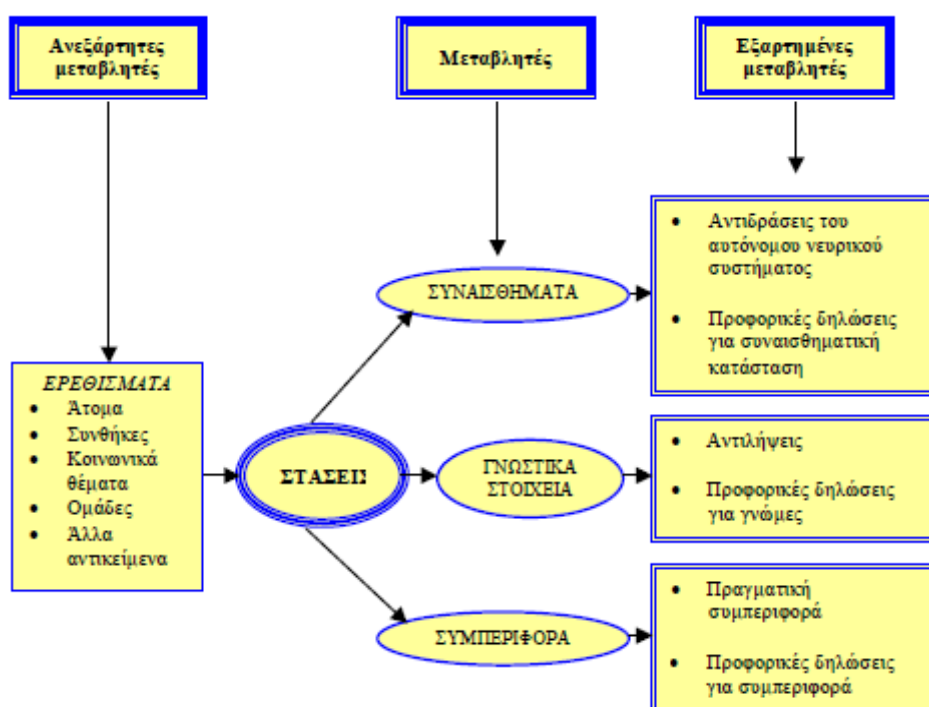
Στα δισδιάστατα μοντέλα αφορούν οι απόψεις του Allport (1935), σύμφωνα με τον οποίο στάση είναι μια νοητική και νευρική κατάσταση ετοιμότητας, οργανωμένη μέσω των εμπειριών, η οποία ασκεί κατευθυντήρια ή δυναμική επίδραση στις αποκρίσεις του ατόμου προς όλα τα αντικείμενα και τις καταστάσεις με τα οποία αυτή σχετίζεται δίνοντας έμφαση στις δύο διαστάσεις των στάσεων, στο γνωστικό στοιχείο και το αξιολογικό στοιχείο. Αντίστοιχα σύμφωνα με τους Kind et al. (2007), Albarracin & Wyer 2005, στάσεις είναι τα συναισθήματα τα οποία κατέχει ένα άτομο σχετικά με ένα αντικείμενο και τα οποία βασίζονται στις πεποιθήσεις του για αυτό, ενώ οι Ajzen & Fishbein (2000), Zacharia (2003) θεωρούν ως στάσεις ένα σύνολο αξιολογήσεων, το

οποίο αναπαριστά επιθυμητά ή μη επιθυμητά συναισθήματα προς ειδικά ή ψυχολογικά αντικείμενα. Τέλος, σύμφωνα με τον Ernest (1989) «Οι στάσεις περιλαμβάνουν όχι μόνο θετικές ή αρνητικές επιδράσεις, αλλά και την προτίμηση, την απόλαυση, το ενδιαφέρον και τα αντίθετά τους, την εμπιστοσύνη των εκπαιδευτικών κ.α.».

Τρισδιάστατα μοντέλα

Το τρισδιάστατο μοντέλο των στάσεων (Three-Component Model) αποτελεί τη σημαντικότερη προσέγγιση σε αυτό το ζήτημα. Κατά τους Rosenberg & Hovland (1960) οι στάσεις, η αξιολόγηση δηλαδή των διαφορετικών αντικειμένων, μπορεί να σχετίζονται με τα συναισθήματά μας (πώς αισθανόμαστε απέναντι στο αντικείμενο) ή με τις πεποιθήσεις μας (τι πιστεύουμε για το αντικείμενο) και να επηρεάζουν ή να επηρεάζονται από τη συμπεριφορά μας. Ένα ζήτημα που απασχόλησε από παλιά τους ερευνητές ήταν η σχέση μεταξύ των διαφορετικών αυτών δομικών στοιχείων. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, *Σχήμα 1*, κάθε στάση αποτελείται από τρία δομικά στοιχεία: το συναισθηματικό στοιχείο (affect, π.χ. συναισθήματα απέναντι στο αντικείμενο της στάσης), το γνωστικό (cognition, π.χ. πεποιθήσεις, αντιλήψεις και πληροφορίες σχετικά με το αντικείμενο) και το συμπεριφορικό (conation, π.χ. προθέσεις και πράξεις που απευθύνονται ή αφορούν στο αντικείμενο) (Κοκκινάκη 2005).

Σχήμα 1: Το τρισδιάστατο μοντέλο των Rosenberg & Hovland (1960), (από Γεωργιάς 1995).



Σύμφωνα με το μοντέλο Eagly & Chaiken (1993) (Σχήμα 2) το συναισθηματικό, το γνωστικό και το συμπεριφορικό στοιχείο θεωρούνται παράγοντες που καθορίζουν τις στάσεις (δηλαδή διεργασίες μέσω των οποίων διαμορφώνονται οι στάσεις) ή συνέπειες των στάσεων (δηλαδή ως αντιδράσεις που προκαλούν οι στάσεις) (Κοκκινάκη 2005).

Σχήμα 2: Γνωστικές, συναισθηματικές και συμπεριφορικές αντιδράσεις και η σχέση τους με τη στάση (βασισμένο σε Eagle & Chaiken, 1993 βλ. Κοκκινάκη 2005).



Ο Cheung (2009), ορίζει εννοιολογικά τη στάση ως :

- μια κρυμμένη (latent) μεταβλητή, η οποία εξηγεί τη σύνδεση ανάμεσα σε παρατηρήσιμα διεγερτικά γεγονότα και συμπεριφορές
- μια κατασκευή που περιλαμβάνει γνωστικές, συναισθηματικές και συμπεριφορικές πληροφορίες για το αντικείμενο της στάσης και μπορεί να αξιολογηθεί μέσω γνωστικών, συναισθηματικών και συμπεριφορικών αυτοαναφερόμενων ανταποκρίσεων
- μια αξιολογητική γνώμη που προκύπτει από όλες εκείνες τις διαδικασίες που διέπουν τα ερεθίσματα και τις ανταποκρίσεις.

Σε ό,τι αφορά στις στάσεις προς τις Φ.Ε., ο Gardner (1975a) όρισε τη στάση ως μια επίκτητη προδιάθεση που αξιολογεί με ορισμένους τρόπους αντικείμενα, ανθρώπους, δράσεις, καταστάσεις ή προτάσεις που εμπλέκονται στη μάθηση των επιστημών. Η στάση προς τις Φ.Ε. περιλαμβάνει ένα αντικείμενο στάσης, όπως είναι η επιστήμη, τα μαθήματα των επιστημών, το έργο στο εργαστήριο και ούτω καθεξής (Schibeci 1983). Οι Koballa & Crawley (1985) και Koballa & Glynn (2007) υποστηρίζουν ότι οι στάσεις προς τις Φ.Ε. μπορούν να θεωρηθούν ως ένα επίκτητο, θετικό ή αρνητικό συναίσθημα για τις Φ.Ε., το οποίο χρησιμεύει ως μια κατάλληλη περίληψη μιας ευρείας ποικιλίας

πεποιθήσεων για τις Φ.Ε. και θεωρούν πως είναι σημαντικές, διότι επιτρέπουν την πρόβλεψη των συμπεριφορών που έχουν σχέση με τις Φ.Ε. Δηλώσεις όπως «μου αρέσουν οι Φ.Ε.» ή «μισώ τις Φ.Ε.», θεωρούνται ως εκφράσεις των στάσεων προς τις Φ.Ε., διότι υποδηλώνουν ένα γενικό ή αρνητικό συναίσθημα προς τη μελέτη των επιστημών ή τις Φ.Ε. (Koballa & Crawley 1985).

Τα χαρακτηριστικά των στάσεων σύμφωνα με τον Koballa (1988) και άλλους ερευνητές είναι τρία: οι στάσεις μαθαίνονται (Koballa, 1988), οι στάσεις είναι επίμονες με την πάροδο του χρόνου (Hill et al. 1995, Koballa 1988, Reid 2006) και οι στάσεις και η συμπεριφορά συσχετίζονται (Koballa 1988, Shrigley 1990), ενώ οι Ajzen 1988, Zint 2002 προσθέτουν ως τέταρτο χαρακτηριστικό πως η στάση αποτελεί μια λειτουργία των προσωπικών πεποιθήσεων (Στύλος, 2014).

Προηγούμενες έρευνες, κυρίως από το χώρο των νέων τεχνολογιών, αποδεικνύουν πως οι στάσεις επηρεάζονται γενικά από πολλούς παράγοντες, όπως είναι το μορφωτικό επίπεδο (Hallam & Ireson 2003), τα χρόνια διδασκαλίας (Τζιμογιάννης & Κόμης 2004, Chen & Chang 2006, Fetler 2001, Sadik 2006) και ο τύπος του σχολείου (Hallam & Ireson 2003).

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας η Χαλκιά (1995) παρατήρησε ότι οι στάσεις ενός ατόμου επηρεάζονται από τα πιστεύω του (πεποιθήσεις) και συνδέονται με τα συναισθήματά του. Αυτά τα συναισθήματα είναι επίκτητα και έχουν διαμορφωθεί υπό την επίδραση πεποιθήσεων, που έχει αποκτήσει το άτομο ως προς ορισμένες καταστάσεις, γεγονότα, ιδέες, πρόσωπα και στοιχεία του περιβάλλοντός του. Είναι επίσης σταθερά, διαρκούν μεγάλα χρονικά διαστήματα και δημιουργούν μια προδιάθεση στο άτομο, ώστε να δρα με έναν ορισμένο τρόπο σε ιδέες, γεγονότα, καταστάσεις και στοιχεία του περιβάλλοντός του. Επομένως, οι στάσεις επιδρούν στις συμπεριφορές του και έχουν, κατά συνέπεια, άμεσο αντίκτυπο στην εκπαιδευτική πρακτική, εφόσον το σχολείο και τα αντικείμενα που διαπραγματεύεται αποτελούν ζωντανά και ερεθιστικά στοιχεία του περιβάλλοντος του παιδιού (Στύλος, 2014).

1.6.1 Στάσεις μαθητών/τριών

Η διερεύνηση των στάσεων των μαθητών/τριών ως προς τις σπουδές των επιστημών έχει αποτελέσει ένα ουσιαστικό χαρακτηριστικό του έργου της επιστημονικής

εκπαίδευσης για την ερευνητική κοινότητα τα τελευταία 30-40 χρόνια (Barmby et al. 2008, George 2006, Hong 2010, Hong et al. 2008a, Hong et al. 2008b) και έχει διερευνηθεί μέσα από διεθνείς αξιολογήσεις (TIMSS 2007 (Martin, Mullis, & Foy, 2008) και PISA 2006 (OECD, 2007).

Οι Osborne, Simon and Collin (2003) μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας στον τομέα των «στάσεων προς τις Φ.Ε.» πρότειναν ότι οι στάσεις δεν αποτελούν μια μοναδική ενιαία κατασκευή, αλλά αποτελούνται από ένα μεγάλο αριθμό υποκατασκευών όπως την αντίληψη του εκπαιδευτικού, το άγχος προς τις Φ.Ε., την αξία των Φ.Ε., την αυτοεκτίμηση στις Φ.Ε, το κίνητρο-παρώθηση προς τις Φ.Ε., την απόλαυση των Φ.Ε., τις στάσεις των συνομηλίκων και φίλων για τις Φ.Ε., τις στάσεις των γονέων προς τις Φ.Ε., τη φύση του περιβάλλοντος της τάξης, το επίτευγμα στις Φ.Ε., το φόβο ή την αποτυχία στο μάθημα.

Οι Simpson et al. (1994) και Koballa & Glynn (2007) εντόπισαν σημαντική σχέση ανάμεσα στις στάσεις και την πρόοδο των μαθητών/τριών, η οποία μάλιστα, δύναται να ερμηνευθεί με βάση την αξία της εργασίας (task value: ένας παρωθητικός παράγοντας που αναφέρεται στο πόσο σημαντικό ή σχετικό θεωρεί κάτι ένας μαθητής) για το μαθησιακό περιβάλλον του μαθητή (Ricco et al. 2010). Εξάλλου, οι στάσεις των μαθητών/τριών συνδέονται με τις πρακτικές του δασκάλου. Έρευνες σε μαθητές/τριες της μέσης εκπαίδευσης κατέληξαν στο ότι οι μαθητοκεντρικές διδακτικές προσεγγίσεις, η εργασία των μαθητών/τριών σε ομάδες και η ανάλυση δεδομένων συνδέονταν θετικά με τις στάσεις και την πρόοδο των μαθητών/τριών απέναντι στις Φ.Ε. (Baker & White 2003, Odom et al. 2007). Επιπλέον, οι στάσεις των μαθητών/τριών επηρεάζουν το μάθημα, τις μελλοντικές επιλογές στην καριέρα που θα ακολουθήσουν, ενώ, συγχρόνως αποτελούν έναν παρωθητικό παράγοντα (Hassan 2008, Koballa & Glynn 2007, Papanastasiou & Papanastasiou 2002).

Παραδόξως, όσα περισσότερα χρόνια εμπλέκονται στη μάθηση των επιστημών, τόσο αρνητικές είναι οι αντιλήψεις τους. Μερικοί ερευνητές, μάλιστα, υποσιάζονται πως το χαμηλό ποσοστό των γυναικών που μελετούν ή εργάζονται σε επιστημονικά πεδία, μπορεί να αποδίδεται στην αρνητική στάση τους προς τις Φ.Ε. (Barmby et al. 2008, Hong 2010, Ministry of Education 2006).

Αρκετές έρευνες, άλλωστε, έχουν δείξει πως οι στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στις Φ.Ε. έχουν εξελιχθεί πιο αρνητικά κατά τη μετάβαση των μαθητών/τριών

από την πρωτοβάθμια στις επόμενες εκπαιδευτικές βαθμίδες. (Francis & Greer 1999, Murphy et al. 2006, Murphy & Beggs 2003).

Τέλος, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να δοθεί έμφαση στην προώθηση στάσεων των μαθητών/τριών προς τις Φ.Ε. σχετικά νωρίς μέσα στο σχολικό περιβάλλον, κυρίως με παρεμβάσεις στο δημοτικό σχολείο, οι οποίες θα περιλαμβάνουν καινοτόμες διδακτικές στρατηγικές, ικανές να εμπνεύσουν στα νέα παιδιά τη θετική στάση (Hong et al. 2013).

1.6.2 Μέτρηση των στάσεων

Δεν είναι δυνατόν, ωστόσο, να παρατηρήσουμε άμεσα τις στάσεις, δηλαδή τις νοητές αξιολογήσεις των ατόμων για τα διαφορετικά αντικείμενα, με αποτέλεσμα η μέτρηση τους γίνεται με έμμεσους τρόπους (Στύλος, 2014). Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι μέτρησης βασίζονται σε «αυτο-αναφορά», τα άτομα δηλαδή, εκφράζουν τα ίδια τη στάση τους άμεσα, με βάση κάποιες συγκεκριμένες κλίμακες (*Πίνακας 1.2*). Οι πιο συνηθισμένες κλίμακες είναι οι εξής:

Η κλίμακα Likert αναπτύχθηκε από τον Rensis Likert (1932) και απαιτεί από τα άτομα να εκφράσουν το βαθμό συμφωνίας τους με μια σειρά από δηλώσεις ή απόψεις πάνω σε μια συνήθως 5-βάθμια διπολική κλίμακα (π.χ. Διαφωνώ πολύ, Διαφωνώ, Ουδέτερος, Συμφωνώ, Συμφωνώ πολύ). Το διάστημα μεταξύ των άκρων θεωρείται ότι είναι συνεχές και το άθροισμα ή ο μέσος όρος των απαντήσεων αποτελεί το γενικό δείκτη της στάσης. Παρέχει σχετικά πλούσιες πληροφορίες όχι μόνο για τη γενική στάση των ατόμων, αλλά και για τις συγκεκριμένες απόψεις και πεποιθήσεις τους γύρω από ένα ζήτημα. Η διάγνωση των συγκεκριμένων πεποιθήσεων μπορεί να συμβάλλει όχι μόνο στην κατανόηση των στάσεων, αλλά και στην αλλαγή τους και συνεπακόλουθα στην αλλαγή της συμπεριφοράς.

Η κλίμακα Thurstone αναπτύχθηκε από τον Rensis Likert (1932) και απαιτεί αριθμό αρχικών προτάσεων για την υπό διερεύνηση στάση και οι οποίες σύμφωνα με την αντίληψη του ερευνητή αντιπροσωπεύουν όλο το φάσμα των στάσεων (πολύ θετική, ουδέτερη, πολύ αρνητική). Η ταξινόμηση των αρχικών προτάσεων γίνεται από μία ομάδα κριτών που προέρχονται από τον υπό μελέτη πληθυσμό και η κατάταξή τους γίνεται με βάση το μέσο όρο των βαθμολογιών που λαμβάνει η κάθε δήλωση από όλους τους κριτές. Στη συνέχεια, οι προτάσεις που έχουν επιλεγεί (εκτείνονται σε όλο το φάσμα των

στάσεων) κατανέμονται στο ερωτηματολόγιο με τυχαίο τρόπο και δίνονται στο δείγμα. Τα μέλη του δείγματος καλούνται να επιλέξουν τις δηλώσεις που τους αντιπροσωπεύουν.

Η κλίμακα Guttman αναπτύχθηκε από τον Guttman (1944) και περιλαμβάνει προτάσεις, οι οποίες επιδέχονται συμφωνία ή διαφωνία και τίθενται σε ιεραρχική κατάταξη εκφράζοντας μειωμένη ή αυξημένη στήριξη. Με άλλα λόγια, η συμφωνία με μία πρόταση υποδηλώνει και συμφωνία με όλες τις προηγούμενες προτάσεις, ενώ η διαφωνία με μία πρόταση υποδηλώνει και διαφωνία με όλες τις επόμενες προτάσεις.

Οι κλίμακες Σημασιολογικής Διαφοροποίησης (Semantic Differential) αναπτύχθηκαν από τους Osgood et al. (1957) και απαιτούν από τα άτομα να εκφράσουν άμεσα τη στάση τους σε μια σειρά από αξιολογικές διαστάσεις, ενώ στηρίζονται στο γεγονός ότι τα άτομα σκέπτονται διαμετρικά αντίθετα. Οι κλίμακες είναι συνήθως 7-βάθμιες, διπολικές (τα άκρα τους είναι αντίθετα π.χ. κακός-καλός, αδύναμος-ισχυρός, δυσάρεστος-ευχάριστος) και έχουν αξιολογικό χαρακτήρα. Οι ερωτώμενοι τοποθετούν κατά μήκος της γραμμής το δικό τους βαθμό, ο οποίος βρίσκεται ανάμεσα στα δύο αντίθετα επίθετα.

Παράλληλα, ορισμένες φορές χρησιμοποιούνται και εναλλακτικές μέθοδοι μέτρησης, οι οποίες βασίζονται σε ψυχοφυσιολογικές μετρήσεις. Μια άλλη τεχνική μέτρησης είναι και η μέθοδος **bogus pipeline**, όπου οι συμμετέχοντες ανταποκρίνονται μεν σε κλίμακες αυτο-αναφοράς, έχουν όμως την εντύπωση ότι η στάση τους μετράται αντικειμενικά μέσω μιας συσκευής. Παρόλο που οι μέθοδοι αυτές είναι γενικά δυσκολότερες στην εφαρμογή τους, ωστόσο, έχουν ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των μεθόδων αυτο-αναφοράς. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα τους είναι ότι επηρεάζονται λιγότερο από παράγοντες κοινωνικής επιθυμητότητας (Κοκκινάκη 2005)

	Thurston	Likert	Guttman	Semantic Differential
Πλεονεκτήματα	Οι προτάσεις/ δηλώσεις σταθμίζονται και αξιολογούνται περισσότερο από τα υποκείμενα Κατάλληλο για μέτρηση πολλαπλών διαστάσεων	Απλό να κατασκευαστεί Κάθε πρόταση/δήλωση έχει ίση αξία Πιθανό να παράγει μια ιδιαίτερα αξιόπιστη κλίμακα Εύκολο να διαβαστεί και να συμπληρωθεί Προσκομίζει τη συνεκτική αξιολόγηση των στάσεων Ευπροσάρμοστο στις περισσότερες καταστάσεις μέτρησης Εύκολο να μετρηθεί Συμβατό με τις περισσότερες συσκευές σάρωσης	Εύκολο να κατασκευαστεί και να συμπληρωθεί Μπορεί να ανιχνεύσει μικρές αλλαγές στις στάσεις	Απλό να κατασκευαστεί Εύκολο από τα υποκείμενα να απαντηθεί Οικονομικά αποδοτικό Επιτρέπει αρκετούς τύπους αναλύσεων
Μειονεκτήματα	Δύσκολο να κατασκευαστεί Απαιτείται χρόνος Δαπανηρή να παραχθεί Μετρά μόνο συμφωνίες ή διαφωνίες	Έλλειψη αναπαραγωγής με ακρίβεια Έλλειψη μονο-διαστατικότητας ή ομοιογένειας Η αξιοπιστία μπορεί να είναι δύσκολη να παρουσιαστεί Οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων στην κλίμακα δεν μπορεί να θεωρηθεί ίση Πολυδιάστατες έννοιες δεν υπολογίζονται	Δύσκολο στην επιλογή των προτάσεων/δηλώσεων Δεν παρέχει αρκετά αλλαγές στα συναισθήματα και τις αντιλήψεις Το εργαλείο είναι πολύπλοκο στη βαθμολογία	Η ανάλυση μπορεί να είναι πολύπλοκη Χρονοβόρο

Πίνακας : Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διάφορων μεθόδων μέτρησης των στάσεων.

1.7 Τριβή – Εναλλακτικές ιδέες μαθητών σχετικά με τη τριβή

Σύμφωνα με το Hewitt η δύναμη τριβής αναπτύσσεται μεταξύ δυο επιφανειών, όταν ολισθαίνουν ή τείνουν να ολισθήσουν η μια πάνω στην άλλη. Όταν ασκείται μια δύναμη σε ένα αντικείμενο, συνήθως υπάρχει μια δύναμη τριβής, που ελαττώνει την ολική, και κατά συνέπεια και την προκύπτουσα επιτάχυνση. Προκαλείται από τις ανωμαλίες των δυο επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή, και εξαρτάται από το είδος των υλικών και από τη δύναμη με την οποία πιέζεται η μία επιφάνεια πάνω στην άλλη.

Σε επιφάνειες που φαίνονται εντελώς λείες, υπάρχουν μικροσκοπικές ανωμαλίες που δυσχεραίνουν την κίνηση, καθώς υπάρχουν πολλά σημεία επαφής, όπου τα άτομα των δυο επιφανειών «σκαλώνουν» μεταξύ τους. Για να ολισθαίνει ένα αντικείμενο πάνω σε κάποιο άλλο, θα πρέπει είτε να ανυψώνεται πάνω από τις ακανόνιστες ανωμαλίες είτε να αποσπά άτομα από αυτό. Ότι από τα δυο και αν συμβαίνει, είναι απαραίτητο να ασκείται κάποια δύναμη (Hewitt, 2005).

Η κατεύθυνση της δύναμης τριβής είναι πάντα αντίθετη προς την κατεύθυνση της κίνησης. Ένα αντικείμενο που ολισθαίνει προς τα κάτω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο, υφίσταται δύναμη τριβής που κατευθύνεται προς τα πάνω, ένα αντικείμενο που ολισθαίνει προς τα δεξιά, υφίσταται δύναμη τριβής προς τα αριστερά. Για να κινείται, λοιπόν, ένα αντικείμενο με σταθερή ταχύτητα, θα πρέπει να εφαρμόζεται σε αυτό δύναμη ίση προς την αντιτιθέμενη δύναμη της τριβής, ούτως ώστε οι δυο δυνάμεις να αντισταθμίζουν ακριβώς η μια την άλλη. Στην περίπτωση αυτή, η ολική δύναμη θα είναι μηδενική και το ίδιο και η επιτάχυνση.

Οι φυσικοί και οι μηχανικοί διακρίνουν τη στατική τριβή από την τριβή ολίσθησης. Ένα άλλο ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι η δύναμη της τριβής δεν εξαρτάται από την ταχύτητα. Ακόμη πιο ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι η τριβή δεν εξαρτάται από το εμβαδόν επαφής. Η τριβή δεν περιορίζεται μόνο σε στερεά που ολισθαίνουν το ένα πάνω στο άλλο. Εμφανίζεται επίσης σε υγρά και σε αέρια, που ονομάζονται ρευστά (επειδή ρέουν). Η τριβή στα ρευστά ονομάζεται οπισθέλκουσα.

Οι μαθητές/τριες δυσκολεύονται ιδιαίτερα σε έννοιες της μηχανικής με τις οποίες έρχονται σε επαφή σε καθημερινή βάση. Η έννοια της τριβής αποτελεί μία τέτοια έννοια, με τους μαθητές/τριες να έχουν δημιουργήσει ήδη αρκετές πεποιθήσεις και ιδέες για τη συγκεκριμένη έννοια, προτού τη διδαχθούν στο σχολείο (Besson, Borghi, Ambrosis & Mascheretti, 2007).

Σύμφωνα με τους Hahner και Spencer (1998), η τριβή δημιουργείται κυρίως μεταξύ δύο στερεών επιφανειών και δεν αποτελεί ένα αποκλειστικά μακροσκοπικό φαινόμενο. Τόσο εξαιτίας της καθημερινότητας των μαθητών/τριών όσο και της συχνής αναπαράστασης της τριβής στα σχολικά εγχειρίδια ως τη δύναμη που δημιουργείται μεταξύ ενός στερεού αντικειμένου και μιας στερεής επιφάνειας, οι μαθητές/τριες δεν μπορούν να αντιληφθούν την τριβή ως ένα αποτέλεσμα που σχετίζεται με φαινόμενα του μικρόκοσμου.

Σύμφωνα με αρκετές έρευνες, οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν αρκετές εναλλακτικές αντιλήψεις αναφορικά με τις ιδιότητες της τριβής, το ρόλο που παίζει στα σώματα αλλά και το πώς ασκείται (Besson, Borghi, Ambrosis & Mascheretti, 2007; Carvalho & Sousa, 2005; Hancer & Durkan, 2008). Αρκετοί μαθητές/τριες θεωρούν την τριβή αποκλειστικά ως μία δύναμη αντίστασης, η οποία επηρεάζει και ασκείται μόνο στο αντικείμενο το οποίο κινείται και είναι πάντα αντίθετη στην κίνηση. Συχνά αναφέρουν ότι η τριβή εξαρτάται από το εμβαδόν της επιφάνειας του αντικειμένου που κινείται. Έχει παρατηρηθεί ότι οι μαθητές/τριες συγχέουν τη στατική τριβή με τη τριβή ολίσθησης. Οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν ότι η τριβή είναι πάντοτε ανεπιθύμητη και δυσκολεύονται να κατανοήσουν ότι σε πάρα πολλές περιπτώσεις, η τριβή είναι επιθυμητή.

Η παρούσα ερευνητική πρόταση στοχεύει να διερευνήσει την επίδραση που έχει ένα σχέδιο εργασίας Ε και Στ τάξης του Δημοτικού Σχολείου με τη χρήση τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D Printing) στις γνώσεις περιεχομένου και στις στάσεις των μαθητών/τριών σχετικά με το πείραμα. Εξαιτίας της δυσκολίας των μαθητών/τριών να κατανοήσουν έννοιες της μηχανικής με τις οποίες έρχονται σε επαφή σε καθημερινή βάση, επιλέχτηκε η έρευνα να ασχοληθεί με την έννοια της τριβής, η οποία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα, αφού οι μαθητές/τριες έχουν σχηματίσει ήδη αρκετές πεποιθήσεις και ιδέες πριν από τη διδασκαλία της στο σχολείο (Besson, Borghi, Ambrosis & Mascheretti, 2007).

2 Μεθοδολογία

2.1 Ερευνητικοί Στόχοι

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει την επίδραση που έχει ένα σχέδιο εργασίας Ε και Στ τάξης του Δημοτικού Σχολείου με τη χρήση τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D Printing) στις γνώσεις περιεχομένου, στο άγχος και στο ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τις Φυσικές Επιστήμες και τη διδασκαλία τους και ταυτόχρονα να τη συγκρίνει με τα αντίστοιχα αποτελέσματα μαθητών/τριών που διδάχθηκαν σύμφωνα με την ίδια εποικοδομητική προσέγγιση, η οποία βασίζεται στο μοντέλο διδασκαλίας 5Ε.

Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι τα εξής:

- Πώς επιδρά η χρήση της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D Printing) στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών/τριών (εννοιολογική αλλαγή) σχετικά με την έννοια της δύναμης της Τριβής;
- Πώς επιδρά η χρήση τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D Printing) στο άγχος των μαθητών/τριών κατά την ενασχόλησή τους με τις ΦΕ;
- Πώς επιδρά η χρήση τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D Printing) στο ενδιαφέρον των μαθητών/τριών σχετικά με τις ΦΕ;
- Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων (πειραματική και ελέγχου) στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών/τριών σχετικά με την έννοια της δύναμης της Τριβής;
- Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων (πειραματική και ελέγχου) στο άγχος των μαθητών/τριών κατά την ενασχόλησή με τις Φυσικές Επιστήμες;
- Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων (πειραματική και ελέγχου) στο ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τις Φυσικές Επιστήμες;

2.2 Δείγμα – Διαδικασία της έρευνας

Η έρευνα διενεργήθηκε σε δύο φάσεις. Αρχικά πραγματοποιήθηκε πιλοτική έρευνα με σκοπό τη δοκιμή, τον έλεγχο και τη βελτίωση των εργαλείων και στη συνέχεια εκπονήθηκε η κύρια έρευνα για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Κατά την πιλοτική φάση, που πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 2020, το ερωτηματολόγιο που αφορούσε τις γνώσεις περιεχομένου και τις στάσεις των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες, δόθηκε σε είκοσι τέσσερις μαθητές Ε και Στ τάξης Δημοτικού Σχολείου. Ο κάθε μαθητής συμπλήρωσε ένα ερωτηματολόγιο κοινό για όλους, διαμορφωμένο σε τέσσερις ενότητες, που αφορούσαν δημογραφικά στοιχεία, στάσεις για τις Φυσικές Επιστήμες και γνώσεις περιεχομένου. Στη συνέχεια ελέγχθηκε ο χρόνος συμπλήρωσής του και υποδείχθηκαν τυχόν ελλείψεις, λάθη ή παρερμηνείες. Σχετικά με τις ερωτήσεις που αφορούσαν τις γνώσεις περιεχομένου, οι ελάχιστες επισημάνσεις ήταν επικεντρωμένες σε ζητήματα που αφορούσαν στη μορφοποίηση. Ο χρόνος που απαιτήθηκε για τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων ήταν περίπου μία ώρα.

Μετά τη συμπλήρωση και, αφού μελετήθηκαν προσεκτικά οι παρατηρήσεις και διορθώθηκαν οι ατέλειες, ενσωματώθηκαν στο νέο ερωτηματολόγιο. Σχετικά με τη χρονική διάρκεια συμπλήρωσης, αφού λήφθηκε υπόψη η διακύμανση του χρόνου που αφιερώθηκε από τους μαθητές για την ολοκλήρωση της διαδικασίας, αποφασίστηκε να δοθεί χρόνος μιας ώρας και δέκα λεπτών, προκειμένου να διασφαλιστεί η εγρήγορση των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας με αφιέρωση του κατάλληλου χρόνου σε μια ερώτηση κάθε φορά. Τα ερωτηματολόγια ήταν σε έντυπη μορφή.

Η κύρια έρευνα διεξήχθη τον Φεβρουάριο του 2020. Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από μαθητές/τριες Ε και Στ Τάξης Δημοτικού Σχολείου. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε ομάδες μαθητών/τριών (ομάδα ελέγχου-πειραματική ομάδα). Συμμετείχαν συνολικά 111 μαθητές/τριες τεσσάρων δημοτικών σχολείων του Νομού Θεσπρωτίας. Από αυτούς 39 μαθητές/τριες φοιτούν στη Ε τάξη και 72 στην Στ τάξη. Η ομάδα ελέγχου αποτελούνταν από 58 μαθητές/τριες που φοιτούν σε Δημοτικό Σχολείο στην πόλη της Ηγουμενίτσας και σε ένα Δημοτικό Σχολείο ημιαστικής περιοχής. Η πειραματική ομάδα αποτελούνταν από 53 μαθητές δύο Δημοτικών σχολείων ημιαστικής περιοχής. Η ομάδα ελέγχου εργάστηκε στα εργαστήρια φυσικής των σχολείων και πραγματοποίησε τα πειράματα χρησιμοποιώντας υλικά καθημερινής χρήσης. Η πειραματική ομάδα εργάστηκε στο εργαστήριο υπολογιστών του σχολείου, το οποίο διαθέτει τρισδιάστατο εκτυπωτή και την απαραίτητη υποδομή για την υλοποίηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας που απαιτούσε η έρευνα, και πραγματοποίησε τα πειράματα με υλικά, τα οποία δημιούργησαν οι μαθητές/τριες στους υπολογιστές του εργαστηρίου, κάνοντας χρήση των κατάλληλων λογισμικών τρισδιάστατης εκτύπωσης

Cura, Tinkercad. Στη συνέχεια τα κατασκεύασαν με τη βοήθεια του τρισδιάστατου εκτυπωτή Ultimaker 2+ χρησιμοποιώντας το κατάλληλο νήμα από υλικό PLA. Προηγήθηκε η κατάλληλη εκπαίδευση των μαθητών/τριών. Το δείγμα προέκυψε με βολική δειγματοληψία (Creswell, 2016).

Ως προς το μαθησιακό επίπεδο η ομοιογένεια των δύο ομάδων διαπιστώθηκε αφενός με τη συμμετοχή και τη βαθμολόγησή τους στο ίδιο αρχικό τεστ στην ενότητα «Παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη της Τριβής » και αφετέρου από τις συγκρίσεις της επίδοσης των μαθητών των δύο ομάδων, πριν τις διδακτικές παρεμβάσεις, κατά τις οποίες δεν εμφάνισαν στατιστικές διαφορές στο αρχικό ερωτηματολόγιο (pre-test) (βλέπε κεφάλαιο 3)

Οι μαθητές και των δυο ομάδων δεν είχαν καμία προηγούμενη γνώση σχετικά με την έννοια της δύναμης της Τριβής. Η πραγματοποίηση της έρευνας ξεκίνησε το Φεβρουάριο του 2020 και ολοκληρώθηκε το πρώτο δεκαήμερο του Μαρτίου του ίδιου έτους. Προηγήθηκε ενημερωτική συνάντηση με τους /τις εκπαιδευτικούς, προκειμένου να διασφαλιστεί ο ενιαίος τρόπος εφαρμογής των διδακτικών παρεμβάσεων. Οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν στην πειραματική ομάδα διδάχτηκαν την συγκεκριμένη ενότητα και εκπαιδεύτηκαν στην τρισδιάστατη εκτύπωση από τον διενεργούντα την παρούσα μελέτη. (βλέπε Κεφάλαιο 2)

Η ομάδα ελέγχου διδάχθηκε την έννοια της δύναμης της Τριβής και τους παράγοντες από τους οποίους αυτή επηρεάζεται, με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση, η οποία βασίζεται στο εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006) που εμπλέκει τους μαθητές/τριες σε μια καθοδηγούμενη έρευνα εστιασμένη στην ανάδειξη, επεξεργασία και αναθεώρηση των αρχικών τους αντιλήψεων, με τη χρήση υλικών, τα οποία έφεραν οι μαθητές από το σπίτι και πραγματοποίησαν πειραματικές δραστηριότητες με δυναμόμετρα (αυτοσχέδια και έτοιμα).

Η διδακτική προσέγγιση περιέλαβε τις ακόλουθες πέντε φάσεις

(α) Ενεργοποίηση: πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών με ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων και διατύπωση ερωτημάτων για έρευνα με παραδείγματα από την καθημερινή ζωή.

(β) Διερεύνηση: σχεδιασμός και πραγματοποίηση έρευνας από τους μαθητές/τριες με στόχο την απάντηση των ερωτημάτων που είχαν θέσει. Ειδικότερα, οι μαθητές/τριες

σχεδίασαν και πραγματοποίησαν έρευνες με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων, που υπήρχαν στα φύλλα εργασίας (διατύπωση του ερωτήματος, διατύπωση υποθέσεων, αναγνώριση μεταβλητών, εντοπισμός ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών, περιγραφή πειραματικής διαδικασίας, συλλογή υλικών, εκτέλεση των πειραμάτων με υλικά κυρίως καθημερινής χρήσης, καταγραφή των δεδομένων π.χ. σε πίνακες).

(γ) Ερμηνεία: επεξεργασία των δεδομένων, εξαγωγή συμπερασμάτων, διατύπωση των αντίστοιχων νόμων των φυσικών φαινομένων.

(δ) Εφαρμογή: εφαρμογή της γνώσης που απέκτησαν οι μαθητές/τριες σε νέα προβλήματα, κυρίως από την καθημερινότητα τους και την ανατροφοδότηση τους.

(ε) Αξιολόγηση: Αναστοχασμός των μαθητών/τριών πάνω στη μαθησιακή διαδικασία που ακολουθήθηκε, και σύγκριση των αρχικών τους απαντήσεων στα φύλλα εργασίας με τις τρέχουσες απαντήσεις τους.

Περιγραφή Διδακτικού σεναρίου

Ενότητα «Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η Τριβή»

Χρονική διάρκεια: 3 διδακτικές ώρες

Λεξιλόγιο: τριβή, εμβαδόν, είδος επιφάνειας, βάρος

Διδακτικοί στόχοι:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τριβή.

Όργανα και υλικά για κάθε ομάδα

κουτιά, χάρακες, μέτρο, λαστιχάκια, καλαμάκια πλαστικά ταινία, ψαλίδι, χαρτί, γυαλόχαρτα, αυτοκόλλητη τραχιά επιφάνεια, μαρκαδόροι.

Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν επιλέγονται από τους μαθητές/τριες με τη βοήθεια του/της εκπαιδευτικού.

(α) Ενεργοποίηση: πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών:

i) Ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων και διατύπωση ερωτημάτων για έρευνα με παραδείγματα από την καθημερινή ζωή.

Είναι δύσκολο οι μαθητές να είναι σε θέση να διατυπώσουν υποθέσεις για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τριβή. Ωστόσο, έχουν διαπιστώσει σε προηγούμενη ενότητα ότι τα αποτελέσματα της τριβής είναι πιο έντονα, όταν οι επιφάνειες που τρίβονται είναι τραχιές. Το εισαγωγικό ερέθισμα αποτυπώνεται στο

φύλλο εργασίας και στηρίζεται στη διαπίστωση αυτή των μαθητών. Αφού χωρίσουμε τους μαθητές σε ομάδες με τυχαίο τρόπο, δίνουμε σε κάθε ομάδα ένα φύλλο χαρτί και προβάλλουμε στο βιντεοπροβολέα στους μαθητές/τριες σχετικές εικόνες και βίντεο μέσω ενός αρχείου ppt (**παράρτημα Α**), που περιλαμβάνει σχετικές με το θέμα ερωτήσεις.

Οι μαθητές/τριες καταγράφουν τις απαντήσεις και κάθε ομάδα, μέσω ενός συντονιστή, τον οποίον έχουν επιλέξει μόνοι τους στην αρχή της διαδικασίας, τις ανακοινώνουν στην ολομέλεια της τάξης.

(β) Διερεύνηση: σχεδιασμός και πραγματοποίηση έρευνας από τους μαθητές/τριες με στόχο την απάντηση των ερωτημάτων που είχαν θέσει

Μέσα από συζήτηση καταλήγουν σε ποια αντικείμενα πρέπει να φέρουν από το σπίτι τους, για να υλοποιήσουν τα πειράματα, και αποφασίζουν με τη βοήθεια του/της εκπαιδευτικού ότι οι μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν με δυναμόμετρα, χάρακες και μετροταινίες, που υπάρχουν στο εργαστήριο Φ.Ε. του σχολείου.

Η πρώτη φάση και το αρχικό μέρος της δεύτερης υλοποιούνται σε μια διδακτική ώρα, ενώ οι υπόλοιπες πραγματοποιούνται σε ένα ενιαίο διδακτικό δίωρο την επόμενη μέρα, που οι μαθητές/τριες φέρνουν τα αντικείμενα από το σπίτι τους και τα δοκιμάζουν κατά την εκτέλεση των πειραμάτων.

Στο πρώτο πείραμα οι μαθητές/τριες τοποθετούν το κάθε κουτί –αντικείμενο στο θρανίο τους και το τραβάνε με το δυναμόμετρο. Είναι σημαντικό να τραβούν το δυναμόμετρο με όσο το δυνατό σταθερή ταχύτητα και να φροντίζουν ώστε να είναι παράλληλο με την πάνω επιφάνεια του θρανίου. Κατά την εκκίνηση του κουτιού, το ελατήριο του δυναμόμετρου τεντώνεται περισσότερο απ' ό,τι στη συνέχεια, καθώς η στατική τριβή είναι μεγαλύτερη από την τριβή ολίσθησης. Ζητάμε από τους μαθητές/τριες να καταγράψουν τις μετρήσεις από το μέγεθος της παραμόρφωσης, αφού το κουτάκι αρχίσει να ολισθαίνει πάνω στο θρανίο τους. Στη συνέχεια, δοκιμάζουν να το τραβήξουν πάνω σε ένα φύλλο χαρτί και σε ένα γυαλόχαρτο, που έχουν στερεώσει με ταινία στο θρανίο τους. Αφού ολοκληρώσουν το πείραμα, καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους συγκρίνοντας τις μετρήσεις και στις τρεις περιπτώσεις. Διαπιστώνουν ότι η τριβή εξαρτάται από το είδος των επιφανειών που τρίβονται.

Στη συνέχεια, επαναλαμβάνουν το προηγούμενο πείραμα τοποθετώντας μέσα στο κουτί διαδοχικά διάφορα αντικείμενα προσθέτοντας βάρος και, αφού το τραβήξουν με το δυναμόμετρο, παρατηρούν πότε αρχίζει να μετακινείται, και συγκρίνουν τις μετρήσεις. Με το πείραμα αυτό διαπιστώνουν ότι η τριβή εξαρτάται από το βάρος του σώματος που ολισθαίνει.

Στο επόμενο πείραμα οι μαθητές/τριες τραβούν το αντικείμενο με το δυναμόμετρο, μία φορά με τη μικρή του επιφάνεια να εφάπτεται στο θρανίο και άλλη μία με τη μεγάλη του επιφάνεια να εφάπτεται στο θρανίο, και διαπιστώνουν ότι η επιμήκυνση είναι ίδια και στις δύο περιπτώσεις.

Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιούνται επιπλέον λάστιχα, τα οποία στηρίζονται στα μπροστινά ποδαράκια από τα καθίσματα. Οι μαθητές σημειώνουν στο δάπεδο με μαρκαδόρους ένα αρχικό σημείο, όπου θα τοποθετούν ένα σώμα τεντώνοντας το λάστιχο. Αφού το αφήσουν, παρακολουθούν, μετρούν και καταγράφουν το σημείο, που αυτό σταματάει σε κάθε περίπτωση.

Οι ομάδες εκτελούν τα πειράματα κυκλικά χρησιμοποιώντας όλοι οι μαθητές/τριες το σύνολο των υλικών και των εργαλείων.

(γ) Ερμηνεία: επεξεργασία των δεδομένων, εξαγωγή συμπερασμάτων, διατύπωση των αντίστοιχων νόμων των φυσικών φαινομένων.

Προκαλούμε συζήτηση στην τάξη, βοηθώντας τους μαθητές να γενικεύσουν τις παρατηρήσεις τους στα πειράματα που προηγήθηκαν και να διατυπώσουν τα συμπεράσματά τους. Με κατάλληλες ερωτήσεις κατευθύνουμε τη συζήτηση των μαθητών:

- Πώς ονομάζουμε τη δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση;
- Πότε τεντώθηκε το λαστιχάκι από το δυναμόμετρο περισσότερο ή πότε απομακρύνθηκε το αντικείμενο λιγότερο, όταν η επιφάνεια πάνω στην οποία γλιστρούσε το κουτί ήταν λεία ή όταν ήταν τραχιά;
- Πότε είναι η τριβή μεγαλύτερη, όταν το κουτί γλιστράει πάνω σε λεία επιφάνεια ή όταν γλιστράει πάνω σε τραχιά;
- Πότε τεντώθηκε το λαστιχάκι από το δυναμόμετρο περισσότερο, όταν τραβήξαμε το κουτί μόνο του ή με το ποτήρι με κάποιο βάρος πάνω του;

- Τι συνέβη στο λαστιχάκι από το δυναμόμετρο , όταν τραβήξαμε το κουτί με τη μεγάλη ή με τη μικρή του επιφάνεια να ακουμπά στο τραπέζι;
- Από τι εξαρτάται και από τι δεν εξαρτάται λοιπόν η τριβή

(δ) Εφαρμογή: εφαρμογή της γνώσης που απέκτησαν οι μαθητές/τριες σε νέα προβλήματα, κυρίως από την καθημερινότητα τους και την ανατροφοδότηση τους.

Ανακεφαλαιωτική εργασία, στην οποία οι ομάδες ανακοινώνουν τα αποτελέσματα από τις παρατηρήσεις και τις διαπιστώσεις τους και καταγράφουν τα συμπεράσματα.

(ε) Αξιολόγηση: Αναστοχασμός των μαθητών/τριών πάνω στη μαθησιακή διαδικασία που ακολουθήθηκε και σύγκριση των αρχικών τους απαντήσεων στα φύλλα εργασίας με τις τρέχουσες απαντήσεις τους.

Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίου σχετικά με τις γνώσεις περιεχομένου από όλους τους μαθητές/τριες.

Η πειραματική ομάδα διδάχθηκε την έννοια της Τριβής και τους παράγοντες από τους οποίους αυτή επηρεάζεται με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση, η οποία βασίζεται στο εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006), που εμπλέκει τους μαθητές/τριες σε μια καθοδηγούμενη έρευνα εστιασμένη στην ανάδειξη, επεξεργασία και αναθεώρηση των αρχικών τους αντιλήψεων. Χρησιμοποιήθηκαν υλικά τα οποία σχεδίασαν και δημιούργησαν οι μαθητές/τριες με τη βοήθεια της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης στους υπολογιστές του εργαστηρίου Πληροφορικής, κάνοντας χρήση των κατάλληλων λογισμικών τρισδιάστατης εκτύπωσης Cura ,Tinkercad. Στη συνέχεια, τα κατασκεύασαν με τη βοήθεια του τρισδιάστατου εκτυπωτή Ultimaker 2+ χρησιμοποιώντας το κατάλληλο νήμα από υλικό PLA. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν με τα υλικά τα οποία δημιουργήθηκαν από του μαθητές/τριες και εκτυπώθηκαν στη συνέχεια, ενώ αντίστοιχα οι μετρήσεις με τα ίδια εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν από την ομάδα ελέγχου και περιγράφονται παραπάνω. Για την υλοποίηση της διαδικασίας αυτής προηγήθηκε εκπαίδευση των μαθητών/τριών που συμμετείχαν στην πειραματική ομάδα, διάρκειας τεσσάρων εβδομάδων. Η συγκεκριμένη εκπαίδευση σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με βάση τις θεματικές ενότητες που περιγράφονται παρακάτω και αποτυπώνονται με λεπτομέρειες, που αφορούν γνώσεις περιεχομένου για την τρισδιάστατη εκτύπωση στο παράρτημα Ε .

Περιλαμβάνει τις ακόλουθες πέντε φάσεις

(α) Ενεργοποίηση: πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών με ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων και διατύπωση ερωτημάτων για έρευνα με παραδείγματα από την καθημερινή ζωή.

(β) Διερεύνηση: σχεδιασμός και πραγματοποίηση έρευνας από τους μαθητές/τριες με στόχο την απάντηση των ερωτημάτων που είχαν θέσει. Ειδικότερα, οι μαθητές/τριες σχεδίασαν και πραγματοποίησαν έρευνες, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων (διατύπωση του ερωτήματος, διατύπωση υποθέσεων, αναγνώριση μεταβλητών, εντοπισμός ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών, περιγραφή πειραματικής διαδικασίας, επιλογή, σχεδιασμός και κατασκευή υλικών, εκτέλεση των πειραμάτων με υλικά που εκτυπώθηκαν από τον τρισδιάστατο εκτυπωτή, καταγραφή των δεδομένων π.χ. σε πίνακες). Από την ολοκλήρωση της διεξαγωγής της εκπαιδευτικής διαδικασίας του πρώτου διδακτικού δίωρου μέχρι την έναρξη της διαδικασίας υλοποίησης των πειραμάτων και των μετρήσεων μεσολάβησε ένα χρονικό διάστημα περίπου δύο ημερών, προκειμένου να εκτυπωθούν από τον τρισδιάστατο εκτυπωτή τα υλικά. Στη συνέχεια, η διαδικασία ολοκληρώθηκε σε ένα επιπλέον διδακτικό δίωρο.

(γ) Ερμηνεία: επεξεργασία των δεδομένων, εξαγωγή συμπερασμάτων, διατύπωση των αντίστοιχων νόμων των φυσικών φαινομένων.

(δ) Εφαρμογή: εφαρμογή της γνώσης που απέκτησαν οι μαθητές/τριες σε νέα προβλήματα, κυρίως από την καθημερινότητα τους και την ανατροφοδότηση τους.

(ε) Αξιολόγηση: αναστοχασμός των μαθητών/τριών πάνω στη μαθησιακή διαδικασία που ακολουθήθηκε και σύγκριση των αρχικών τους απαντήσεων στα φύλλα εργασίας με τις τρέχουσες απαντήσεις τους.

Η διδακτική παρέμβαση και στην περίπτωση της πειραματικής ομάδας είναι η ίδια που ακολουθήθηκε στη ομάδα ελέγχου και περιγράφεται παραπάνω, με εξαίρεση την χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης ,

Για να εξασφαλιστεί ότι οι εκπαιδευτικοί θα ακολουθούσαν το ίδιο μοντέλο διδασκαλίας και την ίδια πορεία κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, προηγήθηκαν συναντήσεις μεταξύ τους, παρουσία του ερευνητή, και συνεννόηση.

Περιγραφή Διδακτικού Σεναρίου Επιμόρφωσης για την Τρισδιάστατη εκτύπωση

Εισαγωγή των μαθητών/τριών στην τρισδιάστατη εκτύπωση (προέλευση, χρήση, εφαρμογές, Εκπαίδευση των μαθητών/τριών στη χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης με το λογισμικό Tinkercad (σχεδιασμός, τροποποίηση, κατασκευή 3D μοντέλων)

Εμφάνιση Τρισδιάστατης Εκτύπωσης 1. Τι είναι το 3D printing και πώς λειτουργεί; 2. Ιστορική ανασκόπηση του κινήματος Opensource RepRap. Η επανάσταση στην κατ'οίκον τρισδιάστατη εκτύπωση. Εισαγωγή στην έννοια της “συνεργατικής κοινότητας”.

Υλικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε 1. Γενική επισκόπηση των διαφορετικών υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην τρισδιάστατη εκτύπωση και ποιες οι “απαιτήσεις” του κάθε υλικού.

Εφαρμογές του 3D printing 1. Παρουσίαση των διαφορετικών εφαρμογών της τρισδιάστατης εκτύπωσης στο χώρο της εκπαίδευσης.

3D Design (τρειςδιάστατη σχεδίαση) 1. Πώς γίνεται ο σχεδιασμός στο 3D printing; Τι είναι ένα STL; Τι είναι ένα g-code ; 2. Γενική εικόνα του λογισμικού σχεδίασης. Επιλογές: Leopoly, TinkerCad, OpenScad, Google Sketch-up...

Τεχνολογία εκτυπωτών 3D 1. Παρουσίαση του 3D printer που διαθέτουμε 2. Επισκόπηση του λογισμικού χρήσης του 3. Επισκόπηση των πρώτων βημάτων χρήσης του.

Στο **παράρτημα Β** περιγράφεται με λεπτομέρειες η εκπαιδευτική διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον σχεδιασμό, την δημιουργία και την κατασκευή με τη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στο περιβάλλον λογισμικού σχεδίασης TINKERCAD, των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν από την πειραματική ομάδα για την εκτέλεση των πειραμάτων.

Δομή του τελικού ερωτηματολογίου

Το τελικό ερωτηματολόγιο αποτελείται από τέσσερις θεματικές ενότητες:

A) Η πρώτη ενότητα (**A Ενότητα**) περιλαμβάνει ερωτήσεις που σχετίζονται με:

- το φύλο
- την τάξη και
- την σχολική μονάδα

B) Η δεύτερη ενότητα (**B Ενότητα**) περιλαμβάνει ερωτήσεις κλειστού και ανοικτού τύπου (Παράρτημα Δ), οι οποίες διερευνούν τις γνώσεις και τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την έννοια της τριβής, οι οποίες προέρχονται από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (βιβλιογραφία), το σχολικό εγχειρίδιο (βιβλιογραφία) και την προσωπική

εμπειρία (Κώτσης & Βέμης, 2002α; Κώτσης & Κολοβός, 2002β; Κώτσης, 2004; 2011; Κώτσης & Ευαγγέλου, 2011).

Γ) Η τρίτη ενότητα (**Γ Ενότητα**) του ερωτηματολογίου διερευνά το ενδιαφέρον των μαθητών για το μάθημα και τη διδασκαλία της Φυσικής και αποτελείται από 12 δηλώσεις σε μια πενταβάθμια κλίμακα (1= Διαφωνώ πολύ, 2= Διαφωνώ, 3= Ουδέτερος, 4= Συμφωνώ, 5= Συμφωνώ πολύ) (Çetinkaya1 & Taş, 2015, Chen et al. 2016; Deci et al., 1994, Koka and Hein 2003, Novak & Wisdom, 2018).

Δ) Η τέταρτη ενότητα (**Δ Ενότητα**) του ερωτηματολογίου διερευνά το άγχος των μαθητών για το μάθημα και τη διδασκαλία της Φυσικής και αποτελείται από 9 δηλώσεις σε μια πενταβάθμια κλίμακα (1= Διαφωνώ πολύ, 2= Διαφωνώ, 3= Ουδέτερος, 4= Συμφωνώ, 5= Συμφωνώ πολύ) (Çetinkaya1 & Taş, 2015).

Πίνακας 2.1

	Αριθμός ερωτήσεων	Συντελεστής Cronbachs
Τριβή	17	0,61
Ενδιαφέρον	12	0,77
Άγχος	9	0,87

Το ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε στους μαθητές πριν και μετά τη διδασκαλία. Κατά την επεξεργασία και την στατιστική ανάλυση των δεδομένων οι αρνητικές διατυπωμένες ερωτήσεις επανακωδικοποιήθηκαν με αντιστροφή των τιμών τους.

Για την ανάλυση των δεδομένων δημιουργήθηκαν έξι μεταβλητές (γνώσεις, ευχαρίστηση και ενδιαφέρον των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση). Συγκεκριμένα σε κάθε μεταβλητή υπολογίστηκε το σκορ μέσα από το άθροισμα των βαθμών των ερωτήσεων που αντιστοιχούν σε κάθε μεταβλητή. Στις ερωτήσεις των γνώσεων η κάθε απάντηση βαθμολογήθηκε με μηδέν (0), αν ήταν λανθασμένη, και με ένα (1), αν ήταν σωστή.

Υψηλό σκορ στη μεταβλητή του άγχους εκφράζει χαμηλό άγχος για το μάθημα και τη διδασκαλία της Φυσικής

Υψηλό σκορ στη μεταβλητή του ενδιαφέροντος εκφράζει μεγάλο ενδιαφέρον για το μάθημα και τη διδασκαλία της Φυσικής.

2.3 Στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων

Περιγραφική στατιστική

Στην περιγραφική ανάλυση υπολογίστηκαν συγκεκριμένοι στατιστικοί δείκτες (μέσος όρος, συχνότητα, αθροιστική συχνότητα, διακύμανση, εύρος, τυπική απόκλιση κ.λπ.) και δημιουργήθηκαν κατάλληλα διαγράμματα και πίνακες για την οπτική απεικόνιση των μεταβλητών.

Έλεγχος Στατιστικής Σημαντικότητας της Διαφοράς μεταξύ δύο αριθμητικών μέσων

Ο έλεγχος της διαφοράς μεταξύ δύο αριθμητικών μέσων χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των υποθέσεων που εξετάζουν τη διαφορά μεταξύ ομάδων του πληθυσμού. Όπως με τον αριθμητικό μέσο, η δειγματοληπτική κατανομή της διαφοράς των αριθμητικών ομάδων τείνει να ακολουθεί την κατανομή t . Επειδή οι ομάδες αυτές μπορούν να θεωρηθούν ως ανεξάρτητα δείγματα από δύο διαφορετικούς πληθυσμούς, ο έλεγχος αυτός ονομάζεται και «Έλεγχος t Ανεξάρτητων δειγμάτων–Independent Samples t test». Για να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος της διαφοράς μεταξύ δύο αριθμητικών μέσων δύο ομάδων, πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- α) Το δείγμα (ή τα άτομα στις ομάδες) πρέπει να έχει επιλεγεί με τυχαία δειγματοληψία.
- β) Οι τιμές της μεταβλητής πρέπει να είναι ανεξάρτητες η μία από την άλλη (και μέσα στις ομάδες και μεταξύ των ομάδων).
- γ) Οι δύο πληθυσμοί πρέπει να είναι κανονικά κατανεμημένοι.
- δ) Οι διασπορές των δύο πληθυσμών πρέπει να είναι όμοιες (ομοιογένεια των διασπορών).

Η πρώτη προϋπόθεση ικανοποιείται σχεδόν πάντοτε, εφόσον έχουμε δυο ανεξάρτητες ομάδες επιλεγμένες με τυχαία δειγματοληψία. Η υπόθεση της κανονικότητας των ομάδων μπορεί να ελεγχθεί με διάφορους τρόπους, όπως είναι τα ιστογράμματα και το one sample Kolmogorov-Smirnov test. Η προϋπόθεση της ισότητας των διασπορών μπορεί να ελεγχθεί με το Levene's Test.

Όταν έχουμε δύο τυχαία επιλεγμένες ανεξάρτητες ομάδες, όμως και είτε η κατανομή δεν είναι κανονική είτε δεν ικανοποιείται η προϋπόθεση της ομοιογένειας,

μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το μη παραμετρικό τεστ Mann-Whitney U (Δαφέρμος 2005, Κατσίλλης 2006, Κατσή, Σιδερίδης & Εμβλωτής 2010).

έλεγχος t:

Όταν έχουμε να συγκρίνουμε δύο διαφορετικές μετρήσεις ή δύο διαφορετικές βαθμολογίες της ίδιας ομάδας, τότε χρησιμοποιούμε τον έλεγχο t για ζευγαρωτά δείγματα της μέσης διαφοράς (Paired Samples T Test). Ο έλεγχος αυτός εξετάζει για κάθε στοιχείο του δείγματος τις διαφορές μεταξύ των μέσων όρων δύο διαφορετικών χρονικών στιγμών. Αν αυτή η διαφορά πλησιάζει το μηδέν, τότε λέμε ότι δεν υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων για τις δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές. Για να χρησιμοποιηθεί ο έλεγχος t για τον έλεγχο της μέσης διαφοράς πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- α) το δείγμα πρέπει να επιλεγεί με τυχαία δειγματοληψία.
- β) οι τιμές της μεταβλητής πρέπει να είναι ανεξάρτητες η μια από την άλλη στην κάθε μέτρηση.
- γ) ο πληθυσμός της διαφοράς πρέπει να είναι κανονικά κατανεμημένος (αν οι δυο μεταβλητές είναι κανονικά κατανεμημένες, τότε και η διαφορά τους θα ακολουθεί την κανονική κατανομή).

Στην περίπτωση που κάποια προϋπόθεση δεν ικανοποιείται, υπάρχουν μη παραμετρικοί έλεγχοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Ο πιο γνωστός έλεγχος σ' αυτήν την περίπτωση είναι ο έλεγχος Wilcoxon (Κατσή κ.α. 2010, Κατσίλλης 2006).

3 Αποτελέσματα

3.1 Περιγραφικά Στοιχεία

Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 111 μαθητές Ε και Στ τάξης. Από αυτούς οι 58 μαθητές αποτελούν την ομάδα ελέγχου και οι υπόλοιποι την πειραματική (Πίνακας 3.1).

Πίνακας 3.1. Η κατανομή των μαθητών ως προς την ομάδα ελέγχου και την πειραματική ομάδα.

		Συχνότητες	Ποσοστά	Valid Ποσοστά	Cumulative Ποσοστά
Valid	ΟΜΑΔΑ	58	52,3	52,3	52,3
	ΕΛΕΓΧΟΥ				
	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	53	47,7	47,7	100,0
	ΟΜΑΔΑ				
Total		111	100,0	100,0	

Πίνακας 3.2. Η κατανομή των μαθητών ως προς το φύλο.

ΦΥΛΟ					
		Συχνότητα		Valid	Cumulative
		ες	Ποσοστά	Ποσοστά	Ποσοστά
Valid	ΑΓΟΡΙ	59	53,2	53,2	53,2
	ΚΟΡΙΤΣΙ	52	46,8	46,8	100,0
	Total	111	100,0	100,0	

Σε ότι, αφορά το φύλο το 53,2% είναι αγόρια και το 46,8% είναι κορίτσια ((Πίνακας3. 2).

Πίνακας 3.3. Η κατανομή των μαθητών ως προς την τάξη φοίτησης.

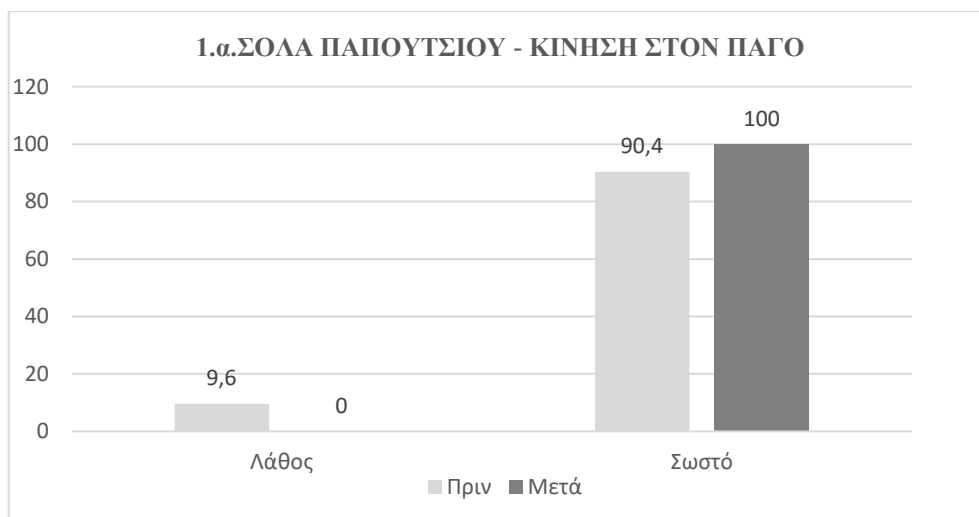
ΤΑΞΗ					
		Συχνότητες	Ποσοστά	Valid	Cumulative
				Ποσοστά	Ποσοστά
Valid	E	39	35,1	35,1	35,1
	ΣΤ	72	64,9	64,9	100,0
	Total	111	100,0	100,0	

Το 35,1% του δείγματος αποτελούνταν από μαθητές της Ε τάξης και το 64,9% από μαθητές της ΣΤ τάξης.

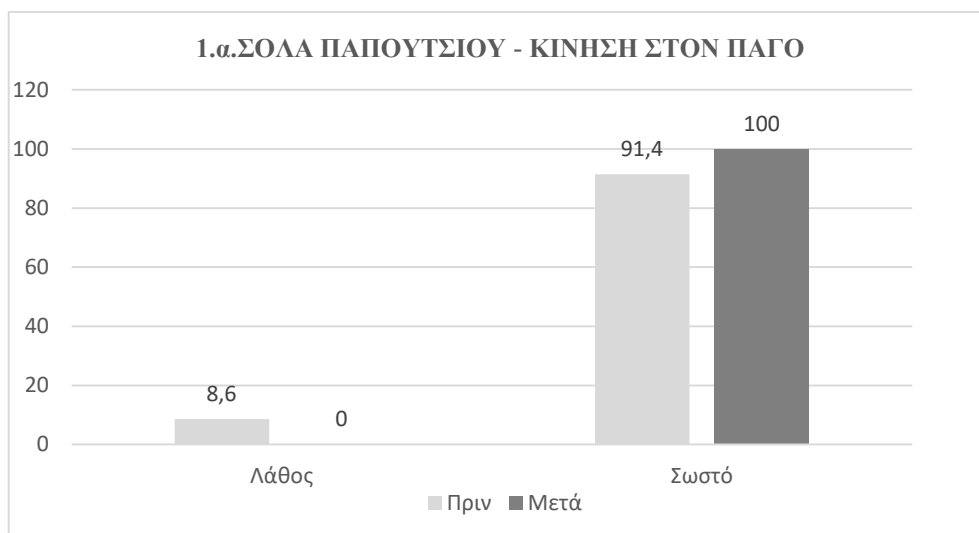
3.2 Αποτελέσματα στις επιδόσεις των μαθητών σχετικά με τις Γνώσεις περιεχομένου

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζονται τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου και την πειραματική ομάδα.

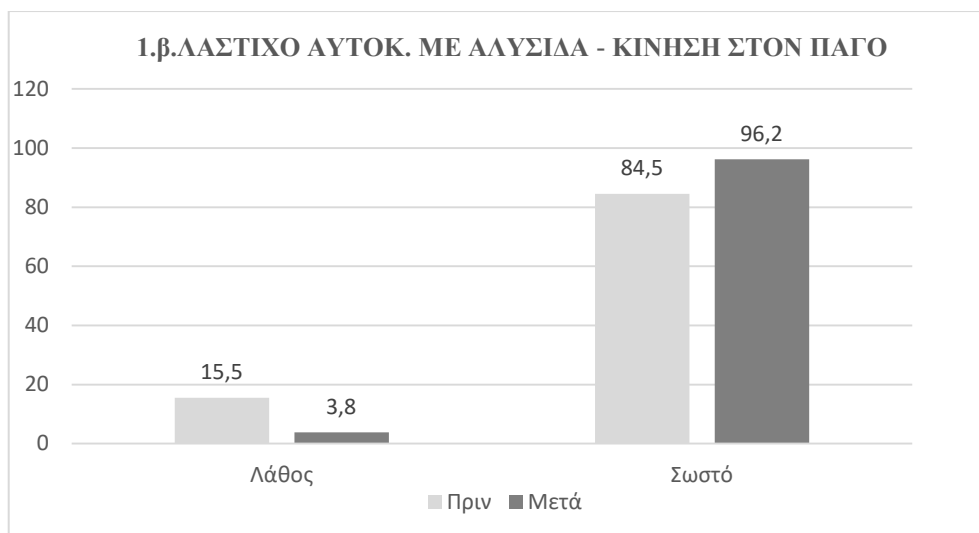
Συγκεκριμένα, στην Ερώτηση 1 (Γραφήματα 1,2,3,4,5,6), η οποία αποτελείται από τρία υποερωτήματα, ζητήθηκε από τους μαθητές να αντιστοιχήσουν το φαινόμενο με την αντίστοιχη εικόνα. Και στις δύο ομάδες παρατηρείται υψηλό ποσοστό σωστών απαντήσεων πριν πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε διδακτική παρέμβαση. Το ποσοστό αυτό αυξάνεται και για τις δυο ομάδες μετά τη διδακτική παρέμβαση, ωστόσο η πειραματική ομάδα εμφανίζει μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας.



Γράφημα 1: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 1.α.



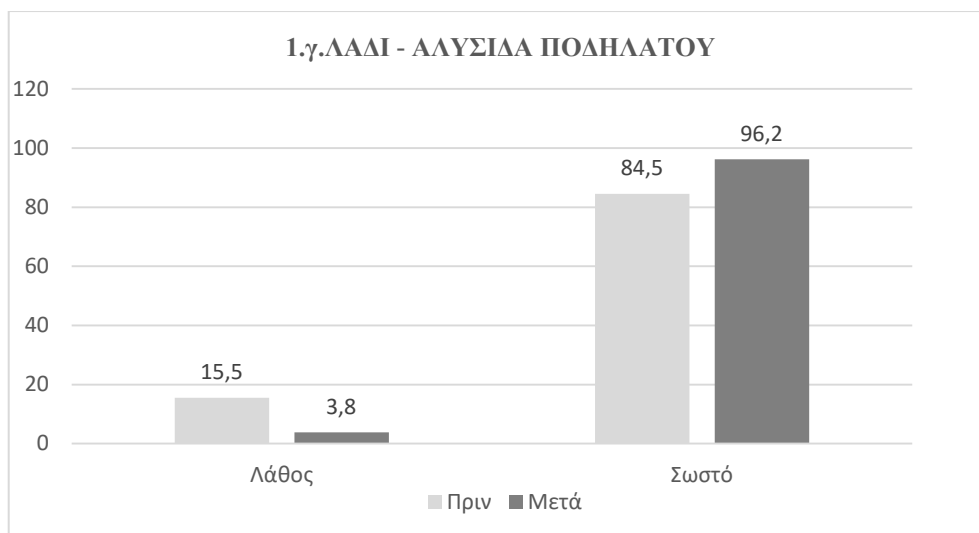
Γράφημα 2: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 1.α.



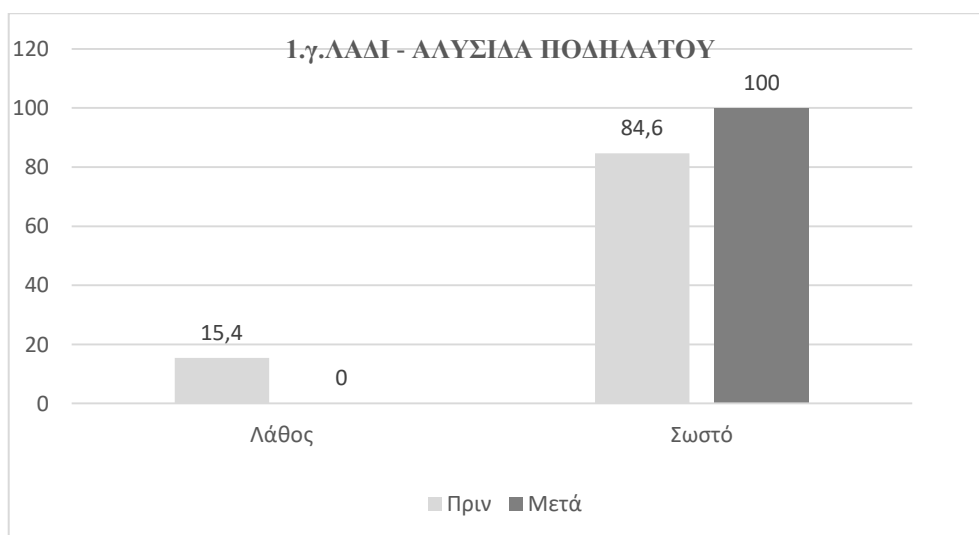
Γράφημα 3: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 1.β.



Γράφημα 4: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 1.β.

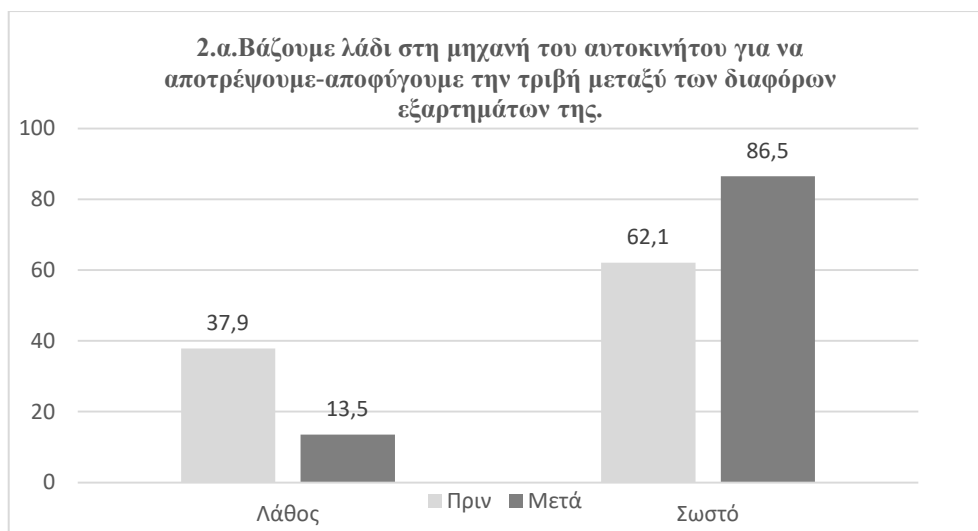


Γράφημα 5: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 1.γ.

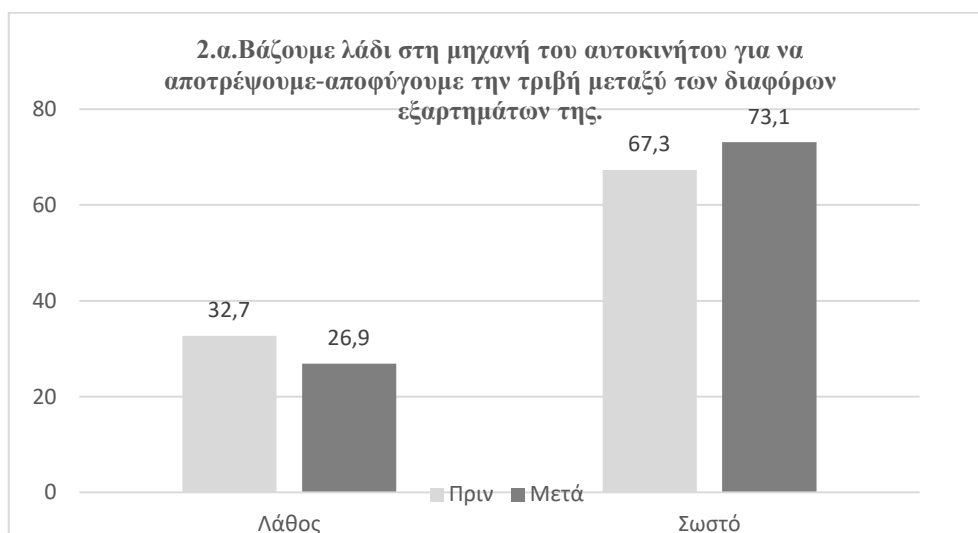


Γράφημα 6: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 1.γ.

Στην Ερώτηση 2 η οποία αποτελείται από έξι προτάσεις ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν αν η πρόταση είναι σωστή ή λανθασμένη (Γραφήματα 7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18). Και οι δύο ομάδες παρουσιάζουν βελτίωση μετά την διδακτική παρέμβαση Η πειραματική ομάδα εμφανίζει πολύ μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας με εξαίρεση την ερώτηση 2.α. όπου η ομάδα ελέγχου παρουσίασε καλύτερες επιδόσεις.

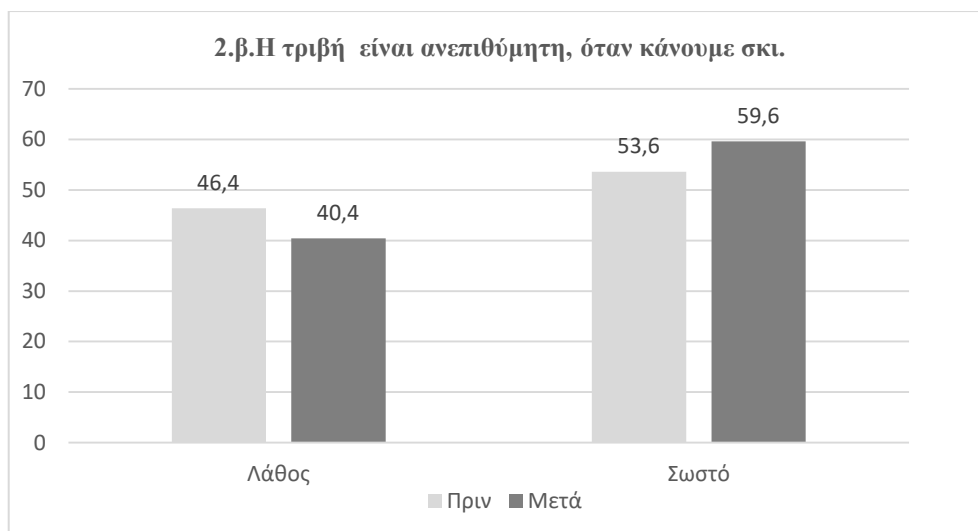


Γράφημα 7: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.α.

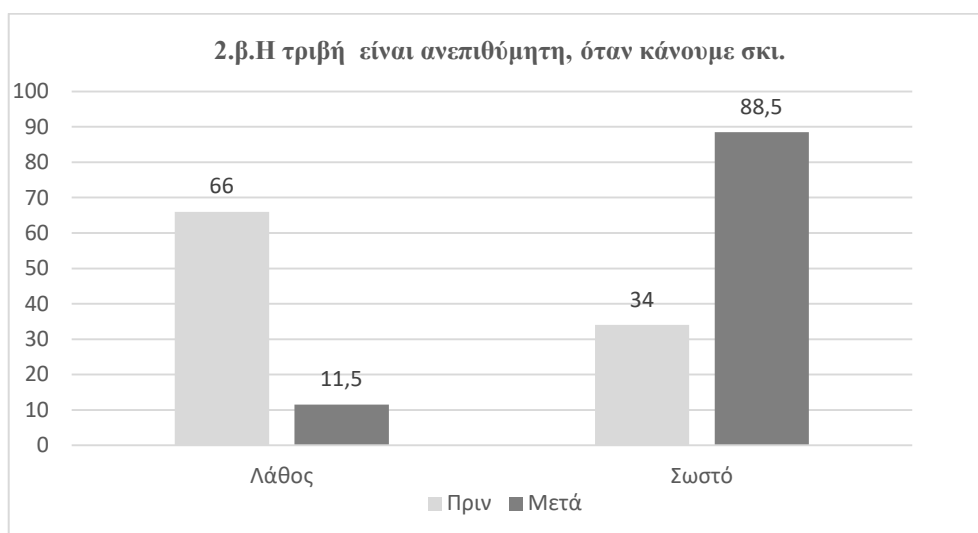


Γράφημα 8: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.α.

Στα γραφήματα 7 και 8 αποτυπώνονται τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, στην ερώτηση 2.α. σχετικά με το αν βάζουμε λάδι στη μηχανή του αυτοκινήτου για να αποτρέψουμε την Τριβή μεταξύ των διαφόρων εξαρτημάτων της. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της ομάδας ελέγχου, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 86,5 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 13,5 %.

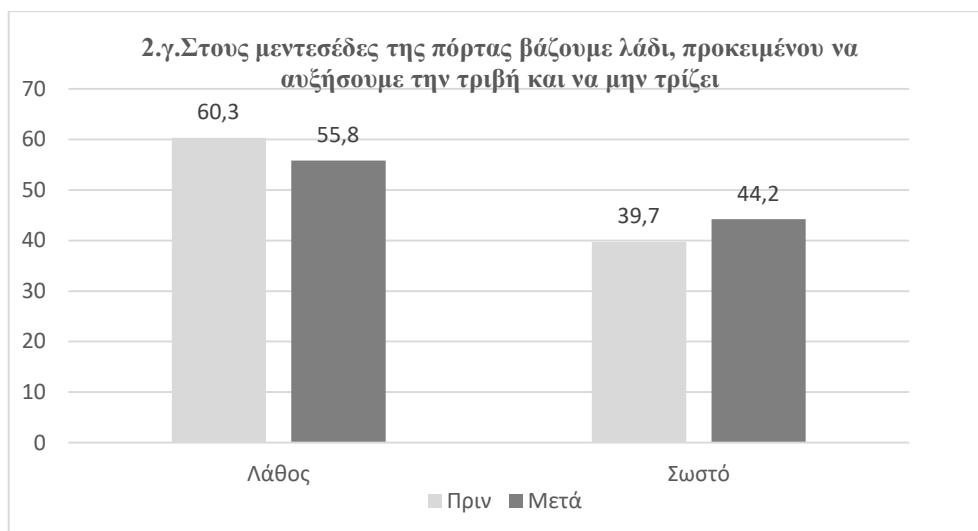


Γράφημα 9: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.β.

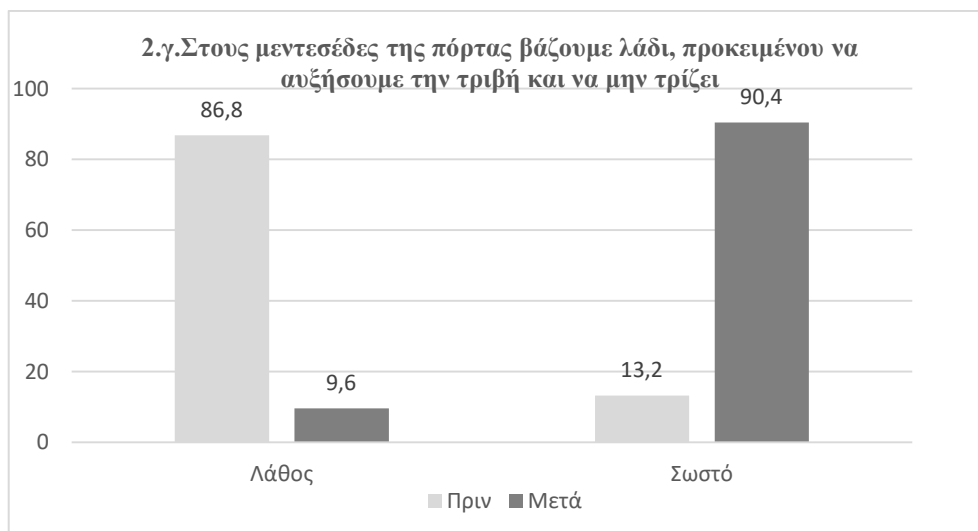


Γράφημα 10: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.β.

Τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά την παρέμβαση, στην ερώτηση 2.β. σχετικά με το αν η Τριβή είναι επιθυμητή, όταν κάνουμε σκι, αποτυπώνονται στα γραφήματα 9 και 10. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 88,5 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 11,5 %.

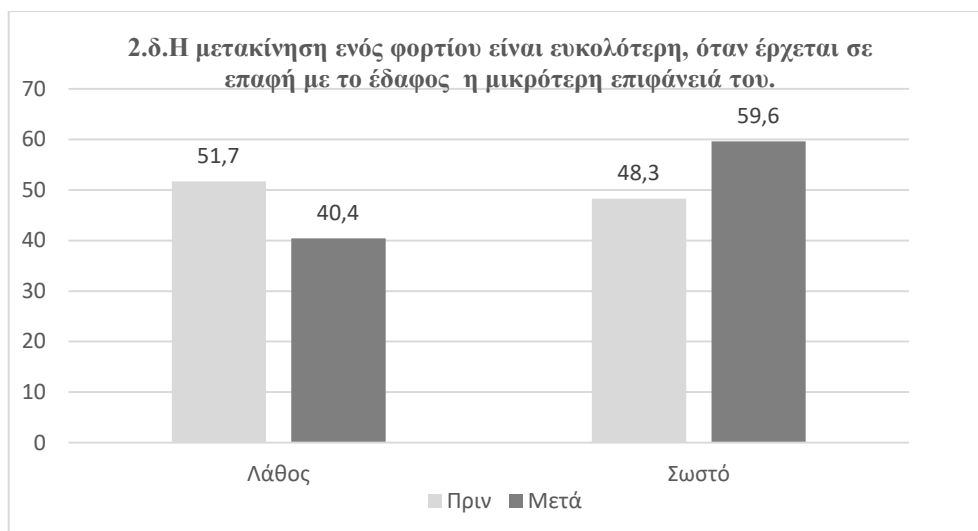


Γράφημα 11: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.γ.

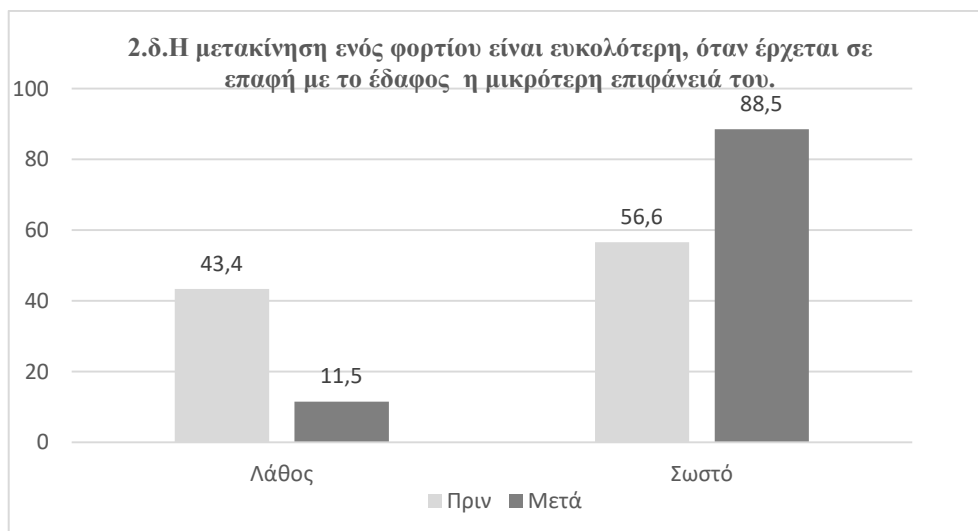


Γράφημα 12: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.γ.

Στα παραπάνω γραφήματα, 11 και 12 αποτυπώνονται τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.γ. σχετικά με το αν στους μεντεσέδες της πόρτας βάζουμε λάδι, προκειμένου να αυξήσουμε την Τριβή μην τρίζουν. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 90,4 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 9,6 % ενώ η μεταβολή στην ομάδα ελέγχου ήταν ιδιαίτερα χαμηλή.

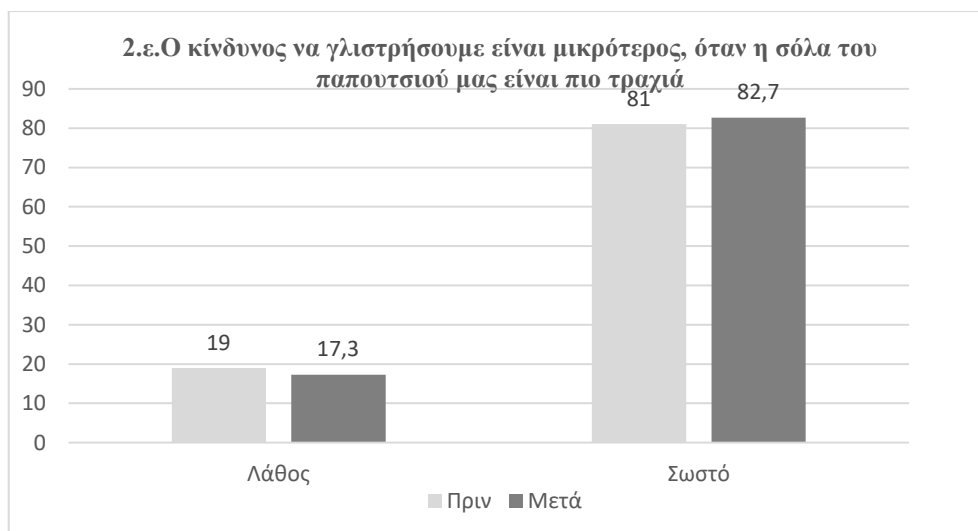


Γράφημα 13: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.δ.

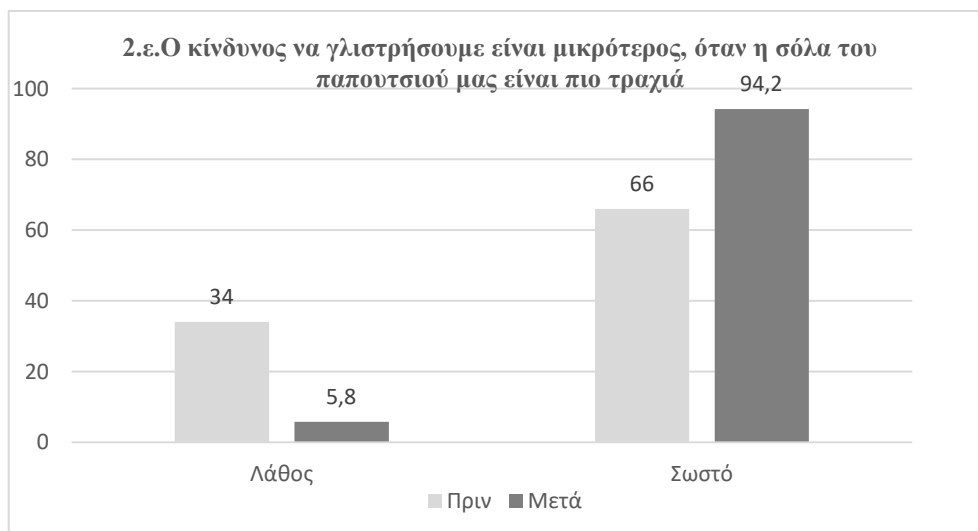


Γράφημα 14: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.δ.

Στην ερώτηση 2.δ. σχετικά με το αν η μετακίνηση ενός φορτίου είναι πιο εύκολη, όταν έρχεται σε επαφή με το έδαφος ή μικρότερη επιφάνειά του, τα αποτελέσματα των έγκυρων ποσοστών της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση αποτυπώνονται στα γραφήματα 13 και 14. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 88,5 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 11,5 %.

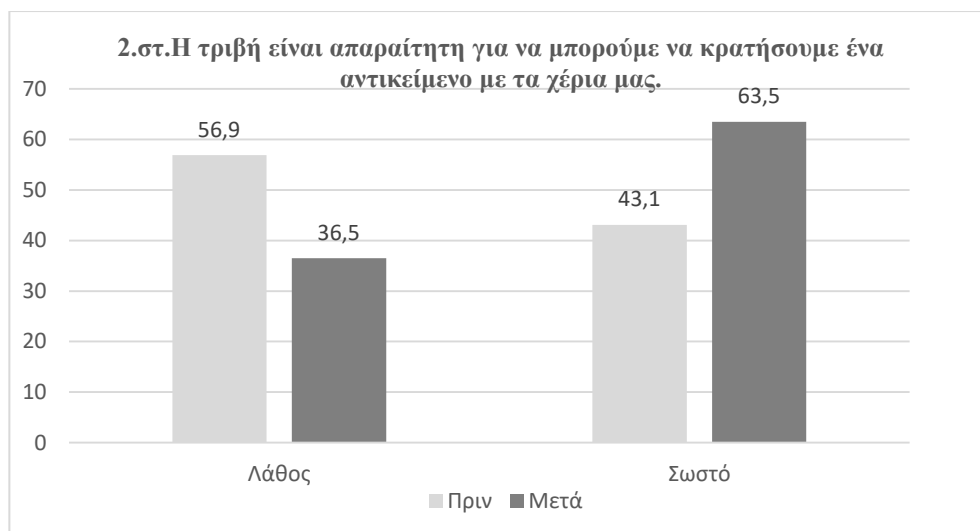


Γράφημα 15: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.ε.

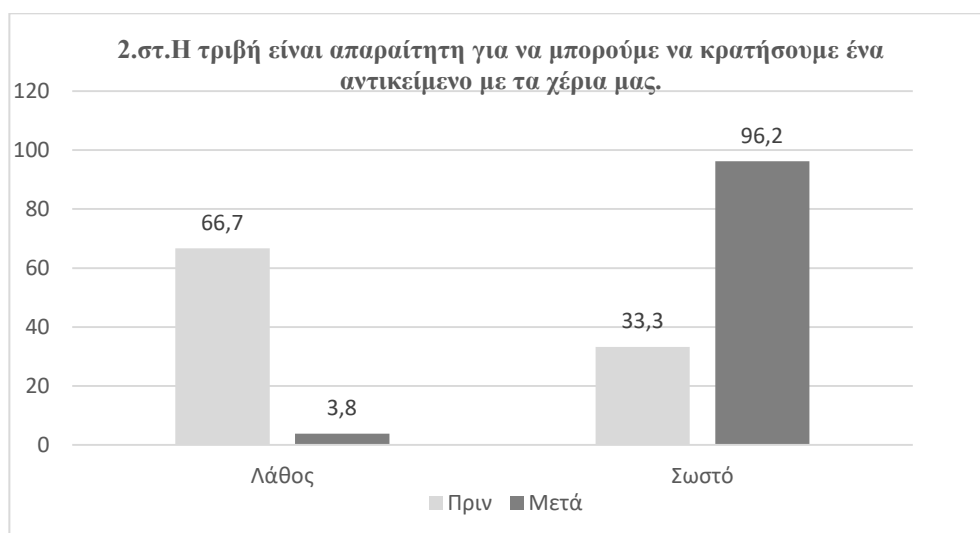


Γράφημα 16: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.ε.

Στα γραφήματα 15 και 16 αποτυπώνονται τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, στην ερώτηση 2.ε. σχετικά με το αν ο κίνδυνος να γλιστρήσουμε είναι μικρότερος, όταν η σόλα του παπουτσιού μας είναι πιο τραχιά. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 94,2 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 5,8 %.

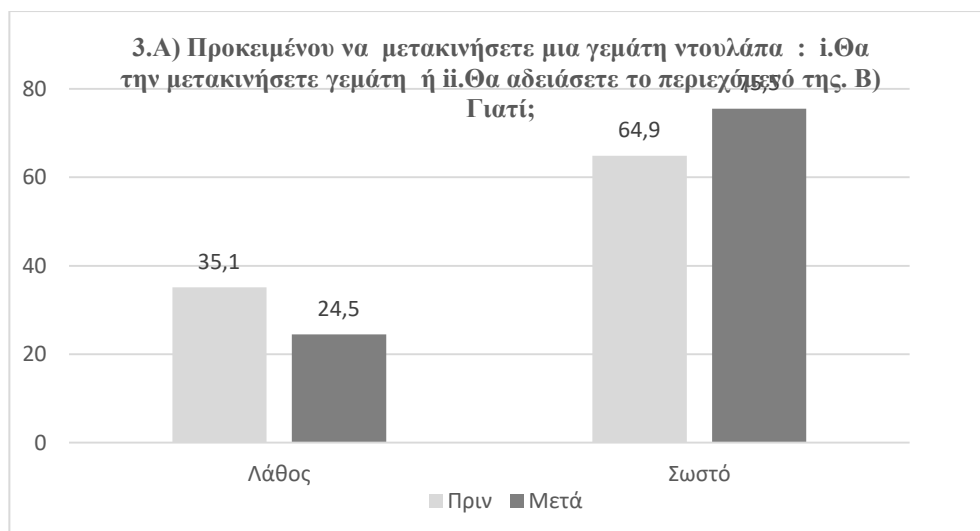


Γράφημα 17: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.στ.

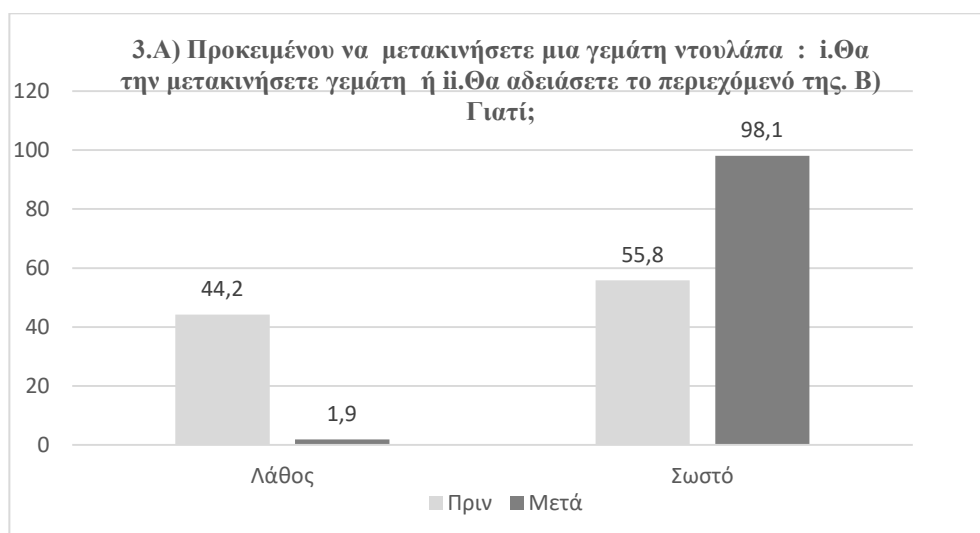


Γράφημα 18: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 2.στ.

Η αποτύπωση των ποσοστών των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, στην ερώτηση 2.στ. σχετικά με το αν η Τριβή είναι απαραίτητη προκειμένου να μπορούμε να κρατήσουμε ένα αντικείμενο στα χέρια μας φαίνεται στα γραφήματα 17 και 18. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 96,2 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 3,8 %.

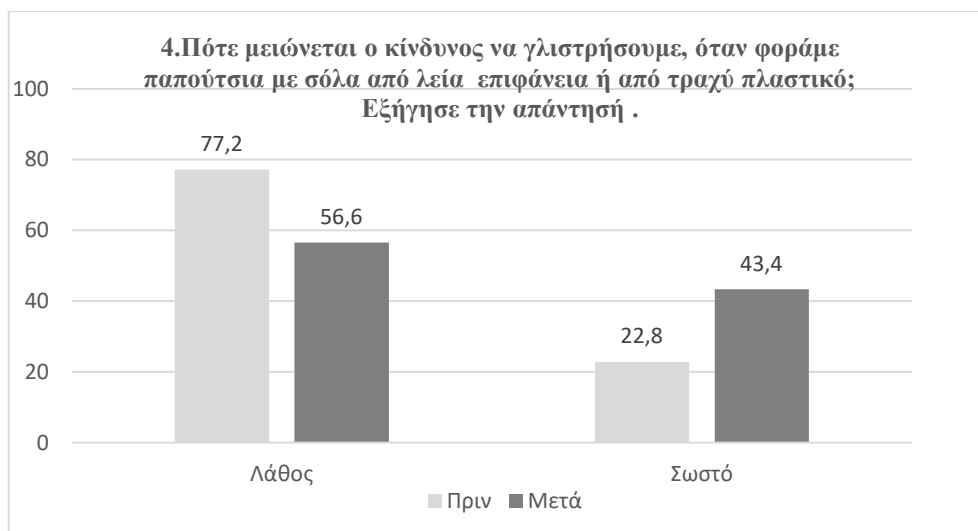


Γράφημα 19: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 3.

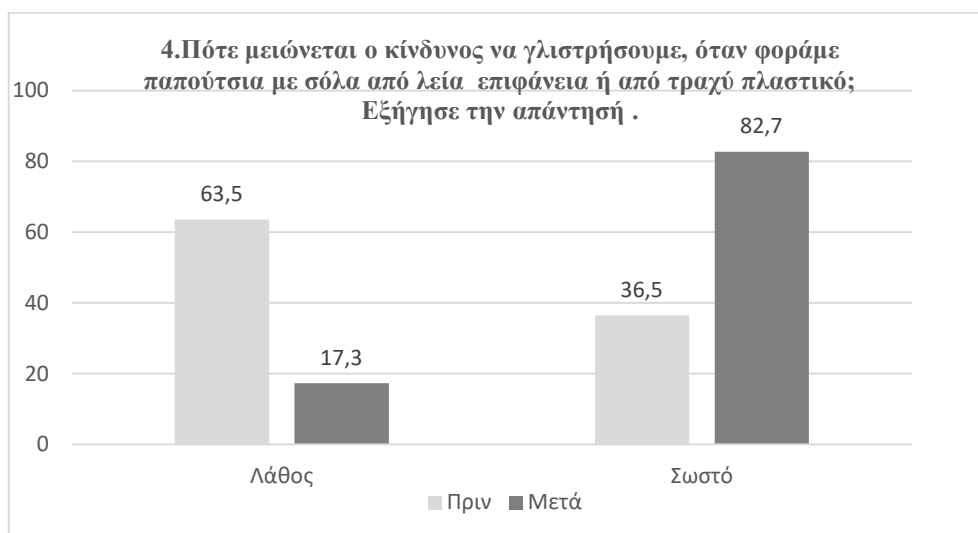


Γράφημα 20: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 3.

Στην ερώτηση 3 ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν και να αιτιολογήσουν την κατάλληλη απάντηση . Στα γραφήματα 19 και 20 αποτυπώνονται τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, στην ερώτηση 3 . Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 98,1 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 1,9 %.

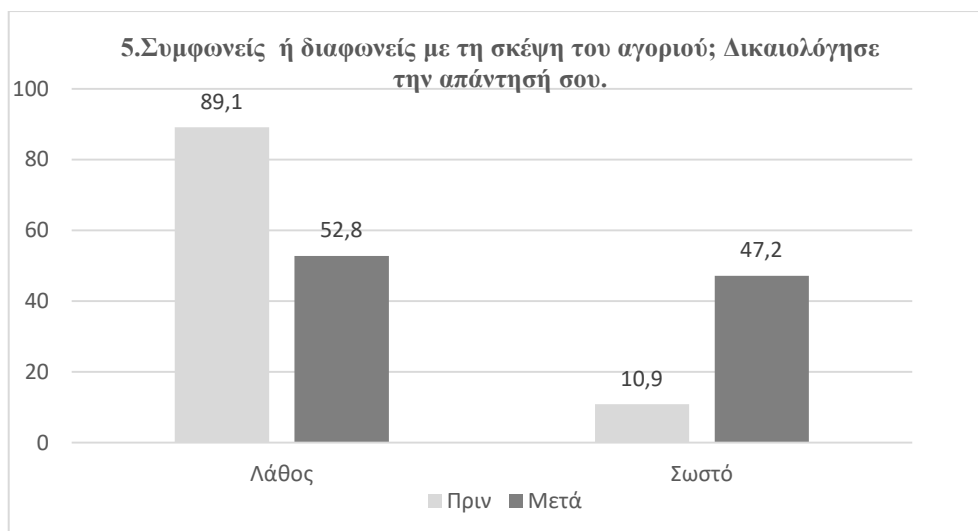


Γράφημα 21: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 4.

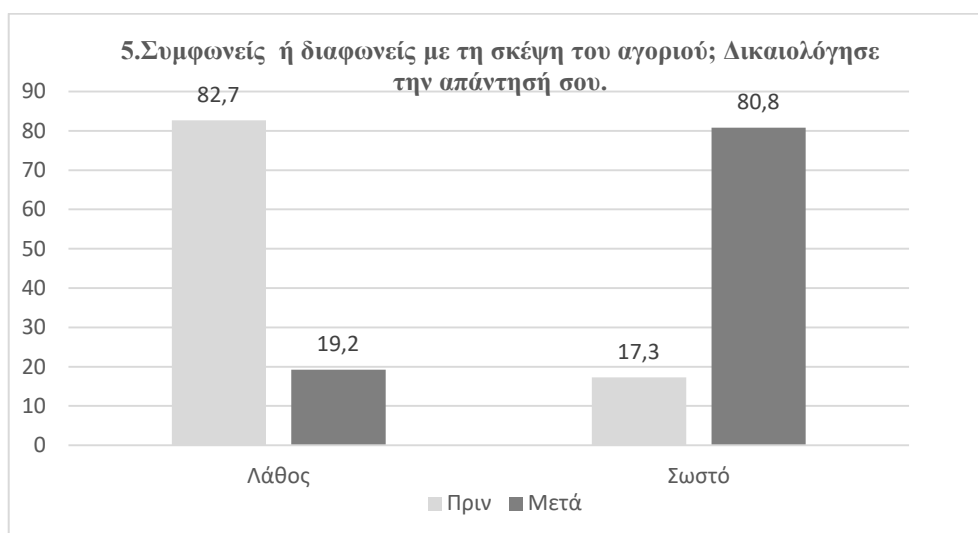


Γράφημα 22: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 4.

Στα γραφήματα 21 και 22 αποτυπώνονται τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, στην ερώτηση 4. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 82,7 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 17,3 %.

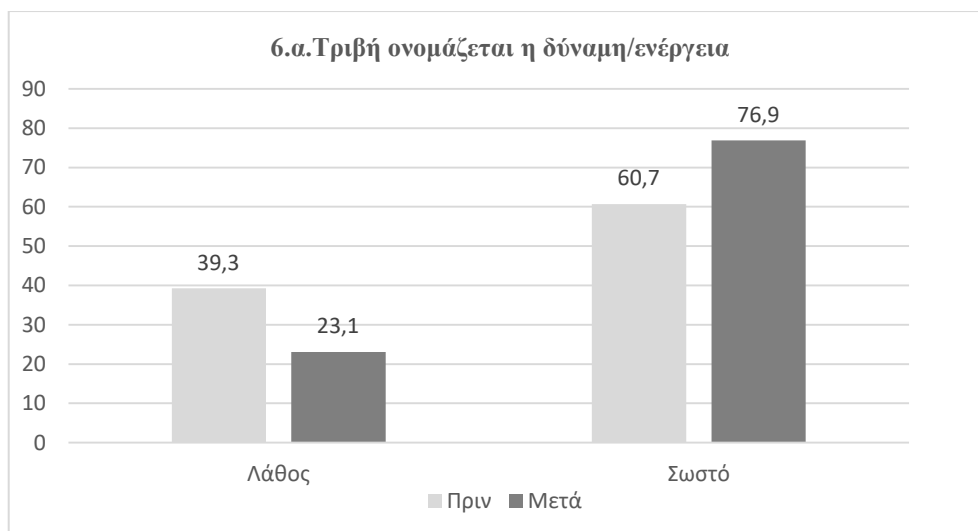


Γράφημα 23: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 5

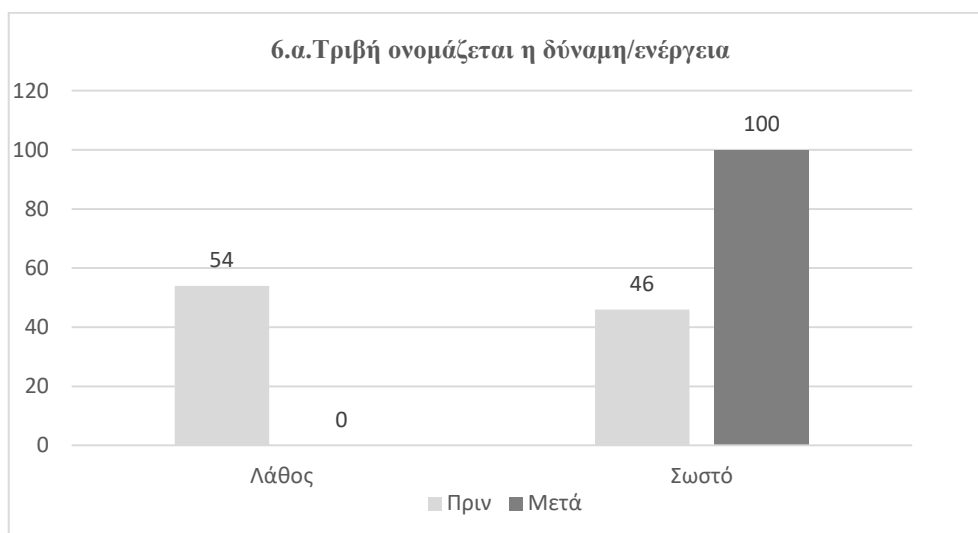


Γράφημα 24: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 5.

Στα γραφήματα 23 και 24 αποτυπώνονται τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, στην ερώτηση 5. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 80,8 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 19,2 %.



Γράφημα 25: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 6.α.

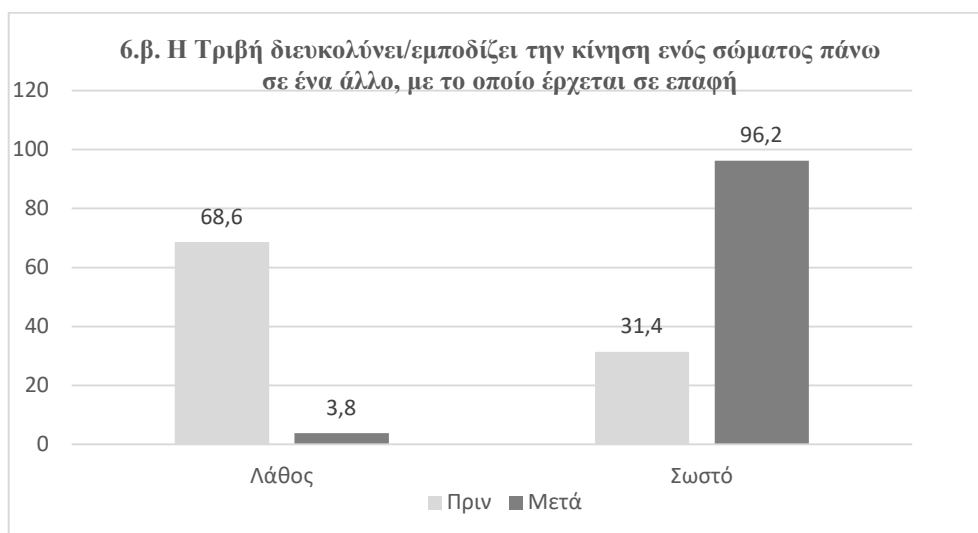


Γράφημα 26: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 6.α.

Στα παραπάνω γραφήματα 25 και 26 αποτυπώνονται τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, στην ερώτηση 6.α. που αφορά την επιλογή από τους μαθητές αν η Τριβή είναι Δύναμη ή Ενέργεια. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 100 % ενώ δεν υπάρχουν λανθασμένες.

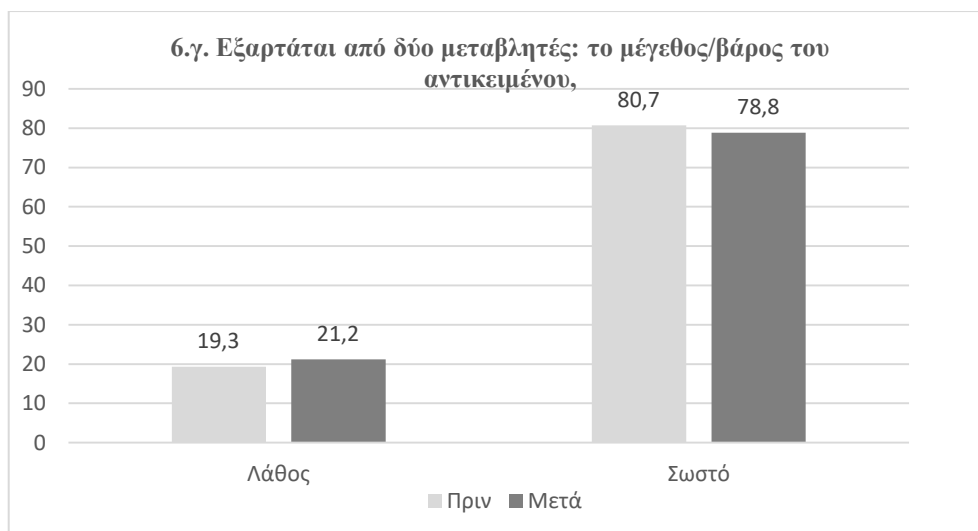


Γράφημα 27: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 6.β.

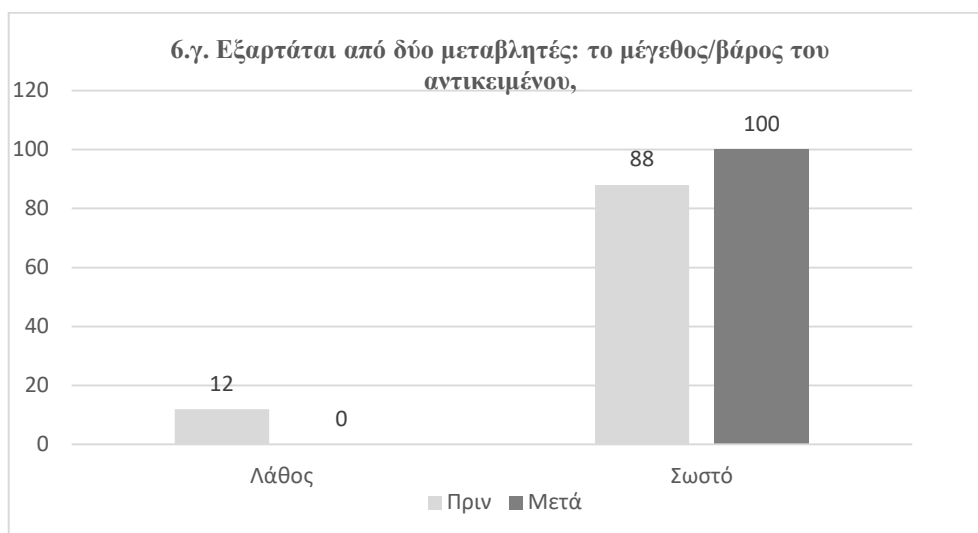


Γράφημα 28: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 6.β.

Στα γραφήματα 27 και 28 αποτυπώνονται τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, στην ερώτηση 6.β. που αφορά το αν η τριβή διευκολύνει ή εμποδίζει την κίνηση ενός σώματος πάνω σε ένα άλλο. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Αυτές οι μεταβολές στην ομάδα ελέγχου είναι αρκετά περιορισμένες. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 96,2 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 3,8 %.

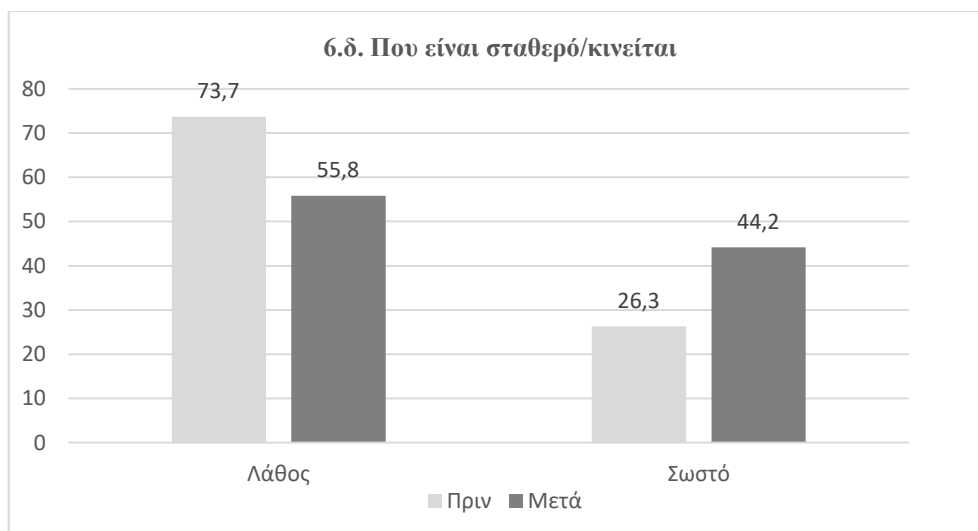


Γράφημα 29: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 6.γ.

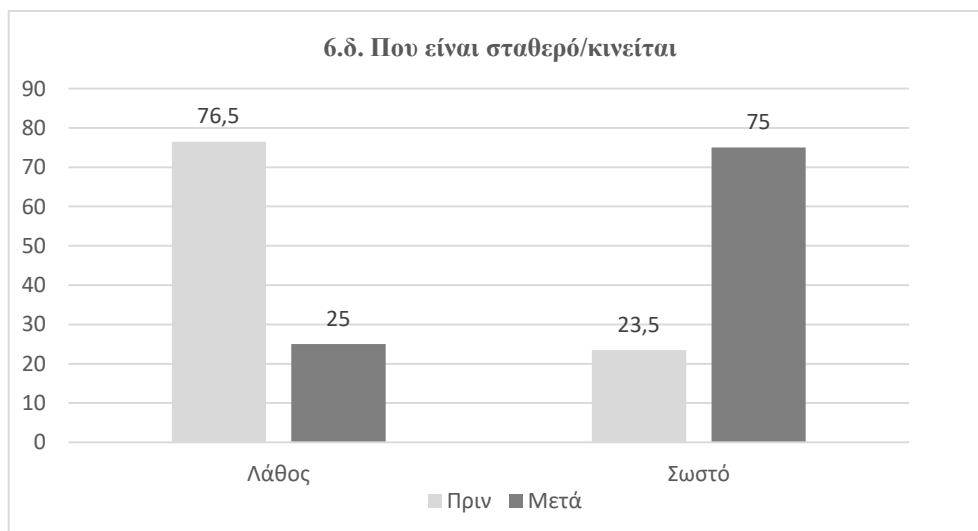


Γράφημα 30: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 6.γ.

Τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση αποτυπώνονται στα γραφήματα 29 και 30 και αφορούν στην ερώτηση 6.γ. σχετικά με την επίδραση του μεγέθους ή του είδους ενός αντικειμένου στο φαινόμενο της Τριβής. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 100 % ενώ οι λανθασμένες μηδενίζονται.

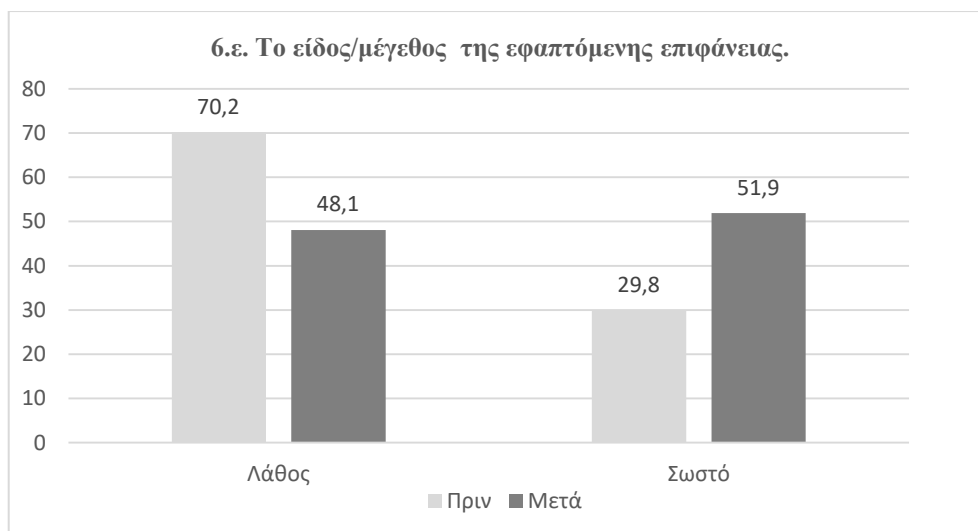


Γράφημα 31: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 6.δ.

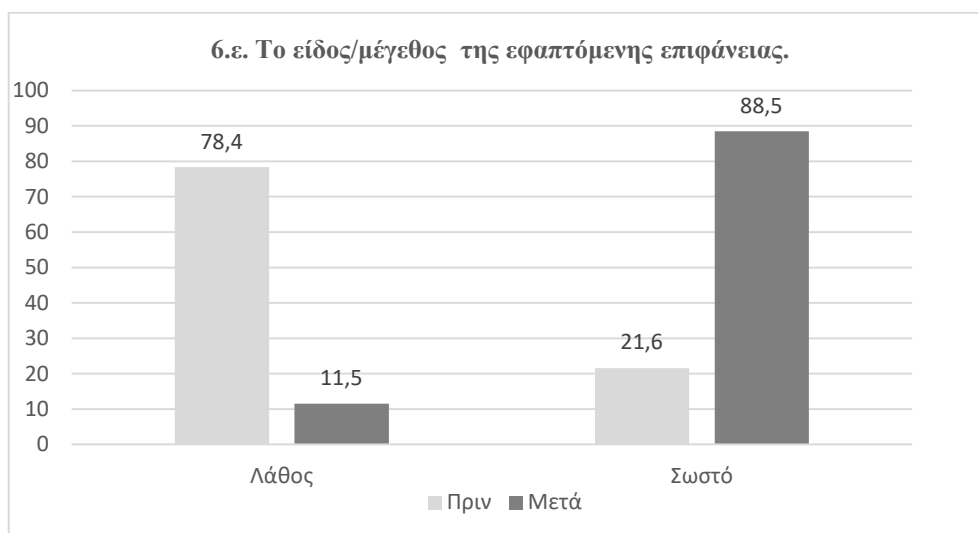


Γράφημα 32: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 6.δ.

Στα γραφήματα 31 και 32 αποτυπώνονται τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, στην ερώτηση 6.δ. που αφορά στην επίδραση της ακινησίας ή της κίνησης ενός σώματος στο φαινόμενο της Τριβής. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 75 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 25 %.



Γράφημα 33: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 6.ε.



Γράφημα 34: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ερώτηση 6.ε.

Στην ερώτηση 6.ε. που αφορά στην επίδραση του είδους ή του μεγέθους της εφαπτόμενης επιφάνειας στο φαινόμενο της Τριβής, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, τα ποσοστά των έγκυρων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας αντίστοιχα, αποτυπώνονται στα γραφήματα 33 και 34. Παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων και μείωση των λανθασμένων μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας, όπου οι σωστές απαντήσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση φθάνουν στο 88,5 % ενώ οι λανθασμένες περιορίζονται στο 11,5 %.

3.3 Έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας της μέσης διαφοράς ως προς το σκορ των γνώσεων περιεχομένου.

Ο έλεγχος της κανονικότητας των κατανομών των μεταβλητών των σκορ σχετικά με τις γνώσεις περιεχομένου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση και των δύο ομάδων, πραγματοποιήθηκαν με το Kolmogorov-Smirnov Test και αποδείχτηκε πως οι κατανομές δεν είναι κανονικές.

Σε ότι αφορά το σκορ, οι ερωτήσεις επανακωδικοποιήκαν. Συγκεκριμένα Σωστή απάντηση=1, λανθασμένη απάντηση=0. Και υπολογίστηκε το σκορ (%).

Τα αποτελέσματα της περιγραφικής ανάλυσης και του μη παραμετρικού τεστ Wilcoxon παρουσιάζονται στους Πίνακες 4,5,6,7,8,9,10,10,11 και 12 αντίστοιχα.

3.3.1 Συγκρίσεις πριν και μετά ομάδα ελέγχου

Ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon δείχνει ότι οι μαθητές της ομάδας ελέγχου είχαν υψηλότερο σκορ (22,41) μετά τη διδακτική παρέμβαση σε σχέση με πριν με στατιστικά σημαντική διαφορά, (9,67), $z=-4,748b$, $p<0.001$.

Πίνακας 4 Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Γνώσεις περιεχομένου πριν	52	55,88	14,67	29,41	88,24
Γνώσεις περιεχομένου μετά	52	69,12	18,56	29,41	100,00

Πίνακας 5 Στατιστικός Έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks

Ranks		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Γνώσεις περιεχομένου μετά -	Negative Ranks	6 ^a	9,67	58,00
Γνώσεις περιεχομένου πριν	Positive Ranks	34 ^b	22,41	762,00
	Ties	7 ^c		
	Total	47		

a. Γνώσεις περιεχομένου μετά < Γνώσεις περιεχομένου πριν

b. Γνώσεις περιεχομένου μετά > Γνώσεις περιεχομένου πριν

c. Γνώσεις περιεχομένου μετά = Γνώσεις περιεχομένου πριν

Πίνακας 6 Στατιστικοί Έλεγχοι

	Γνώσεις περιχομένου μετά - Γνώσεις περιχομένου πριν
Z	-4,748 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000
a. Wilcoxon Signed Ranks Test	
b. Based on negative ranks.	

3.3.2 Συγκρίσεις πριν και μετά πειραματική ομάδα

Ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon δείχνει ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν υψηλότερο σκορ (23,50) μετά τη διδακτική παρέμβαση σε σχέση με πριν, με στατιστικά σημαντική διαφορά (.00), $z=-5,938^b$, $p<0.001$

Πίνακας 7 Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Γνώσεις περιχομένου πριν	48	51,35	12,36	29,41	76,47
Γνώσεις περιχομένου μετά	52	91,29	9,64	64,71	100,00

Πίνακας 8 Στατιστικός Έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks

Ranks				
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Γνώσεις περιχομένου μετά -	Negative Ranks	0 ^a	,00	,00
Γνώσεις περιχομένου πριν	Positive Ranks	46 ^b	23,50	1081,00
	Ties	1 ^c		
	Total	47		

a. Γνώσεις περιχομένου μετά < Γνώσεις περιχομένου πριν

b. Γνώσεις περιχομένου μετά > Γνώσεις περιχομένου πριν

c. Γνώσεις περιχομένου μετά = Γνώσεις περιχομένου πριν

Πίνακας 9 Στατιστικοί Έλεγχοι^a

	Γνώσεις περιεχομένου μετά - Γνώσεις περιεχομένου πριν
Z	-5,938 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

3.3.3 Συγκρίσεις πριν και μετά μεταξύ ομάδας ελέγχου και πειραματικής

Ο στατιστικός έλεγχος Mann-Whitney δείχνει ότι τα σκορ των μαθητών και των δυο ομάδων πριν τη διδακτική παρέμβαση δεν παρουσίαζαν στατιστικά σημαντική διαφορά $U=1039,500$, $z=-1,451$, $p= 0.147$, ενώ οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν υψηλότερο σκορ με στατιστικά σημαντική διαφορά μετά τη διδακτική παρέμβαση σε σχέση με πριν συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου $U=412,000$, $z=-6,171$, $p= .000$.

Συμπερασματικά, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους της επίδοσης στις γνώσεις περιεχομένου των μαθητών της πειραματικής ομάδας συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 10 Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία

	N	Mean	Std. Deviation	Minimu m	Maximu m
Γνώσεις περιεχομέν ου πριν	100	53,71	13,73	29,41	88,24
Γνώσεις περιεχομέν ου μετά	104	80,20	18,46	29,41	100,00
ΟΜΑΔΑ	111	,48	,502	0	1

Πίνακας 11 Στατιστικός Έλεγχος Mann-Whitney

Ranks				
	ΟΜΑΔΑ	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Γνώσεις	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	52	54,51	2834,50
περιεχομένου	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	48	46,16	2215,50
πριν	Total	100		
Γνώσεις	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	52	34,42	1790,00
περιεχομένου	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	52	70,58	3670,00
μετά	Total	104		

Πίνακας 12 Στατιστικοί Έλεγχοι^a

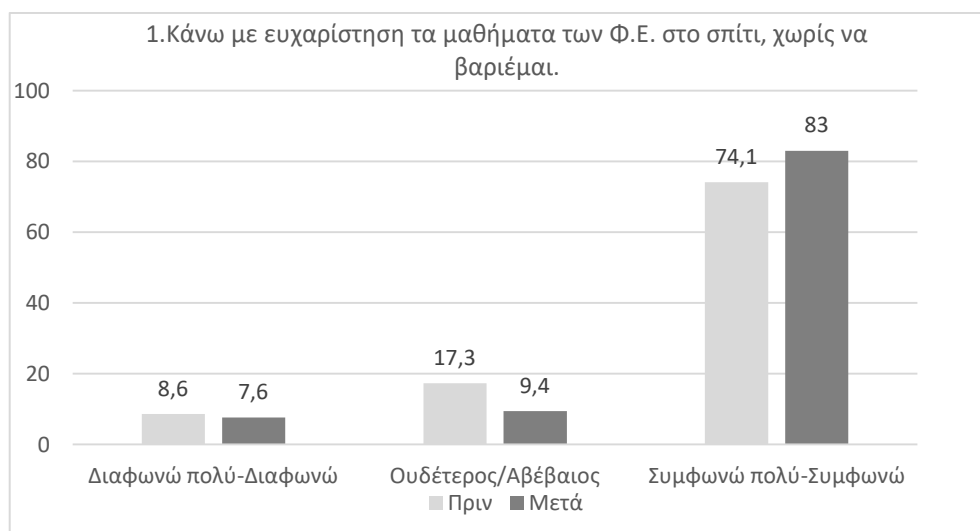
	Γνώσεις περιεχομένου πριν	Γνώσεις περιεχομένου μετά
Mann-Whitney U	1039,500	412,000
Wilcoxon W	2215,500	1790,000
Z	-1,451	-6,171
Asymp. Sig. (2-tailed)	,147	,000

a. Grouping Variable: ΟΜΑΔΑ

3.4 Αποτελέσματα στάσεων

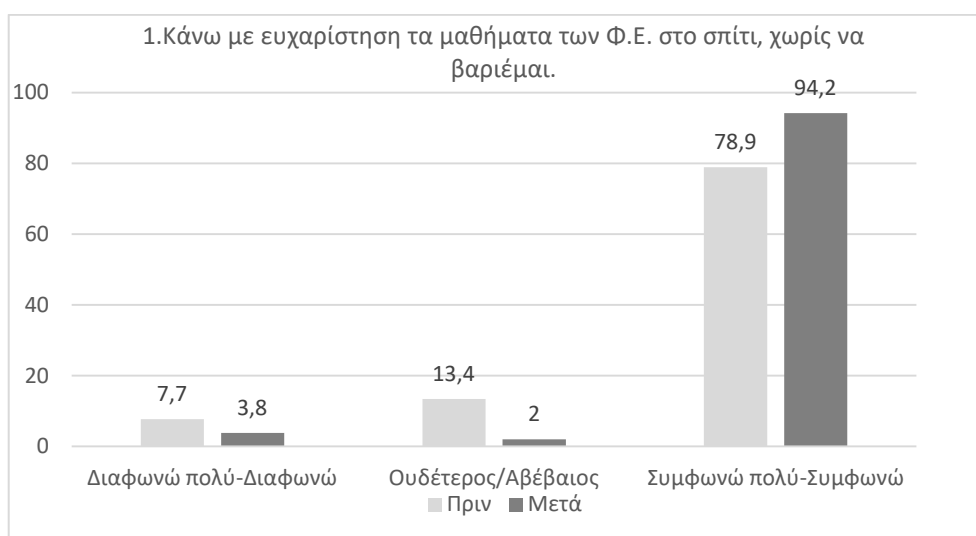
3.4.1 Ενδιαφέρον

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα περιγραφικά αποτελέσματα σχετικά με το ενδιαφέρον των μαθητών τόσο στην πειραματική ομάδα όσο και στη ομάδα ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.



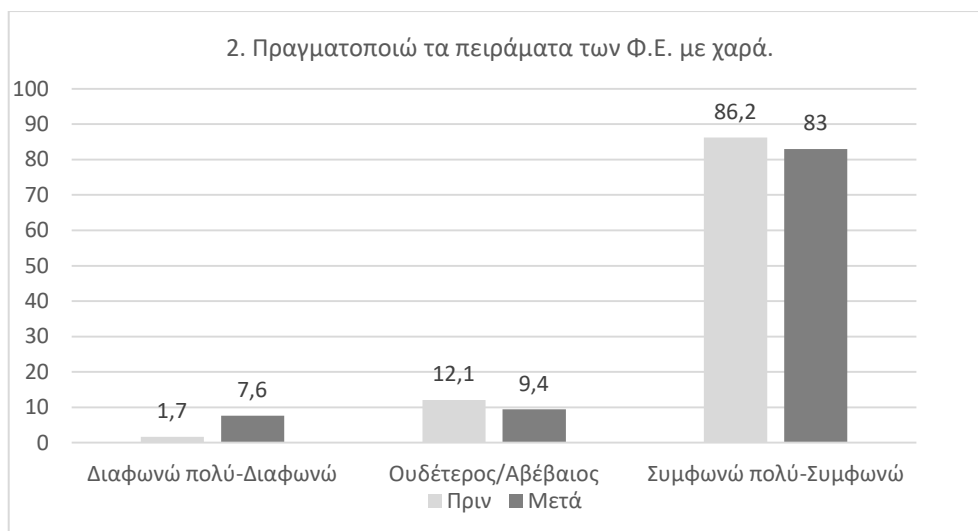
Γράφημα 1: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 1.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 1 του *Γραφήματος 1* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 74,1% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να κάνει με ευχαρίστηση τα μαθήματα των Φ.Ε. στο σπίτι χωρίς να βαριέται. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 17,3% παρουσιάζεται ουδέτερο και μόλις το 8,6% εμφανίζεται δυσαρεστημένο. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει ευχαρίστηση το οποίο διαμορφώνεται σε 83% με ταυτόχρονη μείωση των ποσοστών ουδετερότητας και δυσαρέσκειας τα οποία διαμορφώνονται σε 9,4% και 7,6% αντίστοιχα.



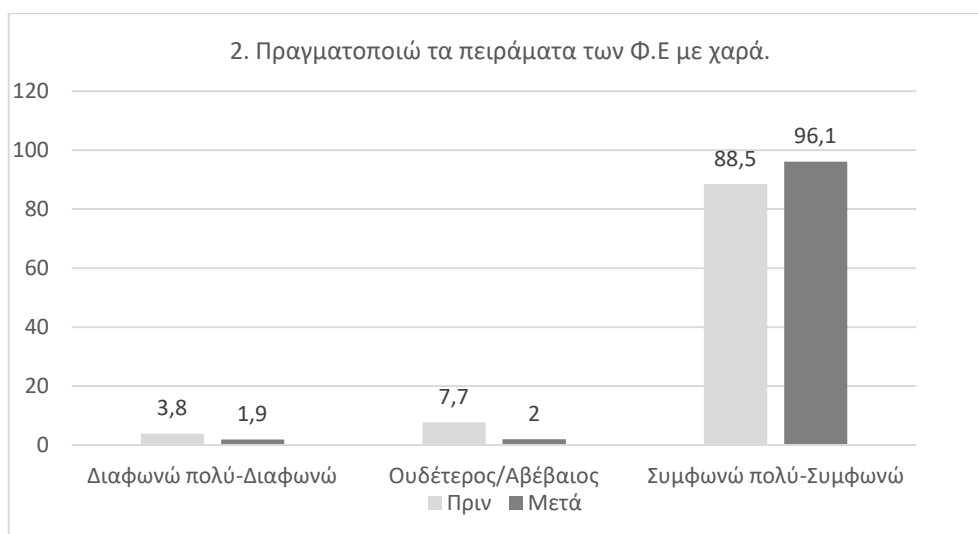
Γράφημα 2: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 1.

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας στη Δήλωση 1 του *Γραφήματος 2* εμφανίζει το 78,9 % των μαθητών να κάνει με ευχαρίστηση τα μαθήματα των Φ.Ε. στο σπίτι χωρίς να βαριέται. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 13,4% παρουσιάζεται ουδέτερο και μόλις το 7,7% εμφανίζεται δυσαρεστημένο. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται σημαντική βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει ευχαρίστηση το οποίο διαμορφώνεται σε 94% με ταυτόχρονη μείωση των ποσοστών ουδετερότητας και δυσαρέσκειας τα οποία συρρικνώνονται σε 2% και 3,8% αντίστοιχα.



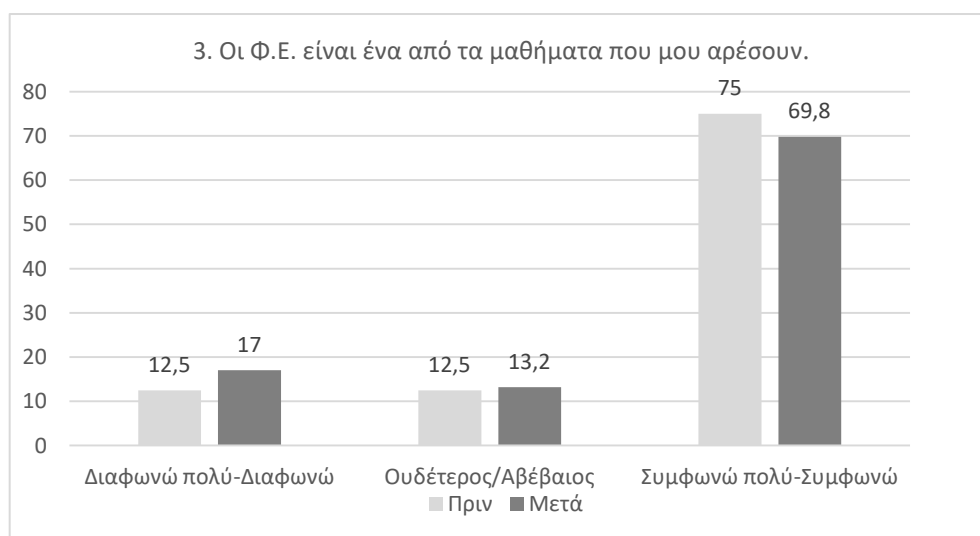
Γράφημα 3: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 2.

Το Γράφημα 3 εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 86,2% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να πραγματοποιεί τα πειράματα των Φ.Ε. με χαρά. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 12,1 % παρουσιάζεται ουδέτερο και μόλις το 1,7 % εκφράζει δυσарέσκεια. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που δηλώνει ευχαρίστηση το οποίο διαμορφώνεται σε 83% με ταυτόχρονη μείωση του ποσοστού ουδετερότητας και αύξηση του ποσοστού δυσарέσκειας τα οποία διαμορφώνονται σε 9,4% και 7,6% αντίστοιχα.



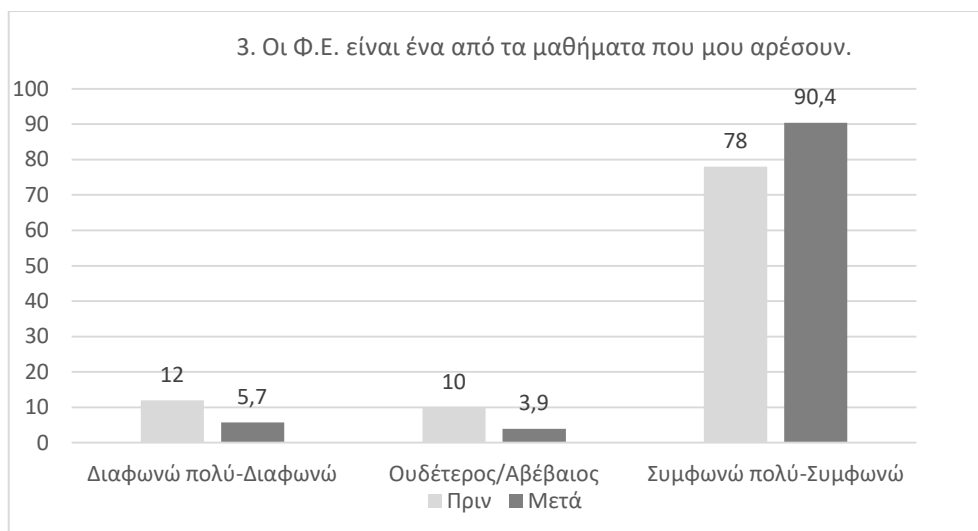
Γράφημα 4: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 2.

Αντίστοιχα η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας στη Δήλωση 2 του Γραφήματος 4 εμφανίζει το 88,5% των μαθητών να πραγματοποιεί τα πειράματα των Φ.Ε. με χαρά. Ένα μικρό ποσοστό της τάξεως του 7,7% παρουσιάζεται ουδέτερο και μόλις το 3,8 % εμφανίζει δυσαρέσκεια. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μικρή βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει ευχαρίστηση το οποίο διαμορφώνεται σε 96,1% με ταυτόχρονη μείωση των ποσοστών ουδετερότητας και δυσαρέσκειας τα οποία συρρικνώνονται σε 1,9% και 2 % αντίστοιχα.



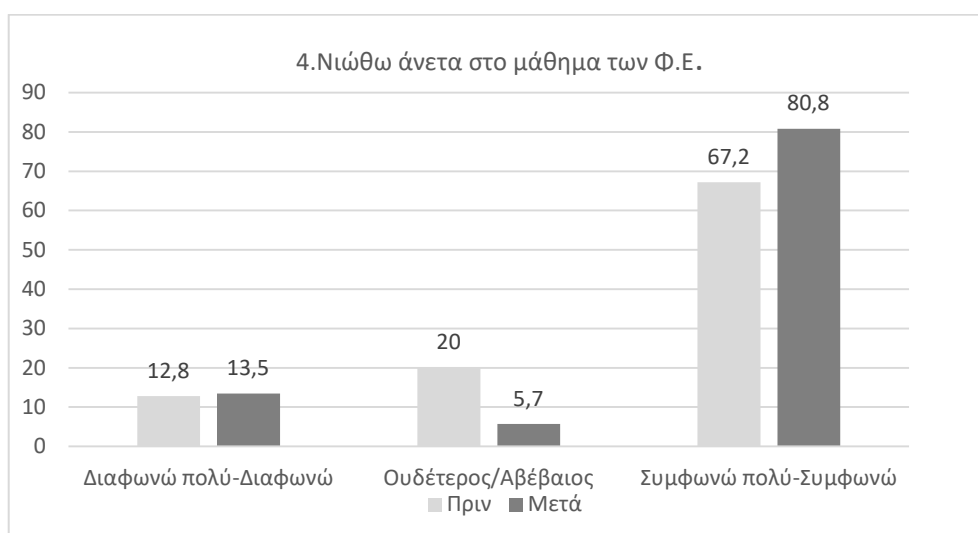
Γράφημα 5: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 3.

Στη Δήλωση 3 του Γραφήματος 5 εμφανίζεται πριν τη διδακτική παρέμβαση το 75% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνουν ότι οι Φ.Ε. αποτελούν ένα από τα μαθήματα που τους αρέσει. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 12,5 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 12,5 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που δηλώνει αρέσκεια το οποίο διαμορφώνεται σε 69,8 % με ταυτόχρονη αύξηση των ποσοστών ουδετερότητας και δυσαρέσκειας τα οποία διαμορφώνονται σε 13,2% και 17% αντίστοιχα.



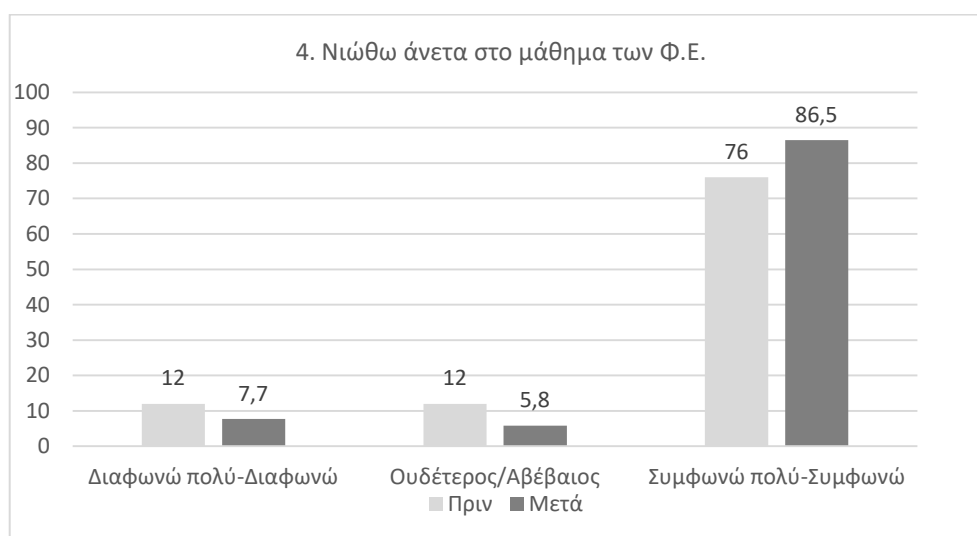
Γράφημα 6: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 3.

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας στη Δήλωση 3 του Γραφήματος 6 εμφανίζει το 78% των μαθητών να δηλώνουν ότι οι Φ.Ε. αποτελούν ένα από τα μαθήματα που τους αρέσει. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 10% παρουσιάζεται ουδέτερο και το 12% εμφανίζεται να εκδηλώνει δυσαρέσκεια. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται σημαντική βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει ευχαρίστηση το οποίο διαμορφώνεται σε 90,4% με ταυτόχρονη μείωση των ποσοστών ουδετερότητας και δυσαρέσκειας τα οποία περιορίζονται σε 3,9% και 5,7% αντίστοιχα.



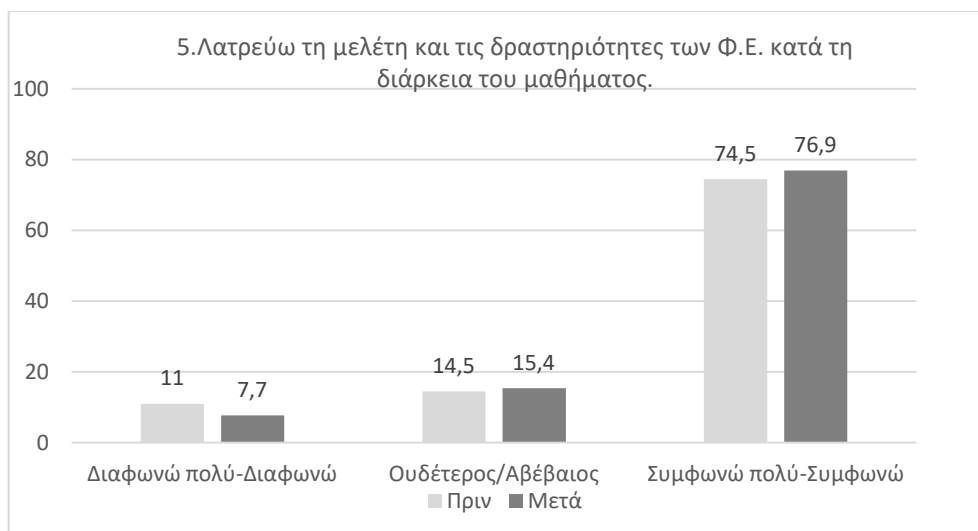
Γράφημα 7: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 4.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 4 του *Γραφήματος 7* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 67,2% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι νιώθει άνετα στο μάθημα των Φ.Ε. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 20 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 12,8 % εμφανίζει δυσφορία. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει άνεση το οποίο διαμορφώνεται σε 80,8% με ταυτόχρονη μείωση του ποσοστού ουδετερότητας και αύξηση του ποσοστού δυσφορίας τα οποία διαμορφώνονται σε 5,7% και 13,5% αντίστοιχα.



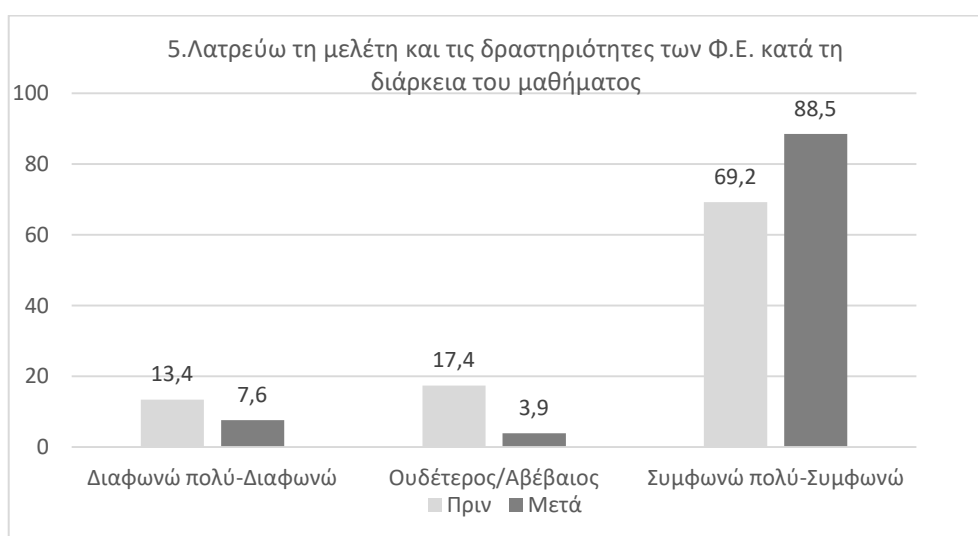
Γράφημα 8: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 4.

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας στη Δήλωση 4 του *Γραφήματος 8* εμφανίζει το 76% των μαθητών να δηλώνει ότι νιώθει άνετα στο μάθημα των Φ.Ε. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 12% παρουσιάζεται ουδέτερο και το 12% εμφανίζει δυσφορία. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει άνεση το οποίο διαμορφώνεται σε 86,5% με ταυτόχρονη μείωση των ποσοστών ουδετερότητας και δυσφορίας σε 5,8% και 7,7% αντίστοιχα.



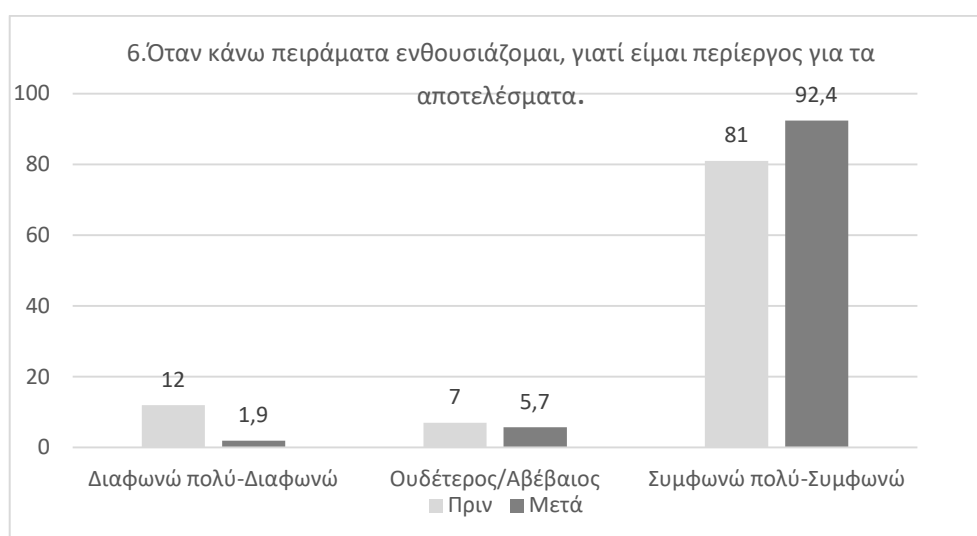
Γράφημα 9: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 5.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 5 του Γραφήματος 9 εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 74,5% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να λατρεύει τη μελέτη και τις δραστηριότητες των Φ.Ε. κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 14,5% παρουσιάζεται ουδέτερο και το 11% εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει ότι λατρεύει τη μελέτη και τις δραστηριότητες, το οποίο διαμορφώνεται σε 76,9% με ταυτόχρονη αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας σε 15,4% και μείωση του ποσοστού διαφωνίας το οποίο διαμορφώνεται σε 7,7%.



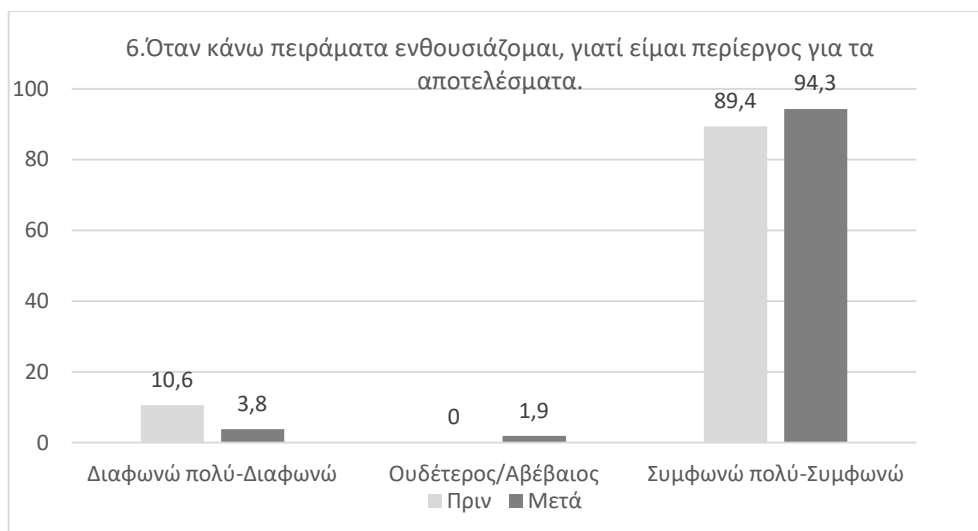
Γράφημα 10: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 5.

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας στη Δήλωση 5 του Γραφήματος 10 εμφανίζει το 69,2% των μαθητών να λατρεύει τη μελέτη και τις δραστηριότητες των Φ.Ε. κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 17,4% παρουσιάζεται ουδέτερο και το 13,4% εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται σημαντική βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει ότι λατρεύει τη μελέτη και τις δραστηριότητες, το οποίο διαμορφώνεται σε 88,5% με ταυτόχρονη μείωση των ποσοστών ουδετερότητας και διαφωνίας τα οποία συρρικνώνονται σε 3,9% και 7,6% αντίστοιχα.



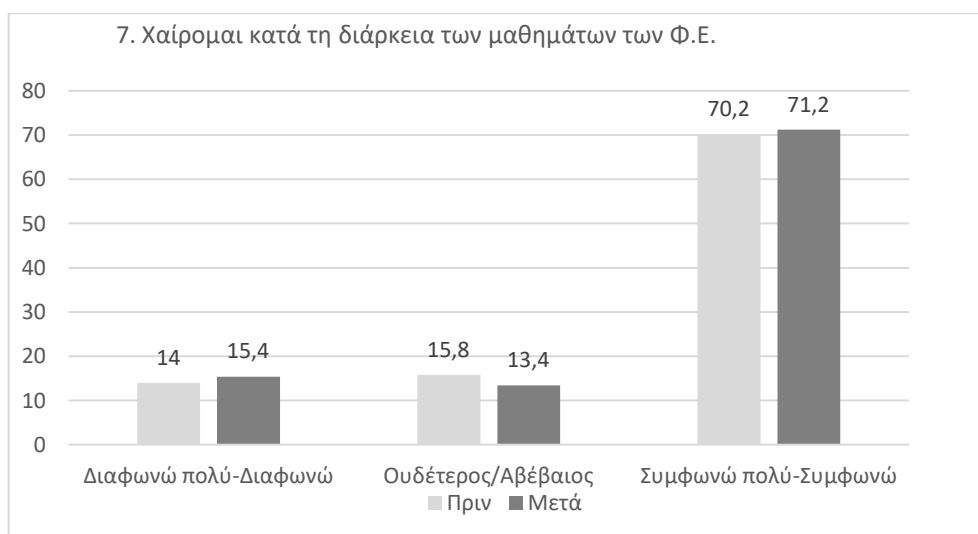
Γράφημα 11: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 6.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 6 του Γραφήματος 11 εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 81% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να κάνει με ενθουσιασμό τα πειράματα των Φ.Ε. . Ένα ποσοστό της τάξεως του 7 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 12 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει ενθουσιασμό το οποίο διαμορφώνεται σε 92,4% με ταυτόχρονη μείωση των ποσοστών ουδετερότητας και διαφωνίας τα οποία διαμορφώνονται σε 5,7% και 1,9% αντίστοιχα.



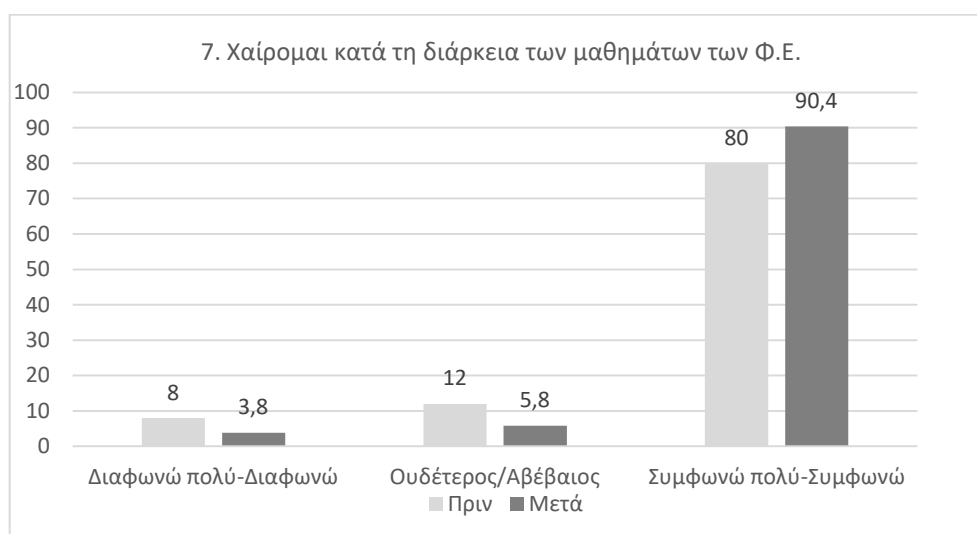
Γράφημα 12: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 6 .

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 6 του *Γραφήματος 12* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 89,4% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να κάνει με ενθουσιασμό τα πειράματα των Φ.Ε. . Ένα ποσοστό της τάξεως του 10,6 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει ενθουσιασμό το οποίο διαμορφώνεται σε 94,3% με ταυτόχρονη αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας και μείωση του ποσοστού διαφωνίας τα οποία διαμορφώνονται σε 1,9% και 3,8% αντίστοιχα.



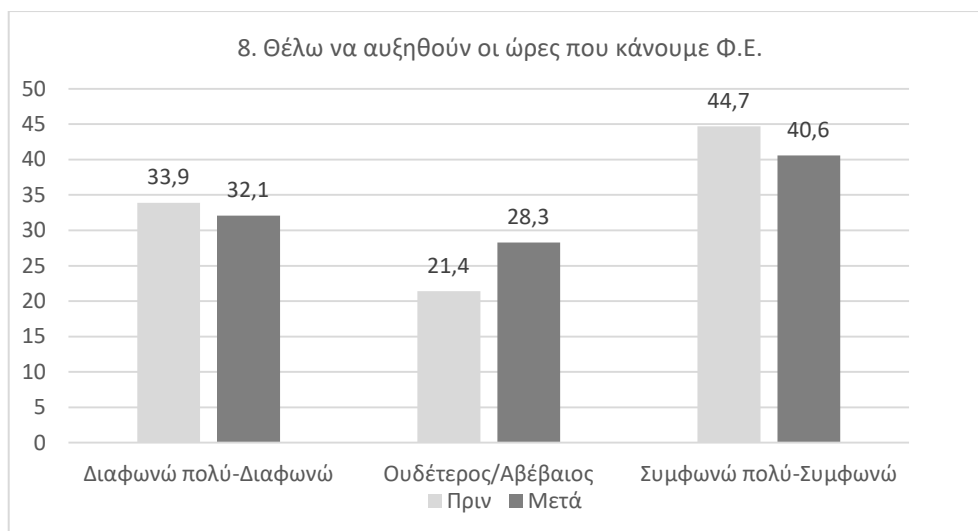
Γράφημα 13: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 7.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 7 του *Γραφήματος 13* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 70,2% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει χαρά κατά τη διάρκεια των μαθημάτων των Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 15,8 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 14 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει χαρά το οποίο διαμορφώνεται σε 71,2% με ταυτόχρονη μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 13,4% και αύξηση του ποσοστού διαφωνίας που διαμορφώνεται σε 15,4%.



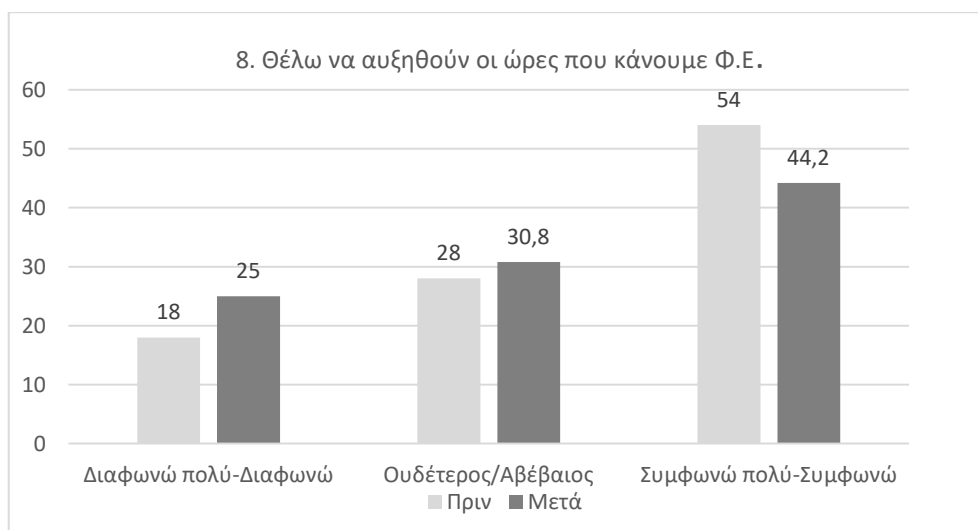
Γράφημα 14: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 7.

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 7 του *Γραφήματος 14* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 80% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει χαρά κατά τη διάρκεια των μαθημάτων των Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 12 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 8 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται βελτίωση του ποσοστού που δηλώνει χαρά το οποίο διαμορφώνεται σε 90,4% με ταυτόχρονη μείωση των ποσοστών ουδετερότητας και διαφωνίας σε 5,8% και 3,8%.



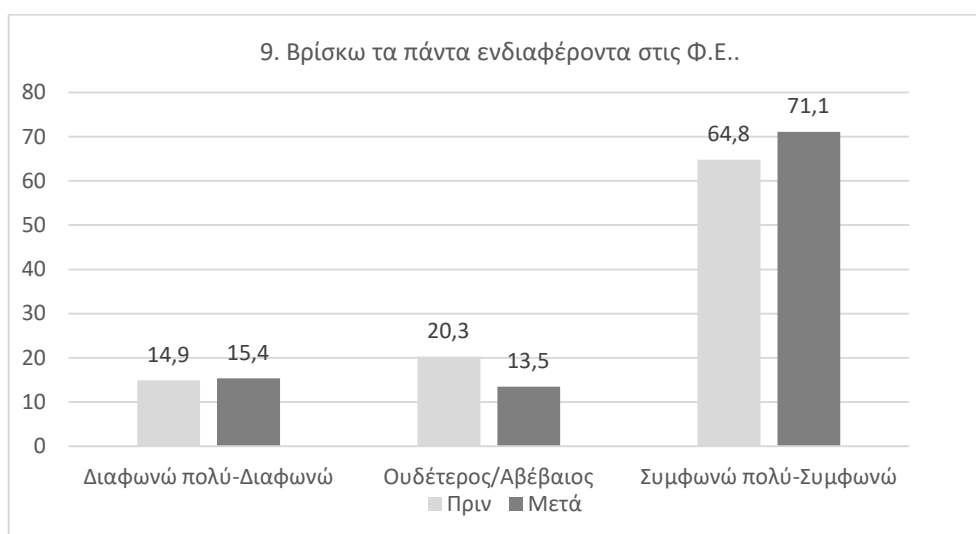
Γράφημα 15: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 8.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 8 του Γραφήματος 15 εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 44,7% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι επιθυμεί να αυξηθούν οι ώρες των Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 21,4 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 33,9 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που επιθυμούν να αυξηθούν οι ώρες σε 40,6% με ταυτόχρονη αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας σε 28,3% και μείωση του ποσοστού διαφωνίας σε 32,1%.



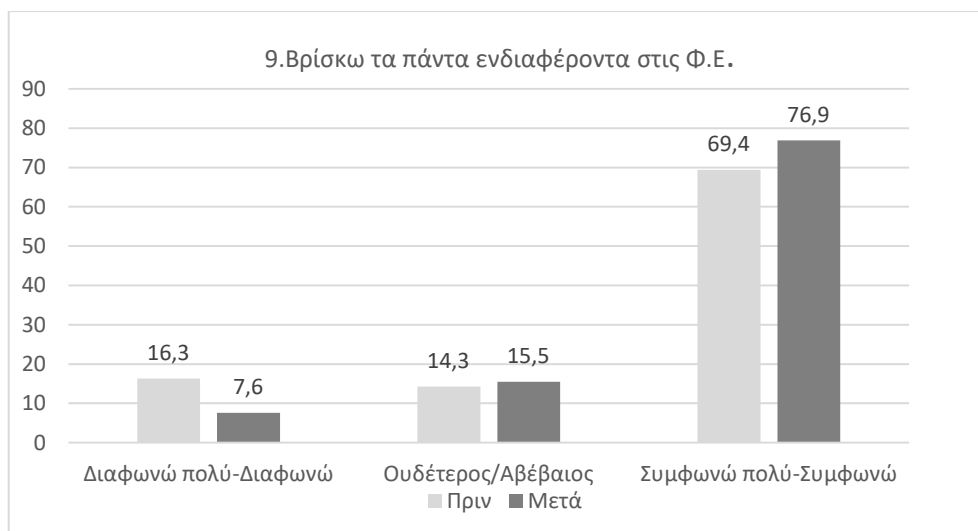
Γράφημα 16: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 8 .

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 8 του *Γραφήματος 16* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 54% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι επιθυμεί να αυξηθούν οι ώρες των Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 28% παρουσιάζεται ουδέτερο και το 18% εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που επιθυμούν να αυξηθούν οι ώρες σε 44,2% με ταυτόχρονη αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας και διαφωνίας σε 30,8% και 25% αντίστοιχα.



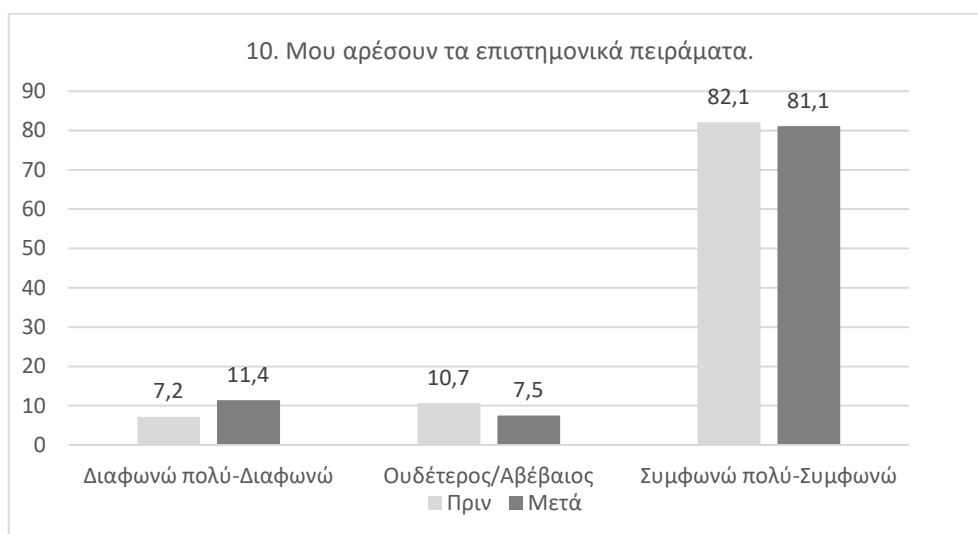
Γράφημα 17: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 9.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 9 του *Γραφήματος 17* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 64,8% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι βρίσκει τα πάντα ενδιαφέροντα στις Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 20,3 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 14,9 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται αύξηση του ποσοστού που βρίσκει τα πάντα ενδιαφέροντα σε 71,1% , μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 13,5% και μικρή αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 15,4%.



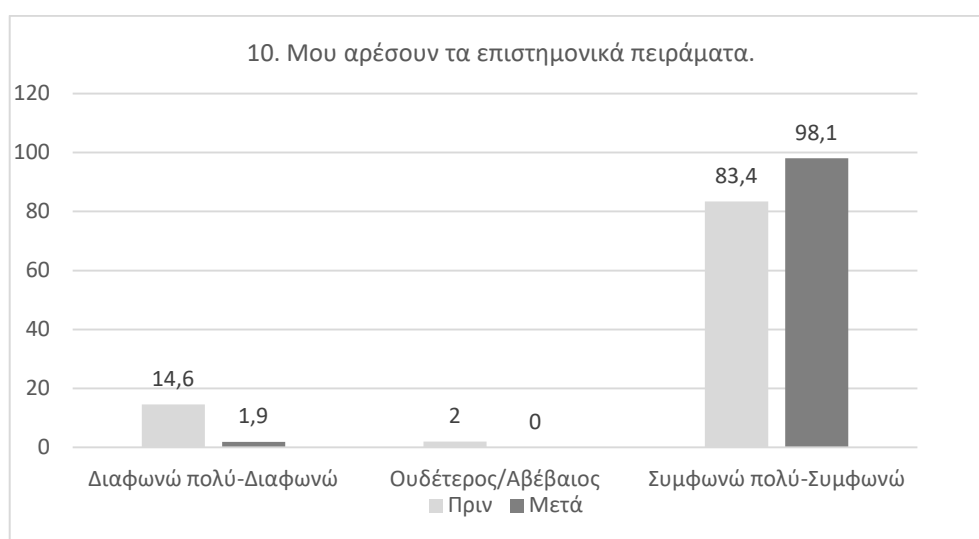
Γράφημα 18: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 9.

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 9 του *Γραφήματος 18* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 69,4% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι βρίσκει τα πάντα ενδιαφέροντα στις Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 14,3 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 16,3 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται αύξηση του ποσοστού που βρίσκει τα πάντα ενδιαφέροντα σε 76,9% , μικρή αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας σε 15,5% και σημαντική μείωση του ποσοστού διαφωνίας σε 7,6%.



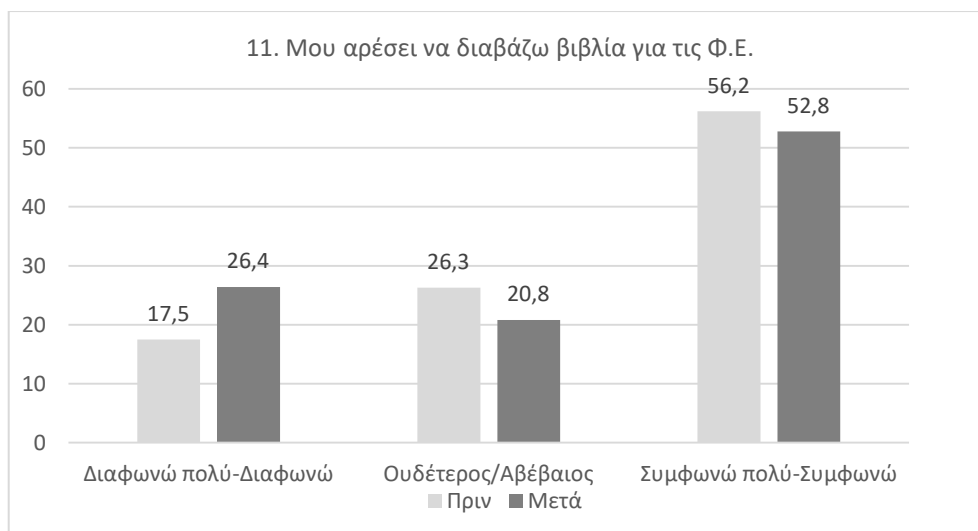
Γράφημα 19: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 10.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 10 του *Γραφήματος 19* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 82,1% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι τους αρέσουν τα επιστημονικά πειράματα. Ένα ποσοστό της τάξεως του 10,7 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 7,2 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 81,1% , μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 7,5% και αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 11,4%.



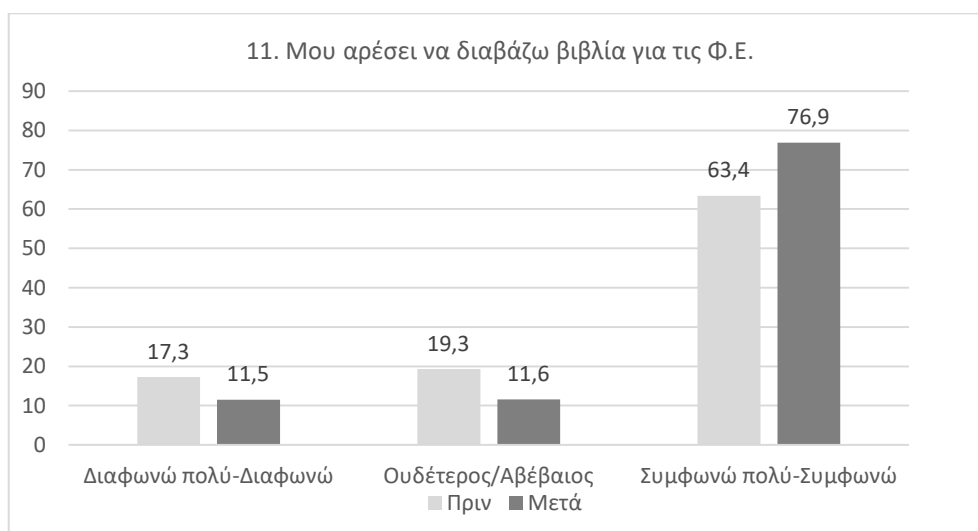
Γράφημα 20: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 10 .

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 10 του *Γραφήματος 20* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 83,4% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι τους αρέσουν τα επιστημονικά πειράματα. Ένα ποσοστό της τάξεως του 2 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 14,6% εμφανίζεται να εκφράζει δυσαρέσκεια. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται σημαντική αύξηση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 98,1% , εξάλειψη του ποσοστού ουδετερότητας και μείωση του ποσοστού διαφωνίας σε 1,9%.



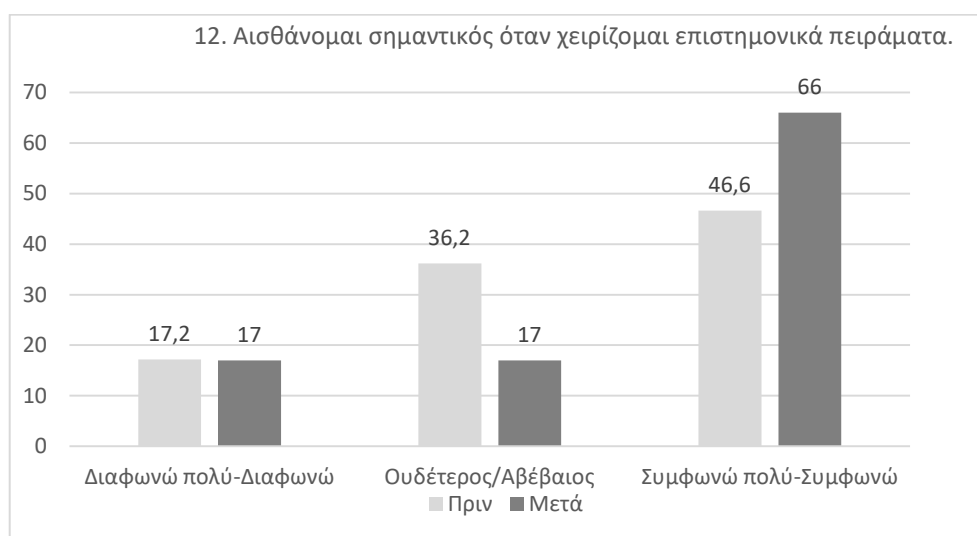
Γράφημα 21: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 11.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 11 του *Γραφήματος 21* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 56,2% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι του αρέσει να διαβάζει βιβλία για τις Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 26,3 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 17,5 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μικρή μείωση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 52,8% , μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 20,8% και αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 26,4%.



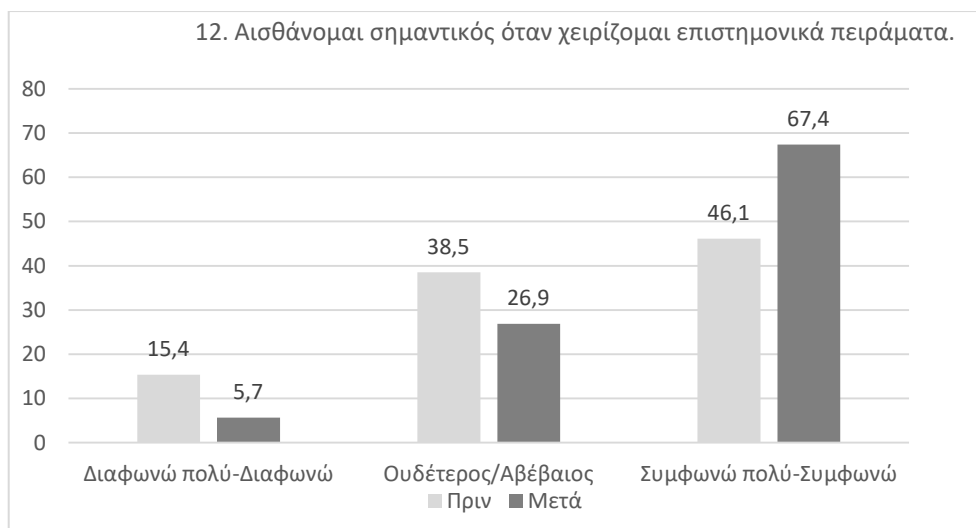
Γράφημα 22: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 11.

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 11 του *Γραφήματος 22* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 63,4% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι του αρέσει να διαβάζει βιβλία για τις Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 19,3 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 17,3 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται αύξηση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 76,9% , μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 11,6% και μείωση του ποσοστού διαφωνίας σε 11,5%.



Γράφημα 23: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 12.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 12 του *Γραφήματος 23* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 46,6% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι αισθάνονται σημαντικοί όταν χειρίζονται επιστημονικά πειράματα. Ένα ποσοστό της τάξεως του 36,2 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 17,2 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται σημαντική αύξηση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 66% , μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 17% και μείωση του ποσοστού διαφωνίας σε 17%.

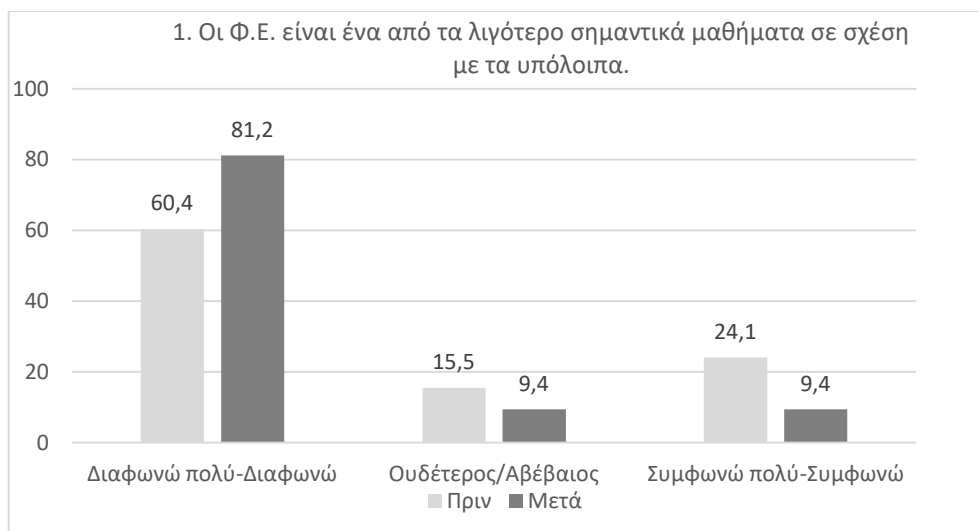


Γράφημα 24: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 12.

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 12 του Γραφήματος 24 εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 46,1% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι αισθάνονται σημαντικοί όταν χειρίζονται επιστημονικά πειράματα. Ένα ποσοστό της τάξεως του 38,5 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 15,4 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται σημαντική αύξηση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 67,4% , μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 26,9% και μείωση του ποσοστού διαφωνίας σε 5,7%.

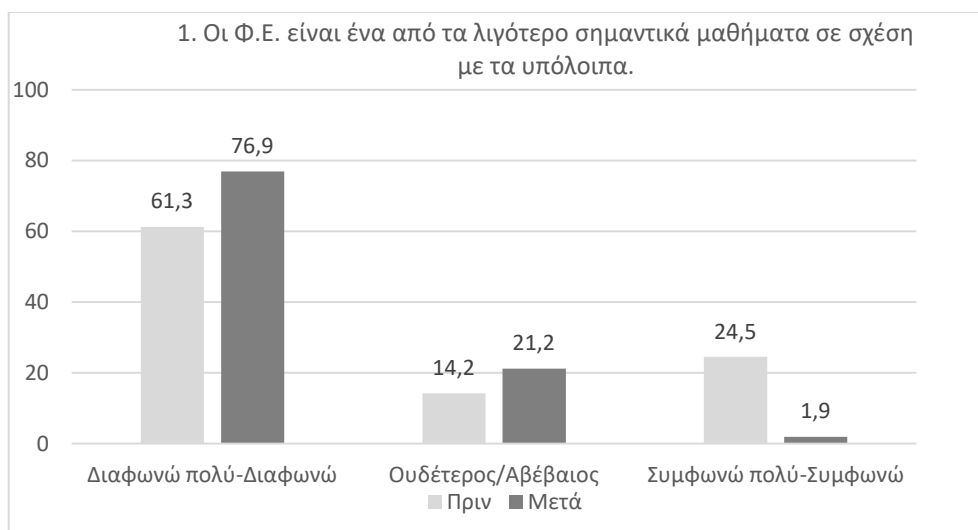
3.4.2 Άγχος

Έπειτα, παρουσιάζονται τα περιγραφικά αποτελέσματα σχετικά με το άγχος των μαθητών τόσο στην πειραματική ομάδα όσο και στη ομάδα ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.



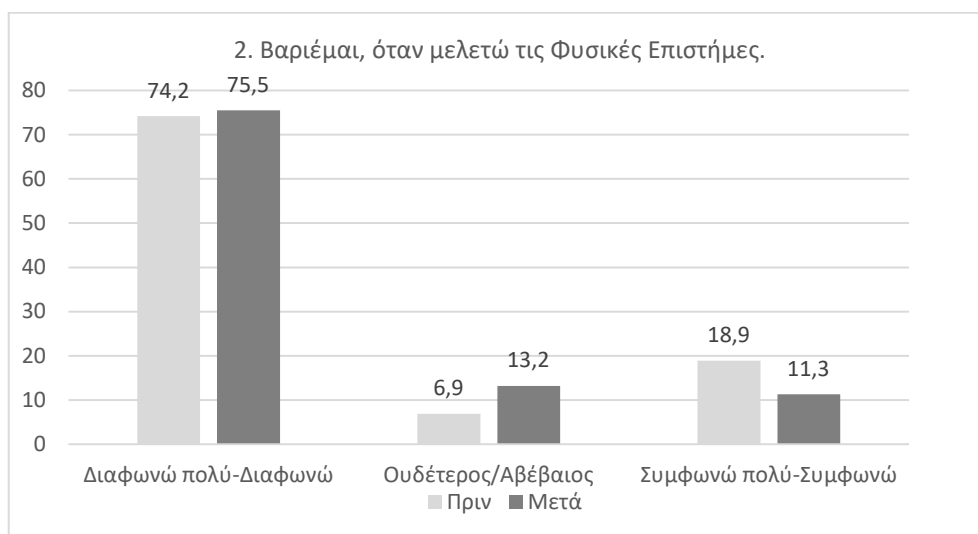
Γράφημα 25: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 1.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 1 του Γραφήματος 25 εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 24,1% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι οι Φ.Ε. είναι ένα από τα λιγότερο σημαντικά μαθήματα σε σχέση με τα υπόλοιπα. Ένα ποσοστό της τάξεως του 15,5 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 60,4 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται σημαντική μείωση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 9,4%, μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 9,4% και αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 81,2%.



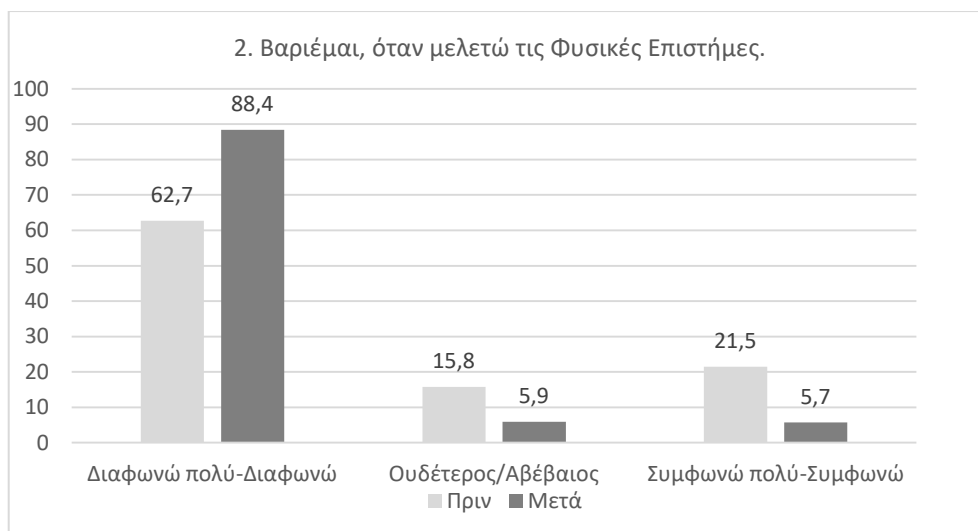
Γράφημα 26: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 1.

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 1 του *Γραφήματος 26* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 24,5% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι οι Φ.Ε. είναι ένα από τα λιγότερο σημαντικά μαθήματα σε σχέση με τα υπόλοιπα. Ένα ποσοστό της τάξεως του 14,2 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 61,3 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται σημαντική μείωση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 1,9% , αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας σε 21,2% και αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 76,9%.



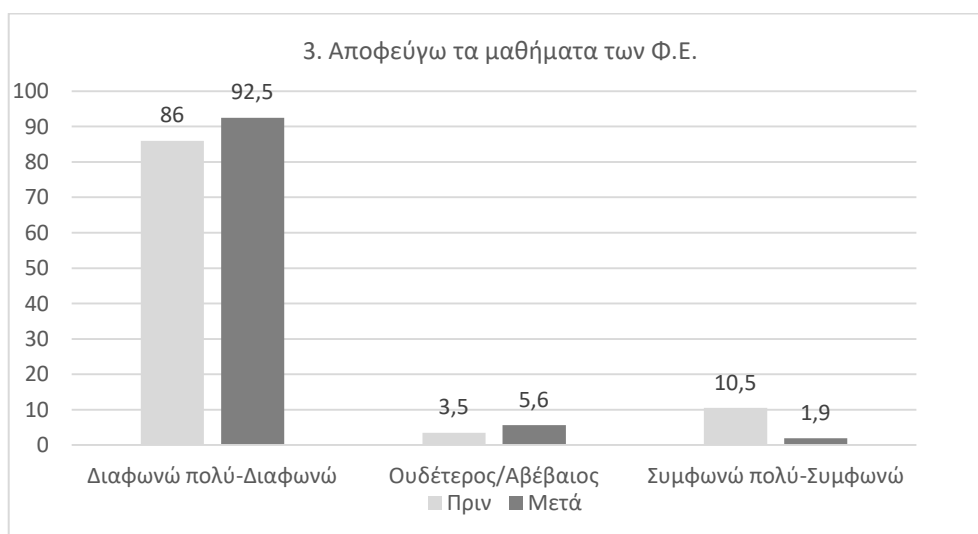
Γράφημα 27: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 2.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 2 του *Γραφήματος 27* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 18,9% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι βαριέται, όταν μελετάει τις Φυσικές Επιστήμες. Ένα ποσοστό της τάξεως του 6,9 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 74,2 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 11,3% , αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας σε 13,2% και αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 75,5%.



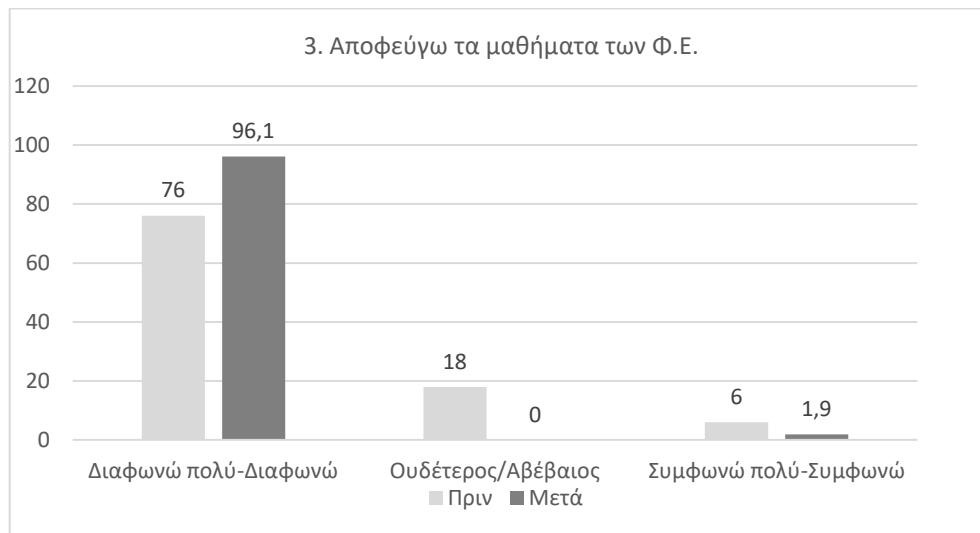
Γράφημα 28: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 2.

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 2 του Γραφήματος 28 εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 21,5% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι βαριέται, όταν μελετάει τις Φυσικές Επιστήμες. Ένα ποσοστό της τάξεως του 15,8 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 62,7% εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 5,7% , μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 5,9% και σημαντική αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 88,4%.



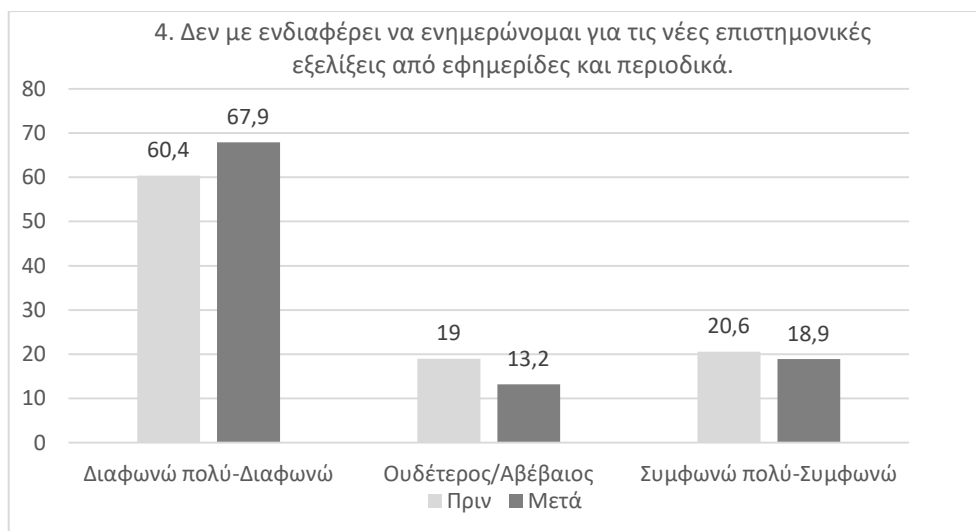
Γράφημα 29: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 3.

Να αποφεύγει τα μαθήματα των φυσικών επιστημών εμφανίζεται να δηλώνει στο *Γράφημα 29* πριν τη διδακτική παρέμβαση το 10,5% των μαθητών της ομάδας ελέγχου. Ένα ποσοστό της τάξεως του 3,5 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 86 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 1,9%,= αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας σε 5,6% και αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 92,5%.



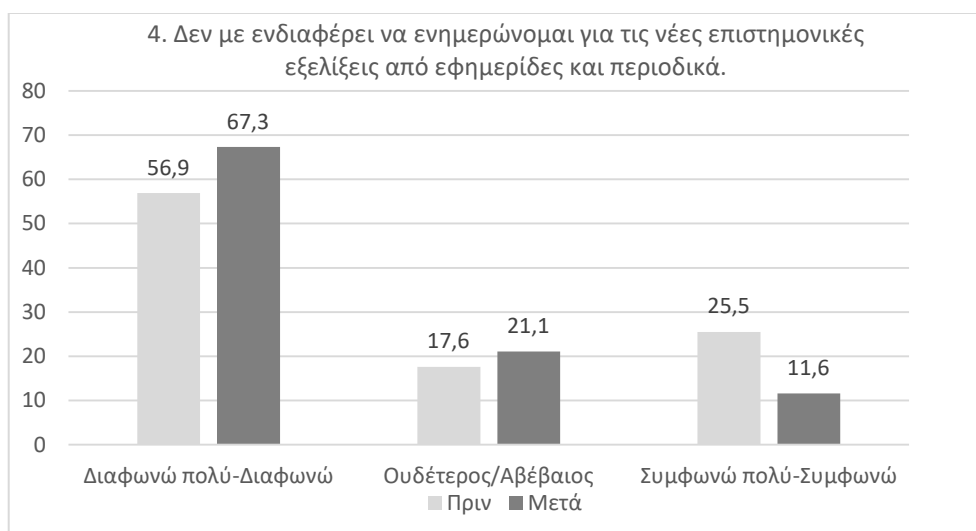
Γράφημα 30: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 3.

Αντίστοιχα στο *Γράφημα 30* εμφανίζεται πριν τη διδακτική παρέμβαση το 6% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι αποφεύγει τα μαθήματα των Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 18 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 76 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που εκφράζει θετική στάση σε 1,9% , σε μηδενισμό του ποσοστού ουδετερότητας και αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 96,1%.



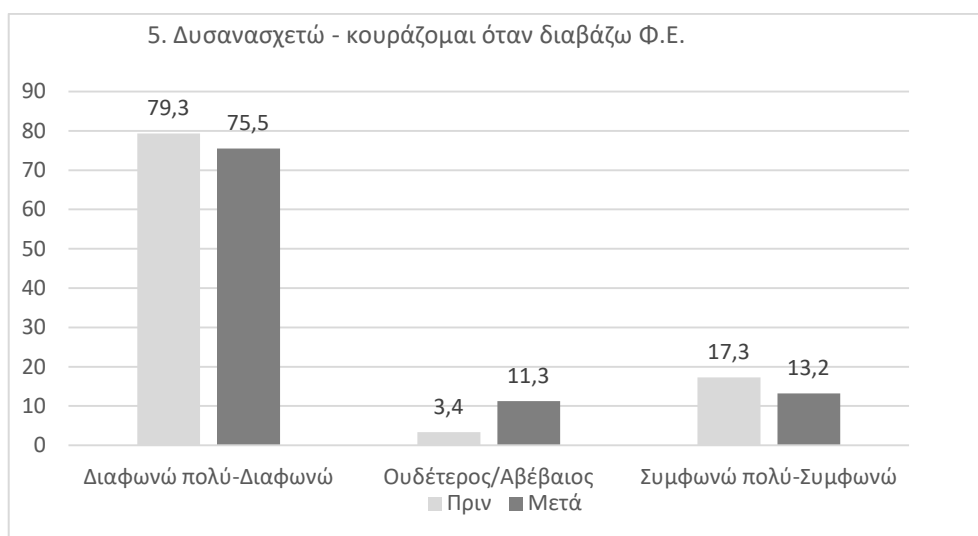
Γράφημα 31: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 4.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 4 του *Γραφήματος 31* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 20,6% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι δεν το ενδιαφέρει να ενημερώνεται για τις νέες επιστημονικές εξελίξεις από εφημερίδες και περιοδικά. Ένα ποσοστό της τάξεως του 19 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 60,4 % εμφανίζεται να ενδιαφέρεται. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μικρή μείωση του ποσοστού που εκφράζει έλλειψη ενδιαφέροντος σε 18,9%, μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 13,2% και αύξηση του ποσοστού ενδιαφέροντος σε 67,9%.



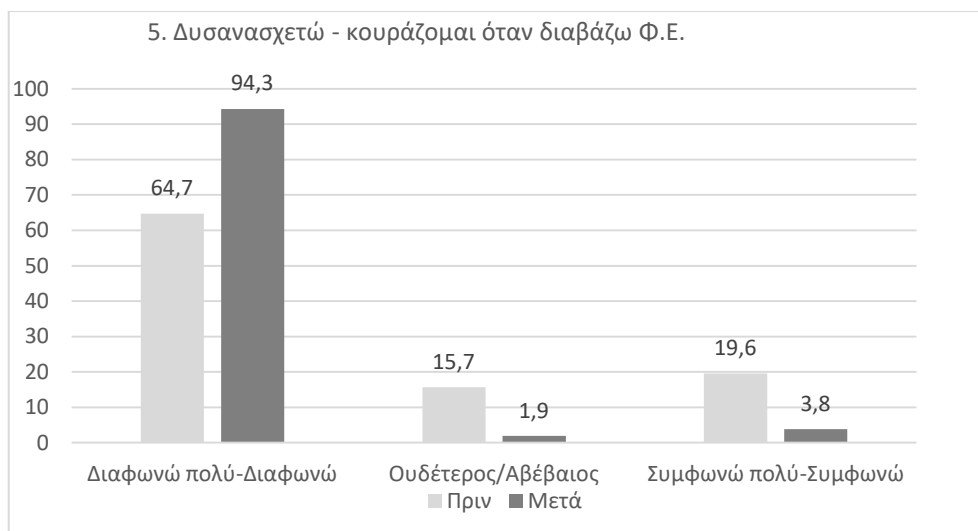
Γράφημα 32: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 4.

Αναφορικά με τις απαντήσεις στη Δήλωση 4 όπως αποτυπώνεται στο *Γράφημα 32* εμφανίζεται πριν τη διδακτική παρέμβαση το 25,5% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι δεν το ενδιαφέρει να ενημερώνεται για τις νέες επιστημονικές εξελίξεις από εφημερίδες και περιοδικά. Ένα ποσοστό της τάξεως του 17,6 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 56,9 % εμφανίζεται να ενδιαφέρεται. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που εκφράζει έλλειψη ενδιαφέροντος σε 11,6%, αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας σε 21,1% και αύξηση του ποσοστού ενδιαφέροντος σε 67,3%.



Γράφημα 33: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 5.

Στο *Γράφημα 33* παρουσιάζεται η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 5, η οποία εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 17,3% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι δυσανασχετεί ή κουράζεται όταν διαβάζει Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 3,4 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 79,3 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που δυσανασχετεί ή κουράζεται σε 13,2% , αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας σε 11,3% και μείωση του ποσοστού διαφωνίας σε 75,5%.



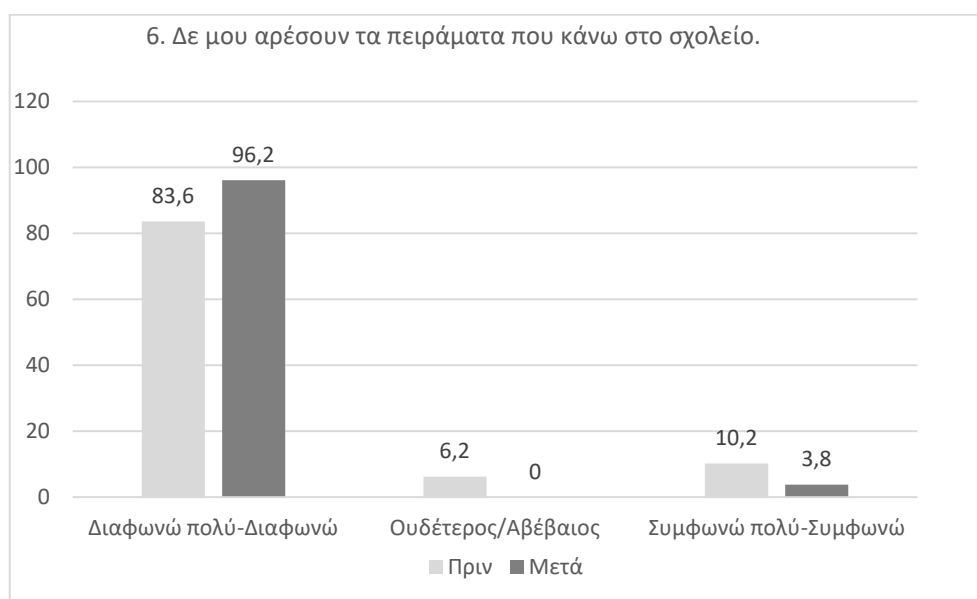
Γράφημα 34: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 5.

Αντίστοιχα στο Γράφημα 34 εμφανίζεται πριν τη διδακτική παρέμβαση το 19,6% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι δυσανασχετεί ή κουράζεται όταν διαβάζει Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 15,7 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 64,7 % εμφανίζεται να διαφωνεί. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που δυσανασχετεί ή κουράζεται σε 3,8% , μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 1,9% και σημαντική αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 94,3%.



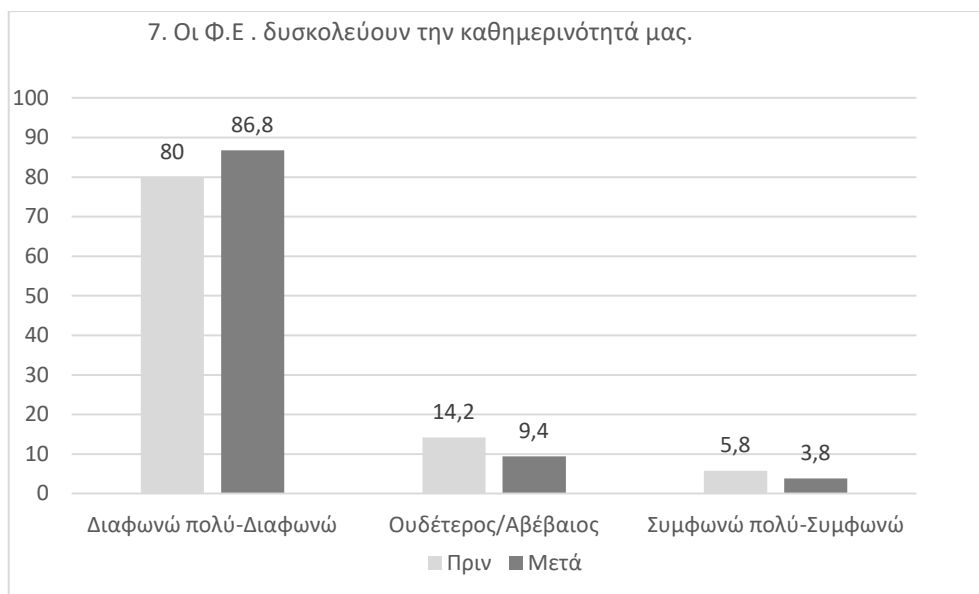
Γράφημα 35: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 6.

Το 7,2% των μαθητών της ομάδας ελέγχου δηλώνει ότι δεν τους αρέσουν τα πειράματα που κάνουν στο σχολείο όπως φαίνεται από τις απαντήσεις πριν τη διδακτική παρέμβαση στη Δήλωση 6 του *Γραφήματος* 35. Ένα ποσοστό της τάξεως του 3,6 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 89,2 % εμφανίζεται να τους αρέσουν. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που δεν τους αρέσουν σε 5,7% , αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας σε 3,7% και μικρή αύξηση του ποσοστού που τους αρέσουν σε 90,6%.



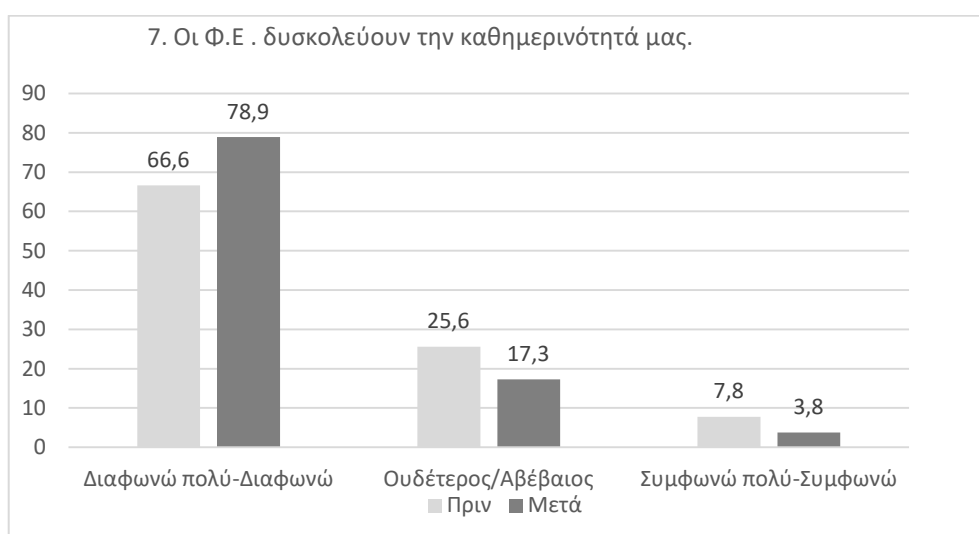
Γράφημα 36: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 6.

Η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 6 του *Γραφήματος* 36 παρουσιάζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 10,2% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι δεν τους αρέσουν τα πειράματα που κάνουν στο σχολείο. Ένα ποσοστό της τάξεως του 6,2 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 83,6 % εμφανίζεται να τους αρέσουν. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που δεν τους αρέσουν σε 3,8%, μηδενισμό του ποσοστού ουδετερότητας και αύξηση του ποσοστού που τους αρέσουν σε 96,2%.



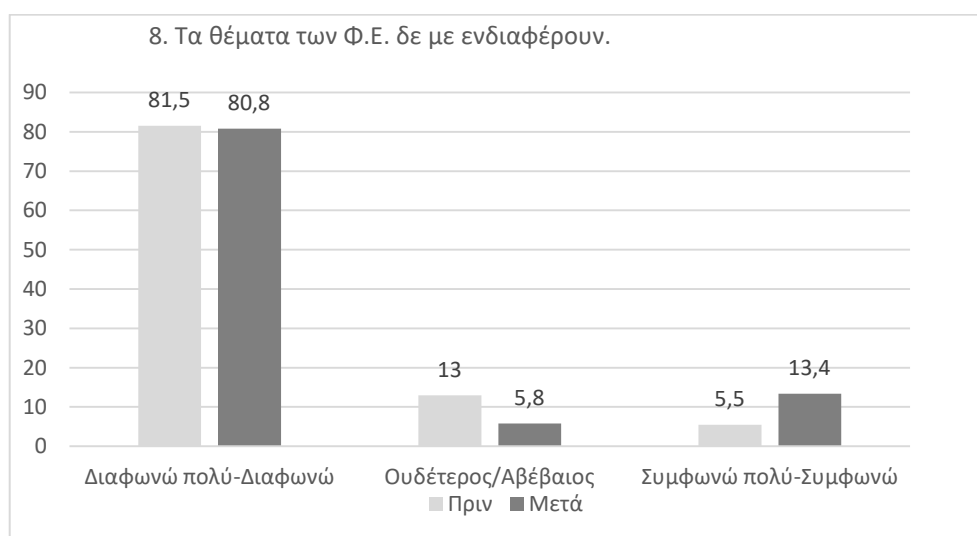
Γράφημα 37: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 7.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 7 του Γραφήματος 37 εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 5,8% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι οι Φ.Ε. δυσκολεύουν την καθημερινότητά μας. Ένα ποσοστό της τάξεως του 14,2 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 80 % εμφανίζεται να θεωρεί ότι αυτό δε συμβαίνει. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που θεωρεί ότι συμβαίνει αυτό σε 5,7%, μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 9,4% και αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 86,8%.



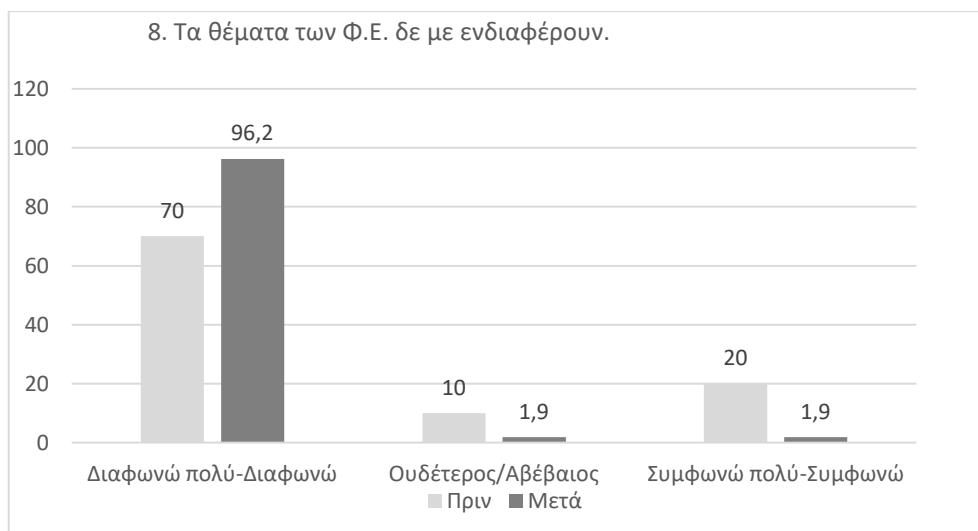
Γράφημα 38: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 7.

Ενώ η αντίστοιχη κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 7 του *Γραφήματος 38* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 7,8% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι οι Φ.Ε. δυσκολεύουν την καθημερινότητά μας. Ένα ποσοστό της τάξεως του 25,6 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 66,6 % εμφανίζεται να θεωρεί ότι αυτό δε συμβαίνει. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που θεωρεί ότι συμβαίνει αυτό σε 3,8% , μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 17,3% και αύξηση του ποσοστού διαφωνίας σε 78,9%.



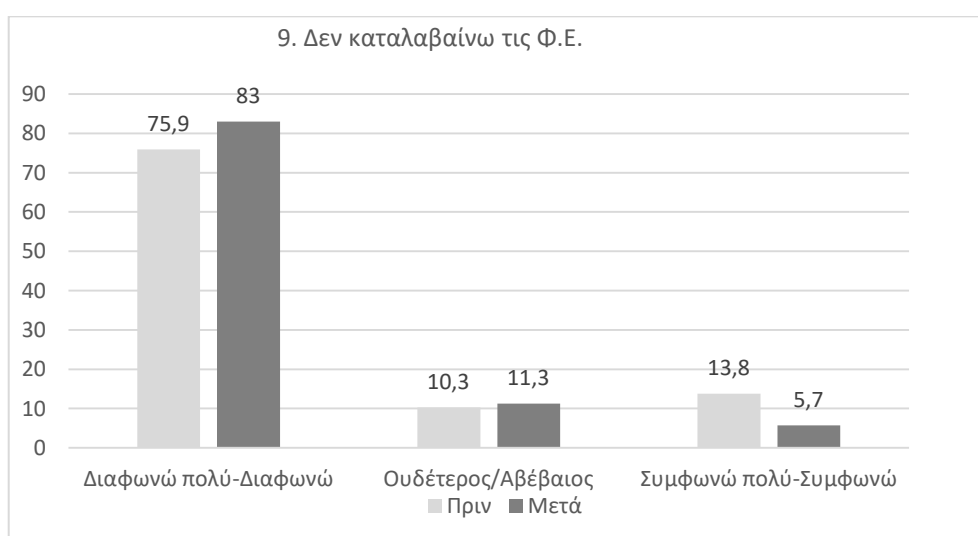
Γράφημα 39: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 8.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 8 του *Γραφήματος 39* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 5,5% των μαθητών της ομάδας ελέγχου να δηλώνει ότι δεν τους ενδιαφέρουν τα θέματα των Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 13 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 81,5 % εμφανίζει ενδιαφέρον. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται αύξηση του ποσοστού που δηλώνει έλλειψη ενδιαφέροντος σε 13,4%, μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 5,8% και μείωση του ποσοστού που εμφανίζει ενδιαφέρον σε 86,8%.



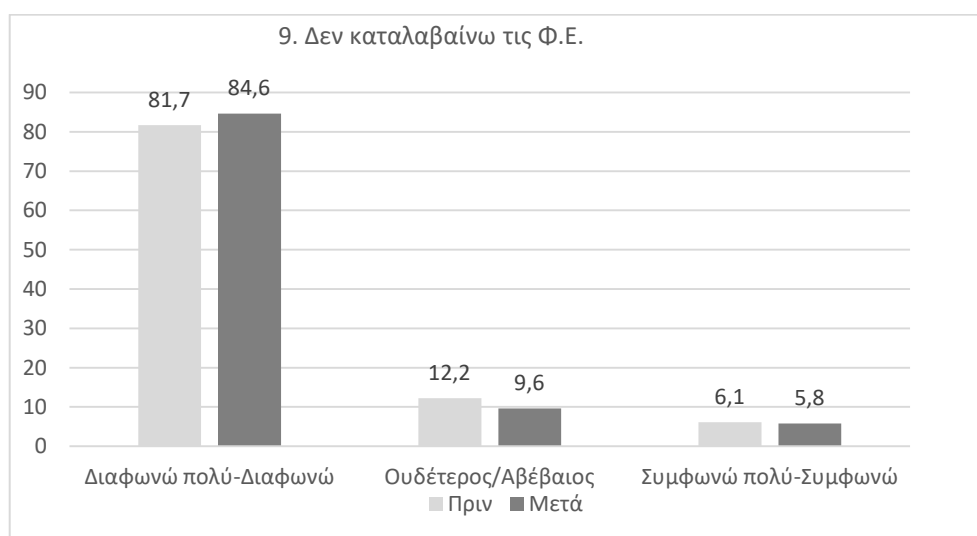
Γράφημα 40: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 8.

Αντίστοιχα στη Δήλωση 8 του *Γραφήματος 40* εμφανίζεται πριν τη διδακτική παρέμβαση το 20% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι δεν τους ενδιαφέρουν τα θέματα των Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 10 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 70 % εμφανίζει ενδιαφέρον. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που δηλώνει έλλειψη ενδιαφέροντος σε 1,9% , μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 1,9% και σημαντική αύξηση του ποσοστού που εμφανίζει ενδιαφέρον σε 96,2%.



Γράφημα 41: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 9.

Σε ποσοστό 13,8% ανέρχονται οι μαθητές της ομάδας ελέγχου που δηλώνουν πριν τη διδακτική παρέμβαση ότι δεν καταλαβαίνουν τις φυσικές επιστήμες όπως εμφανίζεται στη Δήλωση 9 του *Γραφήματος 41*. Ένα ποσοστό της τάξεως του 10,3 % παρουσιάζεται ουδέτερο και το 75,9 % εμφανίζει ευκολία κατανόησης. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που δηλώνει δυσκολία κατανόησης σε 5,7% , αύξηση του ποσοστού ουδετερότητας σε 11,3% και αύξηση του ποσοστού που εμφανίζει ευκολία στην κατανόηση σε 83%.



Γράφημα 42: Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην δήλωση 9.

Η κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 9 του *Γραφήματος 42* εμφανίζει πριν τη διδακτική παρέμβαση το 6,1% των μαθητών της πειραματικής ομάδας να δηλώνει ότι δεν καταλαβαίνει τις Φ.Ε. Ένα ποσοστό της τάξεως του 12,2% παρουσιάζεται ουδέτερο και το 81,7% εμφανίζει ευκολία κατανόησης. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μείωση του ποσοστού που δηλώνει δυσκολία κατανόησης σε 5,8% , μείωση του ποσοστού ουδετερότητας σε 9,6% και αύξηση του ποσοστού που εμφανίζει ευκολία στην κατανόηση σε 84,6%.

Στατιστικοί Έλεγχοι

3.4.2.1 Συγκρίσεις πριν και μετά σχετικά με την άγχος και το ενδιαφέρον της πειραματικής ομάδας

Στους παρακάτω πίνακες 13 και 14 αποτυπώνονται τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου για το επιστημονικό ενδιαφέρον και το άγχος των μαθητών της πειραματικής ομάδας.

Πίνακας 13 Στατιστικός Έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks		N	Mean Rank	Sum of Ranks
ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ -	Negative Ranks	17 ^a	16,68	283,50
ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ	Positive Ranks	18 ^b	19,25	346,50
	Ties	2 ^c		
	Total	37		
ΑΓΧΟΣ ΜΕΤΑ - ΑΓΧΟΣ	Negative Ranks	10 ^d	20,15	201,50
ΠΡΙΝ	Positive Ranks	26 ^e	17,87	464,50
	Ties	3 ^f		
	Total	39		

a. ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ < ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ

b. ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ > ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ

c. ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ = ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ

d. ΑΓΧΟΣ ΜΕΤΑ < ΑΓΧΟΣ ΠΡΙΝ

e. ΑΓΧΟΣ ΜΕΤΑ > ΑΓΧΟΣ ΠΡΙΝ

f. ΑΓΧΟΣ ΜΕΤΑ = ΑΓΧΟΣ ΠΡΙΝ

Πίνακας 14

Test Statistics ^a		
	ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ - ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ	ΑΓΧΟΣ ΜΕΤΑ - ΑΓΧΟΣ ΠΡΙΝ
Z	-,517 ^b	-2,069 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,605	,039

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon δείχνει ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας παρουσίασαν θετικές στάσεις για το ενδιαφέρον (19,25) μετά τη διδακτική παρέμβαση σε σχέση με πριν, χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά, (19,25), $z = -,517^b$, $p > 0.001$.

Αντίστοιχα, οι στάσεις τους για το άγχος βελτιώθηκαν (20,15) μετά τη διδακτική παρέμβαση σε σχέση με πριν, παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά, (20,15), $z=-2,069^b$, $p<0.05$.

3.4.2.2 Συγκρίσεις πριν και μετά σχετικά με το άγχος και το ενδιαφέρον της ομάδας ελέγχου

Στους παρακάτω πίνακες 15 και 16 αποτυπώνονται τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου για το ενδιαφέρον και το άγχος των μαθητών της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 15 Στατιστικός Έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ -	Negative Ranks	11 ^a	20,68	227,50
ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ	Positive Ranks	25 ^b	17,54	438,50
	Ties	2 ^c		
	Total	38		
ΑΓΧΟΣ ΜΕΤΑ -	Negative Ranks	13 ^d	19,46	253,00
ΑΓΧΟΣ ΠΡΙΝ	Positive Ranks	28 ^e	21,71	608,00
	Ties	4 ^f		
	Total	45		

a. ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ < ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ

b. ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ > ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ

c. ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ = ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ

d. ΑΓΧΟΣ ΜΕΤΑ < ΑΓΧΟΣ ΠΡΙΝ

e. ΑΓΧΟΣ ΜΕΤΑ > ΑΓΧΟΣ ΠΡΙΝ

f. ΑΓΧΟΣ ΜΕΤΑ = ΑΓΧΟΣ ΠΡΙΝ

Πίνακας 16 Στατιστικοί Έλεγχοι^a

	ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ - ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ	ΑΓΧΟΣ ΜΕΤΑ - ΑΓΧΟΣ ΠΡΙΝ
Z	-1,660 ^b	-2,309 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,097	,021

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon δείχνει ότι οι μαθητές της ομάδας ελέγχου παρουσίασαν μείωση των θετικών στάσεων για το ενδιαφέρον (17,54) και αντίστοιχη βελτίωση των στάσεων για το άγχος (21,71), χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μετά τη διδακτική παρέμβαση σε σχέση με πριν, τόσο με το ενδιαφέρον, (17,54), $z=-1,660^b$, $p>0.001$, όσο και με το άγχος (21,71), $z=-2,309^b$, $p>0.001$.

3.4.2.3 Συγκρίσεις πριν και μετά μεταξύ ομάδας ελέγχου και πειραματικής σχετικά με το ενδιαφέρον

Στους παρακάτω πίνακες, 17 και 18, εμφανίζονται τα στοιχεία του στατιστικού ελέγχου της σύγκρισης των αποτελεσμάτων για το επιστημονικό ενδιαφέρον των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 17 Στατιστικός Έλεγχος Mann-Whitney
Ranks

		Mean		
	ΟΜΑΔΑ	N	Rank	Sum of Ranks
ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	42	38,48	1616,00
	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	39	43,72	1705,00
	ΟΜΑΔΑ			
	Total	81		
ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	49	49,09	2405,50
	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	50	50,89	2544,50
	ΟΜΑΔΑ			
	Total	99		

Πίνακας 18 Στατιστικοί Έλεγχοι^a

	ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΠΡΙΝ	ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΜΕΤΑ
Mann-Whitney U	713,000	1180,500
Wilcoxon W	1616,000	2405,500
Z	-1,003	-,312
Asymp. Sig. (2-tailed)	,316	,755

a. Grouping Variable: ΟΜΑΔΑ

Ο στατιστικός έλεγχος Mann-Whitney δείχνει ότι οι στάσεις για το ενδιαφέρον των μαθητών και των δυο ομάδων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά $U=713,000$, $z=-1,003$, $p= .316$ και $U=1180,500$, $z=-,312$, $p= .755$ αντίστοιχα.

3.4.2.4 Συγκρίσεις πριν και μετά μεταξύ ομάδας ελέγχου και πειραματικής σχετικά με το άγχος

Στους παρακάτω πίνακες, 19 και 20, εμφανίζονται τα στοιχεία του στατιστικού ελέγχου της σύγκρισης των αποτελεσμάτων για το άγχος των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 19 Στατιστικός Έλεγχος Mann-Whitney
Ranks

	ΟΜΑΔΑ	N	Mean	
			Rank	Sum of Ranks
Άγχος ΠΡΙΝ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	50	45,66	2283,00
	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	40	45,30	1812,00
	ΟΜΑΔΑ			
	Total	90		
Άγχος ΜΕΤΑ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	52	53,38	2776,00
	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ	51	50,59	2580,00
	ΟΜΑΔΑ			
	Total	103		

Πίνακας 20 Στατιστικοί Έλεγχοι^a

	Άγχος ΠΡΙΝ	Άγχος ΜΕΤΑ
Mann-Whitney U	992,000	1254,000
Wilcoxon W	1812,000	2580,000
Z	-,065	-,476
Asymp. Sig. (2-tailed)	,948	,634

a. Grouping Variable: ΟΜΑΔΑ

Ο στατιστικός έλεγχος Mann-Whitney δείχνει ότι οι στάσεις για το άγχος των μαθητών και των δυο ομάδων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά $U=992,000$, $z=-,065$, $p= .948$, $U=1254,000$, $z=-,476$, $p=.634$.

4 Συμπεράσματα

Μέσα από τη στατιστική ανάλυση και επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών/τριών διαπιστώνεται ότι στη πλειοψηφία των ερωτήσεων, τόσο για τους μαθητές/τριες της Πέμπτης όσο και για τους μαθητές/τριες της Έκτης τάξης του δημοτικού σχολείου, τα μαθησιακά αποτελέσματα που αφορούν στην εννοιολογική κατανόηση για τη δύναμη της Τριβής και των δύο ομάδων, διαφέρουν.

Αναφορικά με τον έλεγχο του διερευνητικού ερωτήματος της έρευνας για τους μαθητές/τριες της Πέμπτης και της Έκτης τάξης δημοτικού, τα μαθησιακά αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών/τριών συνοψίζονται ως εξής:

Από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου των γνώσεων περιχομένου διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών/τριών των δύο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές/τριες της πειραματικής ομάδας υπερέχουν έναντι των μαθητών/τριών της ομάδας ελέγχου.

Με βάση τα παραπάνω, όσον αφορά στο διερευνητικό ερώτημα της έρευνας για τους μαθητές/τριες της Πέμπτης και Έκτης τάξης του δημοτικού, διαπιστώνεται ότι υπάρχει ουσιαστική διαφορά στην εννοιολογική κατανόηση μεταξύ των μαθητών/τριών που διδάσκονται με την αξιοποίηση της 3d εκτύπωσης και των μαθητών/τριών που εκτελούν παρόμοια πειράματα χωρίς αυτή, σχετικά με την έννοια της δύναμης της τριβής και την κατανόηση των παραγόντων από τους οποίους αυτή επηρεάζεται. Με άλλα λόγια, οι διδακτικές παρεμβάσεις και τα πειράματα, είτε εκτελεστούν με αντικείμενα καθημερινής χρήσης είτε με αντικείμενα τα οποία έχουν δημιουργήσει μόνοι του οι μαθητές/τριες με την χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης, παρότι έχουν εξίσου σημαντικά αποτελέσματα στην τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών προς τις επιστημονικά αποδεκτές, παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά, όταν συγκρίνονται μεταξύ τους.

Σε ότι αφορά στον έλεγχο του διερευνητικού ερωτήματος της έρευνας για τους μαθητές/τριες σχετικά με το επιστημονικό ενδιαφέρον και το άγχος για τις Φ.Ε., στις δηλώσεις τους φαίνεται ότι για το επιστημονικό ενδιαφέρον δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών/τριών των δύο ομάδων, τόσο πριν όσο και μετά

τις διδακτικές παρεμβάσεις. Αξιοσημείωτη είναι η διαπίστωση ιδιαίτερα υψηλού επιστημονικού ενδιαφέροντος για τις Φ.Ε. και στις δύο ομάδες, πριν την έναρξη της διαδικασίας των διδακτικών παρεμβάσεων, ενώ παρατηρείται βελτίωσή του, ανεξάρτητα της επιλογής διδακτικής παρέμβασης. Εξάλλου, παρόμοια θετική αποδεικνύεται η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης τόσο με τη χρήση της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D Printing), όσο και χωρίς αυτή, στο άγχος των μαθητών/τριών για τις Φυσικές Επιστήμες.

Μέσα από αυτή την έρευνα διαπιστώνεται η θετική επίδραση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην εννοιολογική κατανόηση και μάθηση της έννοιας της δύναμης της τριβής και των παραγόντων από τους οποίους αυτή επηρεάζεται, γεγονός το οποίο προκύπτει και από πρόσφατες έρευνες, που υλοποιήθηκαν σε μαθητές/τριες δημοτικών σχολείων για άλλες θεματικές περιοχές (Leduc-Mills και Eisenberg 2011, Mellis και Buechley 2012, Kostakis et al. 2015).

Επιβεβαιώνεται ότι η τεχνολογία 3D εκτύπωσης μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο STEM, καθώς εισάγει τους μαθητές/τριες στην διαδικασία σχεδιασμού, μια πρακτική που εμπεριέχεται στη Μηχανική, προσφέροντας μεγαλύτερες δυνατότητες για την εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης στην τάξη και τη συμμετοχή σε τεχνικές πρακτικές (National Research Council, 2012).

Τέλος, τα συμπεράσματα που προκύπτουν ενισχύουν τις απόψεις και άλλων ερευνητών, οι οποίοι συμφωνούν ότι η εκτύπωση 3D μπορεί να υποστηρίξει τη μάθηση, τη δημιουργικότητα και την αφοσίωση (Maloy et al., 2017; Buehler et al., 2016; Vaccarezza, Pappa, 2015; Chien, 2017; Gross et al., 2014).

5 Συζήτηση

Μολονότι οι δυο διδακτικές παρεμβάσεις που εφαρμόστηκαν δεν έχουν την ίδια αποτελεσματικότητα στην εννοιολογική κατανόηση της έννοιας της δύναμης της τριβής, πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση είτε της μιας είτε της άλλης, δεν είναι αυτονόητη στην καθημερινή σχολική πρακτική και δεν εξαρτάται μόνο από τον εκπαιδευτικό αλλά και από άλλους παράγοντες, όπως είναι για παράδειγμα η ύπαρξη στις σχολικές μονάδες των κατάλληλων μέσων και υλικών. Πιο συγκεκριμένα, εάν δεν υπάρχουν σύγχρονα εργαστήρια πληροφορικής, εξοπλισμένα με τρισδιάστατους εκτυπωτές στις σχολικές μονάδες, ο εκπαιδευτικός δεν θα μπορεί να κάνει χρήση των ανάλογων λογισμικών. Επιπρόσθετα, ο μικρός αριθμός του δείγματος συνιστά έναν επιπλέον περιορισμό. Από την παρούσα έρευνα, εξάλλου, προέκυψε ότι η διδακτική παρέμβαση που επιλέχθηκε και για τις δύο περιπτώσεις, παραμένει αποτελεσματική είτε εκτελεστεί με αντικείμενα που δημιουργήθηκαν από τους μαθητές/τριες είτε με αντικείμενα καθημερινής χρήσης.

Τέλος, είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι η συγκριτική μελέτη διδακτικών παρεμβάσεων με τη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης αποτελεί επίκαιρο αλλά και σημαντικό ζήτημα για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, διότι μέσα από αυτές τις συγκρίσεις είναι δυνατόν να προκύψουν πολύ χρήσιμα συμπεράσματα, τα οποία μπορούν να συνεισφέρουν στην επίτευξη αποτελεσματικότερης διδασκαλίας και μάθησης των εννοιών και των φαινομένων των Φυσικών Επιστημών. Συνεπώς, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα και σε άλλες έννοιες και φαινόμενα της Φυσικής, όπως είναι η επίπλευση των αντικειμένων κ.α. έτσι ώστε να εντοπιστούν κριτήρια, τα οποία θα βοηθούν στον καθορισμό της χρήσης της κατάλληλης διδακτικής παρέμβασης με αντικείμενα που θα δημιουργούνται από τους ίδιους τους μαθητές/τριες με τη χρήση εφαρμογών τρισδιάστατης εκτύπωσης ή έτοιμα αντικείμενα ή συνδυασμού τους και σε άλλες θεματικές ενότητες της Φυσικής.

“Ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάζονται τα αντικείμενα, αλλάζει τον κόσμο, η τρισδιάστατη εκτύπωση δίνει στα σχολεία την ευκαιρία να φανταστούν οι μαθητές κάτι, να το σχεδιάσουν και μέσα σε λίγα λεπτά να το κρατήσουν στο χέρι τους. Αυτές οι εξελίξεις δίνουν στα παιδιά την αίσθηση πως μπορούν να κάνουν οτιδήποτε. Αυτό είναι πολύ ισχυρό. Ποιος ξέρει τι θα δημιουργήσουν.”,
Sarah O’Rourke

6 Βιβλιογραφία

- Ajzen, I. (1988). Attitudes, personality, and behavior. Chicago: Dorsey.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (2000). Attitudes and the attitude-behavior relation: Reasoned and automatic processes. In W. Stroebe & M. Hewstone (Eds.), *European review of social psychology* (pp. 1–33). Chichester: John Wiley.
- Albarracin, D., & Wyer, R. S. (2005). Belief formation, organization and change: Cognitive and motivational influences. In D. Albarracin, B. T. Johnson, & M. P. Zanna (Eds.), *Handbook of attitudes and attitude change* (pp.273-322). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Allport, G.W. (1935). Attitudes. In C. Murchison (Ed) *Handbook of Social Psychology*, Worcester, Mass: Clark University Press.
- Alvarado, M., Gutch, R., & Wollen, T. (1987). *Learning the Media*. London: Macmillan
- Angeli, C., & Valanides, N. (2005). Preservice teachers as ICT designers: An instructional design modelbased on an expanded view of pedagogical content knowledge. *Journal of Computer-AssistedLearning*, 21(4), 292–302.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization,development, and assessment of ICT–TPCK: Advances in technological pedagogical contentknowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154–168.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2013). Technology Mapping: An approach for developing technologicalpedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 48(2), 199-221.
- Archambault, L. M., & Barnett, J. H. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge:Exploring the TPACK framework. *Computers & Education*, 52(1), 1656-168.

Artigue, M., Dillon, J., Harlen, W. & Lena, P. (2012), Resources for Implementing Inquiry in Science and in Mathematics at School (Ed. W. Harlen). *Learning through Inquiry*, Fibonacci-Project EU.<http://www.fibonacci-project.eu/>

Baker, T. R., & White, S. H. (2003). The effects of G.I.S. on students' attitudes, selfefficacy, and achievement in middle school science classrooms. *Journal of Geography*, 102, 243–254.

Baltimore, MD.Morrison, J., & Raymond Bartlett, V. (2009). STEM as curriculum. *Education Week*, 23(March 4), 28–31.

Barmby, P., Kind, P.M., & Jones, K. (2008). Examining changing attitudes in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1075–1093.

Besson, U., Borghi, L., De Ambrosis, A., & Mascheretti, P. (2007). How to teach friction: Experiments and models. *American Journal of Physics*, 75(12), 1106-1113.

Brooks, J. G. (1990). Teachers and students: Constructivist forging new connections. *Educational Leadership*, 47(5), 68–7.

Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1999). *In search of understanding: The case for constructivist classroom*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Bruner, J. (1977). *The Process of Education*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Bruner, J. S. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Bruner, J. S. (1990). *Acts of Meaning*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Bruner, J. S. (1991). The Narrative Construction of Reality. In: *Critical Inquiry*, 18, pp. 1-21.

Buckingham, D. (2003). *Media Education: Literacy, learning and contemporary culture*. Cambridge, UK: Polity Press.

Buehler, E., Comrie, N., Hofmann, M., McDonald, S., & Hurst, A. (2016). Investigating the implications of 3D printing in special education. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 8(3), 1–28.

Bybee R., Taylor J., Gardner A., Van Scotter P., Powell J. C., Westbrook A., & Landes N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs: BSCS.

Bybee, R. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.

C. Scholz, A. Sack, M. Heckel, T. Pöschel, Inexpensive Mie scattering experiment for the classroom manufactured by 3D printing, *Eur. J. Phys.* 37 (2016). doi:10.1088/0143.

Çetinkaya, M., & Tas, E. (2015). Developing, Implementing, Evaluation of an Attitude Scale for Towards Science and Technology Education. *Journal of Education and Human Development*, 4(2). <https://doi.org/10.15640/jehd.v4n2a18>.

Chen, J. & Chang, C. (2006). Using computers in early childhood classrooms: Teachers' attitudes, skills and practices. *Journal of Early Childhood Research*, 4(2), 169-188.

Chen, J. A., Tutwiler, M. S., Metcalf, S. J., Kamarainen, A., Grotzer, T., & Dede, C. (2016). A multi-user virtual environment to support students' self-efficacy and interest in science: a latent growth model analysis. *Learning and Instruction*, 41, 11–22.

Chien, Y.-H. (2017). Developing a pre-engineering curriculum for 3D printing skills for high school technology education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 2941–2958 Council on Competitiveness, 2005.

Crano, W.D., & Prislin, R. (2006). Attitudes and persuasion. *Annual Review of Psychology*, 57, 345–374.

Deci, E. L., Eghrari, H., Patrick, B. C., & Leone, D. R. (1994). Facilitating internalization: the self-determination theory perspective. *Journal of Personality*, 62(1), 119–142.

Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science student. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.

Driver, R. (1988). Theory into Practice II: A Constructivist Approach to Curriculum Development. In Fensham, P. (Ed.). *Development and Dilemmas in Science Education* (pp. 133-149). London: The Falmer Press.

Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1998). Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών. Εκδόσεις Τυπωθήτω.

Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671– 688.

Eagly, A. H., & Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Fort Worth, TX: Harcourt Brace Jovanovich.

Ernest, P. (1989). The knowledge, beliefs, and attitudes of the mathematics teacher: A model. *Journal of Education for Teaching*, 15, 13-33.

Ernest, P. (1995). The one and the many. In L. Steffe & J. Gale (Eds.). *Constructivism in education* (pp.459-486). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Eryilmaz, A. (2002). Effects of conceptual assignments and conceptual change discussions on students' misconceptions and achievement regarding force and motion. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 1001–1015.

Ferguson, B. (1981). Practical work and pedagogy. *Screen Education*, (38), 42-55.

Fetler, M. (2001). Student mathematics achievement tests scores, dropout rates and teacher characteristics. *Teacher Education Quarterly*, 28(1), 151-168.

Finkelstein ND, Adams WK, Keller CJ, Kohl PB, Perkins KK, Podolefsky NS, Reid S, LeMaster R (2005). When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Phys Rev ST*.

Ford, S., & Minshall, T. (2017). *Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education*.

Ford, Simon & Minshall, Tim. (2019). Invited Review Article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. 25. 131-150. 10.1016/j.addma.2018.10.028.

Francis, L. J., & Greer, J. E. (1999). Attitude toward science among secondary school pupils in Northern Ireland: Relationship with sex, age and religion. *Research in Science & Technological Education*, 17(1), 67–74.

Gardner, P. L. (1975a). Attitudes to science: A review. *Studies in Science Education*, 2, 1– 41.

Garnett, P. J., Garnet P. J., & Hackling, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69–95.

George, R. (2006). A cross domain analysis of change in students' attitudes toward science and attitudes about the utility of science. *International Journal of Science Education*, 28(6), 571–589.

Gilbert, J., Osberne, R., Fensham, P. (1982). Children's Science and Its Consequences for Teaching. *Science Education*, vol. 66 (4), pp. 623-633.

Graham C. R. (2011). Theoretical considerations for understanding technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 57, 1953–1960.

Greenwald, A. G. 1989, 'Why are attitudes important?'. In Pratkanis, A. R., Breckler, S. J. & Greenwald, A. G. (Ed.). *Attitude Structure and Function* (pp. 1-10). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Griffiths, A.K. & Preston, K.R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Education*, 29, 611-628.

Groenendyk, M. (2016), "Cataloging the 3D web: the availability of educational 3D models on the internet", *Library Hi Tech*, Vol. 34 No. 2, pp. 239-258.

Gross, B. C., Erkal, J. L., Lockwood, S. Y., Chen, C., & Spence, D. M. (2014). Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences. *Analytical Chemistry*, 86(7), 3240–3253.

Guttman, L. (1944). A basis for scaling qualitative data. *American Sociological Review*, 9, 139-150.

Hallam, S., & Ireson, J. (2003). Secondary school teachers' attitudes towards and beliefs about ability grouping. *British Journal of Educational Psychology*, 73, 343–356.

Harlen, W. (1992). *The teaching of Science*. David Fulton Publishers Ltd.

Hassan, G. (2008). Attitudes toward science among Australian tertiary and secondary school students. *Research in Science & Technological Education*, 26(2), 129–147.

Hewitt, P.G. (2005). Οι έννοιες της Φυσικής. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Hill G., Atwater, M., & Wiggins, J. (1995). Attitudes toward science of urban seventh grade life science students over time, and the relationship to future plans, family, teacher, curriculum, and school. *Urban Education*, 30, 71–92.

Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion, *Journal of Curriculum Studies*, 28, pp. 115–135.

Honebein, P. (1996). Seven goals for the design of Constructivist learning environments. In B. Wilson, *Constructivist learning environments*, pp. 17–24. New Jersey: Educational Technology Publications.

Hong, Z.R. (2010). Effects of a collaborative science intervention on high achieving students' learning anxiety and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 32(15), 1971–1988.

Hong, Z.R., Lin, H.S., & Lawrenz, F. (2008a). Promoting single-parent family children's attitudes toward science and science performance through extracurricular science intervention in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 30(4), 469–493.

Hong, Z.R., Lin, H.S., & McCarthy Veach, P. (2008b). Effects of an extracurricular science intervention on science performance, self-worth, social skills, and sexist attitudes of Taiwanese adolescents from single-parent families. *Sex-Roles—A Journal of Research*, 59, 555–567.

Hong, Z.R., Lin, H.S., Wang, H.H., Chen H.T., Yang, K.K. (2013). Promoting and Scaffolding Elementary School Students' Attitudes Toward Science and Argumentation Through a Science and Society Intervention. *International Journal of Science Education*, 35, 16-25

Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers and Education*, 36, 183-204.

Jonassen, D. (1991). Evaluating Constructivist Learning. *Educational Technology*, 36(9),28-33.

Jonassen, D. (1994). Thinking technology. *Educational Technology*, 34(4), 34-37.

Jonassen, D. H. (1991). Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm? *Education Technology Research and Development*, 39, 5–14.

Kind, P. M., Jones, K., & Barmby, P. (2007). Developing attitudes toward science measures. *International Journal of Science Education*, 29(7), 871–893.

Klammer, J. (1998). An overview of techniques for identifying, acknowledging, and overcoming alternate conceptions in physics education. 1997–98 Klingenstein Paper Project, Teacher's College, Columbia University.

Koballa, T. R., & Crawley, F. E. (1985). The influence of attitude on science teaching and learning. *School Science and Mathematics*, 85, 222–232.

Koballa, T. R., & Glynn, S. M. (2007). Attitudinal and motivational constructs in science learning. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 75–102). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Koballa, T.R. Jr. (1988). Attitudes and related concepts in science education. *Science Education*, 72, 115–126.

Koehler, M. J., & Mishra P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32, 131–152.

Koehler, M. J., & Mishra P. (2008). Introducing TPACK. In AACTE Committee on Innovation and Technology (Eds.), *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) for educators* (pp.3–29). New York: Routledge.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.

Koka, A., & Hein, V. (2003). Perceptions of teacher's feedback and learning environment as predictors of intrinsic motivation in physical education. *Psychology of Sport and Exercise*, 4(4), 333–346.

Kostakis, V., Niaros, V., & Giotitsas, C. (2015). Open source 3D printing as a means of learning: an educational experiment in two high schools in Greece. *Telematics and Informatics*, 32(1), 118–128.

Kostakis, V., Niaros, V., & Giotitsas, C. (2015). Open source 3D printing as a means of learning: an educational experiment in two high schools in Greece. *Telematics and Informatics*, 32(1), 118–128.

Kruger, R. C., Palacio, D., Summers, M. (1991). Understanding energy. Primary School Teachers and Science (PSTS) Project. Published by Oxford University Department of Educational Studies and Westminster College, Oxford.

Kruglanski, A. W. (1989). Lay epistemics and human knowledge: Cognitive and motivational basis. New York: Plenum.

Leach, J., & Scott, P. (2003). Individual and Sociocultural Views of Learning in Science Education, *Science & Education*, 12, 91-113.

Leduc-Mills, B., & Eisenberg, M. (2011). The UCube: a child-friendly device for introductory three-dimensional design. In Paper presented at the proceedings of the 10th international conference on interaction design and children. New York: ACM.

Liang, L. L. & Gabel, D. L. (2005). Effectiveness of a constructivist approach to science instruction for prospective elementary teachers. *International Journal of Science Education*, 27(10), 1143–1162.

Likert, R. (1932). "A Technique for the Measurement of Attitudes". *Archives of Psychology* 140: 1–55.

Loyen, S. M. & Gijbels, D. (2008). Understanding the effects of constructivist learning environments: Introducing a multi-directional approach. *Instructional Science*, 36, 351–357.

M. Groenendyk, Cataloging the 3D web: the availability of educational 3D models on the M. Rainone, C. Fonda, E. Canessa, IMAGINARY Math Exhibition using Low-cost 3D Printers, Trieste, Italy, 2014.

M.F. Coakley, D.E. Hurt, N. Weber, M. Mtingwa, E.C. Fincher, V. Alekseyev, D.T. Chen, A. Yun, M. Gizaw, J. Swan, T.S. Yoo, Y. Huyen, The NIH 3D Print Exchange: A Public Resource for Bioscientific and Biomedical 3D Prints, *3D Print. Addit. Manuf.* 1 (2014) 137–140. doi:10.1089/3dp.2014.1503.

M.L. Smith, J.F.X. Jones, Dual-Extrusion 3D Printing of Anatomical Models for Education Construction of Airway Models, *Anat. Sci. Educ.* (2017) Forthcoming. doi:10.1002/ase.1730.

Maloy, R., Trust, T., Kommers, S., Malinowski, A., & LaRoche, I. (2017). 3D modeling and printing in history/social studies classrooms: initial lessons and insights. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 17(2).

Martin, M.O., Mullis, I.V.S., & Foy, P. (2008). TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's trends in international mathematics and science study at the fourth and eighth grades. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education Boston College.

Masterman, L. (1980). *Teaching about Television*. London: Macmillan. Masterman, L. (1985). *Teaching the Media*. London.

Mellis, D. A., & Buechley, L. (2012). Case studies in the personal fabrication of electronic products. Paper presented at the proceedings of the designing interactive systems conference, ACM, New York.

Mikropoulos T.A., Sampson D.G., Nikopoulos A., Pintelas P. (2014) The Evolution of Educational Technology Based on a Bibliometric Study. In: Karagiannidis C., Politis P., Karasavvidis I. (eds) Research on e-Learning and ICT in Education. Springer, New York, NY.

Mikropoulos, T. A. & Natsis, A. (2011). Educational Virtual Environments: A Ten Year Review of Empirical Research (1999 – 2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780.

Ministry of Education. (2006). The comparison and analyze between Taiwan and United States females obtaining high academic degree and teaching in university. Retrieved from http://www.edu.tw/files/site_content/B0013/94fegain.pdf.

Mishra, P, Koehler, MJ (2006) Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge Teachers College Record 2006108610171054.

Models, J. Mater. Educ. 36 (2014) 77–96.

Morrison, J. (2006). STEM education monograph series: Attributes of STEM education. Teaching Institute for Essential Science.

Murphy, C., & Beggs, J. (2003). Children's perceptions of school science. *School Science Review*, 84(308), 109–116.

Murphy, C., Ambusaidi, A., & Beggs, J. (2006). Middle East meets West: Comparing children's attitudes to school science. *International Journal of Science Education*, 28(4), 405–422.

Murray, T., Winship, L., Stillings, N., Shartar, E., Galton, A., Moore R., & Bellin, R. (2003). An inquiry-based simulation learning environment for the ecology of forest growth. Final Report for NSF Grant DUE-9972486, CCLI Program.

Narum, J. (2008). Promising Practices in Undergraduate STEM Education. Commissioned paper presented at NRC workshop on Evidence on Selected Promising

Practices in Undergraduate Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education. Washington, DC.

National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas* (committee on a conceptual framework for new K-12 science education standards. Board on science education, division of behavioral and social sciences and education ed.). Washington, DC: The National Academies Press.

Niess M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21, 509–523.

Niess M. L. (2011). Investigating TPACK: Knowledge growth in teaching with technology. *Journal of Educational Computing Research*, 44, 299–317.

Novak, E., & Wisdom, S. (2018). Effects of 3D Printing Project-based Learning on Preservice Elementary Teachers' Science Attitudes, Science Content Knowledge, and Anxiety about Teaching Science. *Journal of Science Education and Technology*.

Novak, E., Wisdom, S. Effects of 3D Printing Project-based Learning on Preservice Elementary Teachers' Science Attitudes, Science Content Knowledge, and Anxiety About Teaching Science. *J Sci Educ Technol* 27, 412–432 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9733-5>

NRC - National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press. <http://smdepo.org/download/228417075fe45>.

Odom, A. L., Stoddard, E., & LaNasa, S. (2007). Teacher practices and middle school science achievements. *International Journal of Science Education*, 29, 1329–1346.

OECD. (2007). *PISA 2006: Science competencies for tomorrow's world*. Paris: Author.

Osborne, J. and Hennesy, S. (2003). Literature review in science education and the role of ICT: Promise, problems and future directions. A report for NESTA Futurelab (Report 6).

Osborne, J., Simon, S. and Collins, S. (2003). Attitude towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education* 25, no. 9: 1049–79.

Osborne, R., Freyberg, P. (1985). (Eds) *Learning in Science: The Implications for Children's Science*. Heinemann, Auckland, New Zealand.

Osborne, R.J., Bell, B.F. & Gilbert, Y.K. (1983). Science teaching and children's view of the world. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 1-14.

Osgood, c. e. , Suci, g. j. & Tannenbaum, p. h. (1957). *The measurement of meaning*. Urbana: University of Illinois Press.

P. Moeck, J. Stone-Sundberg, T.J. Snyder, W. Kaminsky, Enlivening 300 Level General Education Classes on Nanoscience and Nanotechnology with 3d Printed Crystallographic Models, *J. Mater. Educ.* 36 (2014) 77–96.

P.P. Rodenbough, W.B. Vanti, S.-W. Chan, 3D-Printing Crystallographic Unit Cells for Learning Materials Science and Engineering, *J. Chem. Educ.* 92 (2015) 1960–1962.

Papanastasiou, C., & Papanastasiou, E. C. (2002). The process of science achievement. *Science Education International*, 13(2), 12–24.

Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., & Jaccheri, L. (2017). Empirical studies on the maker movement, a promising approach to learning: a literature review. *Entertainment Computing*, 18, 57–78.

Petty, R. E., & Cacioppo, J. T. (1981). *Attitudes and persuasion: Classic and contemporary approaches*. Dubuque, IA: William C. Brown.

Pfundt, H., & Duit, R. (1994). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education* (4th ed.). Kiel, Federal Republic of Germany: Institute for Science Education.

Phys Educ Res 1(1):010103 Fisher, K.M. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 53-62.

Pratkanis A.R., & Greenwald, A.G. (1989). A Sociocognitive Model of Attitude Structure and Function. Στο L. Berkowitz , *Advances in Experimental Social Psychology*. New York : Academic Press.

R. Maloy, T. Trust, S. Kommers, A. Malinowski, I. LaRoche, 3D Modeling and Printing in History/Social Studies Classrooms: Initial Lessons and Insights, *Contemp. Issues Technol. Teach. Educ.* 17 (2017) 229–249.

Reid, N. (2006). Thoughts on attitude measurement. *Research in Science & Technological Education*, Vol. 24, No. 1, May 2006, pp. 3–27.

Resnick, L. B. (1983). Mathematics and science learning: A new conception. *Science*, 220, 477–478.

Ricco, R., Pierce, S. S., & Medinilla, C. (2010). Epistemic beliefs and achievement motivation in early adolescence. *Journal of Early Adolescence*, 30(2), 305–340.

Rosenberg, M. J. & Hovland, C. I. 1960, ‘Cognitive, affective, and behavioural components of attitudes’, in Hovland, C. I. & Rosenberg, M. J. (Ed.). *Attitude Organisation and Change: An Analysis of Consistency Among Attitude Components* (pp.1-14), New Haven, CT: Yale University Press.

Sadik, A. (2006). Factors influencing teachers’ attitudes toward personal use and school use of science teaching. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 418 869).

Sadık, A. (2006). Factors influencing teachers’ attitudes toward personal use and school use of computers. *Evaluation Review*, 30(1), 86–113.

Salinger, G. & Zuga, K. (2009). Background and history of the STEM movement. In ITEEA (Ed.), *The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering* (pp. 4-9). Reston, VA: ITEEA. S.

Sanders, Mark, 2009 , *International Technology Education Association (ITEA)*, v68 n4 p20-26 Dec 2008.

Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 377–398.

Sheldrake, R. (2016). Confidence as motivational expressions of interest, utility, and other influences: Exploring under-confidence and over-confidence in science students at secondary school. *International Journal of Educational Research*, 76, 50–65. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2015.12.001>.

Shrigley, R. (1990). Attitudes and behavior are correlates. *Journal of Research in Science teaching*, 27, 97–113.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4–14.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 122.

Simpson, R., Koballa, T.R., Oliver, J., & Crawley, F. (1994). Research on the effective dimension of science learning. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (New York: Macmillan).

Southerland, S., Abrams, E., Cummins, C., & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or p-prims? *Science Education*, 85, 328–348.

Sullivan, P., & McCartney, H. (2017). Integrating 3D printing into an early childhood teacher preparation course: Reflections on practice. *Journal of Early Childhood Teacher Education*, 38(1), 39–51.

Tao, P.-K., & Gunstone, R. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 859–882. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199909\)36:7<859::AID-TEA7>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199909)36:7<859::AID-TEA7>3.0.CO;2-J).

Tarekegn, G. (2009). Can computer simulations substitute real laboratory apparatus? *Latin-American Journal of Physics Education*, 3.

Timms, M. J. (2010). Using item response theory to select hints in an intelligent tutoring system. Proceedings of the 2007 conference on Artificial Intelligence in Education: Building technology rich learning contexts that work, 213–221.

Thurstone, L.L. (1931). Rank order as a psychological method. *Journal of Experimental Psychology*, 14, 187-201.

Treagust, D.F., Duit, R. & Fraser, B.J. (1996). Overview: research on students' preinstructional conceptions – the driving force for improving teaching and learning in science and mathematics. In D.F. Treagust, R. Duit & B.J. Fraser (Eds.). *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp. 1-14). NY: Teachers College Press.

Uzuntiryaki, E., Boz, Y., Kirbulut, D., & Bektas, O. (2009). Do Pre-service Chemistry Teachers Reflect their Beliefs about Constructivism in their Teaching Practices?, Research in Science Education, DOI 10.1007/s11165-009-9127-z.

Vaccarezza, M., & Papa, V. (2015). 3D printing: a valuable resource in human anatomy education. *Anatomical Science International*, 90(1), 64–65.

Valanides, N., & Angeli, C. (2008 α). Learning and teaching about scientific models with a computer modeling tool. *Computers in Human Behavior*, 24(2), 220–233.

Valanides, N., & Angeli, C. (2008 β). Professional development for computer-enhanced learning: A casestudy with science teachers. *Research in Science and Technological Education*, 26(1), 3–12.

Verner, I., & Merksamer, A. (2015). Digital Design and 3D Printing in Technology Teacher Education. *Procedia CIRP*, 36(Supplement C), 182–186.

Von Glasersfeld, E. (1993). Questions and answers about radical constructivism. In K. Tobin (Ed.), *The practice of constructivism in science education* (pp. 23–38). Washington, DC: AAAS Press.

Voogt, J., Fisser, P., Pareja, R. N., Tondeur, J., & van Braak, J. (2012). Technological pedagogical content knowledge – A review of literature. *Journal of Computer-Assisted Learning*, 29(2), 109-121.

Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: The MIT Press.

W. Easley, E. Buehler, G. Salib, A. Hurst, *Fabricating Engagement: Using 3D Printing to Engage Underrepresented Students in STEM Learning*, in: ASEE Annu. Conf. Expo., ASEE, Columbus, USA, 2017.

Wilson, B. & Cole, P. (1991) A review of cognitive teaching models. *Educational Technology Research and Development*, 39(4), 47-64.

Yi, S., Park, H., & Lee, Y. (2016). Development of the TPACK-Based Curriculum with 3D Printer for Pre-service Teachers. Paper presented at the E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2016, Washington, DC, United States. <https://www.learntechlib.org/p/173978>.

Zacharia, C. Z., & Constantinou, P. C. (2008). Comparing the influence of physical and virtual manipulatives in the context of the Physics by Inquiry curriculum: The case of undergraduate students' conceptual understanding of heat and temperature. *American Journal of Physics*, 76(4), 425 – 430.

Zacharia, Z. C., & Michael, M. (2016). Using Physical and Virtual Manipulatives to Improve Primary School Students' Understanding of Concepts of Electric Circuits. In M. Riopel, & Z. Smyrniou (Eds). *New Developments in Science and Technology Education, Innovations in Science Education and Technology* 23 (pp. 125-140). Switzerland: Springer International Publishing.

Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning & Instruction*, 21(3), 317–331.

Zacharia, Z., & Anderson, O.R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71(6), 618–629.

Zacharia, Z.C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23 (2), 120 – 132.

Zacharia, Z. C., & de Jong, T. (2014). The effects on students' conceptual understanding of electric circuits of introducing virtual manipulatives within a physical manipulatives-oriented curriculum. *Cognition and instruction*, 32(2), 101-158.

Zanna, M. P., & Fazio, R. H. (1982). The attitude-behavior relation: Moving toward a third generation of research. In M. P. Zanna, E. T. Higgins, C. P. Herman (Eds.), *Consistency in social behavior: The Ontario symposium* (Vol. 2, pp. 283-301). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

Zint, M. (2002). Comparing three attitude-behavior theories for predicting science teachers' intention. *Journal of Research in Science* Volume 39, Issue 9, pages 819–844, DOI: 10.1002/tea.10047.

Βαϊνάς, Δ., Βλάσσης, Μ., Καραλιώτα, Α. (2007). *Εφαρμογή της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου κατά τη διδασκαλία μιας εργαστηριακής άσκησης χημείας (αντιδράσεις απλής αντικατάστασης)*, Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Τεύχος Β'. http://kodipheet.chem.uoi.gr/fifth_conf/pdf_synedriou/teyxos_B/3_didakt_didask_xhm/8_XHM-06telikiF.pdf.

Γρυπαίου, Α. , Καρπούζης, Κ. (2018) Η εκπαιδευτική ρομποτική στο μάθημα των φυσικών επιστημών, <http://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/11477>.

Δαφέρμος, Β. (2005). *Κοινωνική Στατιστική με το SPSS*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΖΗΤΗ.

Ευαγγέλου Β. Φ. & Κώτσης Θ. Κ. (2014). Συγκριτική μελέτη της επίδρασης πραγματικών και εικονικών πειραμάτων στη μάθηση για το φαινόμενο του βρασμού του νερού σε μαθητές Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού Σχολείου. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 7(1-2), 5-24.

Ευαγγέλου, Β. Φ., & Κώτσης, Θ. Κ. (2009). Γνωρίσματα ερευνών της Διεθνούς Βιβλιογραφίας σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση εικονικών και

πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπιδής (Επ.), Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών (σελ. 335 – 342).

Ευαγγέλου, Β. Φ., & Κώτσης, Θ. Κ. (2012). Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού Σχολείου, μετά από πραγματικά ή εικονικά πειράματα για τη δύναμη της τριβής. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, 5 (1-2), 27 – 43.

Ευαγγέλου, Φ. (2012). Η επίδραση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Ευαγγέλου, Φ., Κώτσης, Κ. (2017). Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα πραγματικών και εικονικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση φυσικών επιστημών. Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη, (64-65): 83-103.

Ζαχαρία, Ζ. (2013). Συνδυασμός πραγματικών και εικονικών μέσων πειραματισμού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στο Δ. Βαβουγιός & Σ. Παρασκευόπουλος (Επ.), Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σελ.42).

Ζαχαρία, Ζ., & Ευαγόρου, Μ. (2004). Η επίδραση του εργαστηριακού πειραματισμού και του πειραματισμού μέσω αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου, & Μ. Πατσαδάκης (Επ.), Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση - Φυσικές Επιστήμες: Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση (τ.Α, σελ. 343-349). Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Αθήνα.

Κατσή, Α., Σιδερίδης, Γ., Εμβαλωτής, Α. (2010). Στατιστικές μέθοδοι στις κοινωνικές επιστήμες. Αθήνα.

Κατσιλλης, Ι., 2006. Επαγωγική Στατιστική Εφαρμοσμένη στις Κοινωνικές Επιστήμες και την Εκπαίδευση με έμφαση στην Ανάλυση με Υπολογιστές. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.

Κοκκινάκη, Φ. (2005). Κοινωνική Ψυχολογία: Εισαγωγή στη Μελέτη της Κοινωνικής Συμπεριφοράς. Gutenberg Τυπωθήτω, Αθήνα.

Κωνσταντίνου, Ν. & Ζαχαρία, Ζ. (2008). Η επίδραση πραγματικών και εικονικών περιβαλλόντων μάθησης στις αντιλήψεις παιδιών της Α' Δημοτικού για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής αναφορικά με τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας. Πρακτικά 10ου Συνεδρίου Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου με θέμα: Ποιότητα στην εκπαίδευση: έρευνα και διδασκαλία (σ. 294 – 316), Λευκωσία, Κύπρος.

Κώτσης Θ. Κ. & Ευαγγέλου Β. Φ. (2010). Μαθησιακά αποτελέσματα μετά από την εκτέλεση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Πέμπτης και Έκτης Δημοτικού σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, 3(3), 141-158.

Κώτσης, Θ. Κ., & Ευαγγέλου, Β. Φ. (2007). Εικονικό ή πραγματικό πείραμα στη διδασκαλία της Φυσικής για την αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών και φοιτητών: Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση. Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 20, 57 – 90.

Κώτσης, Θ. Κ., & Ευαγγέλου, Β. Φ. (2011). Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών Ε' Δημοτικού Σχολείου, μετά από πραγματικά ή εικονικά πειράματα για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Στο Γ. Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (επιμ.), Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες (σ.228 - 237).

Λεύκος, Ι., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2009). Ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων μέσα από ένα εικονικό περιβάλλον στην περιοχή των θερμικών φαινομένων. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (Επ.), Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών (σ. 495 – 503).

Μικρόπουλος, Τ. Α. (2002). Προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις στην οικοδόμηση εννοιών στις φυσικές επιστήμες. Στο Α. Μαργετουσάκη & Π. Γ. Μιχαηλίδης (Επ.), Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου: «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση» (σ. 371- 376). Ρέθυμνο.

Μικρόπουλος, Τ. Α. (2003). Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Κριτική θεώρηση και προτάσεις. Στο Ε.Τσιτοπούλου, Χ. Χαλέτσος & Π. Φιλντίσης (Επ.), Πρακτικά 8ου Κοινού συνεδρίου Ένωσης Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών: «Προοπτικές, εξελίξεις και διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών» (τ. Α, σ. 22–28). Αθήνα: ΕΕΦ.

Μικρόπουλος, Τ.Α. (2006). Ο Υπολογιστής ως γνωστικό εργαλείο. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

ΜΠΕ, (2011β). *Βασικό Επιμορφωτικό Υλικό, τόμος Β: Ειδικό μέρος ΠΕ04 Φυσικών Επιστημών*, Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης, Αθήνα: ΠΙ.

Νικολοπούλου, Κ. (2000). Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές στις Φυσικές Επιστήμες. Σύγχρονη εκπαίδευση, 113,114-123.

Νικόπουλος Α., Πλατή Δ., & Μικρόπουλος Τ.Α. (2014). Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση. Η έρευνα στην Ελλάδα. Πρακτικά 9ο Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή, ΤΠΕ στην εκπαίδευση, ΕΤΠΕ, 431-439.

Ολυμπίου, Γ. (2012). Ανάπτυξη ενός πλαισίου συνδυασμού εικονικών και πραγματικών περιβαλλόντων πειραματισμού στις Φυσικές Επιστήμες. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Ολυμπίου, Γ. (2012). Ανάπτυξη ενός πλαισίου συνδυασμού εικονικών και πραγματικών περιβαλλόντων πειραματισμού στις Φυσικές Επιστήμες. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Ολυμπίου, Γ., & Ζαχαρία, Ζ. (2009). Συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας του Πειραματισμού σε Πραγματικό ή Εικονικό Εργαστήριο ως προς την Επίτευξη Εννοιολογικής Κατανόησης στη Φυσική. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης (Επ.), Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών

επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών (σελ. 621 – 629).

Ολυμπίου, Γ., Ζαχαρία, Χ.Ζ., & Παπαευριπίδου, Μ. (2007). Διερεύνηση της βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης προπτυχιακών φοιτητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία μέσα από εικονικά και πραγματικά περιβάλλοντα πειραματισμού. Στο Α. Κατσίκης, Κ.Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (τ. Γ., σελ. 1059 – 1068). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.

Παλιούρας, Α. & Ψυχάρης, Σ. (2017). Μια πρόταση διδασκαλίας για το μάθημα του προγραμματισμού Η/Υ στο Λύκειο με τη μεθοδολογία STEM. Παπανικολάου, Κ. Γόγουλου, Α. Ζυμπίδης, Δ. Λαδιάς, Α. Τζωρτζάκης, Ι. Μπράτιτσης, Θ. & Παναγιωτακόπουλος Χ. (επιμ.), Πρακτικά εργασιών του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία», σ. 735-746, Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής & Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, 21-23 Απριλίου.

Πυργιωτάκης, Ι. (2000). Εισαγωγή στην Παιδαγωγική Επιστήμη. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Ρούμελης, Ν. (2017β), Δειγματικές διδασκαλίες - Επιμόρφωση - Αρχείο θεμάτων συναδέλφων ΠΕ04, στο blog του Σχολικού Συμβούλου ΠΕ04 Κυκλάδων.

Σπυροπούλου - Κατσάνη, Δ. (2005), *Διδακτικές και Παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*, Εκδόσεις τυπωθήτω Γιώργος Δαρδανός, Αθήνα.

Σπυρόπουλου-Κατσάνη, Δ. (2000). Διδακτικές και Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες. Αθήνα: Εκδόσεις Τυποθήτω.

Σπύρτου, Α. (2002). Μελέτη εποικοδομητικής στρατηγικής για την εκπαίδευση των δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ.

Σταυρίδου, Ε. (2011). *Διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών - Σύγχρονες τάσεις και οι επιπτώσεις τους στη διδακτική πράξη*, στο Βασικό Επιμορφωτικό υλικό,

τόμος Β: Ειδικό μέρος ΠΕ04 Φυσικών Επιστημών, Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης, Αθήνα: ΠΙ, σ. 1-17.

Στύλος, Γ., (2014), Στάσεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Ιωαννίνων, Ιωάννινα, 2014.

Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2011). Μπορούν τα ανοικτά εικονικά περιβάλλοντα να χρησιμοποιηθούν στη θέση των πραγματικών εργαστηρίων; Η εμπειρία του ΑΜΠΑ στο χώρο του ηλεκτρισμού. στο Γ. Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (επιμ.), Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες (σ.658 - 665).

Ταραμόπουλος, Α., (2012), Διερεύνηση εφαρμογών προσομοιωμένων εικονικών εργαστηρίων στη Διδασκαλία της Φυσικής στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση, Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ.

Τζιμογιάννης, Α. & Κόμης, Β. (2004), Στάσεις και αντιλήψεις εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδασκαλία τους, στο Μ. Γρηγοριάδου (επιμ.), Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή "Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση", Τόμος Α', 165-176, Αθήνα.

Χαλκιά Κ. (2010). Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις . Α _ Τόμος , Β' Τόμος , Εκδόσεις Πατάκη.

Χαλκιά, Κρ. (1995). Οι έλληνες εκπαιδευτικοί της Α' /θμιας και της Β' /θμιας εκπαίδευσης απέναντι στο μάθημα της φυσικής. Διερεύνηση των απόψεων και των στάσεων των Ελλήνων εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσική, μελέτη των συνεπειών τους στην εκπαιδευτική διαδικασία και διατύπωση σχετικών προτάσεων. Διδακτορική διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Πανεπιστήμιο Αθηνών.

7 Παραρτήματα

7.1 Παράρτημα Α

Τι παρατηρείτε στις παρακάτω φωτογραφίες;



Τι παρατηρείτε στις παρακάτω φωτογραφίες;



Τι συνέβη με το αυτοκίνητο που έκανε την επικίνδυνη προσπέραση

<https://www.youtube.com/watch?v=hXGPI79HgVQ>

Πώς θα μπορούσε να αποφύγει την σύγκρουση;

Πώς γίνονται οι αγώνες αυτοκινήτων στα χιόνια και στους πάγους;



<https://www.youtube.com/watch?v=V8W5UJnroyU>

Τι παρατηρείτε ανάμεσα στα τρία ελαστικά;



Πως θα μπορούσε ο κύριος να σπρώξει το ντουλάπι με μεγαλύτερη ευκολία;



7.2 Παράρτημα Β

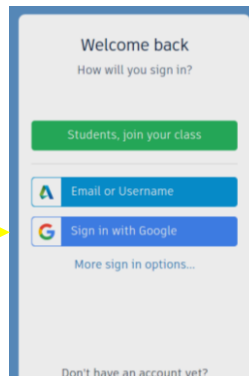
TINKERCAD

Είσοδος στην εφαρμογή <https://www.tinkercad.com/>.

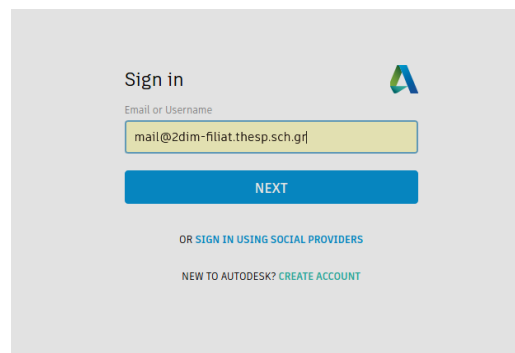
Sign in



email or username



γράφουμε το **e-mail** του σχολείου



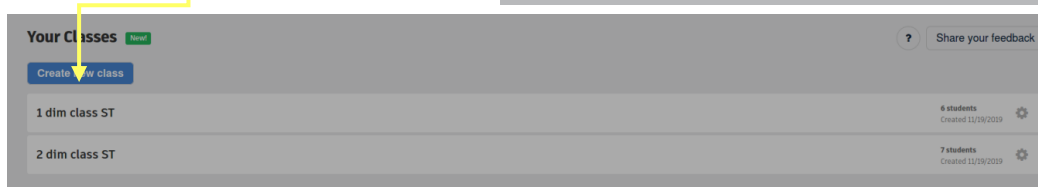
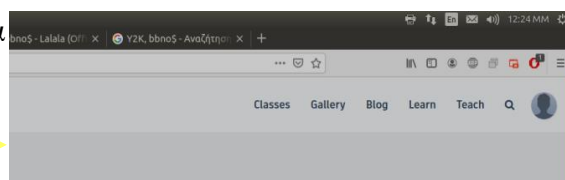
και το **password** που είναι :



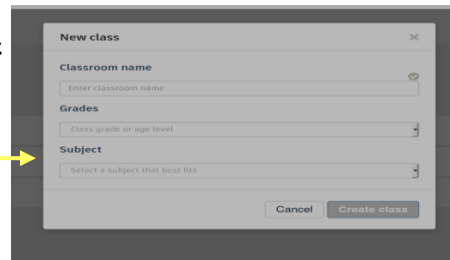
Για να δημιουργήσουμε κάποιο σχέδιο πατάμε **Create new design**.

Για να δημιουργήσουμε τάξη και να προσθέσουμε μαθητές πατάμε **Classes**

και **Create New Class**.

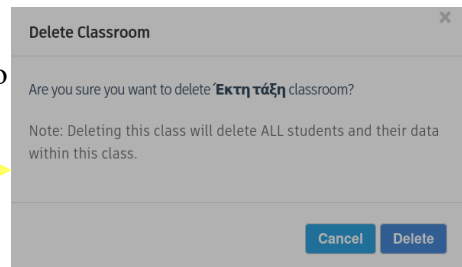


Συμπληρώνουμε τα στοιχεία της τάξης και πατάμε **Create Class**

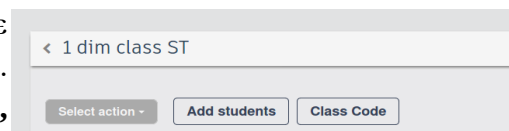


Για να διαγράψουμε μια τάξη πατάμε στο γρανάτζι και στο παράθυρο που εμφανίζεται τσεκάρουμε το **Delete Class** και πατάμε **Save Changes**.

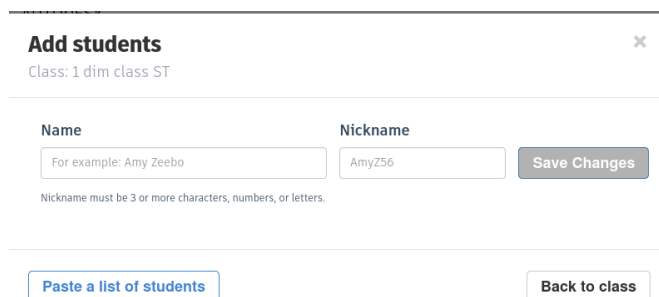
Στο επόμενο παράθυρο που εμφανίζεται πατάμε το κουμπί **Delete**.



Αφού έχουμε δημιουργήσει την τάξη τότε μπορούμε να προσθέσουμε τους μαθητές μας. Πατάμε επομένως στο **Add Students**, γράφουμε το όνομα του μαθητή, αλλάζουμε **nickname** εαν επιθυμούμε, πατάμε **Save Changes** και μετά πατάμε **Back to class** και ο μαθητής εμφανίζεται στη λίστα.



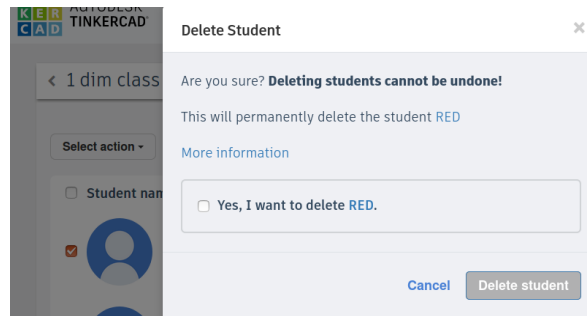
το



Για κάθε τάξη δημιουργείται και ένας κωδικός (**Class code** δείτε παράδειγμα στη διπλανή εικόνα) όπου μαζί με τον κωδικό τάξης και το **nickname** κάθε μαθητής μπορεί να συνδεθεί.



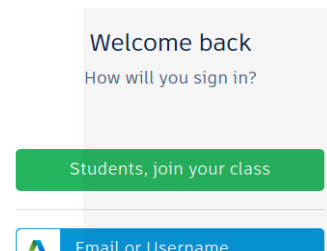
Για να διαγράψουμε κάποιον μαθητή τον τσεκάρουμε και επιλέγουμε από τη λίστα **Select action, Delete Student**. Στο αναδυόμενο παράθυρο τσεκάρουμε **Yes, I want to delete “RED”** και πατάμε **Delete student**.



Τέλος, κάνοντας κλικ πάνω στο όνομα κάθε μαθητή μπορούμε να δούμε τα έργα που έχει δημιουργήσει ο μαθητής με πλήρη δικαιώματα ως διαχειριστής.

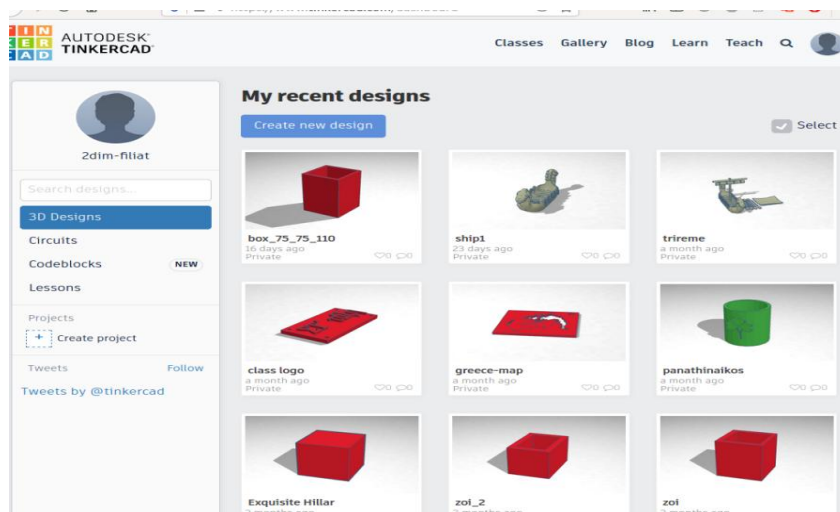
Μαθητής

Για να μπορεί ο μαθητής να δημιουργήσει τα δικά του έργα θα πρέπει να επισκεφτεί την ιστοσελίδα <https://www.tinkercad.com/>, να πατήσει στον σύνδεσμο **sign in** και να επιλέξει **Students, join your class** όπου θα τους ζητηθεί ο κωδικός τάξης (**Class code**) και το **nickname** τα οποία οφείλει να έχει προμηθεύσει ο διαχειριστής της τάξης (δάσκαλος). Πατάμε **That's me** και ο μαθητής είναι έτοιμος να δημιουργήσει τα δικά του έργα.



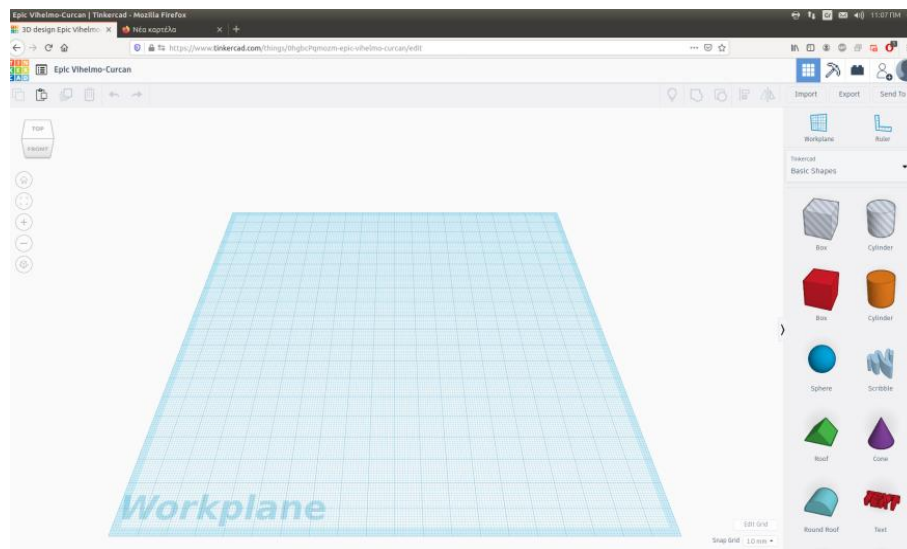
Περιβάλλον Tinkercad

Με την είσοδό μας στη διαδικτυακή εφαρμογή ερχόμαστε σε επαφή με το περιβάλλον. Επιλέγουμε από την αριστερή πλευρά της οθόνης **3D Designs** και στη συνέχεια πατάμε **Create New Design**.



Δημιουργία νέου έργου

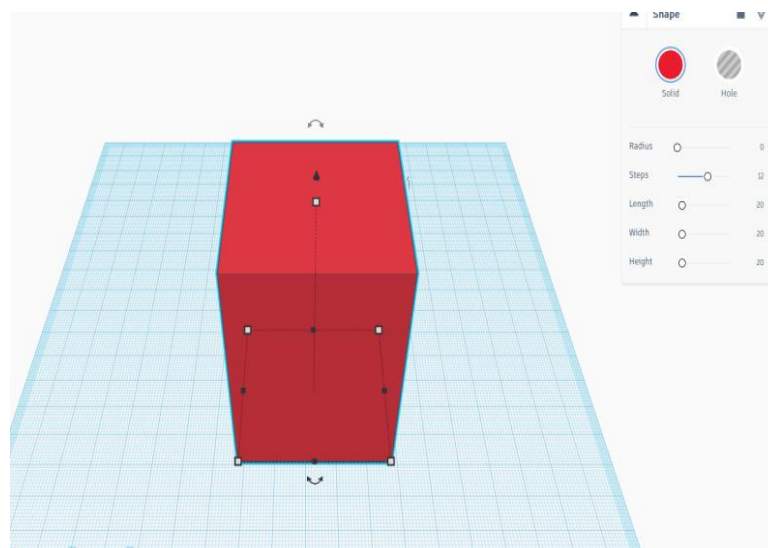
Το περιβάλλον δημιουργίας νέου έργου φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



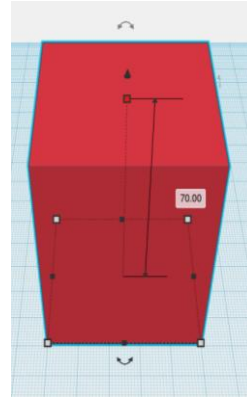
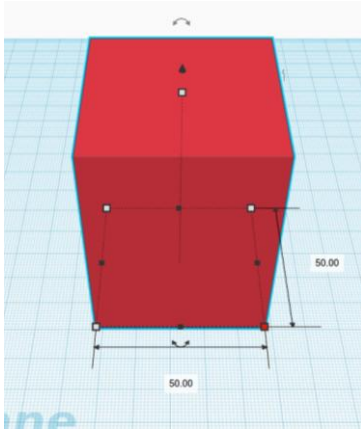
Βήμα- βήμα δημιουργίας ενός βασικού σχήματος που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία.

Δημιουργία σχήματος.

Βήμα 1ο: Επιλέγουμε το σχήμα Box από τη λίστα με τα Βασικά Σχήματα (Basic Shapes) και με τη διαδικασία drag-and-drop (μεταφορά και απόθεση) το ρίχνουμε στην περιοχή εργασίας (workplane).



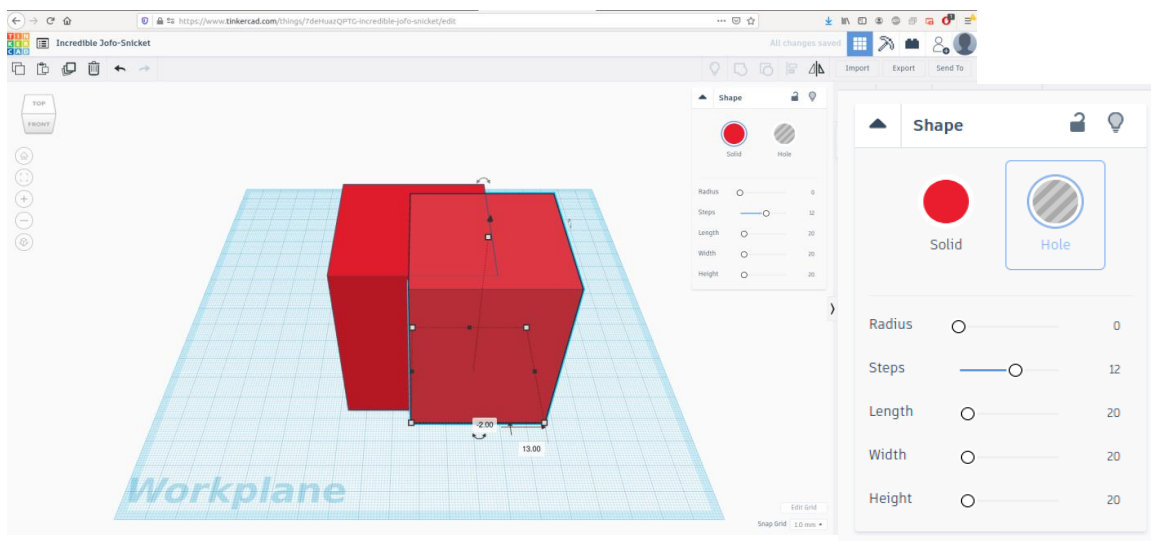
Βήμα 2ο: Για να αλλάξουμε το μέγεθος του σχήματος (μήκος – πλάτος – ύψος) κάνουμε κλικ σε μια από τις γωνίες του σχήματος όπου και γίνονται ορατά τα μεγέθη μήκος και πλάτος (τα οποία εμφανίζονται σε χιλιοστά και άρα εάν εμείς θέλουμε π.χ. 5 εκ θα γράψουμε 50) και κάνουμε κλικ και στο ύψος για να το αλλάξουμε από 70χιλ. σε 100χιλ.



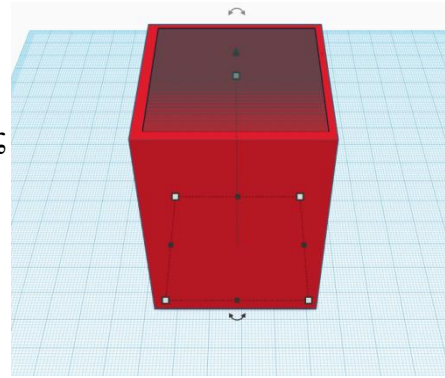
Βήμα 3ο: Αφού έχει δημιουργηθεί το κατάλληλο σχήμα πατάμε



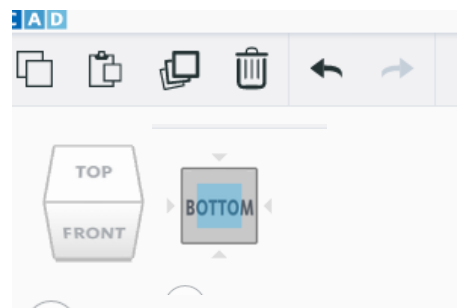
Δημιουργείται πανομοιότυπο αντικείμενο πάνω στο άλλο (δε διακρίνεται) και με την διαδικασία του βήματος 2 μπορούμε να μικρύνουμε το αντικείμενο κατά 5-10 χιλ και να πατήσουμε **Hole** έτσι ώστε το δεύτερο αντικείμενο να δημιουργήσει το κενό μέσα στο αρχικό αντικείμενό μας.



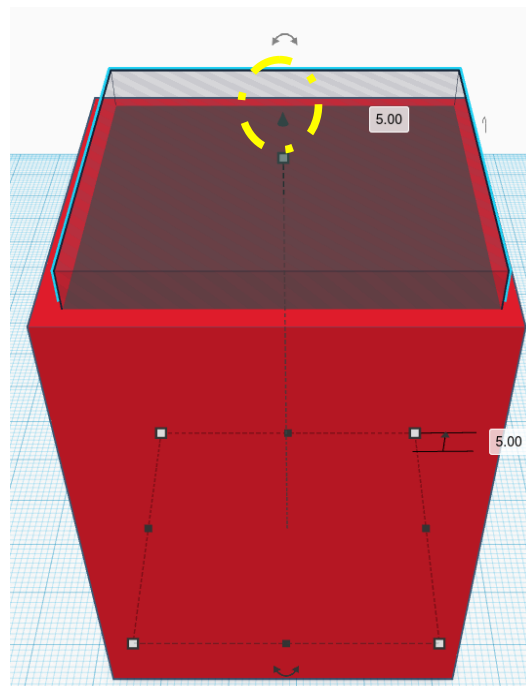
Βήμα 4ο: Στη συνέχεια με τη διαδικασία drag and drop (μεταφορά και απόθεση) μετακινούμε το δεύτερο αντικείμενο και προσπαθούμε να το βάλουμε στο κέντρο του πρώτου αντικειμένου όπως φαίνεται στην εικόνα.



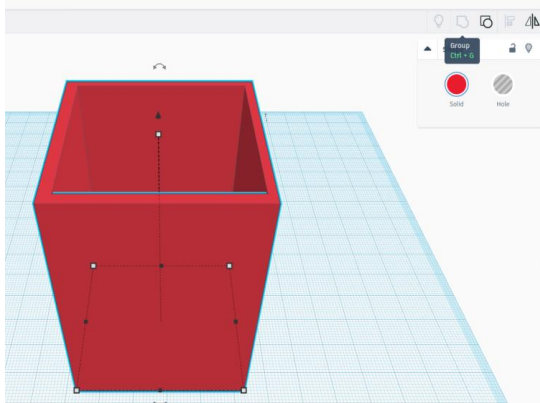
Με τη βοήθεια του εργαλείου που φαίνεται στην εικόνα μπορούμε να δούμε κάθε πλευρά (Top, Front, Bottom, Right, Back, Left) του αντικειμένου που έχουμε δημιουργήσει .



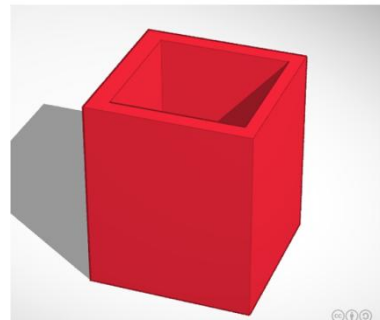
Βήμα 5ο: Σηκώνουμε το δεύτερο αντικείμενο κατά 5 χιλ, με το μαύρο βέλος που δείχνει προς τα επάνω, έτσι ώστε να μην δημιουργηθεί τρύπα στο τελικό αντικείμενο όταν θα το ομαδοποιήσουμε.



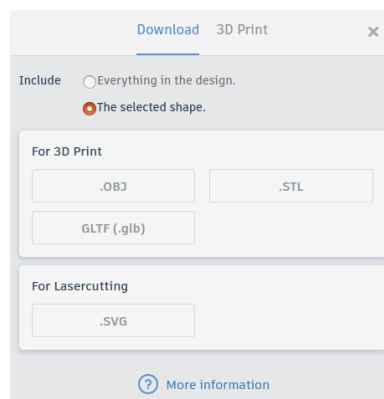
Βήμα 6ο: Επιλέγουμε τα δυο σχήματα και πατάμε Group (ομαδοποίηση) (ή ctrl + G: πλήκτρα συντόμευσης).



Box with hole

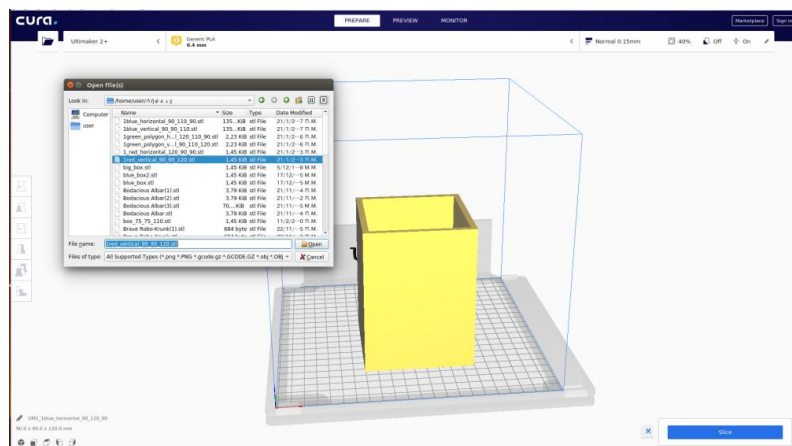


Βήμα 7ο: Πατάμε **Export** για να εξάγουμε το τελικό αντικείμενο σε μορφή τέτοια (αρχείο με επέκταση **.STL**) έτσι ώστε να μπορέσουμε να το εκτυπώσουμε στον τρισδιάστατο εκτυπωτή χρησιμοποιώντας το Ultimaker Cura.

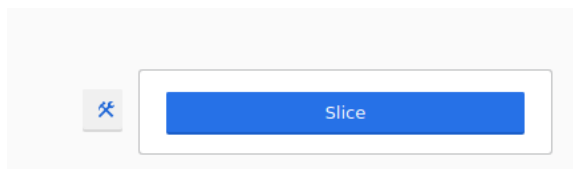


Εφαρμογή Ultimaker cura 4

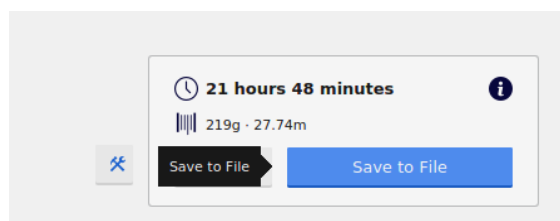
Από την εφαρμογή Ultimaker cura 4 (εικόνα α) ανοίγουμε το αρχείο που φτιάξαμε με το Tinkercad και στη συνέχεια αφού τοποθετήσουμε στην usb θύρα τον usb adaptor με την SD micro card πατάμε στο κάτω μέρος της οθόνης το κουμπί Slice (εικόνα β) και μόλις τελειώσει η διαδικασία μπορούμε να το αποθηκεύσουμε στην SD micro card (εικόνα γ). Ταυτόχρονα, μας ενημερώνει για το πόσο χρόνο θα χρειαστεί η εκτύπωση στον τρισδιάστατο εκτυπωτή.



Εικόνα (α)



Εικόνα (β)



Εικόνα (γ)

3D printer Ultimaker 2+

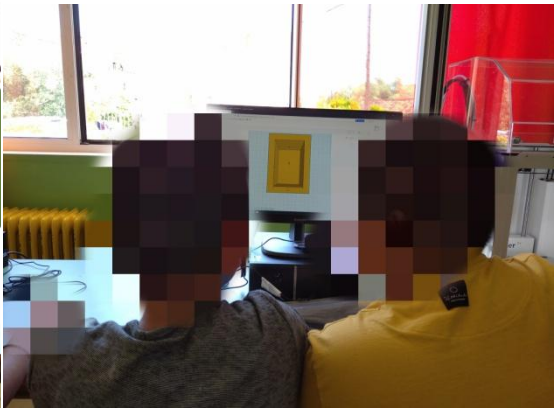
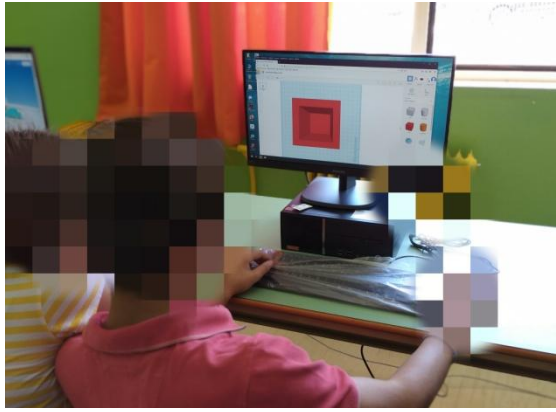
Ο Ultimaker 2+ είναι ένας αξιόπιστος, αποτελεσματικός και εύκολος στη λειτουργία 3D εκτυπωτής. Λόγω της υποστήριξης ευρείας γκάμας υλικών, είναι κατάλληλος για πληθώρα εφαρμογών, από πρωτότυπα έως προσαρμοσμένα εργαλεία. Είναι ένας εξαιρετικός 3D printer για όλες τις δουλειές που αποδίδει με συνέπεια επιτυχή αποτελέσματα. (επιπλέον πληροφορίες , χαρακτηριστικά και βίντεο λειτουργίας του τρισδιάστατου εκτυπωτή υπάρχουν στην ακόλουθη ιστοσελίδα: <https://ultimaker.com/3d-printers/ultimaker-2-plus>)



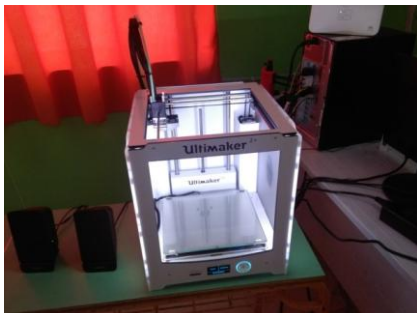
7.3 Παράρτημα Γ

Εικόνες σχεδιασμού τρισδιάστατων μοντέλων από την πειραματική ομάδα





Εικόνα τρισδιάστατου εκτυπωτή Ultimaker+2



Εικόνες τρισδιάστατων μοντέλων και υλικών για την εκτέλεση των πειραμάτων από την πειραματική ομάδα



Εικόνες από την εκτέλεση πειραμάτων από την πειραματική ομάδα



7.4 Παράρτημα Δ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1^η Ενότητα

Σχολείο Φοίτησης:..... Τάξη: Τμήμα....

Τόπος Κατοικίας:

Πόλη ☐

Κωμόπολη ☐

Χωριό ☐

ΦΥΛΟ (σημειώστε με x)

Αγόρι

Κορίτσι

☐☐

2^η Ενότητα

1. Αντιστοιχίστε την επιλογή της πρώτης στήλης με ένα από τα αποτελέσματα της δεύτερης.
Η επιλογή σας Το αποτέλεσμα



ο

ο



ο



ο

ο



ο





ο



ο



ο

2. Διαβάστε τις παρακάτω προτάσεις και κυκλώστε το Σ (σωστό) αν η πρόταση είναι σωστή ή το Λ (λάθος=λανθασμένη), αν η πρόταση είναι λανθασμένη.

α. Βάζουμε λάδι στη μηχανή του αυτοκινήτου

για να αποτρέψουμε-αποφύγουμε την τριβή με-

ταξύ των διαφόρων εξαρτημάτων της.

Σ

Λ

β. Η τριβή είναι ανεπιθύμητη, όταν κάνουμε σκι.

Σ

Λ

γ. Στους μεντεσέδες της πόρτας βάζουμε λάδι,

προκειμένου να αυξήσουμε την τριβή και να μην τρίζει.

Σ

Λ

δ. Η μετακίνηση ενός φορτίου είναι ευκολότερη, όταν

έρχεται σε επαφή με το έδαφος η μικρότερη επιφάνειά του.

Σ

Λ

ε. Ο κίνδυνος να γλιστρήσουμε είναι μικρότερος, όταν η σόλα

του παπουτσιού μας είναι πιο τραχιά.

Σ

Λ

στ. Η τριβή είναι απαραίτητη για να μπορούμε να κρατήσουμε

ένα αντικείμενο με τα χέρια μας.

Σ

Λ

3. Υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση.

A) Προκειμένου να μετακινήσετε μια γεμάτη ντουλάπα :

- i. Θα την μετακινήσετε γεμάτη ή
- ii. Θα αδειάσετε το περιεχόμενό της.

B) Γιατί;

4. Πότε μειώνεται ο κίνδυνος να γλιστρήσουμε, όταν φοράμε παπούτσια με σόλα από λεία επιφάνεια ή από τραχύ πλαστικό; Εξήγησε την απάντησή σου.



5. Συμφωνείς ή διαφωνείς με τη σκέψη του αγοριού; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.



6. Υπογραμμίστε τις λέξεις που ταιριάζουν στο παρακάτω κείμενο:

Τριβή ονομάζεται η **δύναμη/ενέργεια**, η οποία **διευκολύνει/εμποδίζει** την κίνηση ενός σώματος πάνω σε ένα άλλο, με το οποίο έρχεται σε επαφή. Εξαρτάται από δύο μεταβλητές: το **μέγεθος/βάρος** του αντικειμένου, που είναι **σταθερό/κινείται** και το **είδος/μέγεθος** της επαπτόμενης επιφάνειας.

3^η Ενότητα

Σε ποιον βαθμό συμφωνείτε με τις παρακάτω θέσεις;

A/A		Διαφωνώ απόλυτα	Διαφωνώ	Δεν ξέρω	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
1	Κάνω με ευχαρίστηση τα μαθήματα των Φ.Ε. στο σπίτι, χωρίς να βαριέμαι.	1	2	3	4	5
2	Πραγματοποιώ τα πειράματα των Φ.Ε. με χαρά.	1	2	3	4	5
3	Οι Φ.Ε. είναι ένα από τα μαθήματα που μου αρέσουν	1	2	3	4	5
4	Νιώθω άνετα στο μάθημα των Φ.Ε..	1	2	3	4	5
5	Λατρεύω τη μελέτη και τις δραστηριότητες των Φ.Ε. κατά τη διάρκεια του μαθήματος.	1	2	3	4	5
6	Όταν κάνω πειράματα ενθουσιάζομαι, γιατί είμαι περίεργος για τα αποτελέσματα.	1	2	3	4	5
7	Χαίρομαι κατά τη διάρκεια των μαθημάτων των Φ.Ε..	1	2	3	4	5
8	Θέλω να αυξηθούν οι ώρες που κάνουμε Φ.Ε..	1	2	3	4	5
9	Βρίσκω τα πάντα ενδιαφέροντα στις Φ.Ε..	1	2	3	4	5
10	Μου αρέσουν τα επιστημονικά πειράματα.	1	2	3	4	5
11	Μου αρέσει να διαβάζω βιβλία για τις Φ.Ε..	1	2	3	4	5
12	Αισθάνομαι σημαντικός όταν χειρίζομαι επιστημονικά εργαλεία.	1	2	3	4	5

4^η Ενότητα

Σε ποιον βαθμό συμφωνείτε με τις παρακάτω θέσεις;

A/A		Διαφωνώ απόλυτα	Διαφωνώ	Δεν ξέρω	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
1	Οι Φ.Ε. είναι ένα από τα λιγότερο σημαντικά μαθήματα σε σχέση με τα υπόλοιπα.	1	2	3	4	5
2	Βαριέμαι, όταν μελετώ τις Φυσικές Επιστήμες.	1	2	3	4	5
3	Αποφεύγω τα μαθήματα των Φ.Ε.	1	2	3	4	5
4	Δεν με ενδιαφέρει να ενημερώνομαι για τις νέες επιστημονικές εξελίξεις από εφημερίδες και περιοδικά/	1	2	3	4	5
5	Δυσανασχετώ - κουράζομαι όταν διαβάζω Φ.Ε..	1	2	3	4	5
6	Δεν μου αρέσουν τα πειράματα που κάνω στο σχολείο.	1	2	3	4	5
7	Οι Φ.Ε. δυσκολεύουν την καθημερινότητά μας.	1	2	3	4	5
8	Τα θέματα των Φ.Ε. δε με ενδιαφέρουν.	1	2	3	4	5
9	Δεν καταλαβαίνω τις Φ.Ε.	1	2	3	4	5

7.5 Παράρτημα Ε

Τι είναι Τρισδιάστατη Εκτύπωση και Ποιες οι Εφαρμογές της

Πως λειτουργεί η τρισδιάστατη εκτύπωση και ποιες οι εφαρμογές της.

- Ενώ περιλαμβάνει τη λέξη "εκτύπωση", η τρισδιάστατη εκτύπωση δεν έχει παρά ελάχιστη σχέση με τη συμβατική εκτύπωση δύο διαστάσεων.
- Οι εκτυπωτές που γνωρίζουμε και έχουμε οι περισσότεροι στο σπίτι μας είναι ουσιαστικά απόγονοι των τυπογραφικών μηχανών, που περιορίζονται στο [να αποτυπώνουν κάποιου είδους μελάνι](#) πάνω σε χαρτί ή άλλα παρόμοια υλικά.

- Με την τρισδιάστατη εκτύπωση, έχοντας τον κατάλληλο 3D εκτυπωτή και βασικές γνώσεις σε προγράμματα σχεδιασμού CAD, μπορούμε να κατασκευάσουμε αμέτρητα διαφορετικά αντικείμενα.
- Δεν χρειάζεται κάποιο σχεδιαστικό ταλέντο ή ικανότητα. Θα βρούμε στο Internet δωρεάν και πληρωμένα σχέδια CAD για μια πληθώρα αντικειμένων, από απλά διακοσμητικά ή χρηστικά αντικείμενα, μέχρι περίπλοκες συσκευές σε συναρμολογούμενα κομμάτια. Το [Thingiverse](#) είναι μία από τις πιο δημοφιλείς σχετικές ιστοσελίδες.

- Η τρισδιάστατη εκτύπωση βασίζεται στην τεχνολογία των εκτυπωτών InkJet.
- Οι εκτυπωτές InkJet χρησιμοποιούν στρώσεις μελανιού. Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούν στρώσεις άλλων υλικών με μεγαλύτερη μάζα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η τρισδιάστατη μορφή. Επομένως, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το θεμέλιο για την τρισδιάστατη εκτύπωση ήταν η δημιουργία του πρώτου InkJet εκτυπωτή το 1976.
- Ο πρώτος τρισδιάστατος εκτυπωτής κατασκευάστηκε το 1984 από τον Charles Hull, ο οποίος εργαζόταν στην εταιρία 3D Systems. Επιπλέον, ο Hull είναι και ο πατέρας της στερεογραφίας, μιας διαδομένης μεθόδου για τρισδιάστατη εκτύπωση.
- Το 2008, δημιουργήθηκε το πρώτο προσθετικό πόδι με τρισδιάστατη εκτύπωση.

Η ανάγκη για εύκολη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, με την χρήση εύκολων στην επεξεργασία υλικών, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία των τρισδιάστατων εκτυπωτών. Οι εκτυπωτές αυτού τους είδους χρησιμοποιούν διάφορες διαστρωματικές τεχνικές ώστε να κατασκευάσουν πλήρως λειτουργικά αντικείμενα τριών διαστάσεων.

- Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές δεν ανήκουν στην ίδια κατηγορία με την τυπογραφία. Ουσιαστικά πρόκειται για συσκευές παραγωγής αντικειμένων τριών διαστάσεων. Αν ο εκτυπωτής δύο διαστάσεων είναι απόγονος του τυπογραφείου, ο τρισδιάστατος εκτυπωτής αποτελεί μικρο-γραφία μιας αυτοματοποιημένης γραμμής παραγωγής.

Η εξέλιξη των τρισδιάστατων εκτυπωτών

- Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούν ως πρώτες ύλες κυρίως κεραμικά, πολυμερή πλαστικά, και σε κάποιες πολύ ειδικευμένες περιπτώσεις μέταλλα ή [yugalι](#), για να δημιουργήσουν το τελικό αντικείμενο.
- Η βασική τεχνική για την τρισδιάστατη εκτύπωση είναι αυτή της δημιουργίας συνεχόμενων οριζόντιων στρωμάτων, με αποτέλεσμα την κατασκευή του τελικού αντικειμένου. Παρ' όλο που υπάρχουν αρκετές μέθοδοι οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν, όλες τους αποτελούν παραλλαγές της τεχνικής των στρωμάτων.

Τι είναι τα προγράμματα CAD

- Τα προγράμματα CAD (Computer-Aided Design, σχεδιασμός με την υποβοήθηση υπολογιστή) αποτελούν το λογισμικό του υπολογιστή από το οποίο εξαρτάται ο τρισδιάστατος εκτυπωτής.
- Πρόκειται για προγράμματα σχεδίασης τρισδιάστατων μοντέλων, από τα οποία μερικά έχουν την δυνατότητα προσομοίωσης, ώστε να μπορεί να διαπιστωθεί η λειτουργικότητα του σχεδίου.

Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου μέσω CAD ή τρισδιάστατης σάρωσης

- Απαραίτητο στάδιο για την τρισδιάστατη εκτύπωση είναι η αποστολή των δεδομένων από ένα υπολογιστικό σύστημα, ώστε ο εκτυπωτής θα διαμορφώσει το αντικείμενο. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να δημιουργηθούν είτε με κάποιο πρόγραμμα τύπου CAD ή μέσω τρισδιάστατης σάρωσης.
- Το λογισμικό CAD είναι το αρμόδιο λογισμικό για την σχεδίαση του αντικειμένου από τον χρήστη σε ένα εικονικό περιβάλλον. Αυτή η διαδικασία αποτελεί και το πρώτο στάδιο, αυτό της σχεδίασης και του ελέγχου της λειτουργικότητας του αντικειμένου.

Μία εναλλακτική μέθοδος της σχεδίασης σε CAD είναι η σάρωση υπαρκτών αντικειμένων μέσω τρισδιάστατων σαρωτών. Οι τρισδιάστατοι σαρωτές συλλέγουν δεδομένα για το σχήμα και συχνά το χρώμα ενός φυσικού αντικειμένου, και δημιουργούν ένα τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο.

Μέθοδοι για την τρισδιάστατη εκτύπωση Στερεολιθογραφία Fused Deposition Modelling (FDM) / Fused Filament Fabrication Laser Sintering (LS) / Laser Melting (LM)on (FFF) Inkjet Digital Light Processing (DLP) Laminated object manufacturing (LOM)

Μετατροπή CAD σε G-code

- Μόλις ολοκληρωθεί το τρισδιάστατο μοντέλο στο CAD λογισμικό, χρειάζεται μια ειδική επεξεργασία πριν την τρισδιάστατη εκτύπωση. Αυτή η επεξεργασία είναι η μετατροπή του αρχείου CAD σε G-code.
- Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στον τεμαχισμό του τρισδιάστατου μοντέλου σε οριζόντια τμήματα, ώστε να μπορέσει ο εκτυπωτής να δημιουργήσει ένα στρώμα την φορά. Συνοπτικά αυτή η διαδικασία προσαρμόζει το μοντέλο στην στρωματοποιημένη τεχνική για την τρισδιάστατη εκτύπωση.

- Η ονομασία Fused Filament Fabrication και η συντόμευση FFF δημιουργήθηκαν από το [RepRap Project](#) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελεύθερα και χωρίς περιορισμούς από τρίτους κατασκευαστές τρισδιάστατων εκτυπωτών. Καμιά φορά θα συναντήσουμε την ίδια τεχνολογία με την ονομασία Plastic Jet Printing (PJP).
- Ανεξαρτήτως της ονομασίας, στην πράξη το υλικό, που βρίσκεται σε μορφή νήματος, περνά από έναν εξωθητή, ο οποίος έχει τέτοια υπολογισμένη ροπή ώστε να περνάει μια συγκεκριμένη ποσότητα υλικού. Στην συνέχεια, το υλικό περνάει σε ένα χώρο στον οποίο θερμαίνεται μέχρι να λιώσει και εξέρχεται μέσω μιας κεφαλής.
- Μόλις ολοκληρωθεί το πρώτο στρώμα, η βάση στην οποία είναι τοποθετημένο κινείται προς το κάτω, ώστε πάνω από το υπάρχον στρώμα να δημιουργηθεί ένα νέο.

Εφαρμογές τρισδιάστατης εκτύπωσης

- **Ιατρική τεχνολογία**-Η προσφορά των τρισδιάστατων εκτυπωτών στην ιατρική είναι τεράστια. Με την τρισδιάστατη εκτύπωση μπορούν να κατασκευαστούν προσθετικά μέρη σώματος με πολύ χαμηλότερο κόστος από ότι ήταν δυνατό μέχρι πριν λίγα χρόνια.
- **Τέχνη**-Παρά το γεγονός ότι σε αυτό το τομέα η τρισδιάστατη εκτύπωση δεν έχει εντατική χρήση, πολλοί γλύπτες έχουν αρχίσει να αντικαθιστούν τις παραδοσιακές τεχνικές τους με την δημιουργία ψηφιακών μοντέλων.
- **Βιομηχανική τεχνολογία**-Η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης αναμένεται να συμβάλει στην ανάπτυξη της βιομηχανίας. Η πλήρης αυτοματοποίηση της παραγωγής έχει ως αποτέλεσμα της κατασκευή αναριθμητών πανομοιότυπων προϊόντων, μειώνοντας την πιθανότητα του ανθρώπινου λάθους.

Πλεονεκτήματα της χρήσης τρισδιάστατων εκτυπωτών στην οικονομία και στην προστασία του περιβάλλοντος

Η χρήση πολυεστερικών υλικών και μετάλλων από τους τρισδιάστατους εκτυπωτές, μπορεί να αποτελέσει τεράστιο βήμα για την προστασία του περιβάλλοντος.

Αφού αυτά τα υλικά αυτά είναι πλήρως ανακυκλώσιμα, θα μπορούσαμε να αντικαθιστούμε είδη εκτυπωμένα αντικείμενα με άλλα, χωρίς την ανάγκη νέων φυσικών πόρων.

7.6 Παράρτημα ΣΤ

Πίνακες μέσων όρων τυπικής απόκλισης, εύρους, ελάχιστης και μέγιστης τιμής των μεταβλητών.

Ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση, το εύρος, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή των μεταβλητών και για τις δύο ομάδες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Περιγραφική ανάλυση των έξι μεταβλητών.

	Γνώσεις Πριν	Γνώσεις Μετά	Άγχος Πριν	Άγχος Μετά	Ενδιαφέρον Πριν	Ενδιαφέρον Μετά
Mean	53,71	80,20	79,11	82,68	78,17	79,41
Std. Deviation	13,73	18,46	14,27	12,22	13,98	13,37
Range	58,82	70,59	77,78	51,11	70,00	76,67
Minimum	29,41	29,41	22,22	48,89	30,00	23,33
Maximum	88,24	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή των μεταβλητών για την ομάδα ελέγχου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3 Αποτύπωση μέσων όρων, τυπικής απόκλισης, ελάχιστης και μέγιστης τιμής μεταβλητών ομάδας ελέγχου

ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ						
	ΠΡΙΝ			ΜΕΤΑ		
	Γνώσεις	Ενδιαφέρον	Άγχος	Γνώσεις	Ενδιαφέρον	Άγχος
N	52	42	50	52	49	52
Mean	55,88	77,26	79,47	69,12	79,05	83,29
SD	14,67	13,68	12,69	18,56	13,60	12,28
Minimum	29,41	38,33	42,22	29,41	41,67	48,89
Maximum	88,24	100,00	95,56	100,00	100,00	100,00

Ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή των μεταβλητών για την πειραματική ομάδα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4 Αποτύπωση μέσω των όρων, τυπικής απόκλισης, ελάχιστης και μέγιστης τιμής μεταβλητών πειραματικής ομάδας

	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ					
	ΠΡΙΝ			ΜΕΤΑ		
	Γνώσεις	Ενδιαφέρον	Άγχος	Γνώσεις	Ενδιαφέρον	Άγχος
N	48	39	40	52	50	51
Mean	51,35	79,15	78,67	91,29	79,77	82,05
SD	12,36	14,41	16,20	9,64	13,28	12,26
Minimum	29,41	30,00	22,22	64,71	23,33	51,11
Maximum	76,47	96,67	100,00	100,00	98,33	97,78