



ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Ψηφιακός Μετασχηματισμός και Εκπαιδευτική Πράξη»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών
αντιλήψεων των μαθητών»**

Βασίλειος Ν. Δεληκανίδης

Επιβλέπουσα: Ζαχαρούλα Σμυρναίου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

ΑΘΗΝΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών»

Βασίλειος Ν. Δεληκανίδης

A.M.: 19033

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: Ζαχαρούλα Σμυρναίου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: Μαρία Μουντρίδου, Επίκουρη Καθηγήτρια
Αγορίτσα Γόγουλου, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό

Σεπτέμβριος 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΞΗ

«Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών»

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
	Ζαχαρούλα Σμυρναίου	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια	
	Μαρία Μουντριδου	Επίκουρη Καθηγήτρια	
	Αγορίτσα Γόγουλου	Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Βασίλειος Δεληκανίδης του Νικολάου, με αριθμό μητρώου 19033 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Ψηφιακός Μετασχηματισμός και Εκπαιδευτική Πράξη» του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διπλωματική εργασία έχει ως θέμα το φαινόμενο των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών και στοχεύει στην ενίσχυση της γενικότερης προσπάθειας των μελετητών και των εκπαιδευτικών για την εύρεση και ανάλυση μίας ασφαλούς και αξιόπιστης μεθόδου αντιμετώπισης του φαινομένου. Πρόκειται για μία ποσοτική έρευνα στην οποία συγκρίνονται η παραδοσιακή μέθοδος διδασκαλίας, το εργαστηριακό πείραμα και η προσομοίωση ως προς την αποτελεσματικότητά τους στη διαδικασία της αναδόμησης αυτών των αντιλήψεων και αποσκοπεί στην εξαγωγή έγκυρων αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων σχετικά με το αν η πειραματική μέθοδος, και συγκεκριμένα η εικονική της μορφή, μπορεί να αποτελέσει μία πιο αποτελεσματική μέθοδο εννοιολογικής αλλαγής από τις υπόλοιπες. Η σύγκριση μεταξύ των μεθόδων πραγματοποιήθηκε με την εξ αποστάσεως και ασύγχρονη συλλογή δεδομένων μέσω ψηφιακών ερωτηματολογίων, τα οποία περιείχαν διδασκαλίες πέντε φαινομένων των Φυσικών Επιστημών, στα οποία συναντώνται εναλλακτικές αντιλήψεις και μοιράστηκαν σε μαθητές της Γ' τάξης του Γυμνασίου, οι οποίοι αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας. Τα δεδομένα ποσοτικοποιήθηκαν και αναλύθηκαν με τη βοήθεια στατιστικών εργαλείων καταλήγοντας στα συμπεράσματα πως οι μέθοδοι είναι εξίσου αποτελεσματικές στη διαδικασία αναδόμησης των αντιλήψεων, με την προσομοίωση να παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα και πως η αναδόμηση αποτελεί δυσκολότερη διαδικασία από την κατανόηση.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Διδακτική Φυσικών Επιστημών

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εναλλακτικές αντιλήψεις, Φυσικές Επιστήμες, πείραμα, προσομοίωση, εννοιολογική αλλαγή

ABSTRACT

This master's thesis studies the phenomenon of student's alternative conceptions in Science Education. It's aim is to strengthen the overall effort of researchers and teachers to find and analyze a safe and reliable method of treatment of these conceptions. This is a quantitative research that compares the traditional teaching method, the laboratory experiment and the simulation in terms of their effectiveness in the process of restructuring of these conceptions in order to exact valid results and conclusions on whether the experimental method, and especially its virtual form, can be a more effective method of conceptual change than the others. The comparison between the methods was performed by remote and asynchronous data collection through digital questionnaires, which contained teachings of five natural phenomena in which alternative conceptions are encountered and were distributed to third grade students of Secondary School, who were the sample of the research. The data were quantified and analyzed via statistical tools, concluding that the methods are equally effective in the process of restructuring of conceptions, with the simulation showing better results and that the restructuring is a more difficult process than temporary comprehension.

SUBJECT AREA: Science Education

KEYWORDS: alternative conceptions, Science, experiment, simulation, conceptual change

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	15
2.1 Η προσομοίωση στην εκπαίδευση	15
2.1.1 Ορισμός.....	16
2.1.2 Θεωρητικές αρχές.....	17
2.1.3 Αξιοποίηση στην εκπαίδευση.....	18
2.2 Εννοιολογική αλλαγή.....	22
2.2.1 Αντίληψη και θεωρία.....	22
2.2.2 Εναλλακτικές αντιλήψεις.....	23
2.2.3 Αντιμετώπιση.....	24
2.3 Προσομοιώσεις και εννοιολογική αλλαγή.....	26
2.3.1 Σύγκριση μεθόδων.....	27
3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	30
3.1 Δείγμα	31
3.2 Εργαλεία.....	33
3.3 Στατιστική ανάλυση.....	35
3.4 Ερευνητική διαδικασία.....	36
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	39
4.1 Μεταβλητές.....	39
4.2 Βασικά ερωτήματα	40
4.2.1 Πρώτο ερώτημα.....	41
4.2.2 Δεύτερο ερώτημα.....	45
4.2.3 Τρίτο ερώτημα.....	50
4.2.4 Εναλλακτικές μετρήσεις βασικών ερωτημάτων.....	55
4.2.5 Επιπλέον αναλύσεις.....	59
4.2.6 Συσχετίσεις.....	59

Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών

4.2.7	Επίδραση φύλου.....	62
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	66
6.	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	70
7.	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ.....	80
8.	ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	83
9.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	84

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διπλωματική εργασία αποτελεί μία ποσοτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον συγγραφέα υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών. Πρόκειται για μία πλήρως οργανωμένη και βασισμένη στην επιστημονική τεκμηρίωση έρευνα, η οποία αξιοποίησε ποσοτικά εργαλεία, όπως ερωτηματολόγια με βαθμονομημένες ερωτήσεις, και στο πλαίσιό της πραγματοποιήθηκαν ενέργειες της ποσοτικής μεθόδου, όπως ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων και στατιστικοί έλεγχοι.

Η εργασία ασχολείται με ένα από τα γνωστότερα προβλήματα που συναντώνται στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών και έχει αναγνωριστεί και μελετηθεί τις τελευταίες δεκαετίες, αυτό των εναλλακτικών αντιλήψεων. Το φαινόμενο αυτό επιλέχθηκε να αποτελέσει το κύριο θέμα της εργασίας, αφού προτάθηκε από τον ίδιο τον συγγραφέα της και εγκρίθηκε από την επιβλέπουσα καθηγήτρια. Πέρα από τη σημασία του φαινομένου αυτού για την εκπαίδευση, στην επιλογή του ως θέμα της εργασίας επηρέασε και το προσωπικό ενδιαφέρον του συγγραφέα για αυτό και για τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών γενικότερα.

Η παρατήρηση τέτοιων λανθασμένων αντιλήψεων, όχι μόνο σε μαθητές, αλλά ακόμη περισσότερο σε ενήλικες, κίνησε το ενδιαφέρον του συγγραφέα να ασχοληθεί περαιτέρω με το θέμα, όχι μόνο σε επίπεδο μεταπτυχιακής μελέτης, αλλά και σε επίπεδο προσωπικής κατάρτισης και διδασκαλίας, όντας εκπαιδευτικός της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Ωστόσο, παρά την παρατήρηση των αντιλήψεων σε ενήλικες και τη βαθμίδα της εκπαίδευσης στην οποία εντάσσεται ο συγγραφέας, η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Γ' Γυμνασίου για λόγους που αναφέρονται στην αντίστοιχη ενότητα.

Συχνή είναι η άρνηση ανθρώπων του περιβάλλοντός του να αποδεχτούν τις επιστημονικά ορθές αντιλήψεις έναντι των λανθασμένων προσωπικών που φέρουν για χρόνια και ικανοποιούν περισσότερο τη λογική τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι συζητήσεις με φίλους όπου αρνούνται να δεχτούν ότι το άσπρο και το μαύρο δεν θεωρούνται χρώματα στη Φυσική, με τον προπονητή του στίβου που δεν μπορεί να καταλάβει πως μία βαριά μπάλα δεν φτάνει πρώτη στο έδαφος από μία όμοια εξωτερικά αλλά ελαφρύτερη, με τη μητέρα του που επέμενε πως το νερό στην κατσαρόλα θα ξεπεράσει τους 100°C αν το μάτι της κουζίνας είναι σε μεγαλύτερη θερμοκρασία και άλλα αντίστοιχα.

Η φύση του μεταπτυχιακού προγράμματος απαιτούσε την εμπλοκή ψηφιακών εργαλείων στην έρευνα, οπότε αξιοποιήθηκε ένα με ταχεία ανάπτυξη και είσοδο στην εκπαιδευτική διαδικασία τα τελευταία χρόνια. Ο συγγραφέας αποφάσισε να συνδυάσει τις εναλλακτικές αντιλήψεις με τις προσομοιώσεις και μάλιστα να μελετήσει το αν οι τελευταίες είναι αποτελεσματικές στη διαδικασία αντιμετώπισης των πρώτων.

Με τα παραπάνω δεδομένα και τη βασική υπόθεση ξεκίνησε η διαδικασία της ποσοτικής έρευνας με δείγμα μαθητές της συγκεκριμένης τάξης που προαναφέρθηκε τον Μάρτιο του 2021, δηλαδή εν μέσω καραντίνας εξαιτίας της πανδημίας του COVID-19, με τα σχολεία να είναι κλειστά και να λειτουργούν με εξ αποστάσεως διδασκαλία. Ήδη από το ξεκίνημα της εργασίας, δηλαδή, υπήρχαν δυσκολίες και περιορισμοί, ωστόσο τα τεχνολογικά μέσα έδωσαν τη λύση παρέχοντας τη δυνατότητα σχεδιασμού και διαμοιρασμού ηλεκτρονικών ερωτηματολογίων, με σκοπό τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για την έρευνα. Οι συνθήκες αυτές ήταν και ο λόγος που το δείγμα απλώθηκε σε όλη την χώρα, καθώς η αδυναμία εύρεσης μαθητών από ένα και μόνο σχολείο, οδήγησε σε νέες τεχνικές εύρεσης δείγματος, με αποτέλεσμα να

συμμετάσχουν στην έρευνα μαθητές από διάφορες πόλεις της Ελλάδας. Τα ηλεκτρονικά ερωτηματολόγια επέτρεψαν την υλοποίηση της έρευνας χωρίς να απαιτηθεί η μετακίνηση του ερευνητή.

Το είδος και ο τρόπος διεξαγωγής της έρευνας ήταν αρκετά απαιτητικές με αποτέλεσμα να προκύψουν και άλλες δυσκολίες κατά τη διαδικασία που έπρεπε να αντιμετωπιστούν. Οι βασικότερες ήταν η εύρεση και δημιουργία κατάλληλου υλικού για τα ερωτηματολόγια, η κατοχύρωση της επιστημονικής τους ορθότητας και η χρήση του στατιστικού εργαλείου, η οποία απαιτούσε συνδρομή επί πληρωμή ή είχε ελεύθερη αλλά περιορισμένη δοκιμαστική χρήση. Οι δυσκολίες αυτές αντιμετωπίστηκαν κατάλληλα με την πολύτιμη βοήθεια τριών ανθρώπων αντίστοιχα: της επιβλέπουσας καθηγήτριας, ενός καθηγητή Φυσικής της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, κάτοχο μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ) και ενός διδάκτορα Οικονομικών Επιστημών του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΟΠΑ).

Με τη συμβολή των παραπάνω, τη μεθοδευμένη δουλειά και μελέτη της βιβλιογραφίας και αρκετή προσπάθεια, πραγματοποιήθηκε η εν λόγω διπλωματική εργασία που παρουσιάζεται εκτενέστερα παρακάτω μαζί με τα αποτελέσματα της έρευνας που διεξάχθηκε, με την ελπίδα πως τόσο η ίδια όσο και τα ευρήματά της θα αποτελέσουν χρήσιμο υλικό για περαιτέρω μελέτη του θέματος.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ερευνητική εργασία εντάσσεται στην ευρύτερη περιοχή της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (science education, ΦΕ), αναλύοντας διάφορες πτυχές της, όπως τη μέθοδο με την οποία πραγματοποιείται, τη σχέση της παραδοσιακής διδασκαλίας (traditional teaching) με το πείραμα (experiment), τη σχέση του εργαστηριακού πειράματος (laboratory experiment)¹ με το εικονικό (virtual experiment, VE) κ.α. Ειδικότερα, ασχολείται με το θέμα των εναλλακτικών αντιλήψεων (alternative conceptions)² των μαθητών, μελετώντας τις παραπάνω πτυχές υπό αυτό το πρίσμα, αποσκοπώντας την ανάδειξη νέων μεθόδων με σκοπό την αντιμετώπισή τους.

Στον συγκεντρωτικό όρο Φυσικές Επιστήμες, συμπεριλαμβάνονται διάφοροι κλάδοι, οι οποίοι στην εκπαίδευση συναντώνται με τη μορφή διακριτών μαθημάτων, κι όχι ενός ενιαίου. Η διδακτική τους πραγματοποιείται τόσο με παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας και δια ζώσης πειράματα, όσο και με τη βοήθεια ψηφιακών εργαλείων (digital tools), όπως εικονικές προσομοιώσεις πειραμάτων (simulations). Οι Φυσικές Επιστήμες ως γνωστικό αντικείμενο είναι άμεσα συνδεδεμένες με την πραγματική ζωή, μέσα από την πρακτική εφαρμογή των θεωριών και τη μελέτη των φαινομένων που συμβαίνουν στον κόσμο μας. Ως διδακτικό αντικείμενο, δεν θα μπορούσαν να αρκεστούν σε μία θεωρητική προσέγγιση, αλλά απαιτούν την πρακτική αναπαράσταση (representation) των φαινομένων, με σκοπό την κατανόηση (understanding), αλλά και την απόδειξη αυτών.

Το πείραμα αποτελεί μία απτή και εύκολη μετάφραση της θεωρητικής πτυχής των Φυσικών Επιστημών σε πρακτική εφαρμογή, μέσα από τη ζωντανή αναπαράσταση των φαινομένων. Ωστόσο, η δυσκολία υλοποίησης ορισμένων φαινομένων σε πραγματικές συνθήκες, η ανάπτυξη της τεχνολογίας, η ραγδαία είσοδος της στη ζωή και την εκπαίδευση των μαθητών και οι ιδιαίτερες συνθήκες διδασκαλίας που συναντώνται σε διάφορες περιπτώσεις, για παράδειγμα εξ αποστάσεως διδασκαλία, γέννησαν την ανάγκη δημιουργίας εικονικών πειραμάτων και προσομοιώσεων. Η νέα αυτή μέθοδος απόδοσης πειραμάτων έχει εισχωρήσει με γοργούς ρυθμούς τα τελευταία χρόνια στην εκπαίδευση γενικότερα, και στη διδακτική των διαφόρων κλάδων των Φυσικών Επιστημών, ειδικότερα.

Άμεσα προκύπτει από τα παραπάνω μία σύγκριση που αφορά την αποτελεσματικότητα των μεθόδων (παραδοσιακή διδασκαλία, βιωματικό πείραμα, προσομοίωση πειράματος) στη διδασκαλία και κατανόηση των φαινομένων και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών, καθώς και προβληματισμοί σχετικοί με το αν υπάρχει αποτελεσματικότερη μέθοδος, αν ο πιθανός συνδυασμός αυτών θα ήταν αποδοτικός ή όχι κ.α.

¹ Η έννοια αυτή μπορεί να συναντηθεί και με τους όρους βιωματικό ή πραγματικό πείραμα (real experiment, RE).

² Ελλιπείς ή εσφαλμένες αντιλήψεις που έχουν ήδη διαμορφώσει οι μαθητές πάνω σε ορισμένα φαινόμενα, πριν τα διδαχθούν, με αποτέλεσμα πολλές φορές να αποτελούν εμπόδιο στο να δεχτούν ή να κατανοήσουν τις ορθές (Novak, 1977).

Η έννοια αυτή μπορεί να διατυπωθεί με διάφορους όρους, οι οποίοι αναφέρονται στην βιβλιογραφική ανασκόπηση. Ο όρος αυτός είναι ο περισσότερο διαδεδομένος και αξιοποιήθηκε σε όλη την έκταση της ερευνητικής εργασίας για να αποδώσει την έννοια. Από ορισμένους μελετητές ο ίδιος όρος αναφέρεται ως «εναλλακτικές ιδέες», αντί «αντιλήψεις».

Ωστόσο, η έρευνα δεν αποσκοπεί στην ανάδειξη της αποτελεσματικότερης μεθόδου ως προς τη διδασκαλία απλώς των φαινομένων, αλλά συγκεκριμένα, ως προς την αντιμετώπιση των εναλλακτικών αντιλήψεων. Δεν ερευνάται η απλή κατανόηση δυσνόητων εννοιών, η οποία σε πολλές περιπτώσεις είναι βραχυπρόθεσμη, αλλά η μακροπρόθεσμη αναδόμηση (restructuring) λανθασμένων αντιλήψεων των μαθητών και η κατάκτησή των ορθών.

Επομένως, κεντρικό θέμα της έρευνας είναι το πρόβλημα των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών, που συχνά αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, αλλά κυρίως στις κατώτερες. Αν και οι αντιλήψεις αυτές αποτελούν ένα από τα γνωστότερα και συνηθέστερα προβλήματα που συναντούν οι εκπαιδευτικοί, αλλά και οι επιστήμονες, κατά τη διδασκαλία, δεν έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές σχετικές έρευνες με σκοπό την εύρεση μίας αποτελεσματικής μεθόδου για την αντιμετώπισή τους, με αποτέλεσμα το πρόβλημα να εξακολουθεί να υπάρχει και συνάμα να αναδεικνύεται ένα κενό στη βιβλιογραφία. Ο συνδυασμός της αναγκαιότητας επίλυσης του προβλήματος και του βιβλιογραφικού κενού, καθιστά την εν λόγω έρευνα ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα και απαραίτητη και τα αποτελέσματά της αξιοποιήσιμα ως βάση για μελλοντική περεταίρω ανάλυση του συγκεκριμένου θέματος.

Με βάση τα παραπάνω, πραγματοποιήθηκε μία ποσοτική έρευνα της οποίας η προβληματική επικεντρώθηκε στον τρόπο με τον οποίο η μορφή της διδασκαλίας μπορεί να αποτελέσει κομμάτι της αντιμετώπισης του προβλήματος, αναδεικνύοντας δύο νέους προβληματισμούς. Ο πρώτος αφορά το πείραμα και αν όντως αυτό μπορεί να αντιμετωπίσει καλύτερα τις αντιλήψεις των μαθητών σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Ο δεύτερος σχετίζεται με τον τρόπο διεξαγωγής του πειράματος, ο οποίος μπορεί να είναι εργαστηριακός ή εικονικός, και με το ποιος από τους δύο είναι πιο αποτελεσματικός.

Οι προβληματισμοί αυτοί δημιούργησαν τον κεντρικό σκοπό της ερευνητικής εργασίας, ο οποίος είναι να βοηθήσει στην αντιμετώπιση του βασικού προβλήματος, που είναι οι εναλλακτικές αντιλήψεις, μέσα από τη μελέτη των παραπάνω επιμέρους προβληματισμών. Ουσιαστικά, στοχεύει στην ενίσχυση της γενικότερης προσπάθειας εύρεσης και ανάλυσης μίας ασφαλούς και αξιόπιστης μεθόδου, η οποία θα αξιοποιείται κατά τη διδασκαλία θεμάτων των Φυσικών Επιστημών, στα οποία συναντώνται προϋπάρχουσες αντιλήψεις από τους μαθητές, και θα επιχειρεί την αναδόμησή τους. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα αποσκοπεί να εξάγει συμπεράσματα σχετικά με το αν το πείραμα είναι σε θέση να αποτελέσει μία αξιόπιστη, ή τουλάχιστον πιο αποτελεσματική από την παραδοσιακή διδασκαλία, μέθοδο αντιμετώπισης των αντιλήψεων αυτών και με το αν υπάρχει διαφορά στη συνεισφορά μεταξύ του πραγματικού και του εικονικού πειράματος.

Με βάση τους παραπάνω σκοπούς της ερευνητικής εργασίας προκύπτουν και τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα που θα πρόκειται να μελετηθούν:

1. Αποτελεί το πείραμα μία πιο αποτελεσματική μέθοδο αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία; (συγκριτικό ερώτημα)
2. Υπάρχει διαφορά στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου του πειράματος ανάλογα με τον τρόπο διεξαγωγής του; (συγκριτικό ερώτημα)

3.Υπάρχει διαφορά ανάμεσα στην αποτελεσματικότητα της κάθε μεθόδου ως προς την αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων και ως προς την κατανόηση των φαινομένων; (συγκριτικό ερώτημα)

Αναλύοντας τα παραπάνω ερωτήματα, παρατηρείται ότι τα δύο πρώτα σχετίζονται άμεσα με τον σκοπό της έρευνας, ενώ το τρίτο ασχολείται με μία περαιτέρω μελέτη μίας υπόθεσης που προκύπτει από αυτήν, καθώς και ότι όλα τα ερωτήματα είναι συγκριτικά. Αναλυτικότερα:

- ✓ Στο πρώτο ερώτημα συγκρίνεται η θεωρητική προσέγγιση της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών με την πρακτική, δηλαδή η παραδοσιακή μέθοδος διδασκαλίας μέσα από το σχολικό εγχειρίδιο με το πείραμα, όποια μορφή κι αν έχει αυτό. Η σύγκριση περιορίζεται καθαρά στην αποτελεσματικότητα των μεθόδων ως προς την αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων και όχι ως προς την ικανότητά τους να καθιστούν τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες περισσότερο κατανοητά για τους μαθητές.
- ✓ Στο δεύτερο ερώτημα, η σύγκριση γίνεται ακόμα πιο συγκεκριμένη και περιορίζεται ανάμεσα στους δύο τρόπους διεξαγωγής του πειράματος, δηλαδή στο εργαστηριακό και στο εικονικό, με στόχο την ανάδειξη της αποτελεσματικότερης, για την αναδόμηση των αντιλήψεων και μόνο, μορφής πειράματος.
- ✓ Το τρίτο ερώτημα δεν σχετίζεται άμεσα με τον σκοπό της έρευνας, αλλά προκύπτει από αυτήν, ωστόσο αποτελεί μία ενδιαφέρουσα περαιτέρω μελέτη. Σε αυτήν την περίπτωση δε συγκρίνονται οι διαφορετικές διδακτικές μέθοδοι ή οι διαφορετικές μορφές κάποιας μεθόδου, αλλά οι δύο πτυχές της αποτελεσματικότητας κάθε μεθόδου ξεχωριστά. Όπως προαναφέρθηκε, η έρευνα δεν ασχολείται με το πόσο αποτελεσματική είναι η κάθε μέθοδος στη διδασκαλία του κάθε θέματος και στην κατανόηση αυτών, αλλά στοχεύει να μελετήσει πόσο αποτελεσματική είναι στην αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων, αποκλειστικά. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί μία μέθοδος να είναι περισσότερο αποτελεσματική στην προσωρινή κατανόηση ενός φαινομένου σε σύγκριση με μία άλλη, ωστόσο να υστερεί στην μακροπρόθεσμη κατάκτηση της γνώσης, η οποία ενδιαφέρει την έρευνα, καθώς ο όρος αναδόμηση μίας αντίληψης αναφέρεται στη δεύτερη περίπτωση. Με το ερώτημα αυτό μελετάται η απόκλιση που μπορεί να υπάρχει μεταξύ κατανόησης και αναδόμησης των αντιλήψεων σε κάθε μέθοδο.

Για τη μελέτη των ερωτημάτων αυτών και την επίτευξη του γενικού σκοπού, πραγματοποιήθηκε η εν λόγω ποσοτική έρευνα, η οποία απευθύνεται σε εναλλακτικές αντιλήψεις που συναντώνται σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και συγκεκριμένα της Γ' τάξης του Γυμνασίου. Για την υλοποίηση της έρευνας επιλέχθηκαν πέντε εναλλακτικές αντιλήψεις που αφορούν φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, τα οποία συναντώνται σε ενότητες της ύλης της αντίστοιχης τάξης, τα πέντε αντίστοιχα χωρία από το σχολικό εγχειρίδιο, πέντε σχετικά πειράματα και πέντε, όσο το δυνατόν πανομοιότυπες με τα πειράματα, ψηφιακές προσομοιώσεις και ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία.

Αφού μελετήθηκε η σχετική βιβλιογραφία σε βάθος, διατυπώθηκαν οι αρχικές υποθέσεις ώστε η επιβεβαίωση ή απόρριψη αυτών να φέρουν αποτελέσματα σχετικά με

τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν. Ο έλεγχος των υποθέσεων υλοποιήθηκε με ερωτηματολόγια που μοιράστηκαν σε μαθητές σε δύο χρόνους και ήταν χωρισμένα στις τρεις διαφορετικές μεθόδους διδασκαλίας (παραδοσιακή, εργαστηριακό πείραμα, προσομοίωση). Το δείγμα ήταν χωρισμένο σε τρεις ομάδες, αντίστοιχες με τις μεθόδους, και απάντησε βαθμονομημένες ερωτήσεις πριν και μετά από την κάθε διδασκαλία, στο πρώτο ερωτηματολόγιο, καθώς και αντίστοιχες ερωτήσεις χωρίς διδασκαλία ορισμένο χρόνο μετά, στο δεύτερο ερωτηματολόγιο. Έτσι συλλέχθηκαν δεδομένα για την κάθε μέθοδο, τόσο για την αποτελεσματικότητά της στην κατανόηση, όσο και στην αναδόμηση των αντιλήψεων. Με τα δεδομένα αυτά, πραγματοποιήθηκαν στατιστικοί έλεγχοι με τη βοήθεια του στατιστικού εργαλείου SPSS, αναλύθηκαν, παρουσιάστηκαν και σχολιάστηκαν τα αποτελέσματα και εξάχθηκαν ορισμένα συμπεράσματα σχετικά τον σκοπό της έρευνας με βάση αυτά τα αποτελέσματα.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση, η λεπτομερής μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην έρευνα, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα παρατίθενται αναλυτικότερα στις επόμενες, αντίστοιχες ενότητες της διπλωματικής εργασίας.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η έρευνα πραγματεύεται ένα από τα γνωστότερα προβλήματα της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών στα επίπεδα της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών. Σκοπός της είναι η σύγκριση των μεθόδων διδασκαλίας (παραδοσιακής, εργαστηριακού πειράματος και προσομοίωσης) με σκοπό την εύρεση της αποτελεσματικότερης στην αναδόμηση των αντιλήψεων αυτών. Προκειμένου να επιτευχθεί η πλήρης κατανόηση της έρευνας και των αποτελεσμάτων της, κρίνεται απαραίτητη η αποσαφήνιση ορισμένων βασικών εννοιών που συναντώνται και μελετώνται στην έρευνα.

Στη συνέχεια, παρατίθεται αυτή η αποσαφήνιση των όρων και η απαραίτητη θεωρητική γνώση σχετικά με τις έννοιες της προσομοίωσης, των εναλλακτικών αντιλήψεων, της εννοιολογικής αλλαγής και τις μεταξύ τους σχέσεις, η οποία αντλήθηκε από μία εκτενής ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας. Η μελέτη, συλλογή, οργάνωση και παρουσίαση των ευρημάτων της αναζήτησης αυτής, επιχειρεί να τοποθετήσει τον αναγνώστη της εργασίας στη γνώση που υπάρχει αυτή τη στιγμή στον χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, να τον ενημερώσει για τη σύγχρονη επιστημονική θεώρηση του θέματος των εναλλακτικών αντιλήψεων και να τον προετοιμάσει για τη μελέτη της έρευνας που παρουσιάζεται.

Τέλος, διατυπώνονται οι ερευνητικές υποθέσεις των προαναφερθέντων ερευνητικών ερωτημάτων που μελετήθηκαν, των οποίων οι επιβεβαιώσεις ή απορρίψεις παρουσιάζονται αναλυτικά σε επόμενες ενότητες. Δεν πρόκειται για μία απλή διατύπωση των υποθέσεων, αλλά μία τεκμηρίωση βάσει βιβλιογραφίας, μέσα από την ανάλυση της προσομοίωσης ως μέθοδο αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων και τη σύγκριση της αποτελεσματικότητας των μεθόδων διδασκαλίας ως προς την αναδόμηση των παραπάνω αντιλήψεων.

2.1 Η προσομοίωση στην εκπαίδευση

Συνεχώς οι εκπαιδευτικοί αναζητούν νέους τρόπους, μεθόδους και υλικό για να υποστηρίξουν τη διδασκαλία τους, με σκοπό να βοηθήσουν τους μαθητές να φτάσουν στην κατανόηση και απόκτηση της γνώσης. Θεωρίες, πρακτικές, προγράμματα και εποπτικά υλικά διαρκώς δημιουργούνται ή τροποποιούνται, ώστε να ενισχύσουν τη διαδικασία της μάθησης. Οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας ολοένα και βελτιώνονται και τοποθετούνται σε μία θεωρητική βάση, ενώ νέες μορφές, υποστηριζόμενες κυρίως από την τεχνολογία, αναδύονται συστηματικά.

Η τεχνολογία διαρκώς εξελίσσεται και εισχωρεί με αυξανόμενους ρυθμούς στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων. Το γεγονός αυτό δεν μπορεί να εξαιρέσει και τα παιδιά, που πλέον η καθημερινότητά τους είναι απόλυτα συνδεδεμένη με τα τεχνολογικά μέσα υψηλής ευκρίνειας και αληθοφανών γραφικών στις περισσότερες χώρες του κόσμου. Για τον λόγο αυτό, δεν θα μπορούσε η εκπαίδευση των μαθητών να παραμένει στάσιμη και να διατηρεί την παραδοσιακή μορφή της με τα βιωματικά της μέσα, αλλά διαρκώς ψηφιοποιείται και ενσωματώνεται στα δεδομένα της εποχής. Η σχέση αυτή που έχει αναπτυχθεί μεταξύ των παιδιών της νέας χιλιετίας και των ψηφιακών τεχνολογιών, έχει δημιουργήσει ευνοϊκές συνθήκες για νέα διαισθητικά περιβάλλοντα μάθησης (Serres, 2015), τα οποία με το κατάλληλα ανεπτυγμένο εκπαιδευτικό υλικό, είναι ικανά να επιτύχουν την ενεργή εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία μάθησης (Verginis et al, 2011).

Η Μουντριδου (2008) αναφέρει λεπτομερώς επιχειρήματα σχετικά με τους λόγους και τους τρόπους που η αξιοποίηση της τεχνολογίας στην εκπαίδευση έχει τη δύναμη να παρέχει περισσότερα κίνητρα στους μαθητές, να βελτιώσει τις μαθησιακές μεθόδους, να αυξήσει την παραγωγικότητα της εργασίας των μαθητών και των καθηγητών και να βοηθήσει τους μαθητές να αποκτήσουν και να εξασκήσουν δεξιότητες χρήσιμες για την εποχή της Πληροφορίας.

Για τους παραπάνω λόγους, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των περιβαλλόντων σχεδιασμού ψηφιακών προσομοιώσεων, τη ραγδαία αύξηση της παρουσίας των τελευταίων στην εκπαίδευση και το γεγονός ότι η οπτική αναπαράσταση των φυσικών φαινομένων συμβάλλει έντονα στη βαθμιαία κατασκευή της γνώσης (Novak, 1990, Kinchin, Hay, & Adams, 2000), φέρνουν στην επιφάνεια, όχι μόνο μία νέα μέθοδο, αλλά και τον προβληματισμό για το αν αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως μία καλύτερη επιλογή για τον εκπαιδευτικό.

Φυσικά, η προσομοίωση δεν είναι μία καινούργια πρακτική, αλλά εμφανίζεται στον χώρο της εκπαίδευσης σχεδόν μισό αιώνα. Για την ακρίβεια συναντάται για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1970 στο Πανεπιστήμιο της Γιούτα, αν και μελέτες είχαν πραγματοποιηθεί και μέσα στην προηγούμενη δεκαετία, ενώ γνωρίζει μεγάλη ανάπτυξη και εφαρμογή στις δύο επόμενες δεκαετίες (Elmqaddem, 2019). Ωστόσο, όπως περιγράφει ο ίδιος συγγραφέας, κάπου στα μέσα της δεκαετίας του 1990 πολλοί περιορισμοί εμπόδισαν την υιοθέτησή της από το ευρύ κοινό. Παρόλες τις δυσκολίες όμως, η προσομοίωση, όχι απλά διατηρείται ζωντανή στις μέρες μας, αλλά χάρη στην πρόοδο της τεχνολογίας είναι εύκολα προσβάσιμη από μεγάλη ποικιλία μέσων (κινητό τηλέφωνο, ηλεκτρονικός υπολογιστής κ.λπ.), γεγονός που αποτελεί και τη μεγαλύτερη διαφορά της σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες (Hussein & Nätterdal, 2015)

2.1.1 Ορισμός

Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η διατύπωση ενός ορισμού για την προσομοίωση, καθώς και τη διάκρισή της από άλλες έννοιες, όπως αυτήν της εικονικής πραγματικότητας (virtual reality, VR), της επαυξημένης πραγματικότητας (augmented reality, AR) και του εικονικού κόσμου (virtual world).

Όπως είναι φυσικό, με την πάροδο του χρόνου και την χρήση προσομοιώσεων στην εκπαίδευση, έχουν διατυπωθεί πολλοί ορισμοί σχετικά με αυτήν την πρακτική, για αυτό θα αναφερθούν δύο που παραθέτει ο Sahin (2006):

- A. Η αναπαράσταση ή μοντελοποίηση (modeling) ενός γεγονότος, αντικειμένου ή κάποιου φαινομένου (Thompson, Simonson & Hargrave, 1996).
- B. Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή για να προσομοιωθούν δυναμικά συστήματα αντικειμένων σε πραγματικό ή φανταστικό κόσμο (Akran & Andre, 1999).

Όπως αναφέρει ο ίδιος, υπάρχουν πολλές μορφές προσομοίωσης με δισδιάστατα ή τρισδιάστατα σχήματα σε διαδραστικά εργαστήρια πειραμάτων και περιβάλλοντα διερεύνησης (Sahin, 2006).

Συχνά επικρατεί σύγχυση με τους όρους προσομοίωση και εικονική πραγματικότητα και όχι χωρίς λόγο, καθώς οι έννοιες είναι σχεδόν συνώνυμες και επικαλύπτονται σε μεγάλο βαθμό. Ωστόσο, υπάρχουν διακριτές διαφορές στον σχεδιασμό τους και, κυρίως, στην αλληλεπίδραση (interaction) του χρήστη στην κάθε περίπτωση. Στα προγράμματα εικονικής πραγματικότητας υπάρχει πλήρης «βύθιση»

(immersion) και εσωτερική συμμετοχή του χρήστη, αφού βλέπει, ακούει, χειρίζεται, αισθάνεται, μιλάει σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή χρησιμοποιεί παραπάνω από μία αίσθησή του, σε αντίθεση με την προσομοίωση, την οποία μπορεί να την εκτελέσει χωρίς να βρίσκεται «μέσα» σε αυτήν (Javidi, 2009). Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν και τα κύρια της εικονικής πραγματικότητας, καθώς μπορεί να θεωρηθεί μία μορφή διεπαφής ανθρώπου και υπολογιστή, που χαρακτηρίζεται από μία περιβαλλοντική προσομοίωση, η οποία ελέγχεται μόνο σε κάποια μέρη της από τον χρήστη (Spring, 1991).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αλληλεπίδρασης ανθρώπου και υπολογιστή με εσωτερική συμμετοχή του πρώτου είναι το τεχνολογικό πάρκο «Polymechanion» στην Αθήνα, το οποίο περιέχει ψηφιακά παιχνίδια και προσομοιώσεις εκπαιδευτικού περιεχομένου που βασίζονται στην κιναισθητική αναγνώριση (kinaesthetic recognition) του ανθρώπινου σώματος και απαιτούν τη γλώσσα και την κίνηση ολόκληρου του σώματος του χρήστη. Η επικοινωνία της σωματικής κίνησης με τα ψηφιακά περιβάλλοντα βοηθά τους μαθητές να εκφράσουν σκέψεις και έννοιες για τα προσομοιωμένα φαινόμενα που φαίνονται στην οθόνη. Επίσης, οι εκπαιδευτικοί μέσα από αυτήν την αλληλεπίδραση και την γλώσσα του σώματος των μαθητών μπορούν να αντιληφθούν τις μαθησιακές στρατηγικές που χρησιμοποιούν (Kynigos & Smyrniou, 2012).

Σε κάθε εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας εμπεριέχεται και η έννοια της προσομοίωσης, με αποτέλεσμα οι (Thurman & Mattoon, 1994), να χαρακτηρίζουν την εικονική πραγματικότητα ως μία νέα, εξελιγμένη μορφή προσομοίωσης, την «βασισμένη σε εικονική πραγματικότητα προσομοίωση» (VR-based simulation), διατηρώντας τα βασικά χαρακτηριστικά μίας προσομοίωσης και προσθέτοντας το στοιχείο της βύθισης του χρήστη μέσα σε αυτήν.

Στα χαρακτηριστικά αυτά βασίζεται και η διαφορά της εικονικής από την επαυξημένη πραγματικότητα. Αν οι όροι εικονική πραγματικότητα και προσομοίωση ήταν συνώνυμοι, τότε μεταξύ των όρων επαυξημένη πραγματικότητα και προσομοίωση γίνεται λόγος για ταύτιση. Ο Elmqaddem (2019) επισημαίνει πως ο επινοημένος, από τους ερευνητές Thomas Caudell και ο David Mizell το 1990, όρος «επαυξημένη πραγματικότητα» αναφέρεται στην εικονική δισδιάστατη ή τρισδιάστατη διεπαφή που βελτιώνει αυτό που βλέπει ο χρήστης με την προσθήκη πληροφοριών και ψηφιακού περιεχομένου στον πραγματικό κόσμο. Σε αντίθεση, με την εικονική πραγματικότητα που αξιοποιεί ένα τρισδιάστατο σύστημα προβολής μπροστά στα μάτια του χρήστη και τον βυθίζει σε έναν εικονικό κόσμο με τον οποίο αλληλεπιδρά.

Η Girvan (2018) αναλύοντας εκτενώς όλα τα χαρακτηριστικά ενός εικονικού κόσμου, συμπέρανε πως είναι η εικονική αναπαράσταση του χώρου, στον οποίο επιτρέπεται η παρουσία και επικοινωνία πολλαπλών χρηστών ταυτόχρονα και αξιοποιούνται είδωλα (avatars), που έχουν τον ρόλο του διαμεσολαβητή με σκοπό, μέσα από τις ενέργειές τους, να βιώσει ο χρήστης την εμπειρία που αυτός προσφέρει.

2.1.2 Θεωρητικές αρχές

Η προσομοίωση δεν αποτελεί μία τεχνική αυθαίρετη που διαθέτει δικό της θεωρητικό πλαίσιο, αλλά βρίσκει τη βάση της στη θεωρία της κοστρουκτιβιστικής μάθησης (constructivist learning). Ο κοστρουκτιβισμός (constructivism) δεν είναι μία νέα θεωρία, αλλά οι βασικές ιδέες του υπάρχουν σχεδόν έναν αιώνα με κύριους εκφραστές τον Jean Piaget και τον John Dewey. Σύμφωνα με αυτόν, η γνώση

κατασκευάζεται μέσω της αλληλεπίδρασης του μαθητή με το περιβάλλον του και μίας σειράς δραστηριοτήτων εξερεύνησης, συνεργασίας, συζήτησης, αυτοαξιολόγησης και προβληματισμού μέσα σε αυτό (Javidi, 1999).

Ο Chen (2009) πραγματοποίησε λεπτομερή ανάλυση των χαρακτηριστικών που περιλαμβάνει μία κονστρουκτιβιστική πρακτική, προκειμένου να τεκμηριώσει την άποψη ότι η προσομοίωση και κάθε τεχνική εικονικής αναπαράστασης που επιτρέπει τη συμμετοχή του χρήστη υποστηρίζουν τη συγκεκριμένη θεωρία μάθησης, διότι διαθέτουν τα χαρακτηριστικά αυτά. Το ελεγχόμενο περιβάλλον της προσομοίωσης δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να πλοηγηθούν, να αλληλεπιδράσουν μαζί του, με τα αποτελέσματα να σημειώνονται σε πραγματικό χρόνο, να επιλύουν προβλήματα, να διαχειρίζονται παραμέτρους, να λαμβάνουν αποφάσεις και να συνεργάζονται.

Πέρα όμως από τα εποικοδομητικά στοιχεία που περιλαμβάνει η τεχνική της προσομοίωσης, ο προαναφερθείς παραθέτει στην ίδια μελέτη τις απόψεις πολλών ερευνητών και εκπαιδευτικών, οι οποίοι υποστηρίζουν πως η προσομοίωση διαθέτει διάφορες δυνατότητες που αδιαμφισβήτητα μπορούν να υποστηρίξουν τον κονστρουκτιβισμό, τεκμηριώνοντας την άποψή του και βιβλιογραφικά.

2.1.3 Αξιοποίηση στην εκπαίδευση

Είναι γεγονός πως οι προσομοιώσεις έχουν ενταχθεί αισθητά στην εκπαίδευση και ιδιαίτερα στον χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών με τα πλεονεκτήματα και την προσφορά τους να είναι δεδομένα και αδιαμφισβήτητα. Ωστόσο, αν και οι περισσότεροι ερευνητές και παιδαγωγοί έχουν αποδεχτεί τα πλεονεκτήματα και το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας στηρίζει την ένταξη αυτής της τεχνικής στην εκπαιδευτική πράξη, πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό να εξετασθεί το «πότε» και το «πώς» πρέπει ή δεν πρέπει να χρησιμοποιείται, καθώς και τι παραπάνω μπορεί να προσφέρει σε σύγκριση με τις ήδη υπάρχουσες μεθόδους διδασκαλίας (Pantelidis, 2009)

Στη συνέχεια, παρατίθεται πληθώρα πλεονεκτημάτων που συλλέχθηκαν από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας αυτών των μελετών, όπου σε συγκεκριμένα σημεία πραγματοποιείται και σύγκριση της τεχνικής με τις παραδοσιακές πρακτικές και τα βιωματικά πειράματα, και ορισμένα αρνητικά στοιχεία της τεχνικής. Κατόπιν, παρουσιάζεται ο τρόπος αξιοποίησής τους στην εκπαίδευση, ενώ αναφέρεται και η ανάγκη για μελλοντική επέκταση της μελέτης, προκειμένου να βρεθεί η καταλληλότερη χρήση της.

2.1.3.1 Πλεονεκτήματα

Σύμφωνα με τους Bowman, Hodges, Allison και Wineman (1998) μία προσομοίωση είναι σε θέση να ενθαρρύνει τη μάθηση και την κατανόηση, διότι συνδέει άμεσα τις συμβολικές με τις βιωματικές πληροφορίες. Στην κατανόηση και αίσθηση των εννοιών στηρίζεται και ο Chee (2001) χαρακτηρίζοντας τις προσομοιώσεις ως θεμέλιο για τη διαδικασία ανώτερης και εννοιολογικής μάθησης, που μπορεί να καλύψει την ανάγκη της μάθησης μέσα από την εμπειρία των μαθητών, γι' αυτό και πρέπει να «ριζώσει» στην εκπαιδευτική πραγματικότητα, ενώ τονίζει και την έλλειψη ποιοτικής διάστασης, ουσιαστικής κατανόησης και «αίσθησης» των φαινομένων που μελετούν. Η παραδοσιακή διδασκαλία από την άλλη, πολλές φορές απαιτεί την εκμάθηση

πολύπλοκων συμβόλων πριν διδαχθούν από τους εκπαιδευτικούς οι κατάλληλες έννοιες, με αποτέλεσμα την αποτυχία κατανόησής τους από τους μαθητές (Winn, 1993).

Ιδιαίτερα στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, η προσφορά των εικονικών πειραμάτων είναι αδιαμφισβήτητη, καθώς εκτελούνται με ασφάλεια, ταχύτητα και συνέπεια πειράματα που απαιτούν χρόνο, μεγάλο χώρο, δυσεύρετα και ακριβά υλικά, ακρίβεια υπολογιστή ή που θεωρούνται επικίνδυνα, ενώ ταυτόχρονα γεφυρώνουν και τις δυσκολίες της εξ αποστάσεως διδασκαλίας (Sahin, 2006). Επίσης, καλύπτουν την αμφισβήτηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων στα ζωντανά πειράματα από τους μαθητές, η οποία προκαλείται εξαιτίας των εργαστηριακών εργαλείων, με τις ακριβείς και επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και τη δυνατότητα αλλαγής μεταβλητών να καθιστούν τα εικονικά πειράματα αποτελεσματικότερα και πιο αξιόπιστα από τα πρώτα (Taramopoulos, Psillos, & Hatzikraniotis, 2011).

Η Pantelidis (1995) επικαλείται τρεις διαφορετικές αιτίες για τις οποίες η προσομοίωση πρέπει να αποτελεί μέρος της εκπαίδευσης των μαθητών. Πρώτον, διότι αποτελεί εναλλακτική μέθοδο παρουσίασης μέσα από την οπτική αναπαράσταση, η οποία έχει και μεγαλύτερη ακρίβεια από τη δια ζώσης. Δεύτερον, παρακινεί τους μαθητές για ενεργό συμμετοχή κι όχι παθητική στάση στη διαδικασία της μάθησης. Τρίτον, δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να βιώσουν μία εμπειρία οποιαδήποτε στιγμή κι όχι στον χρονικό περιορισμό που επιβάλλει το πρόγραμμα, ενώ κάνει λόγο και για τη δυνατότητα που παρέχει στα άτομα με ειδικές ανάγκες να συμμετάσχουν σε ένα πείραμα ή ένα περιβάλλον που δεν θα μπορούσαν υπό διαφορετικές συνθήκες.

Στο δεύτερο επιχείρημα της Pantelidis στηρίζεται και η άποψη των Mikropoulos, Chalkidis, Katsikis και Emvalotis (1998) ότι το βασικότερο πλεονέκτημα των προσομοιώσεων είναι ο ενθουσιασμός που προκαλούν στους μαθητές, καθώς η έρευνα που πραγματοποίησαν έδειξε πως οι μαθητές είχαν πιο ευνοϊκή στάση προς αυτήν την τεχνική παρά στις παραδοσιακές μεθόδους. Αντίστοιχα αποτελέσματα προέκυψαν από την έρευνα των Nooriafshar, Williams και Maraseni (2004) με την εικονική αναπαράσταση να επιλέγεται από τους μαθητές ως πολύ προτιμότερη μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης από τη δια ζώσης παρουσίαση.

Ο ενθουσιασμός που προκαλούν οι προσομοιώσεις και τις τοποθετεί στην πρώτη θέση των προτιμήσεων των μαθητών, φυσικά, δεν περιορίζεται μόνο στο πλαίσιο της σχολικής εκπαίδευσης, αλλά η ένταξή τους στην εκπαίδευση και κατάρτιση των εργαζομένων, φαίνεται να τις καθιστά περισσότερο ελκυστικές, σαφείς και κατανοητές για τους εκπαιδευόμενους. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους, οι οποίες χαρακτηρίστηκαν από τους ίδιους ως ανιαρές, χρονοβόρες και αποθαρρυντικές, ενώ τα εγχειρίδια με το κείμενο και τις στατικές εικόνες ως μη επαρκή για την κατανόηση ορισμένων διαδικασιών. Αυτό οφείλεται στην αίσθηση της μάθησης μέσα από την πράξη που προσφέρει η εικονική εκπαίδευση, όπως δείχνει και η αντίστοιχη έρευνα που διεξήχθη στην Σλοβακία σε διάφορους εργασιακούς τομείς (Dávideková, Mjartan & Greguš, 2017).

2.1.3.2 Μειονεκτήματα

Από την άλλη πλευρά, η προσομοίωση δεν είναι σε καμία περίπτωση ένα τέλειο εργαλείο χωρίς αρνητικά. Πρώτο και βασικότερο είναι η μεταφορά και η ισχύς που έχει ένα προσομοιωμένο φαινόμενο στον πραγματικό κόσμο, αν δηλαδή οι καταστάσεις και τα περιβάλλοντα που αναπαρίστανται λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο και έξω από την οθόνη (Osberg, 1992).

Εξίσου άξιο λόγου αρνητικό των προσομοιώσεων είναι η ίδια η φύση τους που τις καθιστά δυσεύρετες και ορισμένες φορές δύσχρηστες. Μία προσομοίωση απαιτεί χρόνο, ίσως και χρήματα, για να σχεδιαστεί με αποτέλεσμα το πλήθος των παρεχόμενων προσομοιώσεων που προσφέρονται σε ειδικά αποθετήρια και ιστότοπους του διαδικτύου να μην επαρκούν ή να μην είναι κατάλληλα για την κάλυψη των φαινομένων, καθώς επίσης και η χρήση τους δεν είναι πάντοτε εφικτή, αφού απαιτείται η διάθεση του απαραίτητου τεχνολογικού εξοπλισμού στην εκπαίδευση. Φυσικά, αυτοί είναι περιορισμοί που, με την πρόοδο της τεχνολογίας, εξαλείφονται ολοένα και περισσότερο (Pantelidis, 2009). Το πρόβλημα της ανεπάρκειας ηλεκτρονικών υπολογιστών στα σχολεία τονίζουν και οι Franco, Raimann, Souza και Ribeiro, αναφέροντας πως ο αριθμός των υπολογιστών συνεχίζει να είναι μικρότερος από τον αριθμό των μαθητών (2011).

2.1.3.3 Χρήση

Ίσως τα πλεονεκτήματα των προσομοιώσεων να υπερτερούν κατά πολύ έναντι των μειονεκτημάτων τους και η προσφορά τους στην εκπαίδευση να είναι κοινά αποδεκτή από τους μελετητές και τους παιδαγωγούς, ωστόσο η μεγαλύτερη πρόκληση είναι η εύρεση του αποτελεσματικότερου τρόπου με τον οποίο πρέπει να χρησιμοποιείται, αλλά και του τρόπου που πρέπει να αποφεύγεται κρινόμενος ως μη κατάλληλος ή μη παραγωγικός. Η ένταξη νέων μέσων στην εκπαίδευση και ειδικά αυτών που προέρχονται από τη σύγχρονη τεχνολογία, πάντοτε αποτελεί πραγματική πρόκληση για τους διαχειριστές, τους σχεδιαστές των αναλυτικών προγραμμάτων, τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές (Kynigos et al, 2007).

Η πρόκληση αυτή είναι ιδιαίτερα απαιτητική, καθώς διχογνωμία μεταξύ των μελετητών υπάρχει ακόμη και ως προς την ίδια τη φύση της προσομοίωσης και, συγκεκριμένα, στον βαθμό της συμμετοχής που έχει ο μαθητής σε αυτήν. Ο Gredler (1996) διακρίνει δύο τύπους προσομοιώσεων, τις συμβολικές και τις βιωματικές. Στις πρώτες, ο μαθητής δεν έχει ενεργό συμμετοχή στο περιβάλλον της προσομοίωσης και παραμένει εξωτερικός παρατηρητής στα γεγονότα. Αντίθετα, στις βιωματικές προσομοιώσεις ο μαθητής «βυθίζεται» στο περιβάλλον τους και εκτελεί πολυδιάστατες ενέργειες, αποτελεί αναπόσπαστο μέρος τους και μπορεί να συνεργάζεται με άλλους.

Ο διαχωρισμός των προσομοιώσεων σε δύο τύπους, δε σχετίζεται μόνο με τη συμμετοχή του μαθητή και την εκτέλεση της προσομοίωσης, αλλά ουσιαστικά στηρίζεται σε διαφορετικές θεωρίες μάθησης. Ο πρώτος τύπος της απλοποιημένης προσομοίωσης, όπου από το περιβάλλον της παραλείπονται ή αλλάζουν λεπτομέρειες, εξαλείφοντας τις ανεπιθύμητες συνιστώσες των πραγματικών καταστάσεων, με σκοπό οι μαθητές να επικεντρωθούν στις κρίσιμες πληροφορίες και να επιτευχθεί ευκολότερα το μαθησιακό αποτέλεσμα που επιθυμεί η προσομοίωση (Gagné, 1962, Grabe & Grabe, 1996), αντλεί τη βάση του από τον συμπεριφορισμό (behaviorism) και τη γνωστική μάθηση (cognitive learning). Ο δεύτερος τύπος που αναπαριστά ένα πολύπλοκο περιβάλλον προσομοίωσης του πραγματικού κόσμου, στο οποίο περιέχονται σύνθετες εργασίες και ο μαθητής λαμβάνει αποφάσεις σε αυθεντικά προβλήματα αποκτώντας δεξιότητες (Wilson, Jonassen & Cole, 1993), υπάγεται στην κονστрукτιβιστική θεωρία μάθησης.

Όποιος κι αν είναι ο τύπος τους ή η θεωρία που υποστηρίζουν, οι προσομοιώσεις αποτελούν ένα αξιόπιστο και πολύτιμο εργαλείο για την εκπαιδευτική πράξη. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάστηκαν προηγουμένως αντανακλούν την αδιαμφισβήτητη ανάγκη για την αξιοποίησή τους στην εκπαίδευση, γεγονός που βρίσκει σύμφωνο το

μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας. Ακόμα και στη σύγκριση που πραγματοποιείται μεταξύ αυτών και των παραδοσιακών μεθόδων διδασκαλίας, πολλοί ερευνητές τάσσονται υπέρ των προσομοιώσεων εξαιτίας των δυνατοτήτων τους και την προτίμησή τους από τους μαθητές. Ωστόσο, είναι σε θέση να αντικαταστήσουν πλήρως τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας;

Οι Smyrnaioi και Weil-Barais (2003), διευκρίνισαν πως παρά τα οφέλη της προσομοίωσης και των τεχνολογικών μέσων που αξιοποιούνται στην εκπαίδευση με σκοπό την εξατομίκευση της διδασκαλίας, επιτρέποντας στους μαθητές να εργάζονται με αυτόνομο τρόπο και στον δικό τους ρυθμό, οι μαθητές επιζητούν και τις πρακτικές δραστηριότητες. Σε πολλές περιπτώσεις, τα ψηφιακά περιβάλλοντα είναι ιδιαίτερα πολύπλοκα και οι μαθητές δεν είναι ικανοί να διαχειριστούν ορισμένες εργασίες, γεγονός που εμποδίζει την ομόφωνη υπεροχή των προσομοιώσεων έναντι των παραδοσιακών μεθόδων διδασκαλίας.

Στην ανασκόπηση της, σχετικής με τις προσομοιώσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, βιβλιογραφίας που πραγματοποίησε ο Sahin (2006), υποστηρίζει αναντίρρητα πως τα εικονικά πειράματα δεν μπορούν να αντικαταστήσουν ολοκληρωτικά αυτά που πραγματοποιούνται στην τάξη ή το εργαστήριο, παρά μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις, τοποθετώντας ως κριτήριο την έννοια και την κατάσταση. Σε μελέτη που διεξήχθη από τους Zacharia και Olymriou (2011), οι οποίοι συνέκριναν τα δια ζώσης πειράματα, τα εικονικά, τον συνδυασμό αυτών και την παραδοσιακή διδασκαλία ως προς την αποτελεσματικότητά τους στη διδασκαλία της Θερμότητας και Θερμοκρασίας σε προπτυχιακούς φοιτητές, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεθόδων, καταλήγοντας στο συμπέρασμα πως αυτό που επηρεάζει τη διδασκαλία είναι το ίδιο το πείραμα και όχι η μορφή του.

Επομένως, ο καταλληλότερος τρόπος αξιοποίησης των προσομοιώσεων ίσως να μην είναι η αντικατάσταση των παραδοσιακών μεθόδων από αυτές, αλλά η χρήση τους ως συμπληρωματικό υλικό (McKinney, 1997). Η Pantelidis (1996) προτείνει συγκεκριμένες περιπτώσεις που θεωρεί κατάλληλη τη χρήση προσομοιώσεων, αναλύει παράγοντες που την επηρεάζουν και επισημαίνει ορισμένες περιπτώσεις που υποστηρίζει πως πρέπει να αποφεύγεται η χρήση της, ενώ η Javidí (1999) επιχειρεί να σκιαγραφήσει τα χαρακτηριστικά του μαθητευομένου που προτιμάει και επωφελείται περισσότερο από αυτήν την τεχνική.

Με όποια μορφή, όμως, κι αν χρησιμοποιείται η τεχνική αυτή, το γεγονός ότι οι προσομοιώσεις έχουν ενταχθεί, λιγότερο ή περισσότερο, στην εκπαιδευτική διαδικασία και αξιοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς, χωρίς ωστόσο να έχει ολοκληρωθεί η μελέτη τους ή να έχει χαραχθεί μία κοινή γραμμή στη βιβλιογραφία, φέρνει στην επιφάνεια την επιτακτική ανάγκη που υπάρχει για περαιτέρω μελέτη της τεχνικής με σκοπό τη χαρτογράφηση των δυνατοτήτων της και την καταλληλότερη χρήση της (Javidí, 1999). Ο Chen (2009) με τη σειρά του υπογραμμίζει την ανάγκη δημιουργίας και ενός συγκεκριμένου θεωρητικού πλαισίου, προκειμένου να αντιμετωπίσει τα ζητήματα που προκύπτουν, και τον εντοπισμό των πλεονεκτημάτων της μεθόδου, με σκοπό την αποτελεσματικότερη έγχυση και εγκατάστασή της στην εκπαιδευτική πράξη με διακριτό και καθορισμένο ρόλο. Φυσικά, πάντοτε λαμβάνεται υπόψη και η μεταβλητή του ανθρώπινου παράγοντα, καθώς όποια μορφή κι αν έχει το θεωρητικό αυτό πλαίσιο, ο κύριος μεσολαβητής κάθε καινοτομίας είναι ο ίδιος ο εκπαιδευτικός που κατασκευάζει την προσωπική του παιδαγωγική πρακτική, η οποία επηρεάζεται από τις πεποιθήσεις του (Kynigos & Argyris, 2007).

Τέλος, ο Elmqaddem (2019) βλέπει με θετική διάθεση την προοπτική της υιοθέτησης εικονικών τεχνικών στην εκπαίδευση, αλλά και σε όλους τους τομείς, είτε αυτή είναι προσομοίωση, είτε εικονική πραγματικότητα, είτε επταυξημένη

πραγματικότητα. Υποστηρίζει πως η εκπαιδευτική διαδικασία βρίσκεται σε έναν ελπιδοφόρο δρόμο «επανεφεύρεσης» της στον 21^ο αιώνα, που χαράζεται από τις τεχνολογικές εξελίξεις, οι οποίες θα φέρουν στο εγγύς μέλλον την επανάσταση στον τρόπο αλληλεπίδρασης του μαθητή με τον πραγματικό κόσμο.

2.2 Εννοιολογική αλλαγή

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, η εν λόγω έρευνα δεν περιορίζεται στη γενική προσφορά των προσομοιώσεων στην εκπαίδευση, αλλά μελετά συγκεκριμένα την αποτελεσματικότητά τους στη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής, δηλαδή στη διαδικασία αναδόμησης των εναλλακτικών αντιλήψεων. Προτού, όμως, αναλυθεί η μελέτη αυτή, κρίνεται απαραίτητο να αποσαφηνιστούν ορισμένες έννοιες που σχετίζονται με το θέμα αυτό.

2.2.1 Αντίληψη και θεωρία

Μελετώντας τη, σχετική με την εννοιολογική αλλαγή, βιβλιογραφία ο αναγνώστης σύντομα θα παρατηρήσει τη συχνή επανάληψη των όρων «θεωρία» (theory) και «αντίληψη» (conception).

- ✓ Ο όρος θεωρία υποδηλώνει *“ένα σχετικά συνεκτικό σώμα της γνώσης συγκεκριμένου τομέα που χαρακτηρίζεται από μία ξεχωριστή οντολογία και αιτιότητα που μπορεί να προκαλέσει εξήγηση και πρόβλεψη”* (Inagaki & Hatano, 2002).
- ✓ Ο όρος αντίληψη μπορεί να θεωρηθεί ως *“εσωτερική εκπροσώπηση του μαθητή κατασκευασμένη από εξωτερικές αναπαραστάσεις οντοτήτων που κατασκευάστηκαν από άλλα άτομα, όπως καθηγητές, συγγραφείς βιβλίων ή σχεδιαστές λογισμικού”* (Glynn & Duit, 1995).

Δεν θα ήταν άστοχη η παρατήρηση πως και οι δύο όροι διατυπώνουν παρόμοια έννοια με διαφορετικά λόγια. Πρόκειται ουσιαστικά για δύο διαφορετικές προσεγγίσεις του ίδιου θέματος, δύο σχολές που αντιμετωπίζουν και μελετούν την έννοια της γνώσης από διαφορετική σκοπιά. Η πρώτη την αντιμετωπίζει ως την «αίτια» για την εξήγηση και πρόβλεψη της περαιτέρω γνώσης, ενώ η δεύτερη ως το «αποτέλεσμα» εξωτερικών παραγόντων.

Κοινό σημείο και των δύο προσεγγίσεων, πέρα από το θέμα που μελετούν, είναι ο φόβος της δημιουργίας εσφαλμένης ή ημιτελής κατανόησης των εννοιών, που προκύπτει είτε εξαιτίας λανθασμένης γνωστικής βάσης ή λανθασμένων εξωτερικών παραγόντων. Το παραπάνω πρόβλημα εκφράζεται και από τις δύο σχολές με τους όρους «αφελείς θεωρίες» (naive theories) και «εναλλακτικές αντιλήψεις» (alternative conceptions), αντίστοιχα.

Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη προσέγγιση υποστηρίζει πως η δομή της θεωρίας είναι δημιουργική, δηλαδή επιτρέπει στους μαθητές να εξηγούν και να κάνουν προβλέψεις για άγνωστες έννοιες και προβλήματα βασιζόμενοι σε εσφαλμένες γνώσεις που διαθέτουν, με αποτέλεσμα και η νέα εξήγηση ή πρόβλεψη που θα προκύπτει να

είναι και αυτή λανθασμένη. Εξαιτίας αυτού, η γνώση είναι οργανωμένη σε τέτοιες αφελείς θεωρίες (Vosniadou, 2007).

Με αντίστοιχη συλλογιστική πορεία, η δεύτερη προσέγγιση υποστηρίζει πως οι μαθητές στις Φυσικές Επιστήμες φέρουν αντιλήψεις για το πώς λειτουργεί ο κόσμος πριν τις διδαχθούν, που τις έχουν λάβει από ερεθίσματα που δεν προέρχονται από την επιστημονική κοινότητα, οι οποίες είναι λιγότερο ακριβείς, εκτεταμένες και συνεκτικές από τις επιστημονικά αποδεκτές (Hewson & Hewson, 1984)

Κατά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας παρατηρήθηκε πως οι όροι «αντίληψη», και κατ' επέκταση «εναλλακτικές αντιλήψεις», χρησιμοποιούνται αρκετά συχνότερα από αυτούς της «θεωρίας» και των «αφελών θεωριών», χωρίς ωστόσο να διακρίνεται κάποιου είδους αντίστοιχης προτίμησης και στην προσέγγιση και τη λογική των πρώτων, έναντι των δεύτερων. Οι έννοιες των δύο προσεγγίσεων φαίνεται να χρησιμοποιούνται ως συγκεχυμένες, όντας άλλωστε και συνώνυμες. Παρόλα αυτά, στη συγκεκριμένη εργασία επιλέχθηκε να αξιοποιηθούν οι πλέον επιλεγμένοι και διαδεδομένοι όροι της πρώτης προσέγγισης.

2.2.2 Εναλλακτικές αντιλήψεις

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι λανθασμένες αυτές γνώσεις των μαθητών ορίστηκαν με δύο διαφορετικούς όρους, τις «εναλλακτικές αντιλήψεις» και τις «αφελείς θεωρίες». Ωστόσο, με μία σύντομη μελέτη της βιβλιογραφίας, εύκολα παρατηρείται πως υπάρχουν πολύ περισσότεροι όροι για να χαρακτηρίσουν την ίδια έννοια, δηλαδή αυτή των εναλλακτικών αντιλήψεων, απλά οι δύο που ήδη αναφέρθηκαν προκύπτουν άμεσα από τους αρχικούς όρους της «θεωρίας» και της «αντίληψης». Παρακάτω πραγματοποιείται μια καταλογογραφική παράθεση ορισμένων από τους γνωστότερους όρους.

- Προϋπάρχουσες αντιλήψεις (preconceptions) (Novak, 1977)
- Παρανοήσεις (misconceptions) (Helm, 1980),
- Επιστημονικές διαισθήσεις των παιδιών (children's scientific intuitions) (Sutton, 1980),
- Επιστήμη των παιδιών (children's science) (Gilbert, Watts, & Osborne, 1982),
- Εναλλακτικά πλαίσια (alternative frameworks) (Driver & Erickson, 1983),
- Έννοιες της κοινής γνώμης (common-sense concepts) (Halloun & Hestenes, 1985),
- Αυθόρμητη γνώση (spontaneous knowledge) (Pines & West, 1986).

Το πλήθος των όρων που έχουν χρησιμοποιηθεί για να περιγράψουν την ίδια κατάσταση, πιθανόν να προκαλεί σύγχυση στον αναγνώστη και για τον λόγο αυτό αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί στην ερευνητική εργασία ο όρος «εναλλακτικές αντιλήψεις» και ο παρακάτω ορισμός του (Novak, 1977):

- Ως εναλλακτικές αντιλήψεις χαρακτηρίζονται οι ελλιπείς ή εσφαλμένες αντιλήψεις που έχουν ήδη διαμορφώσει οι μαθητές πάνω σε ορισμένα φαινόμενα, πριν τα διδαχθούν, με αποτέλεσμα πολλές φορές να αποτελούν εμπόδιο στο να δεχτούν ή να κατανοήσουν τις ορθές.

Οι αντιλήψεις αυτές που δημιουργούνται στη σκέψη των μαθητών δεν είναι ούτε μία καινούργια διαπίστωση, καθώς ερευνάται από τη δεκαετία του 1970, ούτε κάτι μεμονωμένο, αλλά αποτελούν ένα από τα γνωστότερα θέματα (ή και προβλήματα, σε κάποιες περιπτώσεις) της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, και άλλων αντικειμένων, που συναντιούνται σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, ανεξαρτήτως ηλικίας και ισχυρού ή αδύναμου μαθητή, και θεωρούνται κοινή παραδοχή στον επιστημονικό κλάδο (Driver & Easley, 1978). Η παγκοσμιότητα του φαινομένου οδήγησε τους Champagne, Klopfer και Gunstone (1982) να μελετήσουν και επισημάνουν τέσσερα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών αντιλήψεων:

- τις φέρουν μαθητές που δεν είχαν εμπλακεί σε τυπική διδασκαλία του μαθήματος,
- συχνά διαφέρουν αρκετά από τις αποδεκτές απόψεις του θέματος,
- είναι συνεπείς σε διαφορετικές ομάδες και
- είναι ανθεκτικές στην αλλαγή.

Ο Hewson (1981) προσπαθώντας να μελετήσει τη δημιουργία των εναλλακτικών αντιλήψεων υπογραμμίζει τρεις βασικές ιδέες:

- ✓ η γνώση που διαθέτει κάθε άνθρωπος παίζει σημαντικό ρόλο στην προσπάθειά του να κατανοήσει την εμπειρία του,
- ✓ οι άνθρωποι προσπαθούν να κατανοήσουν τον φυσικό κόσμο και
- ✓ διαφορετικοί άνθρωποι κατασκευάζουν εναλλακτικές αντιλήψεις από τις ίδιες πληροφορίες, ενώ συχνά θεωρούν τη δική τους αντίληψη ως τη μόνη λογική.

2.2.3 Αντιμετώπιση

Συχνά οι ερευνητές διαφωνούν σχετικά με το αν οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών αποτελούν πρόβλημα για τη διαδικασία της γνώσης ή όχι. Στην αυθόρμητη σύγκριση που πραγματοποιείται μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών και της επιστημονικής γνώσης των ειδικών, είναι προφανές πως οι πρώτες αποδεικνύονται ως ατελείς, ημιτελείς, ελλιπείς ή ανεπαρκείς και αποτελούν κίνδυνο, όχι μόνο για τις έννοιες στις οποίες εμφανίζονται, αλλά και για τις επόμενες που θα οικοδομηθούν πάνω σε αυτές τις λανθασμένες, με αποτέλεσμα να προκύψουν νέες εσφαλμένες (Weil-Barais & Vergnaud, 1990). Από την άλλη, αρκετοί παιδαγωγοί και μελετητές αρνούνται να παραδεχτούν τις αντιλήψεις αυτές ως πρόβλημα, διότι τις αντιμετωπίζουν ως αφετηρία και βάση πάνω στην οποία θα οικοδομήσουν την ορθή γνώση του θέματος.

Από τη διχογνωμία αυτή προέκυψαν δύο εντελώς διαφορετικές πτυχές και προσεγγίσεις των εναλλακτικών αντιλήψεων. Αυτή που τις αντιμετωπίζει ως εμπόδια (barriers) στη διδασκαλία και κατανόηση νέων εννοιών, τα οποία πρέπει να γκρεμιστούν για να χτιστούν οι νέες έννοιες, και αυτή που τις αντιμετωπίζει ως σκαλωσιές (scaffolds), οι οποίες αξιοποιούνται ως θεμέλια, πάνω στις οποίες θα χτιστούν οι ορθές (Sinatra & Pintrich, 2003).

Όπως κι αν θεωρηθούν, οι εναλλακτικές αντιλήψεις αποτελούν ένα σημαντικό ζήτημα της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, το οποίο πρέπει να αντιμετωπιστεί με τον έναν ή με τον άλλον τρόπο. Είναι επιτακτική ανάγκη οι εναλλακτικές αντιλήψεις, που έχουν ριζώσει βαθιά στη σκέψη των μαθητών, να αντικατασταθούν από τις επιστημονικά ορθές (Duit & Treagust, 2003). Η διαδικασία αυτής της ριζικής αναδόμησης (restructuring) των αντιλήψεων ονομάζεται εννοιολογική αλλαγή (conceptual change).

2.2.3.1 Διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής

Η εννοιολογική αλλαγή δεν είναι μία απλή διαδικασία, όπου ο εκπαιδευτικός διευκρινίζει την ορθή επιστημονική έννοια και οι μαθητές την αποδέχονται, αναδομώντας την εναλλακτική αντίληψη που κατείχαν (κλασική προσέγγιση εννοιολογικής αλλαγής, classical conceptual change approach) (Posner et al, 1982). Συχνά μία τέτοια πρακτική αποφέρει τα αντίθετα αποτελέσματα, δηλαδή εσωτερική αντίδραση και δυσαρέσκεια των μαθητών, που προκύπτει από την πεποίθηση πως οι αντιλήψεις τους είναι ορθές και δύσκολα θα δεχτούν μία άλλη εξήγηση αν δεν ικανοποιεί τη λογική τους (Duit & Treagust, 2012).

Η αναδόμηση των αντιλήψεων είναι μία σύνθετη διαδικασία που υπάγεται στην κονστρουκτιβιστική θεωρία μάθησης, εξαρτάται από τη φύση της αντίληψης, απαιτεί χρήση κατάλληλου υλικού, επηρεάζεται από πολλούς εξωτερικούς και εσωτερικούς παράγοντες του μαθητή και πρέπει να πληροί ορισμένες προϋποθέσεις.

Με βάση την Vosniadou (1994), υπάρχουν δύο ήδη εννοιολογικής αλλαγής, τα οποία συνδέονται και με την προσέγγιση αντιμετώπισης των εναλλακτικών ιδεών. Σε ημιτελείς αντιλήψεις, όπου ο μαθητής κατέχει ένα μέρος της γνώσης κι όχι μία λανθασμένη μορφή της, απαιτείται ο εμπλουτισμός (enrichment) της υπάρχουσας αντίληψής του, δηλαδή απλή προσθήκη νέων πληροφοριών, ώστε να αποκτηθεί ολοκληρωμένη γνώση. Σε εσφαλμένες αντιλήψεις, από την άλλη, απαιτείται η ριζική αναθεώρηση (revison) της αντίληψης, καθώς οι υπάρχουσες πεποιθήσεις του μαθητή διαφωνούν με τις επιστημονικά ορθές και πρέπει να αντικατασταθούν. Θα μπορούσε να εκτιμηθεί ότι τα δύο είδη αντιμετωπίζουν τις εναλλακτικές αντιλήψεις ως σκαλωσιά και ως εμπόδια, αντίστοιχα. Το γεγονός πως η διαδικασία χαρακτηρίζεται ως αρκετά δύσκολη, ωθεί την ερευνήτρια να τονίσει την πιθανότητα που υπάρχει σε κάθε περίπτωση να δημιουργηθούν νέες παρανοήσεις σε όρους εξαιτίας των αρχικών λανθασμένων, αντί για τα επιθυμητά αποτελέσματα και την αναδόμηση τους.

Κοινό σημείο και των δύο ειδών αναδόμησης των εναλλακτικών αντιλήψεων, αλλά και κάθε αντίστοιχης προσπάθειας, είναι η σύγκρουση που προκαλείται στο μυαλό του μαθητή, εξαιτίας της αντίφασης που υπάρχει μεταξύ των νέων αντιλήψεων και των υπαρχουσών. Υπάρχουν δύο όροι που περιγράφουν αυτή τη διαδικασία, η γνωστική (cognitive conflict) και η εννοιολογική σύγκρουση (conceptual conflict). Σύμφωνα με τους Hewson και Hewson (1984), ο δεύτερος όρος αντικατοπτρίζει καταλληλότερα τη διαδικασία, εξαιτίας της επιστημολογικής της σκοπιάς, ενώ υποστηρίζουν πως η σύγκρουση αυτή είναι απαραίτητο να προκληθεί, αλλά και να επιλυθεί, για την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής, καθώς και ότι έχει διαφορετικά επίδραση για κάθε μαθητή.

Η εννοιολογική σύγκρουση δεν αποτελεί μόνο απαραίτητη προϋπόθεση για την αναδόμηση των αντιλήψεων, αλλά και έναν πολύ σημαντικό παράγοντα. Ωστόσο υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες και προϋποθέσεις που επηρεάζουν τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής.

Οι παραπάνω ερευνητές επεσήμαναν τρεις βασικές προϋποθέσεις για να δώσει η σύγκρουση δύο αντιφατικών εννοιών τα επιθυμητά αποτελέσματα:

1. Και οι δύο έννοιες να είναι κατανοητές για τον μαθητή.
2. Ο μαθητής να συγκρίνει τις δύο έννοιες και τα ευρήματα να βρίσκονται σε σύγκρουση.
3. Ο μαθητής να υποθέσει ότι δεν υπάρχει ικανοποιητική βάση για τη σύγκριση των εννοιών ή να απορρίψει μία από τις δύο, ώστε να επιλυθεί η σύγκρουση.

Η Vosniadou (2007) αναφέρει δύο άλλες προϋποθέσεις, λαμβάνοντας υπόψη την επίγνωση του μαθητή και τον τρόπο μάθησης, υποστηρίζοντας πως ο μαθητής θα πρέπει να έχει συνειδητοποιήσει την ασυνέπεια μεταξύ των δύο εννοιών και να αναδομήσει, όχι μόνο την αντίληψη, αλλά και τη μέθοδο μάθησής του.

Η άποψη για την επίγνωση της ασυνέπειας μεταξύ των εννοιών από τον ίδιο τον μαθητή, καθώς και της αλλαγής που προκαλείται σε αυτόν, βρίσκει σύμφωνους και τους Duit & Treagust (2012), οι οποίοι υπολογίζουν το ενδιαφέρον και τις προτιμήσεις των μαθητών ως κίνητρα για τη δημιουργία ευνοϊκότερου μαθησιακού περιβάλλοντος και τα συμπεριλαμβάνουν στους συναισθηματικούς και κοινωνικούς παράγοντες της διαδικασίας αναδόμησης των εννοιών. Οι στόχοι, οι προθέσεις, οι σκοποί, οι προσδοκίες και οι ανάγκες των μαθητών, καθώς και το κοινωνικό πλαίσιο της τάξης και η ομαδική εργασία, είναι εξίσου σημαντικά με τις στρατηγικές εκμάθησης εννοιών (Pintrich et al., 1993, σελ. 168).

Στις δύο τελευταίες βιβλιογραφικές αναφορές που παρατέθηκαν, γίνεται λόγος για μερικούς ακόμα παράγοντες που επηρεάζουν την εννοιολογική αλλαγή, αλλά ταυτόχρονα αποτελούν και πτυχές του ζητήματος που απαιτούν παραπάνω μελέτη και εμβάθυνση. Ένας από αυτούς είναι η χρήση κατάλληλου εποπτικού υλικού και μέσων από τους εκπαιδευτικούς κατά τη διδασκαλία, ενώ εκφράζεται και η ανησυχία τους για την άγνοια και αδυναμία των τελευταίων να τα χρησιμοποιήσουν. Τέλος, τονίζεται η ανάγκη εύρεσης δραστηριοτήτων και νέων μεθόδων με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην αναδόμηση των εννοιών και περαιτέρω έρευνας για τη σύνδεση της θεωρίας των παραπάνω με την πρακτική τους εφαρμογή. Ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση οι πρακτικές που χρησιμοποιούνται φαίνεται να μην είναι ικανές να ενισχύσουν τις επιστημονικές αντιλήψεις (Kallery, Psillos, & Tselfes, 2009).

2.3 Προσομοιώσεις και εννοιολογική αλλαγή

Στις σελίδες που προηγήθηκαν αναπτύχθηκε σύντομα η βιβλιογραφική γνώση που διατίθεται σχετικά με τις προσομοιώσεις και τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής. Ο συνδυασμός της μεγάλης ανησυχίας και προσπάθειας εύρεσης νέων, καταλληλότερων μεθόδων αναδόμησης των εναλλακτικών ιδεών και της συνεισφοράς των προσομοιώσεων και γενικότερα της εικονικής αναπαράστασης στην εκπαιδευτική διαδικασία, δημιουργεί τον προβληματισμό σχετικά με το αν οι προσομοιώσεις αποτελούν την αποτελεσματική αυτή πρακτική που αναζητούν οι ερευνητές.

Τα θετικά χαρακτηριστικά των προσομοιώσεων και τα πλεονεκτήματά τους έναντι άλλων πρακτικών είναι σαφή και έχουν ήδη παρουσιαστεί. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα που αναφέρονται παραπάνω αφορούν τη διαδικασία μάθησης και κατανόησης εννοιών κι όχι την αναδόμηση εναλλακτικών αντιλήψεων. Ίσως οι διαδικασίες κατανόησης και αναδόμησης να έχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά, ωστόσο αποτελούν δύο διακριτές έννοιες. Για τον λόγο αυτό, η εν λόγω έρευνα μελετά τον ρόλο των προσομοιώσεων αποκλειστικά στην αντιμετώπιση των εναλλακτικών αντιλήψεων του παρατηρούνται στις Φυσικές Επιστήμες και για αυτό κρίνεται απαραίτητη η παρουσίαση της βιβλιογραφικής γνώσης και των απόψεων των ερευνητών, ώστε να τεκμηριωθούν οι ερευνητικές υποθέσεις.

Η βασική υπόθεση, που μόλις αναφέρθηκε και αποτέλεσε το εφαλτήριο για την έρευνα, δεν αποτελεί μία αυθαίρετη ή πρωτότυπη άποψη, αλλά αρκετοί ερευνητές έχουν εκφράσει τη θετική τους στάση απέναντι στις προσομοιώσεις και από πολλές έρευνες, που θα παρατεθούν και στη συνέχεια ως εργαλείο σύγκρισης των μεθόδων,

έχουν προκύψει θετικά αποτελέσματα σχετικά με τον ρόλο τους ως ισχυρό εργαλείο οικοδόμησης της επιστημονικής γνώσης (Franco et al., 2011).

Η επισκόπηση των τελευταίων ερευνητικών δεδομένων μαρτυρεί ότι εργαλεία ψηφιακής προσομοίωσης και δυναμικής οπτικοποίησης έχουν βοηθήσει σημαντικά να βελτιώσουν αυτές τις μαθησιακές προκλήσεις επιτρέποντας την κατανόηση ενός φαινομένου από όλες τις πλευρές με τη μέθοδο της σκαλωσιάς (Kynigos, Smyrniotou & Grizioti, 2019). Υποστηρίζεται, μάλιστα, πως τα ψηφιακά περιβάλλοντα διεπαφής, και γενικότερα συστήματα μάθησης με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, στην εκπαίδευση μπορούν να δώσουν θετικά αποτελέσματα στη μακροχρόνια κατάκτηση της γνώσης (Moundridou & Virvou, 2002).

Πέρα όμως από τις έρευνες, στις βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις των προσομοιώσεων και της εννοιολογική αλλαγής παρατηρήθηκε ένα σημείο τομής, αυτό των προτιμήσεων των μαθητών. Όπως αναφέρθηκε, η βιβλιογραφία τονίζει πως οι προσομοιώσεις κατέχουν το ενδιαφέρον των μαθητών, ενώ ταυτόχρονα βασικός παράγοντας στην επίτευξη της αναδόμησης των αντιλήψεων και στη δημιουργία θετικού κλίματος και ευνοϊκού μαθησιακού περιβάλλοντος είναι ο συναισθηματικός, που περιλαμβάνει και τις προτιμήσεις των μαθητών. Άμεσα, λοιπόν, αυτό το σημείο τομής λειτουργεί και ως κίνητρο για περαιτέρω μελέτη της υπόθεσης.

2.3.1 Σύγκριση μεθόδων

2.3.1.1 Πείραμα και παραδοσιακή διδασκαλία

Πρώτη ερευνητική υπόθεση αποτελεί η μέθοδος της διδασκαλίας, όπου μελετάται αν το πείραμα, οποιασδήποτε μορφής, εικονικό (virtual experiment) ή εργαστηριακό (laboratory experiment), είναι περισσότερο αποτελεσματικό από την παραδοσιακή μάθηση (traditional learning) και το σχολικό εγχειρίδιο, στη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής.

Το πείραμα φαίνεται να αποτελεί μία αρκετά αξιόπιστη μέθοδο αντιμετώπισης των αντιλήψεων αυτών και να κρίνεται από τη βιβλιογραφία ως ο αποτελεσματικότερος τρόπος αναδόμησης εννοιών, καθώς τόσο το εικονικό πείραμα, όσο και αυτό που υλοποιείται στο εργαστήριο του σχολείου, προσφέρουν ουσιαστική εμπειρία στους μαθητές (Hofstein & Lunetta, 2004), γεγονός που τα καθιστά κατάλληλα μαθησιακά περιβάλλοντα εννοιολογικής αλλαγής (Zacharia & Anderson, 2003), καθώς η εμπειρία λειτουργεί ως καταλυτικός παράγοντας σε αυτήν. Την άποψη αυτή υποστήριξε και ο Gang (1995), αναλύοντας εκτενέστατα τον τρόπο με τον οποίο το πείραμα «αφαιρεί» τις παρανοήσεις των μαθητών και παρουσιάζοντας τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθείται φάση-φάση.

Οι Soulios & Psillos (2016) πραγματοποίησαν μία μελέτη, στην οποία αξιοποίησαν πρακτικές που περιείχαν εικονικά και βιωματικά πειράματα καταγράφοντας σημαντικές αλλαγές στις αντιλήψεις των μαθητών, οι οποίες από αφελείς, όπως τις χαρακτήρισαν πριν από τη μελέτη, εξελίχθηκαν σε περισσότερο επιστημονικές.

Windschitl και Andre (1998) επιχείρησαν να συγκρίνουν απευθείας τις προσομοιώσεις με την παραδοσιακή διδασκαλία, λαμβάνοντας ανάμεικτα αποτελέσματα, καθώς από τις έξι εναλλακτικές αντιλήψεις που προσπάθησαν να αναδομήσουν, στις δύο υπήρχαν στατιστικώς σημαντικά αποτελέσματα από τη χρήση

της προσομοίωσης, ενώ στα υπόλοιπα τέσσερα δεν υπήρχε ουσιαστική διαφορά στην αποτελεσματικότητα των δύο μεθόδων.

Με τα δεδομένα αυτά, ως υπόθεση της εργασίας διατυπώνεται η εξής:

- *«Το πείραμα είναι αποτελεσματικότερη μέθοδος εννοιολογικής αλλαγής από την παραδοσιακή διδασκαλία»*

2.3.1.2 Εργαστηριακό και εικονικό πείραμα

Δεύτερη ερευνητική υπόθεση αποτελεί η μορφή του πειράματος, αν δηλαδή υπάρχει διαφορά στην αποτελεσματικότητα μεταξύ των ζωντανών πειραμάτων που υλοποιούνται στο εργαστήριο του σχολείου και των εικονικών, που πραγματοποιούνται σε εικονικό περιβάλλον μέσω μίας προσομοίωσης.

Σχετική έρευνα σύγκρισης των δύο μορφών του πειράματος που διεξήχθη από τον Zacharia (2007), υπέδειξε το εργαστηριακό πείραμα ως λιγότερο αποτελεσματικό στη μείωση των εναλλακτικών αντιλήψεων και στην αύξηση των επιστημονικών, τόσο από την προσομοίωση, όσο και από το συνδυασμό των δύο μεθόδων. Ο ερευνητής επιχειρώντας να εξηγήσει τα αποτελέσματα, παρουσίασε τους εξής τέσσερις λόγους που καθιστούν την προσομοίωση ως ισχυρότερο εργαλείο:

1. Κάνει τα φαινόμενα πιο ορατά στους μαθητές.
2. Επιτρέπει την εύκολη εκτέλεση και επανάληψη των φαινομένων.
3. Επιτρέπει τον ευκολότερο και γρηγορότερο χειρισμό των μεταβλητών, σε σχέση με το πραγματικό πείραμα.
4. Παρέχει άμεση ανατροφοδότηση καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας.

Παρά τη θετική στάση του, ο ερευνητής θέτει τον προβληματισμό σχετικά με το αν η προσομοίωση είναι αποτελεσματικότερη σε όλο το εύρος των Φυσικών Επιστημών ή μήπως η αποτελεσματικότητα της κάθε μεθόδου επηρεάζεται από τη φύση του φαινομένου.

Ο Weller ήδη από το 1995, είχε πραγματοποιήσει μία έρευνα αρκετά παρόμοια με αυτήν που παρουσιάζει η εργασία, όπου μελέτησε τα αποτελέσματα που είχε η εφαρμογή δύο προσομοιώσεων στη διαδικασία αναδόμησης τριών συγκεκριμένων εναλλακτικών αντιλήψεων (η μία από τις οποίες μελετήθηκε και σε αυτήν την εργασία). Διαπιστώθηκε πως οι προσομοιώσεις είχαν τόσο βραχυπρόθεσμα, όσο και μακροπρόθεσμα αποτελέσματα, γεγονός που αποδεικνύει την προσφορά τους και στην κατανόηση, αλλά και στην αναδόμηση των εννοιών, αντίστοιχα. Από την έρευνα αυτή, προέκυψε και ένα ενδιαφέρον στοιχείο, καθώς παρατηρήθηκε πως οι προσομοιώσεις είχαν μεγάλη αποτελεσματικότητα στους μαθητές που είχαν ήδη διδαχθεί τις έννοιες, ενώ αντίθετα δεν είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα σε μαθητές που τις διδάσκονταν εκείνη την περίοδο. Φυσικά αυτό αποτελεί νέα συζήτηση και θα ήταν μία ενδιαφέρουσα μελλοντική μελέτη, ωστόσο δημιουργεί τον προβληματισμό σχετικά με το αν μία προσομοίωση μπορεί να σταθεί μόνη της ή είναι απαραίτητο να συνδυαστεί και με άλλες τεχνικές.

Με τον προβληματισμό φαίνεται να συμφωνεί μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας, διότι, παρά τα τόσα πλεονεκτήματα των προσομοιώσεων, αλλά και τα θετικά προς αυτές αποτελέσματα των ερευνών, πολλοί ερευνητές επιθυμούν την εφαρμογή τους στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, αναγνωρίζοντας τις ως χρήσιμο εργαλείο για την εννοιολογική αλλαγή και την εκμάθηση εννοιών, ωστόσο δεν τις κρίνουν ικανές να

αντικαταστήσουν το εργαστηριακό πείραμα, αλλά μόνο ως συμπληρωματικές του (Sahin, 2006).

Την ίδια ακριβώς άποψη περί συμπληρωματικότητας διατηρούν και οι Chen, Pan, Sung και Chang (2013), παρότι στην έρευνα που διεξήγαγαν βγήκε ως αποτέλεσμα ότι οι προσομοιώσεις κατάφεραν να διορθώσουν το 80% των εσφαλμένων αντιλήψεων που κατείχε το δείγμα. Ένα βασικό επιχείρημα αυτής της άποψης είναι ότι το εικονικό πείραμα στερεί από τους μαθητές την εμπειρία πρακτικού χειρισμού φυσικών υλικών (Clark, 1994).

Ακόμα σταθερότεροι στην υπεράσπιση του εργαστηριακού πειράματος παραμένουν οι Kirschner και Huisman (1998, σελ. 671), οι οποίοι χαρακτηρίζουν το εικονικό πείραμα ως υποκατάστατο του πραγματικού και υποστηρίζουν πως πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο στις περιπτώσεις που ένα φαινόμενο δεν μπορεί από τη φύση του να υλοποιηθεί σε πραγματικές συνθήκες τάξης ή σχολικού εργαστηρίου.

Είναι γεγονός πως οι προσομοιώσεις και η ένταξή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία με τον έναν ή με τον άλλον τρόπο έχει διχάσει τους ερευνητές, αλλά και τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς των Φυσικών Επιστημών με τους υπόλοιπους εκπαιδευτικούς, διχασμός που αποτυπώνεται και στη διδασκαλία, καθώς οι πρώτοι τάσσονται υπέρ της χρήσης των προσομοιώσεων στη σχολική τάξη, ενώ οι δεύτεροι φαίνονται πιο διστακτικοί στο να τις χρησιμοποιήσουν (Zacharia, 2003). Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν τα αποτελέσματα της μελέτης που πραγματοποιήθηκε από τον τελευταίο ερευνητή, μαζί με την επιρροή που έχουν τα χαρακτηριστικά στοιχεία των εκπαιδευτικών, οι πεποιθήσεις τους και οι προθέσεις τους στην αποτελεσματικότητα της κάθε μεθόδου.

Παρότι παρουσιάστηκαν και οι δύο απόψεις, η εργασία θα στηριχθεί στα χειροπιαστά αποτελέσματα των ερευνών, οι οποίες δίνουν προβάδισμα στο εικονικό πείραμα, και όχι στις θεωρητικές απόψεις των μελετητών, οι οποίοι εμπιστεύονται περισσότερο τα εργαστηριακά, με αποτέλεσμα η ερευνητική υπόθεση της εργασίας να είναι η εξής:

- *«Το εικονικό πείραμα είναι αποτελεσματικότερη μέθοδος εννοιολογικής αλλαγής από το εργαστηριακό»*

2.3.1.3 Κατανόηση και αναδόμηση

Στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα συγκρίνεται η αποτελεσματικότητα της κάθε μεθόδου ως προς την αναδόμηση και ως προς την κατανόηση. Με δεδομένο πως η διαδικασία της αναδόμησης των εναλλακτικών ιδεών είναι μία αρκετά σύνθετη διαδικασία με πολλούς περισσότερους παράγοντες από αυτήν της κατανόησης και αποσκοπεί σε μία μακροχρόνια και ουσιαστική κατάκτηση της γνώσης σε αντίθεση με τη δεύτερη, όπως αναλύθηκε στις προηγούμενες σελίδες, ως ερευνητική υπόθεση της εργασίας διατυπώνεται η εξής:

- *«Όλες οι μέθοδοι είναι περισσότερο αποτελεσματικές στη διαδικασία της κατανόησης παρά στη διαδικασία της αναδόμησης των εναλλακτικών αντιλήψεων»*

3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στη διπλωματική εργασία παρουσιάζεται και αναλύεται η ποσοτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον συγγραφέα της, με σκοπό την ανάδειξη των αποτελεσματικότερων μεθόδων εννοιολογικής αλλαγής, μεταξύ της παραδοσιακής διδασκαλίας, του εργαστηριακού πειράματος και της προσομοίωσης. Πρόκειται για μία σύγκριση μεταξύ των παραπάνω μεθόδων, που χρησιμοποιούνται στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, καθαρά προσανατολισμένη στην αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών και όχι στην απλή κατανόηση εννοιών.

Για την επίτευξη της παραπάνω σύγκρισης, αξιοποιήθηκαν πέντε επίσημα αναγνωρισμένες εναλλακτικές αντιλήψεις, που έχουν παρατηρηθεί σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, πάνω σε διαφορετικά φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών. Για κάθε φαινόμενο συλλέχθηκε ή δημιουργήθηκε υλικό και από τις τρεις υπό μελέτη μεθόδους διδασκαλίας. Επιλέχθηκε το αντίστοιχο χωρίο από το σχολικό εγχειρίδιο (παραδοσιακή διδασκαλία), ένα σύντομο βίντεο με εργαστηριακό πείραμα του φαινομένου και η αντίστοιχη προσομοίωση. Η μεγαλύτερη δυσκολία της έρευνας ήταν η εύρεση πέντε φαινομένων στα οποία θα έχουν παρατηρηθεί εναλλακτικές αντιλήψεις, θα απευθύνονται σε μαθητές αυτού του επιπέδου, ώστε η θεωρία τους να υπάρχει στο σχολικό εγχειρίδιο και θα υπάρχουν διαθέσιμες προσομοιώσεις στο διαδίκτυο, οι οποίες μάλιστα να είναι πραγματοποιήσιμες και εργαστηριακά, ώστε να μην υπάρχουν διαφορές στο περιεχόμενο των τριών μεθόδων.

Οι πέντε εναλλακτικές αντιλήψεις που αξιοποιήθηκαν είναι δημοσιευμένες στην ιστοσελίδα του καθηγητή της διδακτικής της Φυσικής, Ανδρέα Κασσέτα, και είναι οι εξής:

1. *Τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν γρηγορότερα.*
2. *Η ενέργεια χάνεται.*
3. *Όσο βαρύτερο είναι το σφαιρίδιο του εκκρεμούς, τόσο μικρότερη είναι η περίοδος.*
4. *Το άσπρο και το μαύρο είναι χρώματα.*
5. *Όταν ένα αντικείμενο βυθιστεί στο νερό μειώνεται το βάρος του.*

Η ιστοσελίδα ονομάζεται «Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών», είναι δομημένη με βάση διάφορες ενότητες και φαινόμενα της Φυσικής και παρακάτω παρατίθεται το link:

❖ [Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών \(sch.gr\)](http://www.sch.gr)

Ο ίδιος ο σκοπός της έρευνας καθιστά αναγκαία την ποσοτική προσέγγισή της, καθώς δεν επιχειρεί να περιγράψει και να κατανοήσει μία θεωρία ή ένα φαινόμενο, όπως σε μία ποιοτική έρευνα, αλλά αναζητά να βρει τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Στη συγκεκριμένη έρευνα αναζητούνται οι σχέσεις μεταξύ των τριών μεθόδων διδασκαλίας, με σκοπό τη γενίκευση των αποτελεσμάτων της σε έναν μεγαλύτερο πληθυσμό με ευρύτερη ισχύ. Οι σχέσεις αυτές προκύπτουν από τον έλεγχο των ερευνητικών υποθέσεων που έχουν διατυπωθεί, όπου επιβεβαιώνονται ή απορρίπτονται μέσα από τη σύγκριση της αποτελεσματικότητας των μεθόδων. Από τις υποθέσεις και τις προβλέψεις προέκυψαν και τα ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία έχουν επίσης ποσοτικό χαρακτήρα, αφού είναι συγκριτικά.

Στις περισσότερες έρευνες που μελετήθηκαν στη βιβλιογραφική ανασκόπηση και των οποίων τα συμπεράσματά παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, αξιοποιήθηκαν η ποσοτική ή η μεικτή προσέγγιση. Τα ποσοτικά εργαλεία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων εξυπηρετούν την σύγκριση και τη συσχέτιση των μεταβλητών. Από τα βαθμονομημένα ερωτηματολόγια και τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων προκύπτουν τα επιθυμητά ποσοτικοποιημένα αποτελέσματα που διευκολύνουν τη μελέτη των ερευνητικών ερωτημάτων.

Η αξιοποίηση καθαρά ποσοτικών τεχνικών από την έρευνα, αντί συνδυασμού και ποσοτικών και ποιοτικών, ώστε να ακολουθηθεί μία μεικτή αντί ποσοτική προσέγγιση, δεν ήταν κάτι που επιλέχθηκε, αλλά ουσιαστικά επιβλήθηκε από την κατάσταση. Ίσως τα δεδομένα από συνεντεύξεις μαθητών και εκπαιδευτικών να μπορούσαν να βοηθήσουν στην απόκτηση μίας περισσότερο ολοκληρωμένης εικόνας της σύγκρισης, όμως η συγκεκριμένη χρονική περίοδος δεν επέτρεψε την άμεση επαφή με αυτούς.

Εξαιτίας της κατάστασης που έχει δημιουργηθεί στην εκπαίδευση και γενικότερα στην κοινωνία από την πανδημία του Κορονοϊού (Covid-19), με τις αλληπάλληλες καραντίνες, τα περιοριστικά μέτρα προστασίας και τις συνεχείς αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας των σχολείων, η παρουσία ερευνητών στον χώρο του σχολείου, όπως αρχικά είχε σχεδιαστεί, δεν ήταν εφικτή. Ίδανικά, ολόκληρη η διαδικασία συλλογής δεδομένων, δηλαδή οι διδασκαλίες και η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, θα γινόταν μέσα στον χώρο του σχολείου (σχολική τάξη, εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, εργαστήριο πληροφορικής) παρουσία του ίδιου του ερευνητή. Ωστόσο, τα σχέδια ανατράπηκαν είτε διότι τα σχολεία ήταν κλειστά και λειτουργούσαν εξ αποστάσεως, είτε ήταν ανοιχτά αλλά δεν επιτρεπόταν η φυσική παρουσία εξωσχολικού προσώπου σε αυτά, για λόγους υγιεινής.

Για τους παραπάνω λόγους, η έρευνα διεξήχθη ολοκληρωτικά εξ αποστάσεως και ασύγχρονα, με την αξιοποίηση του ψηφιακού εργαλείου δημιουργίας και συμπλήρωσης ερωτηματολογίων "Google Forms". Μαθητές της Γ' τάξης του Γυμνασίου από διάφορα σχολεία της Ελλάδας αποτέλεσαν το δείγμα και χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες. Η κάθε ομάδα παρακολούθησε διδασκαλίες διαφορετικού τύπου από τις άλλες δύο, με θέμα τα πέντε φαινόμενα των εναλλακτικών αντιλήψεων που αναφέρθηκαν, και απάντησε ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών, συμπληρώνοντας δύο ερωτηματολόγια σε διαφορετικό χρόνο το καθένα. Τα ερωτηματολόγια ήταν βαθμονομημένα, με σκοπό να μπορούν να συγκριθούν τα σκορ των μαθητών και η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού εργαλείου SPSS.

Στη συνέχεια αναφέρεται λεπτομερώς το δείγμα που συμμετείχε στην έρευνα, παρουσιάζονται τα εργαλεία που αξιοποιήθηκαν και οι στατιστικοί έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν και αναλύεται εκτενέστερα η ερευνητική διαδικασία που ακολουθήθηκε.

3.1 Δείγμα

Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά της έρευνας, όπως το είδος και το θέμα της, επιβάλλουν την επιλογή πολύ συγκεκριμένου πληθυσμού. Ο ποσοτικός της χαρακτήρας απαιτεί αρκετά μεγάλο δείγμα (τουλάχιστον τριάντα συμμετέχοντες για να διασφαλιστεί η εγκυρότητα (validity) και η αξιοπιστία (reliability) των αποτελεσμάτων, αλλά και για να καλυφθεί ο περιορισμός των στατιστικών μηχανών που απαιτεί τουλάχιστον τριάντα υποκείμενα. Επίσης, το κεντρικό θέμα που αφορά τις εναλλακτικές αντιλήψεις, αναφέρεται στις αντιλήψεις που φέρουν οι μαθητές της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, επομένως το δείγμα ήταν απαραίτητο να αποτελείται από μαθητές αυτών των βαθμίδων.

Ειδικότερα, ο πληθυσμός της έρευνας αποτελείται από μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και συγκεκριμένα από μαθητές της Γ' τάξης του Γυμνασίου. Επιλέχθηκε η ανώτερη τάξη του Γυμνασίου αντί των μικρότερων, διότι οι μαθητές της μπορούν να εκτελέσουν μεγαλύτερο πλήθος πειραμάτων, τόσο εξαιτίας της ηλικίας που μειώνει την επικινδυνότητα, όσο και εξαιτίας των σχολικών εγχειριδίων και

της ύλης των σχετικών με τις Φυσικές Επιστήμες μαθημάτων, που περιλαμβάνουν μεγαλύτερη ποικιλία πειραμάτων. Επίσης, οι μαθητές αυτής της τάξης δεν έχουν αναδομήσει ακόμη μεγάλο αριθμό εναλλακτικών αντιλήψεων μέσα από διδασκαλίες, όπως στο Λύκειο, αλλά ταυτόχρονα έχουν βελτιωμένη ικανότητα διάκρισης της εναλλακτικής πρότερης αντίληψης και της ορθής νέας που απέκτησαν.

Ο περιορισμός της πανδημίας που προαναφέρθηκε και επέβαλε την εξ αποστάσεως συλλογή των δεδομένων, ώθησε τον ερευνητή να ψάξει νέο τρόπο επιλογής δείγματος. Υπό ιδανικές συνθήκες το δείγμα της έρευνας θα αποτελούταν από τους μαθητές των τμημάτων της Γ' τάξης του Γυμνασίου ενός μόνο σχολείου. Ωστόσο, απορρίφθηκε τόσο η είσοδος του ερευνητή σε σχολείο για δια ζώσης δειγματοληψία, όσο και η εξ αποστάσεως συλλογή δεδομένων, διότι ο χρόνος πίεζε τους καθηγητές να προχωρήσουν την ύλη στην οποία είχαν μείνει πίσω λόγω καραντίνας. Εφόσον λοιπόν το δείγμα ήταν αδύνατο να προέρχεται από την ίδια σχολική μονάδα και η προτίμηση για τους μαθητές της συγκεκριμένης ηλικίας εξακολουθούσε να ισχύει, η έρευνα κατέφυγε σε μία ανορθόδοξη μέθοδο εύρεσης δείγματος, στέλνοντας τα ερωτηματολόγια σε διάφορους καθηγητές Γυμνασίου, κατά βάση σε γνωστούς συνάδελφους εκπαιδευτικούς του ερευνητή, οι οποίοι τα προώθησαν σε μαθητές τους.

Η ενέργεια αυτή, η οποία αποτέλεσε την έσχατη και καθόλου επιθυμητή λύση, είχε ως αποτέλεσμα την απολύτως τυχαία επιλογή του πληθυσμού, εφόσον ο ερευνητής ούτε γνώριζε ούτε ήρθε σε επαφή με αυτόν, αλλά και τη δημιουργία ενός δείγματος με μεγάλη ποικιλία της περιοχής από την οποία προέρχεται. Το γεγονός αυτό, αν και έκανε την έρευνα πιο περίπλοκη, έδωσε μεγαλύτερη αξιοπιστία και αντικειμενικότητα στα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Τα δημογραφικά στοιχεία του δείγματος παρατίθενται με ακρίβεια παρακάτω:

- ✓ Συμμετέχοντες: 68 μαθητές
 - Διδασκαλία: 34 παραδοσιακή, 17 πείραμα, 17 προσομοίωση
 - Φύλο: Αγόρια: 36 (18, 9, 9)
 - Κορίτσια: 32 (16, 8, 8)
- ✓ Σχολεία³: 39
- ✓ Περιοχές: 22

Το δείγμα χωρίστηκε σε τρεις ομάδες, ανάλογα με τη μέθοδο διδασκαλίας που παρακολούθησε και συμπλήρωσε το κατάλληλο ερωτηματολόγιο. Συγκεκριμένα:

- η πρώτη ομάδα έλαβε τη θεωρία για τα πέντε φαινόμενα, έτσι όπως δίνονται μέσα από το σχολικό εγχειρίδιο (παραδοσιακή διδασκαλία),
- η δεύτερη παρακολούθησε βίντεο πέντε ζωντανών πειραμάτων (εργαστηριακό πείραμα) και
- η τρίτη εκτέλεσε πέντε πανομοιότυπα πειράματα εικονικά (προσομοίωση).

Οι τρεις ομάδες αποτελούνταν σκόπιμα από τον ίδιο αριθμό μαθητών. Η πρώτη ομάδα αποτελούταν από τριάντα τέσσερις μαθητές, η δεύτερη από δεκαεφτά και η τρίτη επίσης από δεκαεφτά (όπως φαίνεται και στους συμμετέχοντες). Το πλήθος της πρώτης ομάδας είναι ίσο με το άθροισμα των άλλων δύο, οι οποίες έχουν τον ίδιο αριθμό μελών. Αυτό συμβαίνει για να μπορέσουν να μελετηθούν τα δύο πρώτα ερευνητικά ερωτήματα, διότι σε κάθε μελέτη οι πειραματικές ομάδες και οι ομάδες ελέγχου πρέπει ιδανικά να αποτελούνται από τον ίδιο αριθμό ατόμων ή έστω να μην υπάρχει μεγάλη απόκλιση.

³ Στο παράρτημα παρατίθεται η λίστα όλων των σχολείων και των περιοχών από τα οποία προήλθαν οι μαθητές του δείγματος.

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη μελέτη του πρώτου ερωτήματος, όπου συγκρίνονται οι δύο μέθοδοι μεταξύ τους με την υπόθεση ότι η μέθοδος του πειράματος είναι πιο αποτελεσματική από την παραδοσιακή διδασκαλία στην αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών, η δεύτερη και η τρίτη ομάδα υπολογίζονται ως μία και αποτελούν την πειραματική ομάδα, ενώ η πρώτη αποτελεί την ομάδα ελέγχου. Στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, όπου συγκρίνονται οι τρόποι διεξαγωγής του πειράματος με την υπόθεση πως τα εικονικά πειράματα μπορούν να δώσουν καλύτερα αποτελέσματα από τα εργαστηριακά, πραγματοποιείται έλεγχος μεταξύ της δεύτερης και της τρίτης ομάδας, όπου αυτή τη φορά είναι διακριτές. Ουσιαστικά η πειραματική ομάδα του πρώτου ερωτήματος διαμερίζεται σε δύο υποομάδες με αυτή των προσομοιώσεων να αποτελεί τη νέα πειραματική ομάδα και αυτή του εργαστηριακού πειράματος την ομάδα ελέγχου για το δεύτερο ερώτημα.

3.2 Εργαλεία

Η ποσοτική προσέγγιση της έρευνας απαιτούσε την αξιοποίηση του πιο συνηθισμένου εργαλείου συλλογής δεδομένων αυτής της μεθόδου, το ερωτηματολόγιο. Συγκεκριμένα, αξιοποιήθηκαν δύο βαθμονομημένα ερωτηματολόγια, τα οποία εξαιτίας των περιορισμών, σχεδιάστηκαν από τον ερευνητή και συμπληρώθηκαν ανώνυμα από τους μαθητές με τη χρήση του ψηφιακού εργαλείου της Google, “Google Forms”.

Το εργαλείο αυτό παρέχει ένα ελκυστικό περιβάλλον για τους συμμετέχοντες και πολλές δυνατότητες στον χρήστη, είναι εύκολο τόσο στη δημιουργία των ερωτηματολογίων, όσο και στη συμπλήρωσή τους και εξάγει αυτόματα τα αποτελέσματα σε ένα αρχείο Excel. Η συγκέντρωση των δεδομένων σε ένα αρχείο, διευκολύνει τη διαδικασία ανάλυσής τους. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα μελέτης των απαντήσεων και συνολικά και για το κάθε άτομο ξεχωριστά.

Το πρώτο ερωτηματολόγιο περιείχε επτά σελίδες.

- Στην πρώτη περιλαμβάνονταν ορισμένα **δημογραφικά** στοιχεία του δείγματος (φύλο, σχολείο), ορισμένα **στατιστικά** (βαθμός αρεσκείας των ΦΕ, προτίμηση στη μέθοδο, εμπειρία με προσομοιώσεις), καθώς και το **συνθηματικό** με το οποίο θα γινόταν η ταύτιση με το δεύτερο ερωτηματολόγιο (αρχικά ονοματεπώνυμου και ημερομηνία γέννησης, βλέπε υποενότητα «Ερευνητική διαδικασία»).
- Στη δεύτερη σελίδα υπήρχαν **πέντε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής**, μία για κάθε ένα από τα πέντε φαινόμενα στα οποία συγκεντρώνονταν οι εναλλακτικές αντιλήψεις
- Στις επόμενες πέντε σελίδες υπήρχαν **πέντε διδασκαλίες** ίδιου τύπου, μία σε κάθε σελίδα για κάθε ένα από τα πέντε φαινόμενα, μαζί με την **αντίστοιχη ερώτηση** πολλαπλής επιλογής που υπήρχε στη δεύτερη σελίδα.

Το ερωτηματολόγιο είχε τρεις μορφές, μία για κάθε μέθοδο διδασκαλίας. Οι δύο πρώτες σελίδες ήταν κοινές και στις τρεις μορφές, όμως στις υπόλοιπες πέντε η διδασκαλία δινόταν με διαφορετική μέθοδο. Με αυτόν τον τρόπο, το ίδιο περιεχόμενο δόθηκε στην πρώτη μορφή του ερωτηματολογίου μέσα από το αντίστοιχο χωρίο του σχολικού εγχειριδίου και μία εικόνα (παραδοσιακή διδασκαλία), στη δεύτερη μορφή με ένα σύντομο βίντεο του εργαστηριακού πειράματος του φαινομένου και στην τρίτη με την αντίστοιχη προσομοίωση. Στις δύο τελευταίες μορφές υπήρχε και η δυνατότητα συμπλήρωσης παρατηρήσεων μετά την παρακολούθηση του βίντεο ή την εκτέλεση της προσομοίωσης.

Σε αυτό το ερωτηματολόγιο οι μαθητές απάντησαν τις ίδιες πέντε ερωτήσεις πριν και μετά την πραγματοποίηση της διδασκαλίας. Αυτό συνέβη για να συλλεχθούν δεδομένα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της κάθε μεθόδου στην κατανόηση του φαινομένου, μέσα από τις ξεκάθαρες διαφορές στα σκορ του κάθε μαθητή στην ίδια ερώτηση. Επειδή, όμως, η έρευνα δεν αποσκοπεί στην κατανόηση των φαινομένων, αλλά στην αναδόμηση των αντιλήψεων, προωθήθηκε στους μαθητές και το δεύτερο ερωτηματολόγιο μετά από σαράντα ημέρες, το οποίο περιλάμβανε ακριβώς τις ίδιες ερωτήσεις με αυτές που είχαν απαντηθεί διπλά από τους μαθητές στο προηγούμενο ερωτηματολόγιο. Η χρονική απόσταση μεταξύ των δύο ερωτηματολογίων ήταν απαραίτητη για να διαπιστωθεί αν η γνώση είχε κατακτηθεί μακροχρόνια ή απλά κατανοηθεί πρόσκαιρα από τους μαθητές και είχε ήδη ξεχαστεί.

Με τη σύγκριση των σκορ των μαθητών στα δύο ερωτηματολόγια μπορεί να μελετηθεί η διαφορά στην αποτελεσματικότητα των μεθόδων ως προς την αντιμετώπιση των εναλλακτικών αντιλήψεων (πρώτο και δεύτερο ερώτημα) και η διαφορά στην αποτελεσματικότητα της κάθε μεθόδου ως προς την κατανόηση και την αναδόμηση των εννοιών (τρίτο ερώτημα). Αν το σκορ του δεύτερου ερωτηματολογίου για κάποια μέθοδο ήταν αισθητά μειωμένο σε σχέση με το σκορ μετά τη διδασκαλία στο πρώτο, τότε αυτή δεν είναι αποτελεσματική στην αντιμετώπιση των αντιλήψεων. Ενώ, αν η διαφορά στα σκορ των μαθητών πριν τη διδασκαλία και μετά από σαράντα μέρες είναι αισθητά μικρότερη από τη διαφορά στα σκορ πριν και αμέσως μετά τη διδασκαλία, τότε αυτή η μέθοδος είναι πιο αποτελεσματική στην κατανόηση, παρά στην αναδόμηση.

Το δεύτερο ερωτηματολόγιο δεν περιείχε διδασκαλίες, οπότε είχε μία μορφή, κοινή για όλους τους μαθητές. Αποτελούνταν από τρεις σελίδες.

- Στην πρώτη περιλαμβάνονταν το **συνθηματικό**, μία **ερώτηση πολλαπλής επιλογής** σχετικά με τον αν ο μαθητής θυμόταν τη μέθοδο διδασκαλίας που παρακολούθησε και μία **ερώτηση κλίμακας** σχετικά με τον βαθμό στον οποίο θεωρούσε ο μαθητής ότι θυμόταν τη διδασκαλία του πρώτου ερωτηματολογίου.
- Στη δεύτερη σελίδα περιέχονταν οι ίδιες με το πρώτο ερωτηματολόγιο **ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής**
- Στην τρίτη προστέθηκε μία **νέα ερώτηση πολλαπλής επιλογής** που περιείχε τις πέντε εναλλακτικές αντιλήψεις κι ο μαθητής έπρεπε να επιλέξει όσες θεωρεί λανθασμένες, δηλαδή έπρεπε να επιλέξει και τις πέντε.

Τα δύο ερωτηματολόγια παρατίθενται πλήρως στο παράρτημα με στιγμιότυπα οθόνης για κάθε σελίδα τους και τα αποτελέσματά τους παρουσιάζονται αναλυτικά στις επόμενες ενότητες. Όλες οι ερωτήσεις και οι απαντήσεις του, τα χωρία της θεωρίας από το σχολικό εγχειρίδιο, τα βίντεο των εργαστηριακών πειραμάτων και οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιήθηκαν στα ερωτηματολόγια ελέγχθηκαν και εγκρίθηκαν από την επιβλέπουσα καθηγήτρια και από καθηγητή Φυσικής για να εξασφαλιστεί η επιστημονική τους ορθότητα.

Οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε φαινόμενο ήταν οι εξής:

❖ *Ελεύθερη πτώση:*

https://www.seilias.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=561&Itemid=63

❖ *Μορφές ενέργειας:*

<http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/8464>

❖ *Εκκρεμές:*

https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_en.html

❖ *Χρώμα:*

❖ <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/738?locale=el>

❖ *Άνωση:*

<http://www.thephysicsaviary.com/Physics/Programs/Labs/ForceBuoyancy/>

Απαραίτητη διαδικασία στις ποσοτικές έρευνες είναι η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν με τα ερωτηματολόγια, ώστε να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η σύγκριση των μεθόδων με ακρίβεια και ασφάλεια και να επιβεβαιωθούν ή απορριφθούν οι ερευνητικές υποθέσεις. Για την ανάλυση των δεδομένων αξιοποιήθηκε το στατιστικό εργαλείο SPSS της εταιρίας IBM, το οποίο διατίθεται για δωρεάν δοκιμαστική χρήση από το ΕΚΠΑ, με διάρκεια μόλις δεκατεσσάρων ημερών, ή από την ίδια την εταιρία, δημιουργώντας έναν λογαριασμό, με τον οποίο διατίθεται το πρόγραμμα για τριάντα ημέρες. Η πλήρης απόκτηση του εργαλείου απαιτεί χρηματική πληρωμή.

Το εργαλείο αυτό διαθέτει δύο αρχεία, το «αρχείο δεδομένων» (data document) και το «αρχείο αποτελεσμάτων» (output document). Στο πρώτο αρχείο αποθηκεύονται τα δεδομένα που συλλέγονται χωρισμένα σε κατάλληλες μεταβλητές, στοιχισμένα σε σειρές και στήλες, διαθέτοντας δύο διακριτές «σελίδες» και ο χρήστης έχει την ευκαιρία να δημιουργήσει μεταβλητές και να πραγματοποιήσει ελέγχους και αναλύσεις. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στο δεύτερο αρχείο, σε κατάλληλους πίνακες και διαγράμματα, δίνοντας τη δυνατότητα στον χρήστη να τα επεξεργαστεί, αλλά και να αποθηκεύσει τις ενέργειες που πραγματοποίησε, για μελλοντική χρήση με ίδια ή άλλα δεδομένα.

3.3 Στατιστική ανάλυση

Κατά τη διαδικασία της στατιστικής ανάλυσης, για την οποία αξιοποιήθηκε το παραπάνω στατιστικό εργαλείο, πραγματοποιήθηκαν ορισμένοι προκαταρκτικοί έλεγχοι, που αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων και κάποιες αναλύσεις, που αφορούν είτε ολόκληρο το δείγμα, είτε ορισμένα μέρη του, ώστε να μελετηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας. Επίσης, εξάχθηκαν οι κατάλληλοι πίνακες περιγραφικών στατιστικών και τα απαραίτητα διαγράμματα για την καλύτερη ανάγνωση των αποτελεσμάτων.

Στα δύο πρώτα ερωτήματα επαναλήφθηκαν οι ίδιοι έλεγχοι για διαφορετικά δεδομένα. Στην πρώτη εκτέλεση των ελέγχων εξετάστηκαν οι σχέσεις της πρώτης ομάδας (παραδοσιακή διδασκαλία) με την ένωση των άλλων δύο (πείραμα), ενώ στη δεύτερη εκτέλεση συγκρίθηκαν η δεύτερη (εργαστηριακό πείραμα) και η τρίτη ομάδα (προσομοίωση). Για το τρίτο ερώτημα πραγματοποιήθηκε διαφορετικός έλεγχος. Αναλυτικότερα, οι στατιστικοί έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν για τη μελέτη των βασικών ερωτημάτων είναι οι εξής:

- Προκαταρκτικοί έλεγχοι για να επιβεβαιωθεί ότι δεν θα υπάρχει παραβίαση των παραδοχών της κανονικότητας μέσω του στατιστικού κριτηρίου Kolmogorov-Smirnov και της ομοιογένειας των διακυμάνσεων (homogeneity of variances) μέσω του παραμετρικού ελέγχου t ανεξαρτήτων δειγμάτων (independent-samples t-test, για μεταβλητές χωρισμένες σε δύο ομάδες) ή της μονοπαραγοντικής ανάλυσης διακύμανσης (One-way ANOVA, για μεταβλητές χωρισμένες σε παραπάνω από δύο ομάδες) και τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Levenen, δηλαδή αν το δείγμα

ακολουθεί την κανονική κατανομή (normal distribution) και οι διακυμάνσεις είναι εξίσου ομοιογενείς ή ανομοιογενείς (για όλα τα ερωτήματα).

- Παραμετρικός έλεγχος t για τις βαθμολογίες των ερωτηματολογίων πριν τις διδασκαλίες, ώστε να διερευνηθεί αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών μεθόδων διδασκαλίας σχετικά με τα σημεία εκκίνησης κάθε ομάδας (για τα δύο πρώτα ερωτήματα).
- Ανάλυση διακύμανσης επαναληπτικών μετρήσεων (F-ANOVA), μεταξύ (between) των ομάδων της ανεξάρτητης μεταβλητής «μορφή διδασκαλίας» και εντός (within) της εξαρτημένης «σκορ ερωτηματολογίου» πριν και σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία, για να βρεθεί αν η διαφορά στην αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων μεταξύ της παραδοσιακής διδασκαλίας και των πειραμάτων είναι στατιστικά σημαντική (για το πρώτο ερώτημα).
- Ανάλυση διακύμανσης επαναληπτικών μετρήσεων (F-ANOVA), μεταξύ (between) των ομάδων της ανεξάρτητης μεταβλητής «μορφή διδασκαλίας» και εντός (within) της εξαρτημένης «σκορ ερωτηματολογίου» πριν και σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία, για να βρεθεί αν η διαφορά στην αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων μεταξύ των εργαστηριακών πειραμάτων και των προσομοιώσεων είναι στατιστικά σημαντική (για το δεύτερο ερώτημα).
- Παραμετρικός έλεγχος t για ζεύγη δειγμάτων (paired-samples t -test) για την εύρεση διαφορών μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών της κατανόησης και της αναδόμησης των αντιλήψεων για κάθε μέθοδο διδασκαλίας ξεχωριστά (τρίτο ερώτημα).

Τα αποτελέσματα των στατιστικών ελέγχων παρουσιάζονται και σχολιάζονται αναλυτικά στις κατάλληλες ενότητες της εργασίας.

3.4 Ερευνητική διαδικασία

Από τα πρώτα κιόλας βήματα η έρευνα αντιμετώπισε ορισμένες δυσκολίες. Για την ακρίβεια αντιμετώπισε τις μοναδικές δύο δυσκολίες, όπου η μία είχε να κάνει με τη διαδικασία συλλογής των δεδομένων και η άλλη με το, απαιτούμενο για τη συλλογή αυτή, υλικό.

Η πρώτη δυσκολία ήταν αυτή που αναφέρθηκε και προηγουμένως, δηλαδή η απαγόρευση της εισόδου των ερευνητών στον σχολικό χώρο λόγω πανδημίας. Με αυτή τη νέα κατάσταση άλλαξε και η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων, καθώς έπρεπε να πραγματοποιηθεί εξ αποστάσεως ή από άλλους εκπαιδευτικούς, αλλά και το υλικό που θα αξιοποιούταν, καθώς έπρεπε να προσαρμοστεί σε εξ αποστάσεως τεχνικές διδασκαλίας.

Το αρχικό πλάνο της έρευνας όριζε την παρουσία του ίδιου του ερευνητή στο σχολείο για να εκτελέσει τις διδασκαλίες οχτώ φαινομένων που περιέχουν εναλλακτικές αντιλήψεις και με τις τρεις μεθόδους (παραδοσιακή στη σχολική τάξη, πραγματικό πείραμα στο εργαστήριο και προσομοίωση στο εργαστήριο πληροφορικής), οπότε σύνολο είκοσι τέσσερις διδασκαλίες, σε διάστημα τεσσάρων εβδομάδων (δύο φαινόμενα την κάθε εβδομάδα. Πριν και μετά από κάθε διδασκαλία οι μαθητές θα συμπλήρωναν ερωτηματολόγια, θα υπήρχε ένα φυλλάδιο εργασιών για τις πειραματικές μεθόδους και θα παίρνονταν συνεντεύξεις από τους μαθητές. Με αυτά τα εργαλεία θα διευκολυνόταν η μελέτη της εννοιολογικής αλλαγής που θα πραγματοποιούσαν στους μαθητές, με μία μεικτή προσέγγιση της έρευνας.

Το πλάνο αυτό μετασχηματίστηκε με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορέσει να πραγματοποιηθεί εξ αποστάσεως. Για να επιτευχθεί αυτό, το ερωτηματολόγιο από έντυπο έγινε ψηφιακό και όλες οι διδασκαλίες ενσωματώθηκαν σε αυτό. Η παραδοσιακή διδασκαλία που θα πραγματοποιούνταν από τον εκπαιδευτικό αντικαταστάθηκε από την παράθεση του αντίστοιχου χωρίου του σχολικού εγχειριδίου μαζί με μία εικόνα και το δια ζώσης εργαστηριακό πείραμα που θα υλοποιούσαν οι ίδιοι οι μαθητές από ένα βίντεο της εκτέλεσής του με περιγραφή. Στη διαδικασία της προσομοίωσης δεν επιβλήθηκε κάποια ουσιαστική τροποποίηση, καθώς εκτελέστηκε από τους μαθητές, όπως ήταν σχεδιασμένο, απλά η παράθεση οδηγιών έγινε μέσω του ψηφιακού ερωτηματολογίου αντί το φυλλάδιο εργασιών.

Επίσης, δεν χρησιμοποιήθηκε το φυλλάδιο εργασιών, εφόσον δεν πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα από το σύνολο των μαθητών και δεν λήφθηκαν οι συνεντεύξεις, οι οποίες απαιτούν τη φυσική παρουσία του ερευνητή. Αυτά είχαν ως αποτέλεσμα η προσέγγιση της έρευνας από μεικτή να αλλάξει σε ποσοτική.

Σύντομα παρουσιάστηκε και η δεύτερη σημαντική δυσκολία της έρευνας που αφορούσε καθαρά το υλικό των διδασκαλιών που θα υπήρχε μέσα στο ψηφιακό ερωτηματολόγιο. Παρότι διατίθεται αρκετά μεγάλος αριθμός προσομοιώσεων σε αποθετήρια στο διαδίκτυο και έχουν καταγραφεί πολλές εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών από διάφορες ενότητες των Φυσικών Επιστημών, ήταν ιδιαίτερα δύσκολη η αντιστοίχιση των αντιλήψεων αυτών με τις διδασκαλίες και των τριών μεθόδων και το επίπεδο των μαθητών. Με απλά λόγια, έπρεπε να βρεθούν οχτώ εναλλακτικές αντιλήψεις που:

- I. να αφορούν μαθητές της Γ' γυμνασίου,
- II. να εμπεριέχονται τα φαινόμενά και οι έννοιές τους στο σχολικό εγχειρίδιο,
- III. να μπορούν να υλοποιηθούν εργαστηριακά πειράματα και
- IV. να έχουν σχεδιαστεί προσομοιώσεις παρόμοιες με τα πειράματα αυτά.

Η δυσκολία αυτή αποτέλεσε το μεγαλύτερο εμπόδιο της έρευνας, διότι η ύπαρξη του κατάλληλου υλικού ήταν υψίστης σημασίας για την πραγματοποίησή της. Η αντιστοίχιση δεν ήταν εφικτή για οχτώ εναλλακτικές αντιλήψεις με αποτέλεσμα να μειωθούν στις πέντε που παρουσιάστηκαν στην αρχή της ενότητας.

Για αυτές τις εναλλακτικές αντιλήψεις, δημιουργήθηκαν στα ερωτηματολόγια ισάριθμες ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής με πέντε πιθανές απαντήσεις στην κάθε μία και οι αντίστοιχες διδασκαλίες. Στην πρώτη μορφή παρατέθηκε το κείμενο της θεωρίας και η εικόνα, που αντλήθηκαν από το ψηφιακό σχολικό εγχειρίδιο, στη δεύτερη έγινε επεξεργασία των βίντεο με τα εργαστηριακά πειράματα προσθέτοντας ηχητική περιγραφή και στην τελευταία τοποθετήθηκαν οι ιστότοποι των προσομοιώσεων μαζί με τις οδηγίες για την εκτέλεσή τους. Σε αυτή τη φάση της έρευνας υπήρχε σχετική βοήθεια και έλεγχος επιστημονικής ορθότητας των ερωτήσεων και των διδασκαλιών από έναν εκπαιδευτικό της Φυσικής στη δευτεροβάθμια και διήρκησε έξι εβδομάδες.

Αφού δημιουργήθηκαν και οι τρεις μορφές του πρώτου ερωτηματολογίου, διαμοιράστηκε σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και συγκεκριμένα της Γ' τάξης του Γυμνασίου, δόθηκαν οι κατάλληλες οδηγίες και εκείνοι τα προώθησαν σε μαθητές τους, αλλά και σε άλλους εκπαιδευτικούς για να τα προωθήσουν με τη σειρά τους σε δικούς τους μαθητές. Με αυτόν τον τρόπο ξεπεράστηκε η αδυναμία της παρουσίας του ερευνητή στον σχολικό χώρο για συλλογή δεδομένων. Η δειγματοληψία ήταν τυχαία σε όλη της την έκταση, με τη μορφή διδασκαλίας να μοιράζεται τυχαία στους μαθητές ανεξάρτητα από τις προτιμήσεις, το φύλο ή τον τόπο κατοικίας τους, και η εύρεση εκπαιδευτικών πραγματοποιήθηκε έπειτα από αναζήτηση στο περιβάλλον του ερευνητή και σχετικό αίτημα προς αυτούς από τον ίδιο. Ο ερευνητής σημείωνε τα στοιχεία των εκπαιδευτικών και τον αριθμό των μαθητών

του καθενός που συμπλήρωσε το ερωτηματολόγιο, μέχρι να καλυφθεί το απαραίτητο, για την ποσοτική έρευνα, πλήθος του δείγματος. Με αυτόν τον τρόπο υπήρχε η δυνατότητα να ελέγχεται το δείγμα ώστε να είναι όσο το δυνατόν ίσα κατανεμημένο ως προς το φύλο, δηλαδή να μην παρακολουθήσουν όλα τα κορίτσια το βίντεο του πειράματος και όλα τα αγόρια την προσομοίωση, αλλά να υπάρχει σχετική ισορροπία. Η διαδικασία αυτή διήρκησε σχεδόν δύο εβδομάδες και ήταν ιδιαίτερα δύσκολη καθότι πραγματοποιήθηκε στο τέλος της σχολικής χρονιάς και οι μαθητές δεν ανταποκρίθηκαν στον επιθυμητό βαθμό.

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε το νέο ερωτηματολόγιο, το οποίο διαμοιράστηκε στους ίδιους εκπαιδευτικούς σαράντα μέρες μετά από τη συμπλήρωση και του τελευταίου ερωτηματολογίου, ώστε να το προωθήσουν στους ίδιους μαθητές που είχαν λάβει μέρος και στο πρώτο. Η αντιστοίχιση των απαντήσεων των μαθητών στα δύο ερωτηματολόγια, ώστε να μπορέσουν να συγκριθούν τα σκορ τους και να εξαχθούν αποτελέσματα από τη μελέτη, πραγματοποιήθηκε μέσω του «συνθηματικού» κάθε μαθητή. Το συνθηματικό αποτελούταν από τα αρχικά του ονόματος και του επωνύμου του μαθητή, μαζί με την ημέρα και τον μήνα γέννησης, ελαχιστοποιώντας τις πιθανότητες ύπαρξης δύο μαθητών με ίδιο συνθηματικό. Το έτος γέννησης ήταν περιττό εφόσον οι μαθητές πήγαιναν στην ίδια τάξη. Με αυτόν τον τρόπο, δεν επιτεύχθηκε απλώς η σύγκριση απαντήσεων, αλλά διασφαλίστηκε και η ανωνυμία των υποκειμένων τους δείγματος.

Αφού συλλέχθηκαν όλα τα απαραίτητα δεδομένα από τα ερωτηματολόγια, ο ερευνητής προχώρησε στη βαθμολόγηση των απαντήσεων. Και οι πέντε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, που απαντήθηκαν από τους μαθητές τρεις φορές (δύο φορές στο πρώτο ερωτηματολόγιο, πριν και μετά τη διδασκαλία, και μία φορά στο δεύτερο), περιείχαν από δύο σωστές απαντήσεις και βαθμολογούνταν με άριστα το δέκα. Η επιλογή κάθε σωστής απάντησης και η μη επιλογή κάθε λάθους έπαινε δύο βαθμούς. Για παράδειγμα, αν ένας μαθητής επέλεγε τρεις απαντήσεις, από τις οποίες οι δύο ήταν σωστές και η μία λάθος, τότε θα βαθμολογούταν με οχτώ, καθώς τέσσερις βαθμούς πήρε γιατί επέλεξε τις δύο σωστές (δύο βαθμούς για κάθε σωστή) και άλλους τέσσερις διότι δεν επέλεξε τις δύο λάθος (δύο βαθμούς για κάθε λάθος), ενώ δεν πήρε τους υπόλοιπους δύο βαθμούς επειδή επέλεξε μία λανθασμένη απάντηση, την οποία δεν θα έπρεπε να επιλέξει.

Τέλος, έχοντας ποσοτικοποιήσει τα δεδομένα των ερωτηματολογίων, πραγματοποιήθηκαν οι στατιστικοί έλεγχοι που αναφέρονται παραπάνω επιγραμματικά και εξάχθηκαν τα αποτελέσματα των συγκρίσεων. Η βαθμολόγηση και οι στατιστικοί έλεγχοι διήρκησαν περίπου τρεις εβδομάδες. Ιδιαίτερη καθυστέρηση προκάλεσε το γεγονός του χρονικού περιορισμού που υπάρχει στη χρήση του στατιστικού εργαλείου.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εφόσον πραγματοποιήθηκε η ποσοτικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών στα ερωτηματολόγια από τον μελετητή της έρευνας, με τον τρόπο που αναφέρεται παραπάνω, τα δεδομένα περάστηκαν στο SPSS με το οποίο υλοποιήθηκαν οι απαραίτητες αναλύσεις.

Κατά την ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν αρκετοί στατιστικοί έλεγχοι, των οποίων τα αποτελέσματα παρατίθενται με συγκεκριμένη σειρά στη συνέχεια της ενότητας, δίνοντας έμφαση και προτεραιότητα στον έλεγχο των υποθέσεων των βασικών ερωτημάτων της έρευνας και στη συνέχεια σε δευτερεύουσες αναλύσεις, οι οποίες προήλθαν από την επιστημονική περιέργεια ή τις παρατηρήσεις του ερευνητή κατά τη διαδικασία της ποσοτικοποίησης των δεδομένων και της μεταφοράς τους στο περιβάλλον του στατιστικού εργαλείου. Σκοπός αυτών των αναλύσεων είναι η εξαγωγή ενός έγκυρου και στατιστικά σημαντικού συμπεράσματος σχετικά με το θέμα της εργασίας.

4.1 Μεταβλητές

Απαραίτητη προϋπόθεση για την πλήρη κατανόηση της έρευνας και των ελέγχων αποτελεί η παρουσίαση των μεταβλητών (variables). Συγκεκριμένα, στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν τριανταπέντε μεταβλητές, ορισμένες από τις οποίες προέκυψαν άμεσα από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και άλλες δημιουργήθηκαν με συγκεκριμένο σκοπό από τον ερευνητή.

Αναλυτικότερα, οι μεταβλητές που έλαβαν χώρα στην έρευνα χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- τις μεταβλητές των σκορ που προκύπτουν από τις βαθμολογίες των μαθητών στις, σχετικές με τα πέντε φυσικά φαινόμενα, ερωτήσεις, καθώς και το σύνολό τους σε κάθε τεστ,
- τις μεταβλητές που προκύπτουν από τα δημογραφικά και στατιστικά στοιχεία που περιέχονταν στα ερωτηματολόγια και
- τις μεταβλητές που δημιουργήθηκαν από τον ερευνητή, είτε για να διευκολύνουν τις στατιστικές αναλύσεις, είτε για περαιτέρω έρευνα παρατηρήσεων που έγιναν από αυτόν και προκύπτουν από τις βαθμολογίες των μαθητών στα τεστ.

Στην έρευνα υπήρχαν τόσο κατηγορικές ή ποιοτικές μεταβλητές (categorical or qualitative variables), όσο και ποσοτικές (quantitative variables). Στην πρώτη και την τρίτη κατηγορία περιλαμβάνονται καθαρά ποσοτικές, εφόσον σχετίζονται με βαθμούς σε βαθμονομημένες ερωτήσεις, ενώ στη δεύτερη κυρίως κατηγορικές, όπως το φύλο, τη μέθοδο διδασκαλίας και άλλα δημογραφικά στοιχεία, αλλά και ορισμένες ποσοτικές, όπως τον βαθμό αρέσκειας του μαθητή για τις Φυσικές Επιστήμες και άλλα στατιστικά στοιχεία. Αντίστοιχος είναι και ο διαχωρισμός των μεταβλητών σε εξαρτημένες (dependent variables) και ανεξάρτητες (independent variables), όπου οι δεύτερες όχι μόνο μπορεί να επηρεάζουν τις πρώτες, αλλά ο βαθμός της επίδρασής τους αποτελεί και αντικείμενο της μελέτης.

Ιδιαίτερα περίπλοκες διαδικασίες ήταν η εύρεση και ο περιορισμός τρίτων μεταβλητών, πλην των ανεξάρτητων, οι οποίες επηρεάζουν τις εξαρτημένες. Οι μεταβλητές αυτές ονομάζονται εξωγενείς (exogenous variables) και είναι πιθανό, αν δεν ελεγχθούν, να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα των αναλύσεων. Για τον λόγο αυτό

απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά τον καθορισμό των μεταβλητών σε κάθε ανάλυση, προκειμένου κάθε φορά να ελέγχεται η επίδραση μόνο της επιθυμητής προς μελέτη μεταβλητής.

Όπως αναφέρθηκε, δημιουργήθηκαν και ορισμένες μεταβλητές για να διευκολύνουν την πραγματοποίηση των αναλύσεων. Οι βαθμολογίες των μαθητών σε κάθε ερώτηση συγκεντρώθηκαν σε μία νέα μεταβλητή που περιείχε το συνολικό σκορ τους, δηλαδή το άθροισμα των σκορ στις πέντε ερωτήσεις. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν τρεις μεταβλητές συνολικού σκορ, όσες και οι φορές που απάντησαν τις ερωτήσεις οι μαθητές (δύο στον πρώτο ερωτηματολόγιο, πριν και μετά τη διδασκαλία και μία στο δεύτερο).

Επιπλέον, για τη μελέτη του τρίτου ερωτήματος της έρευνας δημιουργήθηκαν οι μεταβλητές «Κατανόηση» και «Αναδόμηση», οι οποίες είναι η διαφορά του δεύτερου συνολικού σκορ από το πρώτο και η διαφορά του τρίτου από το πρώτο, αντίστοιχα. Εφόσον ο όρος κατανόηση αναφέρεται στην άμεση αντίληψη του φαινομένου από τον μαθητή, το μέτρο του ορίζεται από τη διαφορά που υπάρχει στο σκορ των μαθητών μετά τη διδασκαλία σε σύγκριση με το σκορ πριν από αυτήν. Αντίστοιχα, ο όρος αναδόμηση μίας αντίληψης αναφέρεται στη μακροχρόνια κατάκτηση της γνώσης του φαινομένου, οπότε το μέτρο του ορίζεται από τη διαφορά που υπάρχει στο σκορ σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία σε σύγκριση με το σκορ πριν από αυτήν.

Τέλος, κατά τη μεταφορά των δεδομένων στο SPSS προέκυψαν κάποιες παρατηρήσεις σχετικά με μία διδασκαλία και δημιουργήθηκαν νέες μορφές των παραπάνω πέντε μεταβλητών με διαφορετικές τιμές από αυτές, με σκοπό τον έλεγχο της παρατήρησης. Οι νέες αυτές μεταβλητές θα αναλυθούν σε επόμενη υποενότητα.

4.2 Βασικά ερωτήματα

Το θέμα της ερευνητικής εργασίας είναι οι εναλλακτικές αντιλήψεις και το βασικότερο αντικείμενο μελέτης της η ανάδειξη των αποτελεσματικότερων μεθόδων αναδόμησης των αντιλήψεων αυτών. Για την ανάδειξη αυτή πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις μεταξύ της παραδοσιακής μεθόδου διδασκαλίας και του πειράματος, καθώς και μεταξύ της εργαστηριακής και εικονικής μορφής του πειράματος. Συγκρίσεις που απευθύνονται στα δύο πρώτα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας, τα οποία αποτελούν και τον πυρήνα της. Επομένως, είναι φυσικό η παρουσίαση των αποτελεσμάτων να ξεκινήσει με τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν σχετικά με αυτά τα ερωτήματα.

Εφόσον τα δεδομένα της έρευνας, και ιδιαίτερα αυτά που αφορούν τα βασικά ερωτήματα, είναι σε μεγάλο βαθμό ποσοτικά, τα περισσότερα τεστ που πραγματοποιήθηκαν ήταν παραμετρικά (parametric tests). Αυτού του είδους τα τεστ είναι πιο σίγουρα και ακριβή και για αυτό μπορούν και να γενικευτούν στον πληθυσμό, ενώ πραγματοποιούνται για να ελέγξουν τις παραμέτρους των ποσοτικών μεταβλητών. Αντίθετα, τα μη παραμετρικά τεστ (non-parametric tests) δεν γενικεύονται και πραγματοποιούνται είτε σε κατηγορικές μεταβλητές, είτε σε ποσοτικές όταν δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις για παραμετρικά τεστ. Για τον λόγο αυτό, πριν από κάθε ανάλυση, απαραίτητοι είναι ορισμένοι προκαταρκτικοί έλεγχοι ώστε να διαπιστωθεί αν πληρούνται οι κατάλληλες προϋποθέσεις για να πραγματοποιηθούν οι στατιστικές αναλύσεις. Αυτοί οι έλεγχοι σχετίζονται με την κανονικότητα του δείγματος και αν αυτή ακολουθεί την κανονική κατανομή, την ομοιογένεια των διακυμάνσεων, δηλαδή αν αυτές είναι εξίσου ομοιογενείς ή εξίσου ανομοιογενείς, καθώς και έλεγχοι για το αν τηρείται η εσωτερική συνέπεια της κλίμακας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του κάθε ερωτήματος ξεχωριστά με τους προκαταρκτικούς ελέγχους, τους κατάλληλους πίνακες περιγραφικών στατιστικών (descriptive statistics) με το πλήθος, τον μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation), τα αντίστοιχα γραφήματα και τις στατιστικές αναλύσεις των δεδομένων.

4.2.1 Πρώτο ερώτημα

- ✓ *Αποτελεί το πείραμα μία πιο αποτελεσματική μέθοδο αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία;*

Στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα μελετάται η αποτελεσματικότητα των μεθόδων στη διαδικασία της αναδόμησης των εναλλακτικών αντιλήψεων, μέσα από μία σύγκριση της παραδοσιακής μεθόδου διδασκαλίας και του πειράματος. Εφόσον γίνεται λόγος για αναδόμηση, μελετήθηκε αν η διαφορά που υπήρχε στο συνολικό σκορ των μαθητών σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία σε σχέση με το συνολικό σκορ πριν από αυτήν επηρεάστηκε από τη μέθοδο διδασκαλίας που παρακολούθησαν οι μαθητές.

Βάσει της ερευνητικής υπόθεσης που έγινε στην ενότητα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, η οποία τεκμηριώθηκε και βιβλιογραφικά, το πείραμα είναι αποτελεσματικότερη μέθοδος εννοιολογικής αλλαγής από την παραδοσιακή διδασκαλία, οπότε μελετήθηκε, σε πρώτο χρόνο, αν υπάρχει διαφορά μεταξύ των μεθόδων και ποια μέθοδος ήταν τελικά πιο αποτελεσματική. Έτσι, προέκυψε η εξής μηδενική υπόθεση:

- *Οι δύο μέθοδοι διδασκαλίας δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ως προς τον βαθμό αναδόμησης των αντιλήψεων, που προέρχεται από αυτές.*

Οι μεταβλητές που αξιοποιήθηκαν στις αναλύσεις ήταν δύο εξαρτημένες ποσοτικές, αυτές του συνολικού σκορ των μαθητών πριν τη διδασκαλία «Σύνολο_πριν» και του συνολικού σκορ σαράντα μέρες μετά από αυτήν «Σύνολο_μήνα», καθώς και μία ανεξάρτητη κατηγορική, αυτή της μεθόδου που είναι χωρισμένη εσωτερικά σε «παραδοσιακή» και «πείραμα».

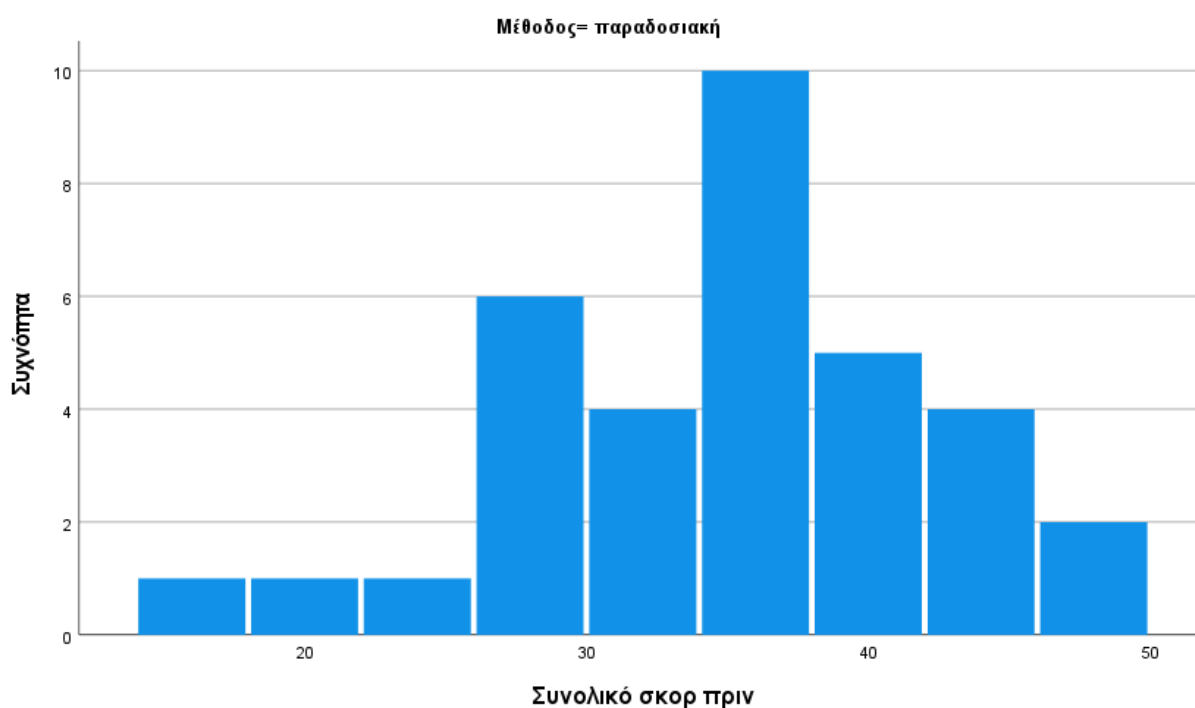
Πίνακας 1. Περιγραφικά στατιστικά μεταβλητών

		N	Mean	Std. Deviation
Συνολικό σκορ πριν	παραδοσιακή	34	34,00	7,385
	πείραμα	34	34,94	6,174
	Total	68	34,47	6,772
Συνολικό σκορ 40 μέρες μετά	παραδοσιακή	34	36,00	6,208
	πείραμα	34	36,94	6,135
	Total	68	36,47	6,144

Πρώτα απ' όλα, πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Kolmogorov-Smirnov και βρέθηκε ότι η κατανομή, για το συνολικό σκορ πριν τη διδασκαλία και σαράντα μέρες μετά για τις δύο μεθόδους, δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την κανονική κατανομή, σε καμία από τις περιπτώσεις (πίνακας 2, σχήματα 1-4).

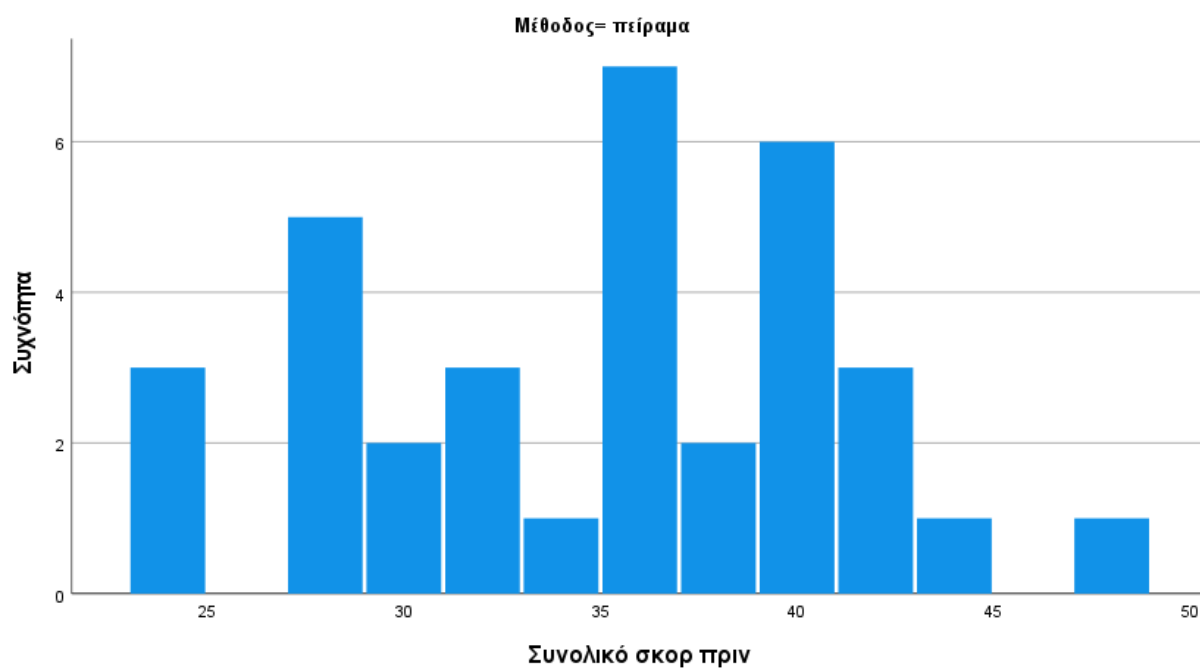
Πίνακας 2. Έλεγχος κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov

	Μέθοδος	Statistic	df	Sig.
Συνολικό σκορ πριν	παραδοσιακή	,136	34	,112
	πείραμα	,156	34	,034
Συνολικό σκορ 40 μέρες μετά	παραδοσιακή	,147	34	,060
	πείραμα	,103	34	,200*

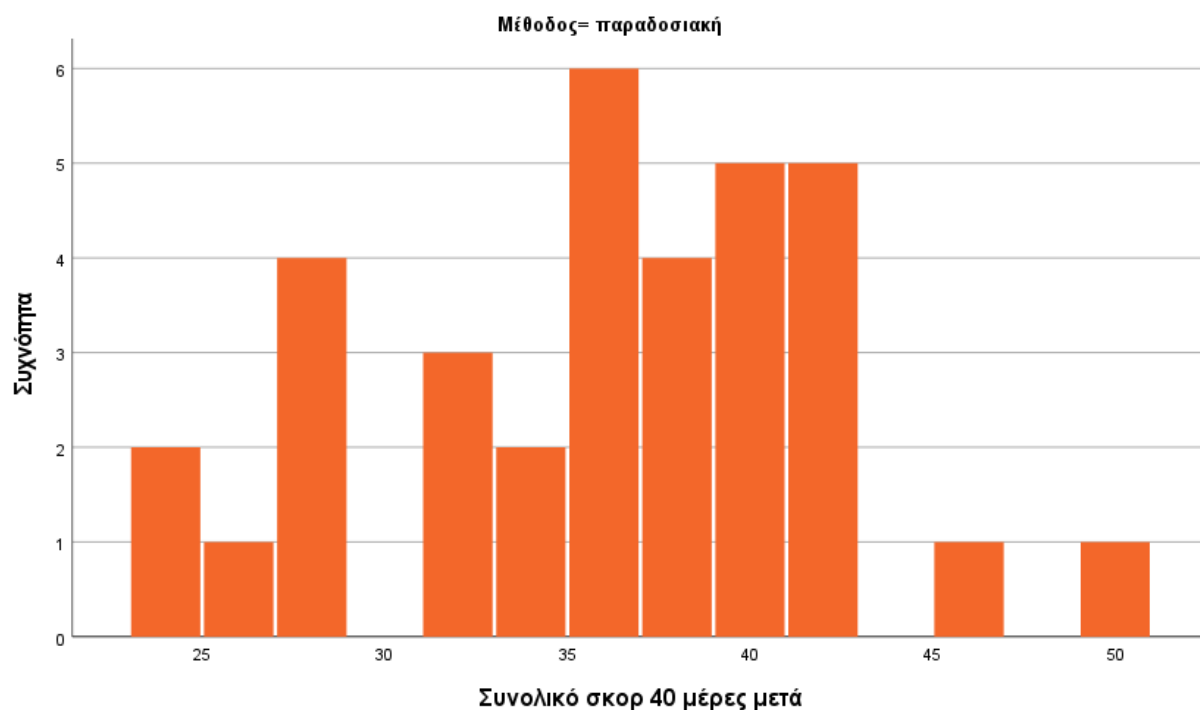


Σχήμα 1. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ πριν την παραδοσιακή διδασκαλία.

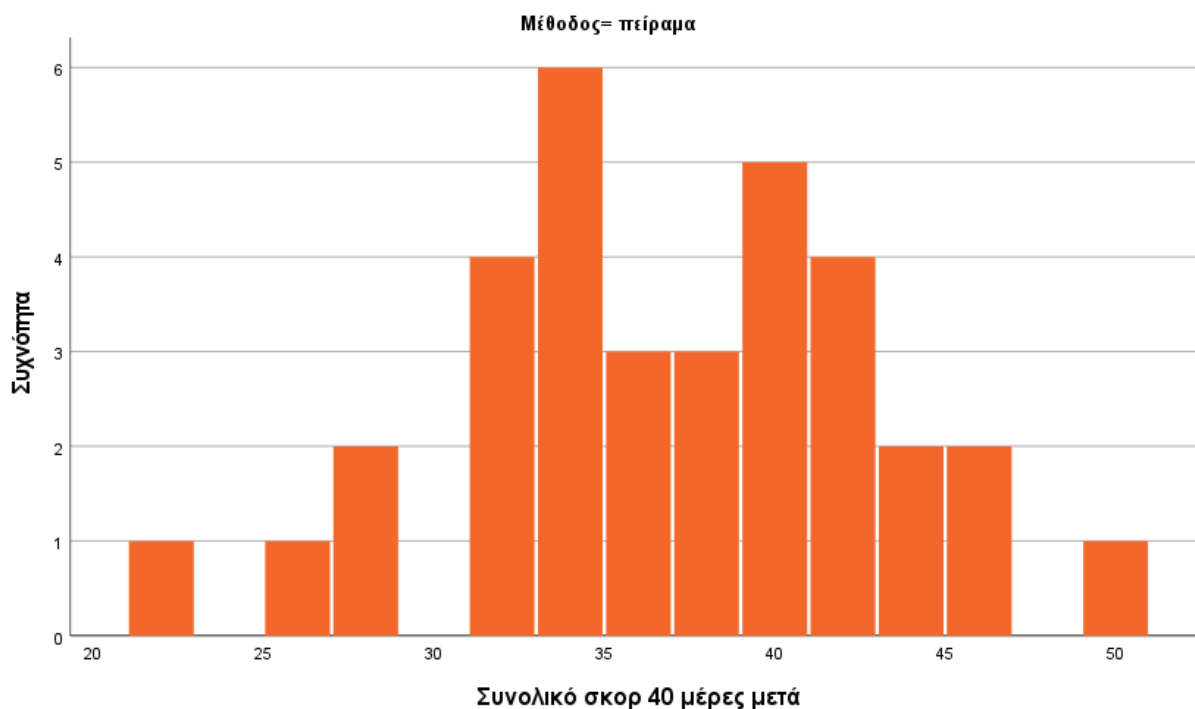
Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών



Σχήμα 2. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ πριν το πείραμα.



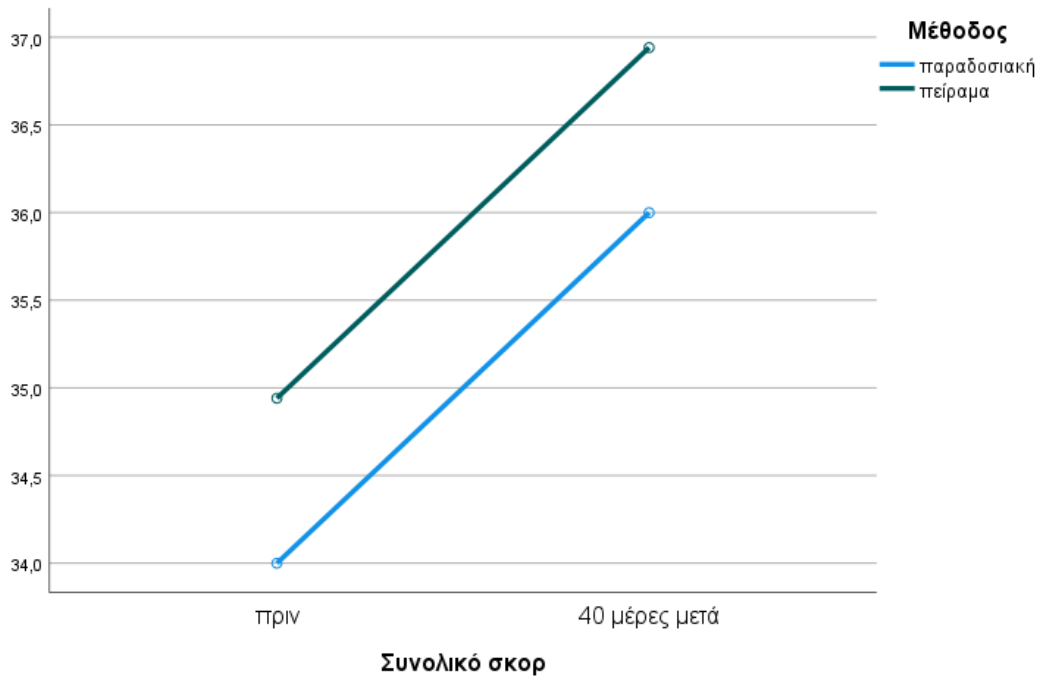
Σχήμα 3. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ σαράντα μέρες μετά την παραδοσιακή διδασκαλία.



Σχήμα 4. Ιστογράμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ σαράντα μέρες μετά το πείραμα.

Στη συνέχεια, ελέγχθηκε η ομοιογένεια των διακυμάνσεων του συνολικού σκορ πριν τη διδασκαλία και το αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων διδασκαλίας σχετικά με τα σημεία εκκίνησης της κάθε ομάδας του δείγματος. Εφόσον, με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Levenen, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ομοιογένεια των διακυμάνσεων με $F(66)=0,44$, $p=0,51$, πραγματοποιήθηκε παραμετρικός έλεγχος t για τις ανεξάρτητες ομάδες των δύο μεθόδων διδασκαλίας σε σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή του συνολικού σκορ των μαθητών πριν τη διδασκαλία και βρέθηκε ότι η διαφορά στο συνολικό σκορ των δύο ομάδων δεν είναι στατιστικά σημαντική, $t(66)=-0,57$, $p=0,57$, οπότε δεν υπάρχει διαφορά στα σημεία εκκίνησης της κάθε ομάδας.

Με τα αποτελέσματα των παραπάνω ελέγχων, αποδεικνύεται ότι πληρούνται οι προϋποθέσεις για την ανάλυση της διακύμανσης προκειμένου να ελεγχθεί η ερευνητική υπόθεση, οπότε πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) επαναληπτικών μετρήσεων μεταξύ (between) των συμμετεχόντων για την ανεξάρτητη μεταβλητή της μεθόδου διδασκαλίας και εντός (within) των εξαρτημένων μεταβλητών του συνολικού σκορ πριν και σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία. Από αυτήν βρέθηκε ότι το συνολικό σκορ πριν (Μ.Ο.=34,47, Τ.Α.=6,77) διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από το συνολικό σκορ σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία (Μ.Ο.=36,47, Τ.Α.=6,14), $F(1,66)=7,51$, $p=0,008$ και συγκεκριμένα σύμφωνα με τους μέσους όρους και τη βοήθεια του σχήματος 5, έχει επέλθει αναδόμηση των αντιλήψεων, αφού οι το συνολικό σκορ αυξήθηκε κατά δύο μονάδες. Ωστόσο, δεν βρέθηκε επίδραση της μεθόδου διδασκαλίας, $F(1,66)=0,45$, $p=0,503$, επομένως επιβεβαιώθηκε η μηδενική υπόθεση.



Σχήμα 5. Διάγραμμα μεταβολής των μέσων όρων των δύο μεθόδων στο συνολικό σκορ πριν και σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία.

4.2.2 Δεύτερο ερώτημα

✓ Υπάρχει διαφορά στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου του πειράματος ανάλογα με τον τρόπο διεξαγωγής του;

Στον έλεγχο του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος, ακολουθήθηκε πανομοιότυπη διαδικασία με αυτή του πρώτου, μόνο που σε αυτό δε μελετάται η αποτελεσματικότητα των μεθόδων στη διαδικασία της αναδόμησης των εναλλακτικών αντιλήψεων, όπως στο πρώτο, αλλά γίνεται μελέτη στο εσωτερικό της μίας μεθόδου, αυτής του πειράματος, συγκρίνοντας τις δύο μορφές της, την εργαστηριακή και την εικονική. Εφόσον γίνεται ξανά λόγος για αναδόμηση, μελετήθηκε αν η διαφορά που υπήρχε στο συνολικό σκορ των μαθητών σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία σε σχέση με το συνολικό σκορ πριν από αυτήν επηρεάστηκε από τον τρόπο διεξαγωγής του πειράματος που παρακολούθησαν οι μαθητές.

Βάσει της υπόθεσης που έγινε στην ενότητα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, η οποία τεκμηριώθηκε και βιβλιογραφικά, η προσομοίωση είναι αποτελεσματικότερη μέθοδος εννοιολογικής αλλαγής από το πραγματικό πείραμα, οπότε μελετήθηκε, σε πρώτο χρόνο, αν υπάρχει διαφορά μεταξύ των τρόπων διεξαγωγής του πειράματος και ποια μορφή του ήταν τελικά πιο αποτελεσματική. Έτσι προέκυψε η εξής μηδενική υπόθεση:

➤ Οι δύο μορφές πειράματος δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ως προς τον βαθμό αναδόμησης των αντιλήψεων, που προέρχεται από αυτές.

Οι μεταβλητές που αξιοποιήθηκαν στις αναλύσεις ήταν οι δύο εξαρτημένες ποσοτικές που χρησιμοποιήθηκαν και στο προηγούμενο ερώτημα, αυτές του συνολικού σκορ των μαθητών πριν τη διδασκαλία «Σύνολο_πριν» και του συνολικού σκορ σαράντα μέρες μετά από αυτήν «Σύνολο_μήνα», καθώς και μία καινούρια ανεξάρτητη κατηγορική, αυτή της μορφής του πειράματος που είναι χωρισμένη εσωτερικά σε «εργαστηριακό» και «εικονικό».

Πίνακας 3. Περιγραφικά στατιστικά μεταβλητών.

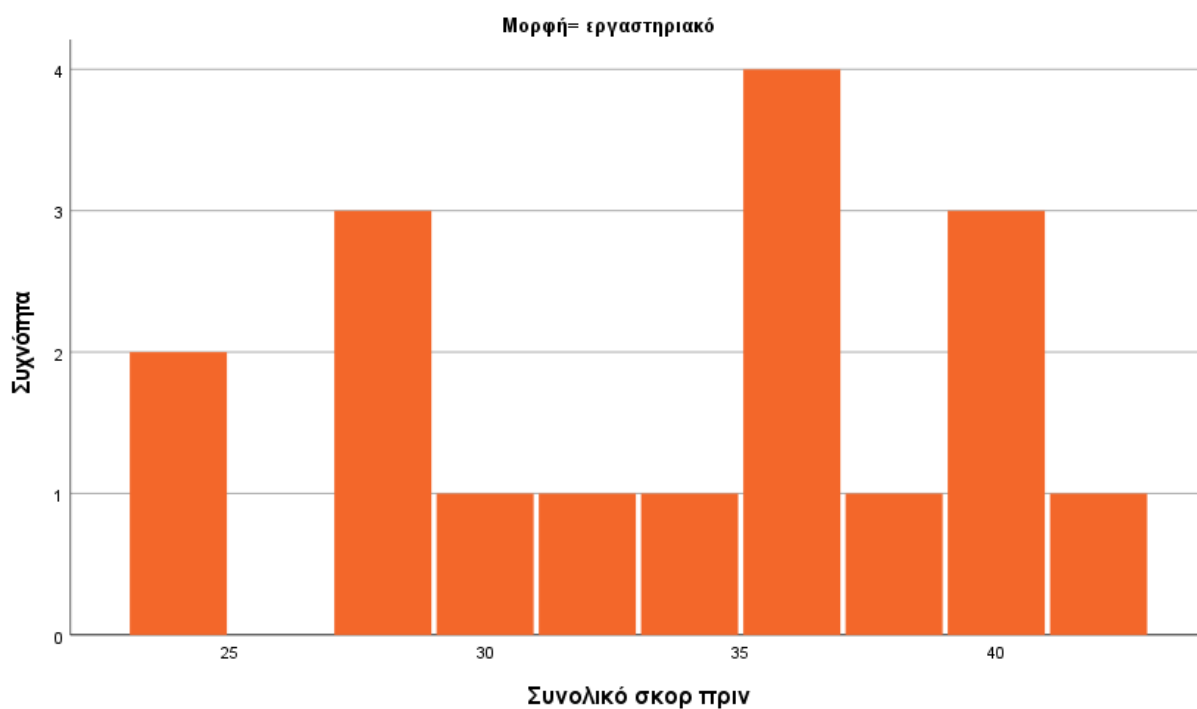
	Μορφή	Mean	Std. Deviation	N
Συνολικό σκορ πριν	εργαστηριακό	33,65	5,755	17
	εικονικό	36,24	6,476	17
	Total	34,94	6,174	34
Συνολικό σκορ 40 μέρες μετά	εργαστηριακό	34,94	5,154	17
	εικονικό	38,94	6,524	17
	Total	36,94	6,135	34

Πρώτα απ' όλα, πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Kolmogorov-Smirnov και βρέθηκε ότι η κατανομή, για το συνολικό σκορ πριν τη διδασκαλία και σαράντα μέρες μετά για τις δύο μορφές, δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την κανονική κατανομή, σε καμία από τις περιπτώσεις (πίνακας 4, σχήματα 6-9).

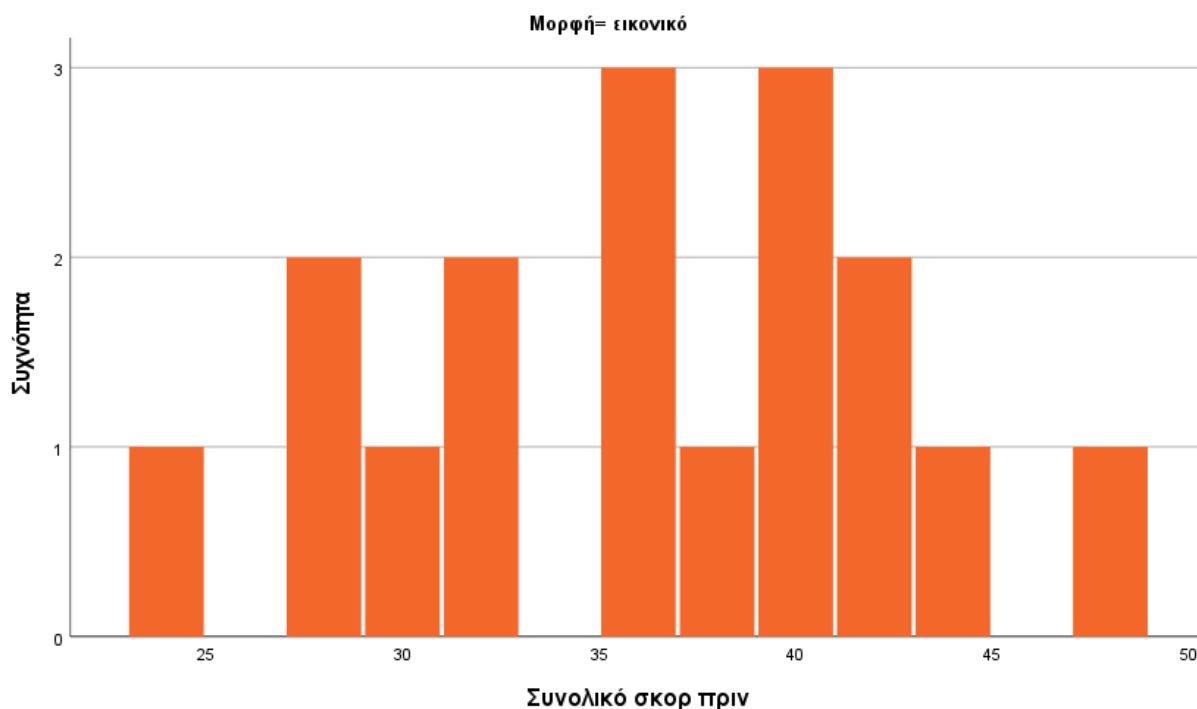
Πίνακας 4. Έλεγχος κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov.

	Μορφή	Statistic	df	Sig.
Συνολικό σκορ πριν	εργαστηριακό	,188	17	,112
	εικονικό	,133	17	,200*
Συνολικό σκορ 40 μέρες μετά	εργαστηριακό	,166	17	,200*
	εικονικό	,153	17	,200*

Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών

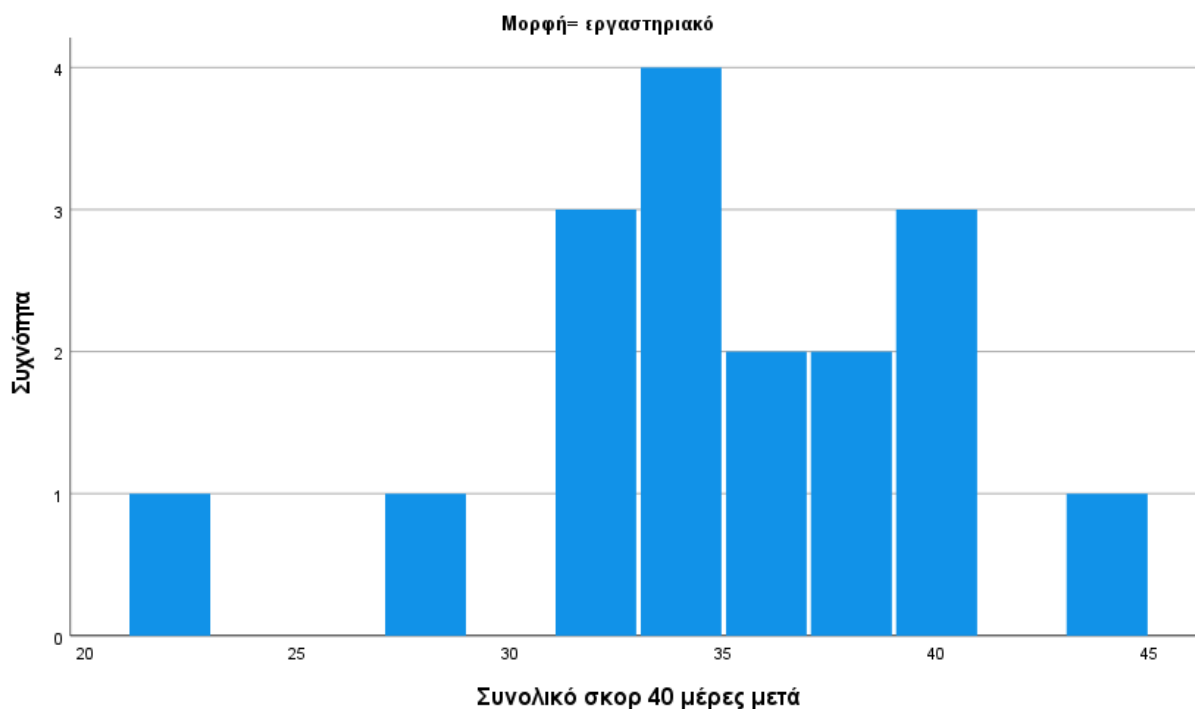


Σχήμα 6. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ πριν το εργαστηριακό πείραμα.

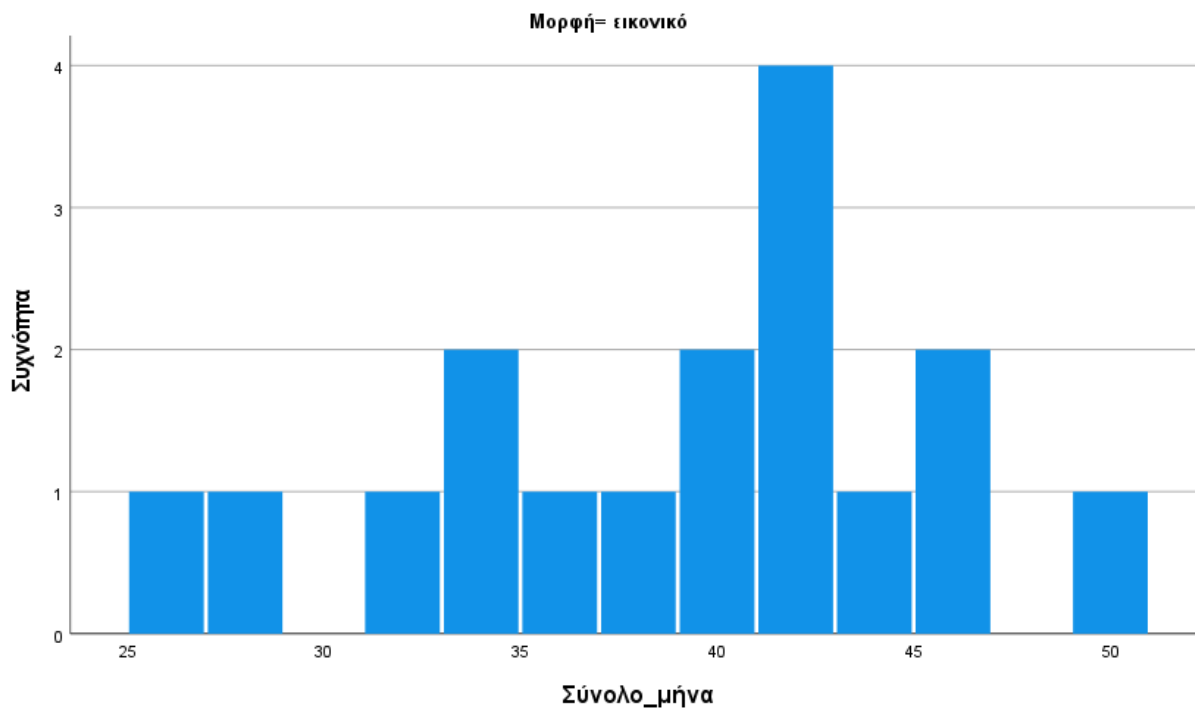


Σχήμα 7. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ πριν το εικονικό πείραμα.

Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών



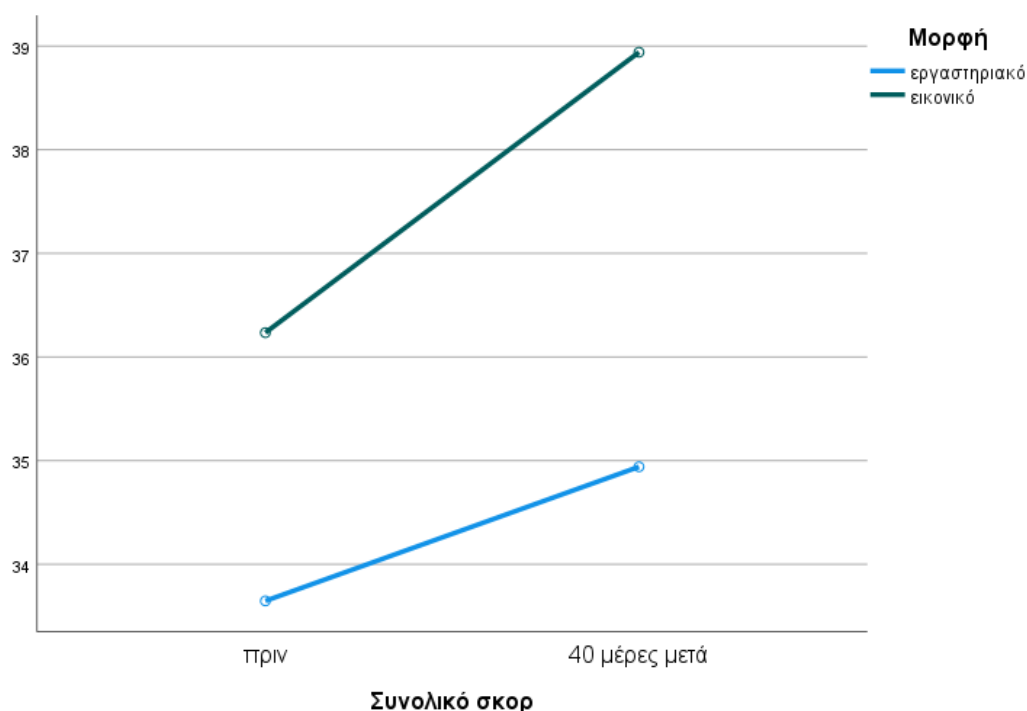
Σχήμα 8. Ιστογράμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ σαράντα μέρες μετά το εργαστηριακό πείραμα.



Σχήμα 9. Ιστογράμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ σαράντα μέρες μετά το εικονικό πείραμα.

Στη συνέχεια, ελέγχθηκε η ομοιογένεια των διακυμάνσεων του συνολικού σκορ πριν τη διδασκαλία και το αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τρόπων διεξαγωγής των πειραμάτων σχετικά με τα σημεία εκκίνησης της κάθε ομάδας του δείγματος. Εφόσον, με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Levene, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ομοιογένεια των διακυμάνσεων με $F(32)=0,08$, $p=0,786$, πραγματοποιήθηκε παραμετρικός έλεγχος t για τις ανεξάρτητες ομάδες των δύο μορφών του πειράματος σε σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή του συνολικού σκορ των μαθητών πριν τη διδασκαλία και βρέθηκε ότι η διαφορά στο συνολικό σκορ των δύο ομάδων δεν είναι στατιστικά σημαντική, $t(32)=-1,232$, $p=0,227$, οπότε δεν υπάρχει διαφορά στα σημεία εκκίνησης της κάθε ομάδας.

Με τα αποτελέσματα των παραπάνω ελέγχων, αποδεικνύεται ότι πληρούνται οι προϋποθέσεις για την ανάλυση της διακύμανσης προκειμένου να ελεγχθεί η ερευνητική υπόθεση, οπότε πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) επαναληπτικών μετρήσεων μεταξύ (between) των συμμετεχόντων για την ανεξάρτητη μεταβλητή της μορφής του πειράματος και εντός (within) των εξαρτημένων μεταβλητών του συνολικού σκορ πριν και σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία. Από αυτήν βρέθηκε ότι το συνολικό σκορ πριν (Μ.Ο.=34,94, Τ.Α.=6,17) δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από το συνολικό σκορ σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία (Μ.Ο.=36,94, Τ.Α.=6,14), $F(1,32)=4,13$, $p=0,051$. Για να υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά θα έπρεπε η τιμή του p να ήταν μικρότερη ή ίση με 0,05 και στη συγκριμένη περίπτωση είναι κατά ένα εκατοστό (1%) μεγαλύτερη. Φυσικά, ο στατιστικός έλεγχος είναι αυστηρός και ακριβής, ωστόσο ακόμη και αν δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, εύκολα παρατηρείται και με τη βοήθεια των μέσων όρων και του σχήματος 10, ότι υπάρχει αξιοσημείωτη διαφορά σε βαθμό τέτοιο που ίσως να έχει επέλθει αναδόμηση των αντιλήψεων, αφού οι το συνολικό σκορ αυξήθηκε και πάλι κατά δύο μονάδες. Και σε αυτήν την περίπτωση, δεν βρέθηκε επίδραση της μορφής του πειράματος, $F(1,32)=3,32$, $p=0,078$, ωστόσο η τιμή του p είναι ιδιαίτερα μικρότερη από αυτήν του προηγούμενου ερωτήματος και προσεγγίζει την τιμή ελέγχου 0,05, γεγονός που δείχνει μία διαφορά στην επίδραση της μορφής, σύμφωνα με το σχήμα 10 υπέρ του εικονικού πειράματος, ακόμη κι αν αυτή δεν είναι στατιστικώς σημαντική. Επομένως επιβεβαιώνεται η μηδενική υπόθεση.



Σχήμα 10. Διάγραμμα μεταβολής των μέσων όρων των δύο μορφών του πειράματος στο συνολικό σκορ πριν και σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία.

4.2.3 Τρίτο ερώτημα

- ✓ Υπάρχει διαφορά ανάμεσα στην αποτελεσματικότητα της κάθε μεθόδου ως προς την αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων και ως προς την κατανόηση των φαινομένων;

Στο τρίτο ερώτημα δεν συγκρίνονται οι μέθοδοι διδασκαλίας, αλλά μελετάται αν υπάρχει διαφορά μεταξύ της αποτελεσματικότητας της καθημίας στην κατανόηση και της αποτελεσματικότητάς της στη διαδικασία της αναδόμησης των αντιλήψεων. Ουσιαστικά μελετάται αν σε κάποια από τις μεθόδους υπήρχε μεγαλύτερη κατανόηση από ό,τι αναδόμηση, ή και το αντίστροφο.

Στην ενότητα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, διατυπώνεται και τεκμηριώνεται η ερευνητική υπόθεση πως όλες οι μέθοδοι είναι περισσότερο αποτελεσματικές στη διαδικασία της κατανόησης παρά στη διαδικασία της αναδόμησης των εναλλακτικών αντιλήψεων. Έτσι, μελετήθηκε αν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο διαδικασιών για την κάθε μέθοδο ξεχωριστά, αναμένοντας διαφορές υπέρ της διαδικασίας κατανόησης. Με αυτόν τον τρόπο προέκυψε η εξής μηδενική υπόθεση:

- Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην αποτελεσματικότητα των τριών μεθόδων ως προς τις διαδικασίες της κατανόησης και αναδόμησης των αντιλήψεων.

Πίνακας 5. Περιγραφικά στατιστικά μεταβλητών.

		N	Mean	Std. Deviation
Κατανόηση	Παραδοσιακή	34	4,12	5,907
	Εργαστηριακό πείραμα	17	1,88	6,421
	Προσομοίωση	17	1,41	6,737
	Total	68	2,88	6,281
Αναδόμηση	Παραδοσιακή	34	2,00	6,325
	Εργαστηριακό πείραμα	17	1,29	5,382
	Προσομοίωση	17	2,71	6,080
	Total	68	2,00	5,975

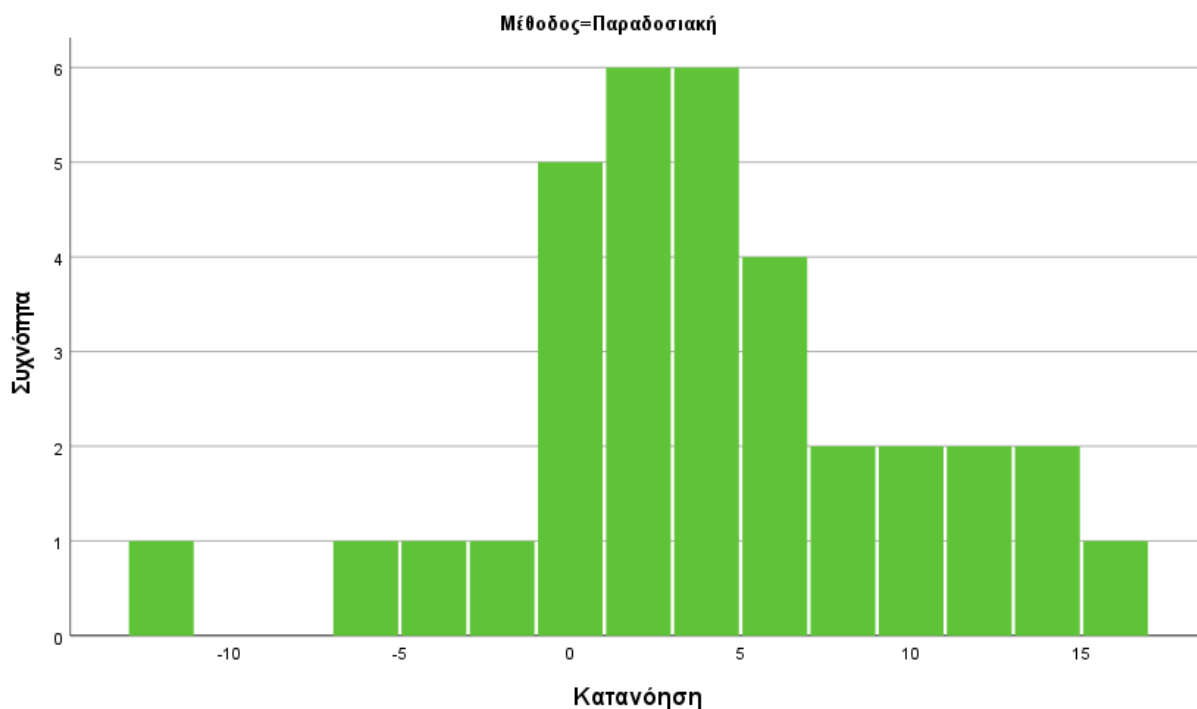
Για τη μελέτη αυτής της υπόθεσης και για να μπορέσουν να πραγματοποιηθούν οι έλεγχοι του ερωτήματος αυτού χρειάστηκε να υλοποιηθούν δύο ενέργειες. Αρχικά δημιουργήθηκαν δύο νέες ποσοτικές μεταβλητές, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αυτή της «Κατανόησης» και αυτή της «Αναδόμησης». Οι μεταβλητές αυτές είναι η διαφορά του συνολικού σκορ μετά τη διδασκαλία και του συνολικού σκορ σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία από το συνολικό σκορ πριν από αυτήν, αντίστοιχα. Η δεύτερη ενέργεια ήταν να χωριστεί το δείγμα σε τρεις ομάδες, δηλαδή στις τρεις μεθόδους διδασκαλίας (παραδοσιακή, εργαστηριακό πείραμα και προσομοίωση), ώστε να μπορεί να μελετηθεί η υπόθεση για την κάθε ομάδα ξεχωριστά. Ο διαχωρισμός αυτός του δείγματος, αν και αναγκαίος, είχε ως συνέπεια την εκτέλεση των ίδιων στατιστικών ελέγχων τρεις φορές, μία για την κάθε ομάδα.

Ξεκινώντας με τους απαραίτητους προκαταρκτικούς ελέγχους, πραγματοποιήθηκε κοινός έλεγχος της κανονικότητας με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Kolmogorov-Smirnov και βρέθηκε ότι η κατανομή, για τις μεταβλητές της κατανόησης και της αναδόμησης για καθεμιά από τις τρεις μεθόδους διδασκαλίας, δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την κανονική κατανομή, σε καμία από τις περιπτώσεις (πίνακας 6, σχήματα 11-16).

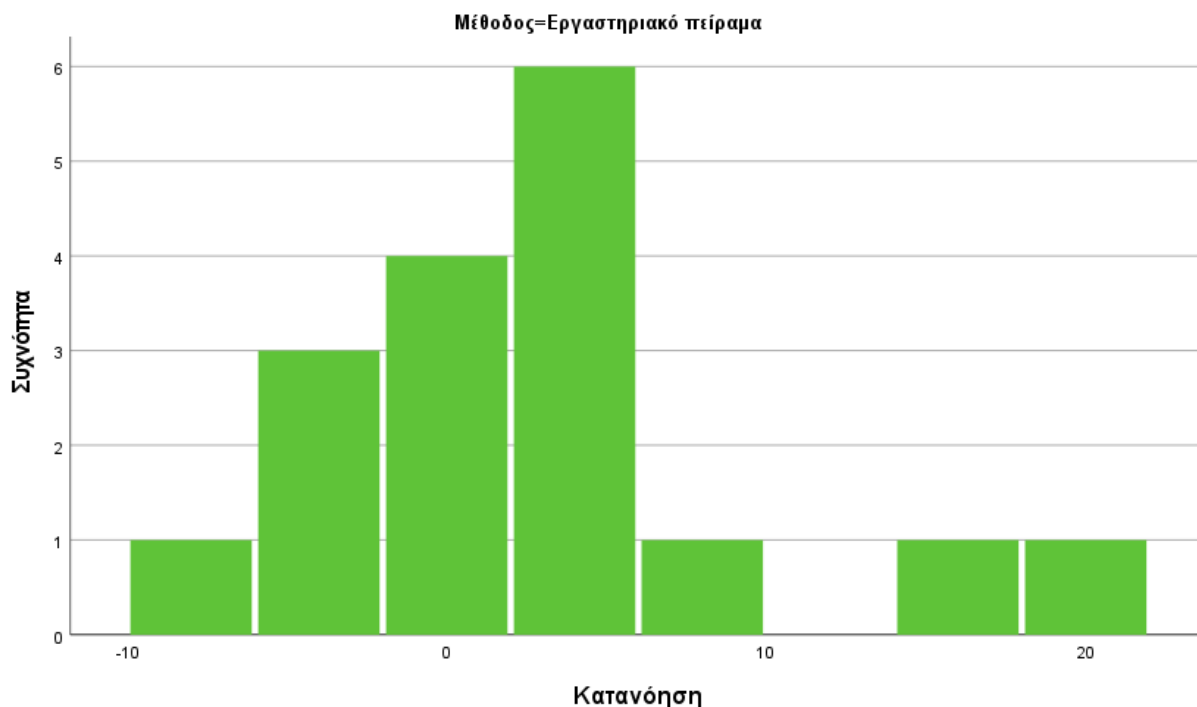
Πίνακας 6. Έλεγχος κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov.

		Statistic	df	Sig.
Κατανόηση	Παραδοσιακή	,126	34	,192
	Εργαστηριακό πείραμα	,199	17	,073
	Προσομοίωση	,182	17	,138
Αναδόμηση	Παραδοσιακή	,118	34	,200*
	Εργαστηριακό πείραμα	,170	17	,200*
	Προσομοίωση	,193	17	,091

Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών

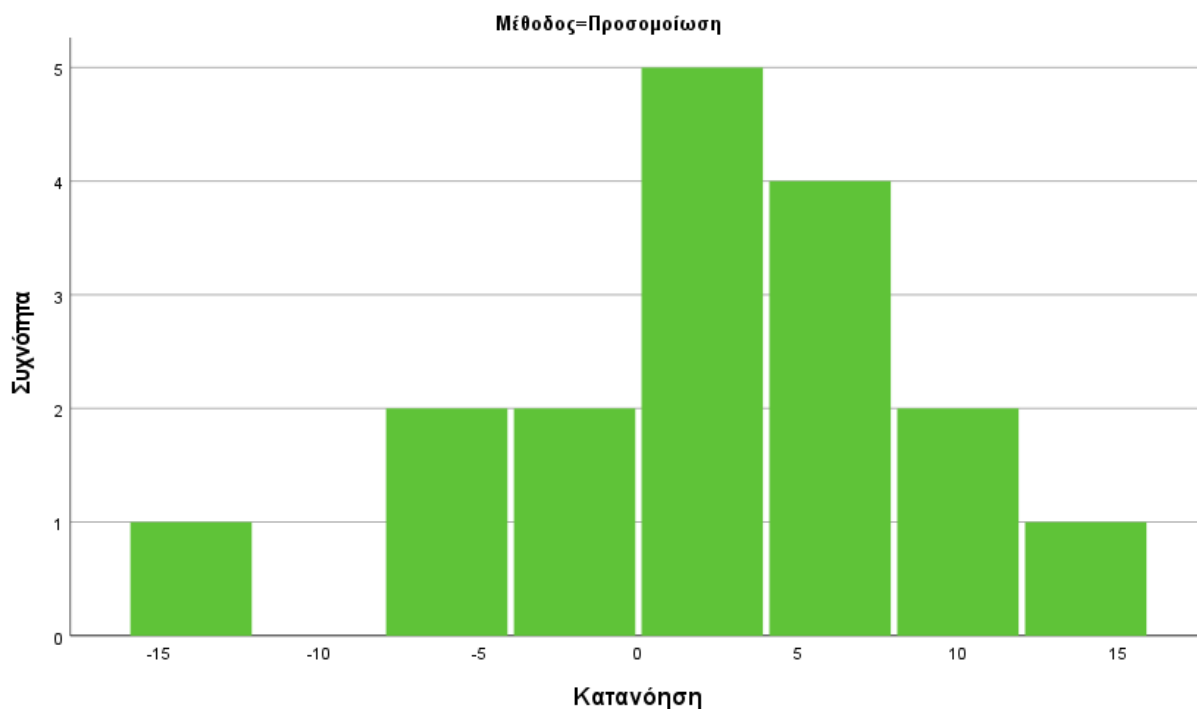


Σχήμα 11. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για κατανόηση στην παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας.

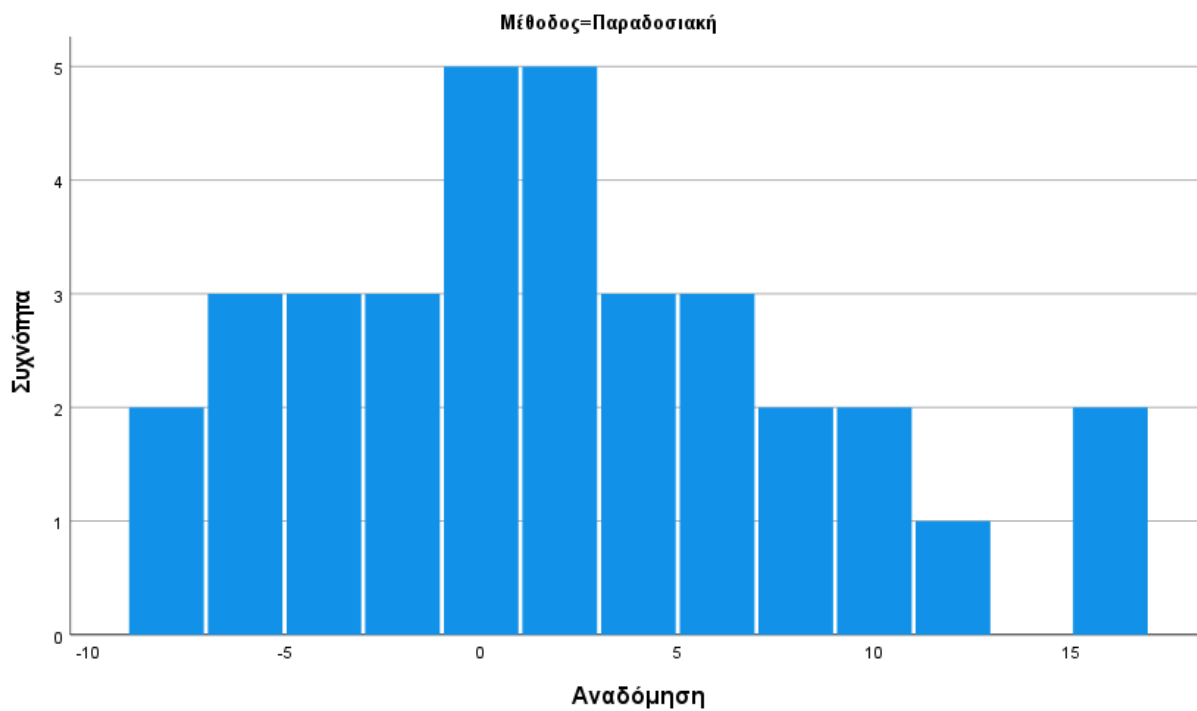


Σχήμα 12. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για κατανόηση στο εργαστηριακό πείραμα.

Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών

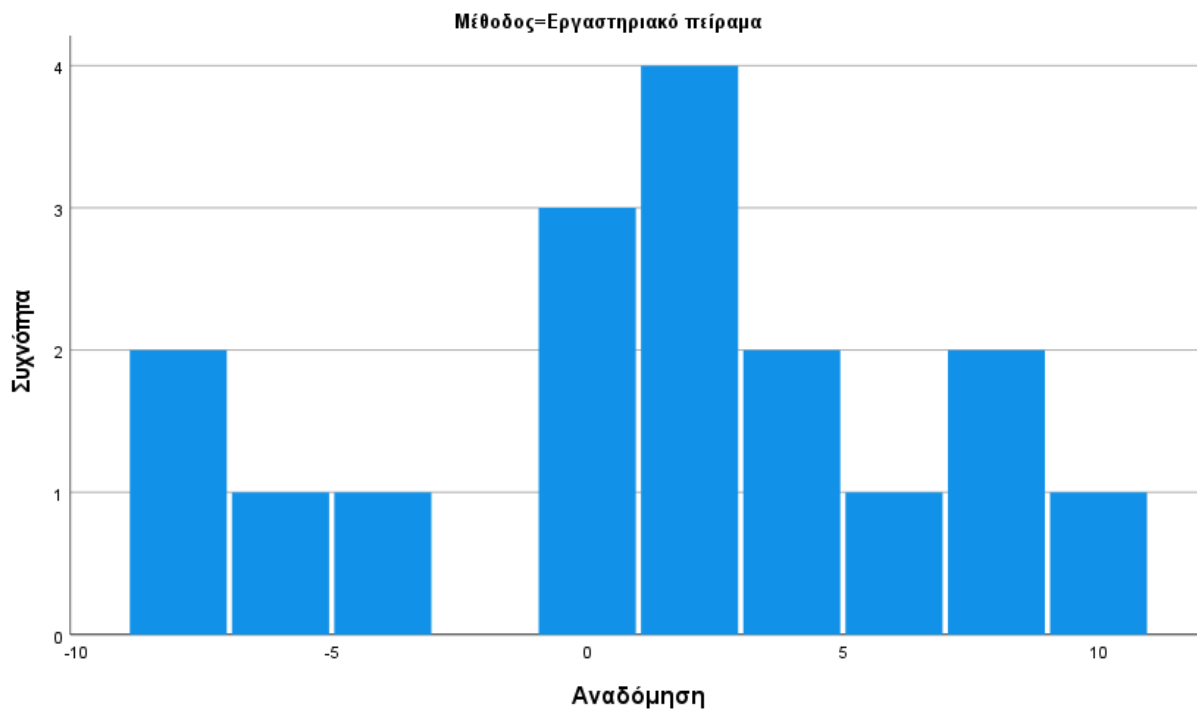


Σχήμα 13. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για κατανόηση στην προσομοίωση.

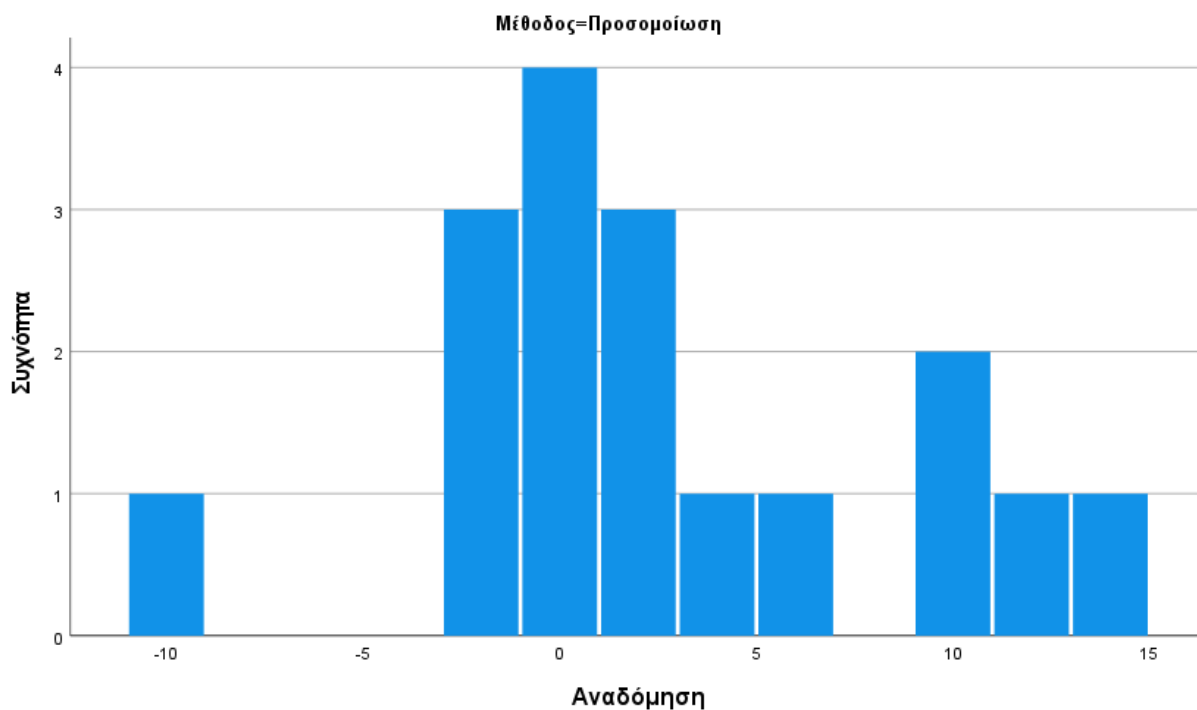


Σχήμα 14. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για αναδόμηση στην παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας.

Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών



Σχήμα 15. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για αναδόμηση στο εργαστηριακό πείραμα.



Σχήμα 16. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για αναδόμηση στην προσομοίωση.

Στη συνέχεια, ελέγχθηκε η ομοιογένεια των διακυμάνσεων των μεταβλητών κατανόηση και αναδόμηση για το αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών μεθόδων διδασκαλίας. Πραγματοποιήθηκε μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για την ανεξάρτητη μεταβλητή της μεθόδου διδασκαλίας και τις εξαρτημένες κατανόηση και αναδόμηση και, με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Levene, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ομοιογένεια των διακυμάνσεων σε καμία από τις δύο μεταβλητές, με $F(2,65)=0,14$, $p=0,87$ για την κατανόηση και $F(2,65)=0,28$, $p=0,75$ για την αναδόμηση.

Εφόσον τηρούνται η κανονικότητα και η ομοιογένεια, οπότε πληρούνται και οι κατάλληλες προϋποθέσεις για τις αναλύσεις, πραγματοποιήθηκε παραμετρικός έλεγχος t μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών της κατανόησης και της αναδόμησης των αντιλήψεων από τους μαθητές, με σκοπό την εύρεση διαφοράς ανάμεσά τους, σε τρεις επαναλήψεις, μία για κάθε μέθοδο διδασκαλίας.

Από την πρώτη επανάληψη του παραμετρικού ελέγχου t , που αφορούσε την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας, προέκυψε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της κατανόησης (Μ.Ο.=4,12, Τ.Α.=5,91) και της αναδόμησης (Μ.Ο.=2, Τ.Α.=6,36), με $t(33)=2,15$, $p=0,039$. Το θετικό πρόσημο του αποτελέσματος σε συνδυασμό με τους μέσους όρους, αποδεικνύει πως η διαφορά που βρέθηκε είναι υπέρ της κατανόησης.

Στη δεύτερη επανάληψη του παραμετρικού ελέγχου t , που αφορούσε το εργαστηριακό πείραμα, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της κατανόησης (Μ.Ο.=1,88, Τ.Α.=6,42) και της αναδόμησης (Μ.Ο.=1,29, Τ.Α.=5,38), με $t(16)=0,6$, $p=0,557$.

Στην τελευταία επανάληψη του παραμετρικού ελέγχου t , που αφορούσε την προσομίωση, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της κατανόησης (Μ.Ο.=1,41, Τ.Α.=6,74) και της αναδόμησης (Μ.Ο.=2,71, Τ.Α.=6,08), με $t(16)=-0,75$, $p=0,464$. Ωστόσο, το αρνητικό πρόσημο του αποτελέσματος και οι μέσοι όροι δείχνουν πως υπήρξε μεγαλύτερη αναδόμηση από κατανόηση, γεγονός που συναντάται μόνο σε αυτήν τη μέθοδο.

Από τις τρεις επαναλήψεις του ελέγχου, μόνο στην πρώτη που αφορούσε την παραδοσιακή διδασκαλία επιβεβαιώθηκε η ερευνητική υπόθεση, που ήθελε τη μέθοδο πιο αποτελεσματική στη διαδικασία της κατανόησης σε σχέση με τη διαδικασία της αναδόμησης. Στις άλλες δύο επαναλήψεις, που αφορούσαν τις πειραματικές τεχνικές, επιβεβαιώθηκε η μηδενική υπόθεση.

Ο παραμετρικός έλεγχος t για τις δύο εξαρτημένες μεταβλητές πραγματοποιήθηκε και στο σύνολο του δείγματος, χωρίς να είναι απαραίτητος για τη μελέτη του ερευνητικού ερωτήματος, δίνοντας ως αποτέλεσμα πως δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ της κατανόησης (Μ.Ο.=2,88, Τ.Α.=6,28) και της αναδόμησης (Μ.Ο.=2, Τ.Α.=5,98), με $t(67)=1,24$, $p=0,22$.

4.2.4 Εναλλακτικές μετρήσεις βασικών ερωτημάτων

Κατά τις διαδικασίες της ποσοτικοποίησης και της μεταφοράς των δεδομένων στο περιβάλλον του SPSS παρατηρήθηκε ότι οι βαθμοί των μαθητών στην πέμπτη ερώτηση του ερωτηματολογίου, που αφορούσε το φαινόμενο της άνωσης και την εναλλακτική αντίληψη των μαθητών όταν ένα σώμα βυθίζεται, μειώνεται το βάρος του, αντί να αυξηθούν μετά τη διδασκαλία, μειώθηκαν σε μεγάλο ποσοστό. Το γεγονός αυτό κίνησε το ενδιαφέρον και αποφασίστηκε να εξετασθεί και στατιστικά, διότι σε ένα

ερωτηματολόγιο πέντε ερωτήσεων, μία εσφαλμένη είναι αρκετή για να αλλοιώσει τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Η παρατήρηση αυτή μελετήθηκε στατιστικά και επιβεβαιώθηκε, αφού πραγματοποιήθηκε παραμετρικός έλεγχος t σε ολόκληρο το δείγμα για τις εξαρτημένες μεταβλητές των σκορ της πέμπτης ερώτησης πριν και μετά τη διδασκαλία και βρέθηκε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, με $t(67)=2,46$, $p=0,016$. Το θετικό πρόσημο και οι μέσοι όροι υποδηλώνουν πως το σκορ πριν τη διδασκαλία (Μ.Ο.=6,94, Τ.Α.=1,81) ήταν μεγαλύτερο απ' ό,τι μετά (Μ.Ο.=6,15, Τ.Α.=2,3).

Πίνακας 7. Περιγραφικά στατιστικά μεταβλητών.

	Μορφή	N	Mean	Std. Deviation
Ε' πριν	Παραδοσιακή	34	6,65	2,013
	Εργαστηριακό πείραμα	17	6,71	1,863
	Προσομοίωση	17	7,76	,970
	Total	68	6,94	1,811
Ε' μετά	Παραδοσιακή	34	6,88	1,788
	Εργαστηριακό πείραμα	17	5,06	2,015
	Προσομοίωση	17	5,76	2,990
	Total	68	6,15	2,300

Η διαφορά που προέκυψε αποδεικνύει πως ορισμένες από τις διδασκαλίες που παρακολούθησαν οι μαθητές στο φαινόμενο αυτό δεν ήταν κατάλληλες και αποδείχθηκαν ανεπιτυχείς, καθώς η διδασκαλία είχε ως στόχο να αυξήσει το σκορ των μαθητών κι όχι να το μειώσει. Συγκεκριμένα, πραγματοποιώντας τον παραπάνω παραμετρικό έλεγχο t , αυτή τη φορά όχι σε ολόκληρο το δείγμα, αλλά σε κάθε ομάδα διαφορετικής μεθόδου ξεχωριστά, βρέθηκε πως τόσο στο εργαστηριακό πείραμα και η προσομοίωση τα σκορ της πέμπτης ερώτησης πριν τη διδασκαλία είναι στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερα από τα σκορ μετά από αυτήν, με $t(16)=2,55$, $p=0,022$ και $t(16)=2,61$, $p=0,019$, αντίστοιχα. Αντίθετα, στην παραδοσιακή μέθοδο, τα σκορ της πέμπτης ερώτησης πριν και μετά τη διδασκαλία, όχι απλώς δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά, $t(33)=-0,70$, $p=0,49$, αλλά το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει πως ο μέσος όρος του σκορ αυξήθηκε μετά τη διδασκαλία. Επομένως, οι ανεπιτυχείς διδασκαλίες στο φαινόμενο της άνωσης ήταν αυτές του εργαστηριακού πειράματος και της προσομοίωσης.

Το γεγονός ότι στον αντίστοιχο παραμετρικό έλεγχο t που πραγματοποιήθηκε σε ολόκληρο το δείγμα για τις εξαρτημένες μεταβλητές των σκορ της πέμπτης ερώτησης πριν και σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία και βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, με $t(67)=0,2$, $p=0,843$, δείχνει πως οι ανεπιτυχείς αυτές διδασκαλίες επηρέασαν τα σκορ των μαθητών μόνο αμέσως μετά τη διδασκαλία κι όχι αυτά σαράντα μέρες μετά, δηλαδή επίδρασαν αρνητικά μόνο στη διαδικασία της κατανόησης και δεν επηρέασαν τη διαδικασία της αναδόμησης των αντιλήψεων.

Με βάση τα παραπάνω αποφασίστηκε να επαναληφθούν μόνο οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν στο τρίτο ερώτημα, μη λαμβάνοντας υπόψη τις απαντήσεις στην πέμπτη ερώτηση του ερωτηματολογίου, σε καμία από τις τρεις επαναλήψεις. Αποφασίστηκε να μην επανεκτελεστούν οι έλεγχοι και των τριών ερωτημάτων, διότι το λάθος αυτό επηρέασε μόνο το σκορ μετά τη διδασκαλία, το οποίο δεν απασχολεί τα δύο πρώτα ερωτήματα. Έτσι, δημιουργήθηκαν νέες μεταβλητές συνολικών σκορ, χωρίς να προστεθεί το σκορ στην πέμπτη ερώτηση, ώστε να υπολογιστούν οι νέες μεταβλητές κατανόησης και αναδόμησης, οι οποίες θα αξιοποιηθούν στους επαναληπτικούς ελέγχους.

Πίνακας 8. Περιγραφικά στατιστικά μεταβλητών

		N	Mean	Std. Deviation
Κατανόηση χωρίς ε'	Παραδοσιακή	34	3,82	5,813
	Εργαστηριακό πείραμα	17	3,53	6,063
	Προσομοίωση	17	3,41	5,374
	Total	68	3,65	5,688
Αναδόμηση χωρίς ε'	Παραδοσιακή	34	2,12	6,343
	Εργαστηριακό πείραμα	17	1,29	6,478
	Προσομοίωση	17	2,24	5,911
	Total	68	1,94	6,191

Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητοι προκαταρκτικοί έλεγχοι κανονικότητας και ομοιογένειας των διακυμάνσεων. Με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Kolmogorov-Smirnov βρέθηκε ότι η κατανομή, για τις μεταβλητές της κατανόησης και της αναδόμησης χωρίς την πέμπτη ερώτηση για καθεμιά από τις τρεις μεθόδους διδασκαλίας, δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την κανονική κατανομή, σε καμία από τις περιπτώσεις (πίνακας 9).

Πραγματοποιήθηκε μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για τις ανεξάρτητη μεταβλητή της μεθόδου διδασκαλίας και τις εξαρτημένες κατανόηση και αναδόμηση χωρίς την πέμπτη ερώτηση και, με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Levenen, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ομοιογένεια των διακυμάνσεων σε καμία από τις δύο μεταβλητές, με $F(2,65)=0,19$, $p=0,83$ για την κατανόηση και $F(2,65)=0,1$, $p=0,91$ για την αναδόμηση.

Πίνακας 9. Έλεγχος κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov.

		Statistic	df	Sig.
Κατανόηση χωρίς ε'	Παραδοσιακή	,138	34	,101
	Εργαστηριακό πείραμα	,175	17	,175
	Προσομοίωση	,162	17	,200*
Αναδόμηση χωρίς ε'	Παραδοσιακή	,160	34	,027
	Εργαστηριακό πείραμα	,127	17	,200*
	Προσομοίωση	,163	17	,200*

Στη συνέχεια, επαναλήφθηκε ο παραμετρικός έλεγχος t μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών της κατανόησης και της αναδόμησης των αντιλήψεων από τους μαθητές χωρίς την πέμπτη ερώτηση, με σκοπό την εύρεση διαφοράς ανάμεσά τους, σε τρεις επαναλήψεις, μία για κάθε μέθοδο διδασκαλίας.

Από την πρώτη επανάληψη του παραμετρικού ελέγχου t, που αφορούσε την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας, προέκυψε, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της κατανόησης (M.O.=3,82, T.A.=5,81) και της αναδόμησης (M.O.=2,12, T.A.=6,34), με $t(33)=2,04$, $p=0,049$. Το θετικό πρόσημο του αποτελέσματος σε συνδυασμό με τους μέσους όρους, αποδεικνύει πως η διαφορά που βρέθηκε είναι υπέρ της κατανόησης.

Στη δεύτερη επανάληψη του παραμετρικού ελέγχου t, που αφορούσε το εργαστηριακό πείραμα, βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της κατανόησης (M.O.=3,53, T.A.=6,06) και της αναδόμησης (M.O.=1,29, T.A.=6,48), με $t(16)=2,79$, $p=0,013$. Το θετικό πρόσημο του αποτελέσματος σε συνδυασμό με τους μέσους όρους, αποδεικνύει πως η διαφορά που βρέθηκε είναι υπέρ της κατανόησης.

Στην τελευταία επανάληψη του παραμετρικού ελέγχου t, που αφορούσε την προσομοίωση, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της κατανόησης (M.O.=3,41, T.A.=5,37) και της αναδόμησης (M.O.=2,24, T.A.=5,91), με $t(16)=0,95$, $p=0,356$, όμως το πρόσημο αυτή τη φορά ήταν θετικό.

Από τις τρεις επαναλήψεις του ελέγχου, στην πρώτη και τη δεύτερη, που αφορούσαν την παραδοσιακή διδασκαλία και το εργαστηριακό πείραμα αντίστοιχα, επιβεβαιώθηκε η ερευνητική υπόθεση, που ήθελε τη μέθοδο πιο αποτελεσματική στη διαδικασία της κατανόησης σε σχέση με τη διαδικασία της αναδόμησης. Στην τελευταία επανάληψη, που αφορούσε την προσομοίωση, επιβεβαιώθηκε η μηδενική υπόθεση.

Ο παραμετρικός έλεγχος t για τις δύο εξαρτημένες μεταβλητές πραγματοποιήθηκε και στο σύνολο του δείγματος, δίνοντας ως αποτέλεσμα πως υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ της κατανόησης (M.O.=3,65, T.A.=5,69) και της αναδόμησης (M.O.=1,94, T.A.=6,19), με $t(67)=3,09$, $p=0,003$. Από τους μέσους όρους και το πρόσημο του αποτελέσματος αποδεικνύεται η μεγάλη διαφορά που υπάρχει στην αποτελεσματικότητα των μεθόδων κατά τη διαδικασία της κατανόησης, έναντι αυτή στη διαδικασία της αναδόμησης.

4.2.5 Επιπλέον αναλύσεις

Στις προηγούμενες σελίδες ελέγχθηκαν τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας και παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματά τους, καθώς και η παραλλαγή του τρίτου ερωτήματος εξαιτίας μίας εύστοχης παρατήρησης του μελετητή. Από αντίστοιχες παρατηρήσεις κατά τις διαδικασίες ποσοτικοποίησης των δεδομένων και μεταφοράς τους στο περιβάλλον του SPSS, αλλά και από μελέτη της βιβλιογραφίας και παλαιότερων ερευνών, προέκυψε η δημιουργία και ανάλυση κι άλλων, δευτερευόντων, ερωτημάτων, τα οποία μπορούν να δώσουν σημαντικά και αξιοποιήσιμα αποτελέσματα σχετικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, καθώς και χρήσιμες πληροφορίες για την αντιμετώπισή τους.

Οι αναλύσεις αυτές σχετίζονται με τη συσχέτιση (correlation) ορισμένων μεταβλητών και με την επίδραση του φύλου στη διαδικασία της αναδόμησης. Τα αποτελέσματά τους παρουσιάζονται και αναλύονται σε αντίστοιχες υποενότητες στη συνέχεια.

4.2.6 Συσχετίσεις

Οι συγκεκριμένοι έλεγχοι χωρίζονται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος αναλύεται η τυχαιότητα μεταξύ της μεθόδου διδασκαλίας που παρακολούθησε κάθε μαθητής στο ερωτηματολόγιο και δύο άλλων κατηγορικών μεταβλητών, ενώ στο δεύτερο μέρος αναλύεται η συσχέτιση μεταξύ ορισμένων ποσοτικών μεταβλητών και του βαθμού κατανόησης και αναδόμησης των αντιλήψεων από τους μαθητές.

Τα δύο ερευνητικά ερωτήματα για τους ελέγχους του πρώτου μέρους είναι τα εξής:

- ✓ Ήταν τυχαία η επιλογή των μαθητών που παρακολούθησαν την κάθε μέθοδο διδασκαλίας ή υπήρχε εξάρτηση από την προτίμησή τους ως προς αυτήν;
- ✓ Ήταν τυχαία η επιλογή των μαθητών που παρακολούθησαν την κάθε μέθοδο διδασκαλίας ή υπήρχε εξάρτηση από την εμπειρία τους στην εκτέλεση προσομοιώσεων;

Για την ανάλυση αυτών των ερωτημάτων αξιοποιήθηκαν τρεις κατηγορικές μεταβλητές. Αυτή της μεθόδου διδασκαλίας που παρακολούθησαν οι μαθητές, η οποία αναλύθηκε σε σχέση με αυτές της προτιμήσεως των μαθητών και της εμπειρίας προσομοίωσης για το κάθε ερώτημα, αντίστοιχα. Δεδομένου πως ο ερευνητής γνωρίζει ότι η μέθοδος που ακολούθησε για την διαλογή του δείγματος χαρακτηρίζεται από τυχαιότητα, προκύπτουν ως ερευνητικές υποθέσεις και για τους δύο ελέγχους, η ανεξαρτησία μεταξύ των μεταβλητών. Επομένως, ως μηδενικές υποθέσεις ορίζονται οι εξής:

- Υπάρχει εξάρτηση μεταξύ της μεθόδου διδασκαλίας που προτιμούν οι μαθητές και αυτής που παρακολούθησαν.
- Υπάρχει εξάρτηση μεταξύ της μεθόδου διδασκαλίας που προτιμούν οι μαθητές και της εμπειρίας τους στην εκτέλεση προσομοίωσης.

Δεν θα ήταν λανθασμένη η άποψη πως αυτοί οι έλεγχοι θα μπορούσαν, ή και θα έπρεπε ακόμα, να πραγματοποιηθούν και να παρουσιαστούν στην αρχή των αναλύσεων, ώστε να επισφραγίσουν την εγκυρότητα των δεδομένων του δείγματος και να διώξουν κάθε αμφιβολία πως οι παραπάνω μεταβλητές είναι μεταξύ τους ανεξάρτητες και δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα της έρευνας, ενεργώντας ως εξωγενείς. Ο δεύτερος έλεγχος απευθύνεται κυρίως στους μαθητές που παρακολούθησαν την μέθοδο του εικονικού πειράματος.

Πίνακας 10. Περιγραφικά στατιστικά μεταβλητών. (προτίμηση μεθόδου)

Μέθοδος	Προτίμηση σε μέθοδος διδασκαλίας			Total
	παραδοσιακή	εργαστηριακό πείραμα	προσομοίωση	
Παραδοσιακή	4	22	8	34
Εργαστηριακό πείραμα	1	14	2	17
Προσομοίωση	1	15	1	17
Total	6	51	11	68

Πίνακας 12. Περιγραφικά στατιστικά μεταβλητών. (εμπειρία προσομοίωσης)

Μέθοδος	Εμπειρία προσομοίωσης			
	συχνά	σπάνια	ποτέ	άγνοια
Παραδοσιακή	2	17	14	1
Εργαστηριακό πείραμα	3	9	3	2
Προσομοίωση	1	6	9	1
Total	6	32	26	4

Εφόσον οι μεταβλητές είναι κατηγορικές, οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν ήταν μη παραμετρικοί, με αποτέλεσμα να μην είναι απαραίτητοι οι προκαταρκτικοί έλεγχοι της κανονικότητας και της ομοιογένειας των διακυμάνσεων. Με αυτή τη βάση, πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου χ^2 για την ανεξαρτησία της μεθόδου διδασκαλίας με την προτίμηση και την εμπειρία των μαθητών και βρέθηκε ότι ούτε η εξάρτηση καμιάς από τις δύο μεταβλητές δεν είναι στατιστικά σημαντική, με $\chi^2(4)=4,12$, $p=0,39$ και $\chi^2(6)=7,11$, $p=0,311$, αντίστοιχα. Επομένως η μηδενική υπόθεση απορρίφθηκε και υπάρχει τυχαιότητα στην εκλογή του δείγματος. Συγκεκριμένα ως προς τον δεύτερο έλεγχο, οι περισσότεροι μαθητές που εκτέλεσαν τις προσομοιώσεις δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία σε αυτή τη μέθοδο, ενώ μόνο ένας ήταν εξοικειωμένος με αυτήν.

Τα ερευνητικά ερωτήματα για τους ελέγχους του δεύτερου μέρους είναι τα εξής:

- ✓ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του βαθμού αρέσκειας των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες και
 - του συνολικού τους σκορ πριν από τη διδασκαλία;
 - του βαθμού κατανόησής των φαινομένων;
 - του βαθμού αναδόμησης των αντιλήψεων;
- ✓ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των συνολικών σκορ πριν και
 - μετά τη διδασκαλία;
 - σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία;
- ✓ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του βαθμού κατανόησης και του βαθμού αναδόμησης των αντιλήψεων;
- ✓ Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της μνήμης των μαθητών ως προς τη διδασκαλία που παρακολούθησαν στον πρώτο ερωτηματολόγιο και του συνολικού σκορ σαράντα μέρες μετά από αυτήν στο δεύτερο ερωτηματολόγιο;

Εφόσον όλες οι μεταβλητές ήταν ποσοτικές και η συσχέτισή τους ελέγχθηκε ανά ζεύγη, οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν ήταν παραμετρικοί και αξιοποίησαν το στατιστικό κριτήριο Pearson, για την εύρεση του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών. Επομένως τα αποτελέσματα των ελέγχων θα παρουσιαστούν ανά ερώτημα και με συντομία παρακάτω, δίνοντας έμφαση στις αξιοσημείωτες συσχετίσεις.

Στους ελέγχους των ζευγαριών του πρώτου ερωτήματος δεν βρέθηκε δυνατή σχέση σε καμία από τις περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, η αρέσκεια φαίνεται να μη συσχετίζεται ούτε με το συνολικό σκορ πριν τη διδασκαλία με συντελεστή συσχέτισης $R=0,07$, ούτε με τον βαθμό κατανόησης των φαινομένων, με $R=0,19$, αλλά ούτε και με τον βαθμό αναδόμησης των αντιλήψεων, με $R=0,19$. Ο έλεγχος που αφορούσε τον βαθμό κατανόησης πραγματοποιήθηκε και χωρίς τον υπολογισμό των βαθμών της πέμπτης ερώτησης του ερωτηματολογίου (βλ. υποενότητα 4.2.4), δίνοντας τον ίδιο συντελεστή συσχέτισης.

Στους ελέγχους των ζευγαριών του δεύτερου ερωτήματος βρέθηκαν πολύ δυνατότερες σχέσεις. Υπάρχει αξιοσημείωτη συσχέτιση μεταξύ του συνολικού σκορ πριν τη διδασκαλία και του συνολικού σκορ μετά από αυτήν, είτε υπολογίστηκε το σκορ στην πέμπτη ερώτηση του ερωτηματολογίου, με συντελεστή συσχέτισης $R=0,51$, είτε δεν υπολογίστηκε, με $R=0,49$. Ακόμα δυνατότερη σχέση υπάρχει μεταξύ του συνολικού βαθμού πριν τη διδασκαλία και του συνολικού βαθμού σαράντα μέρες μετά από αυτήν, με $R=0,58$. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν πως οι μαθητές που είχαν ήδη καλές γνώσεις πάνω στα φαινόμενα πριν τη διδασκαλία, έφτασαν σε μεγαλύτερο βαθμό κατανόησης και εννοιολογικής αλλαγής από τους υπόλοιπους.

Ο έλεγχος του τρίτου ερωτήματος πραγματοποιήθηκε δύο φορές υπολογίζοντας και αφαιρώντας το σκορ της πέμπτης ερώτησης του ερωτηματολογίου, αντίστοιχα. Στην πρώτη του εκτέλεση βρέθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ κατανόησης και αναδόμησης, με συντελεστή συσχέτισης $R=0,55$, ενώ στην επανάληψή του βρέθηκε ιδιαίτερα δυνατή σχέση μεταξύ των μεταβλητών, με $R=0,71$. Τα αποτελέσματα αυτά συνάδουν με τα αποτελέσματα του προηγούμενου ερωτήματος.

Στον έλεγχο του τελευταίου ερωτήματος βρέθηκε αδύναμη σχέση μεταξύ της μνήμης των διδασκαλιών που παρακολούθησαν οι μαθητές και του συνολικού τους σκορ σαράντα μέρες μετά από αυτές, με συντελεστή συσχέτισης $R=0,14$.

4.2.7 Επίδραση φύλου

✓ *Επιδρά το φύλο των μαθητών στη διαδικασία της αναδόμησης των αντιλήψεων;*

Ένα από τα συνηθέστερα θέματα μελέτης σε τέτοιου είδους έρευνες είναι αυτό που αφορά την επίδραση του φύλου σε ένα φαινόμενο, δηλαδή αν υπάρχουν ουσιαστικές και στατιστικά σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.

Εφόσον αναζητήθηκε η διαφορά στη διαδικασία της αναδόμησης μεταξύ των δύο φύλων, την ερευνητική υπόθεση αποτέλεσε η ύπαρξη μίας τέτοιας διαφοράς, χωρίς να μπορεί να τεκμηριωθεί βιβλιογραφικά το ποια ομάδα αναμένεται να έχει μεγαλύτερα σκορ, επομένως η μηδενική υπόθεση διατυπώθηκε ως εξής:

➤ *Δεν υπάρχει διαφορά στη διαδικασία της αναδόμησης των αντιλήψεων μεταξύ των δύο φύλων.*

Για τη μελέτη αυτής της υπόθεσης αξιοποιήθηκαν οι ποσοτικές εξαρτημένες μεταβλητές του συνολικού σκορ πριν και σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία και η κατηγορική ανεξάρτητη μεταβλητή του φύλου, στον ρόλο του παράγοντα. Ουσιαστικά επαναλήφθηκε η διαδικασία που ακολουθήθηκε στα δύο πρώτα ερευνητικά ερωτήματα, μόνο που αντί την επίδραση της μεθόδου διδασκαλίας και της μορφής πειράματος, μελετήθηκε η επίδραση του φύλου.

Πίνακας 12. Περιγραφικά στατιστικά μεταβλητών.

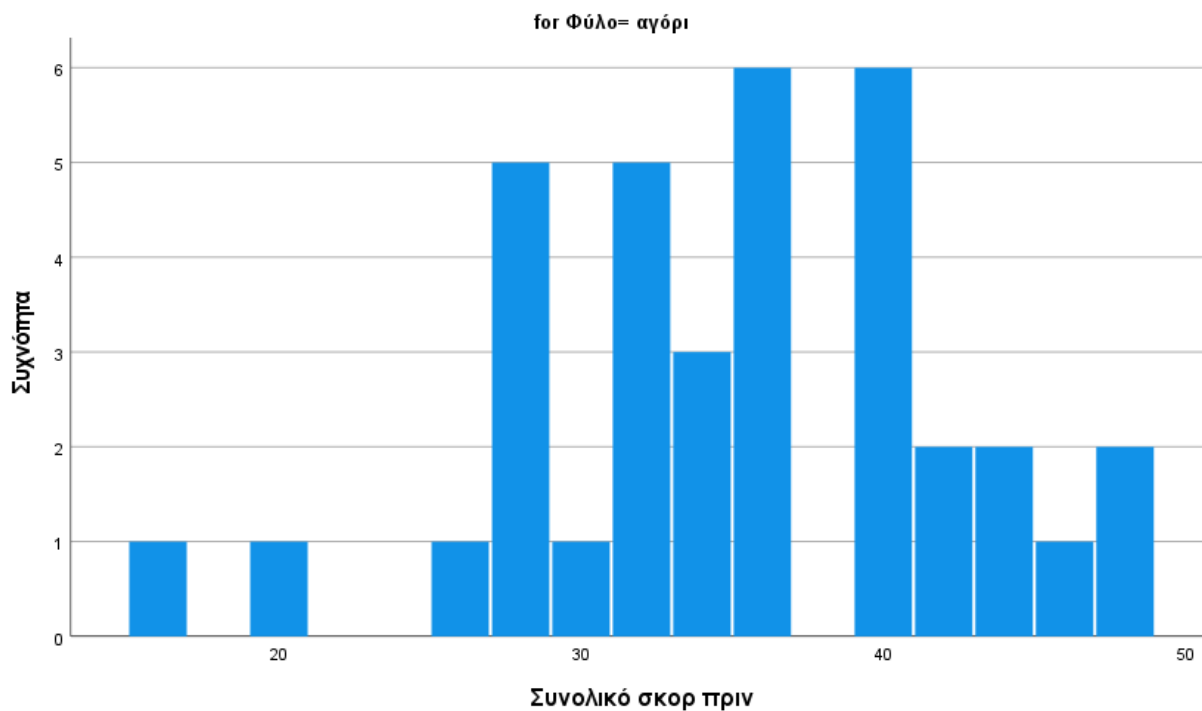
	Φύλο	Mean	Std. Deviation	N
Συνολικό σκορ πριν	αγόρι	35,11	7,289	36
	κορίτσι	33,75	6,175	32
	Total	34,47	6,772	68
Συνολικό σκορ 40 μέρες μετά	αγόρι	36,11	6,413	36
	κορίτσι	36,88	5,901	32
	Total	36,47	6,144	68

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Kolmogorov-Smirnov και βρέθηκε ότι η κατανομή, για το συνολικό σκορ πριν τη διδασκαλία και σαράντα μέρες μετά για τα δύο φύλα, δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την κανονική κατανομή, σε καμία από τις περιπτώσεις (πίνακας 13, σχήματα 17-20).

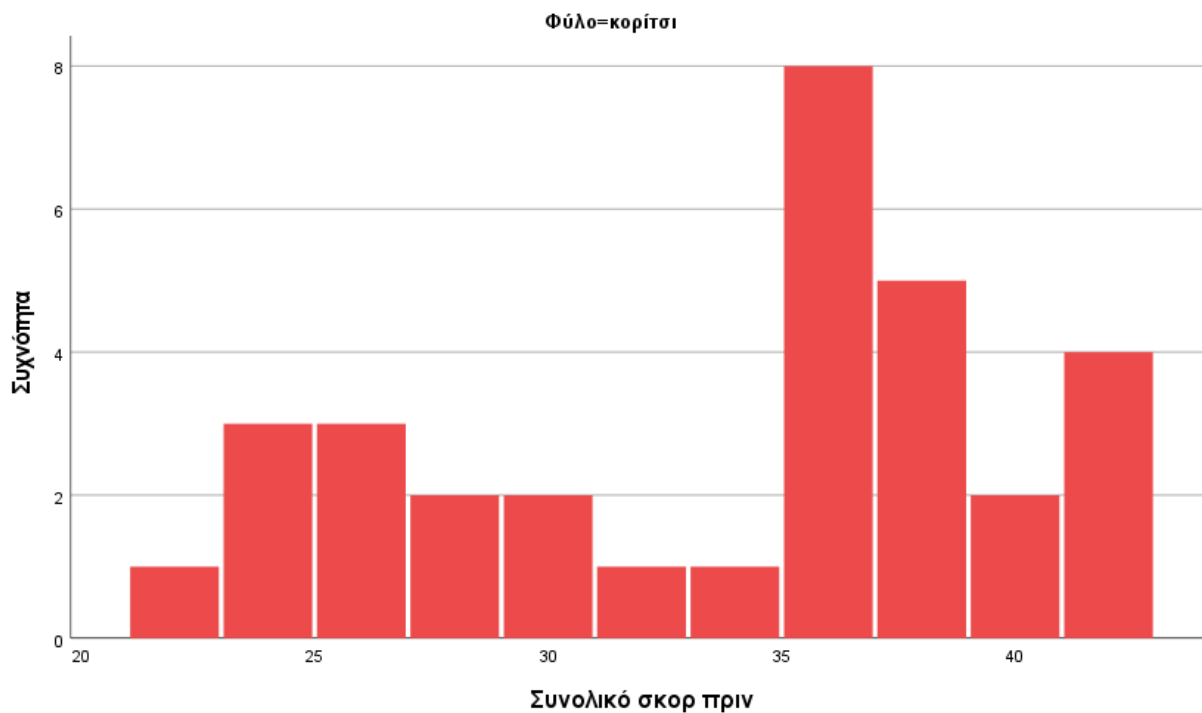
Πίνακας 13. Έλεγχος κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov.

	Φύλο	Statistic	df	Sig.
Συνολικό σκορ πριν	αγόρι	,110	36	,200*
	κορίτσι	,236	32	<,001
Συνολικό σκορ 40 μέρες μετά	αγόρι	,145	36	,055
	κορίτσι	,126	32	,200*

Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών

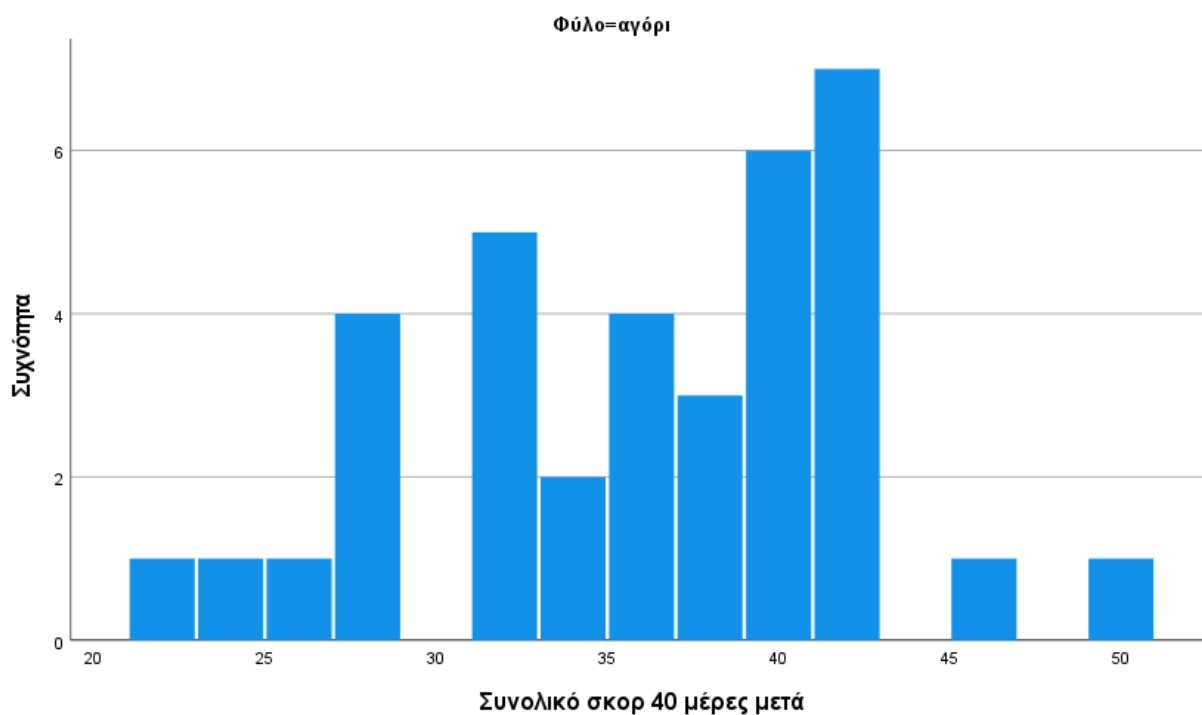


Σχήμα 17. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ των αγοριών πριν τη διδασκαλία.

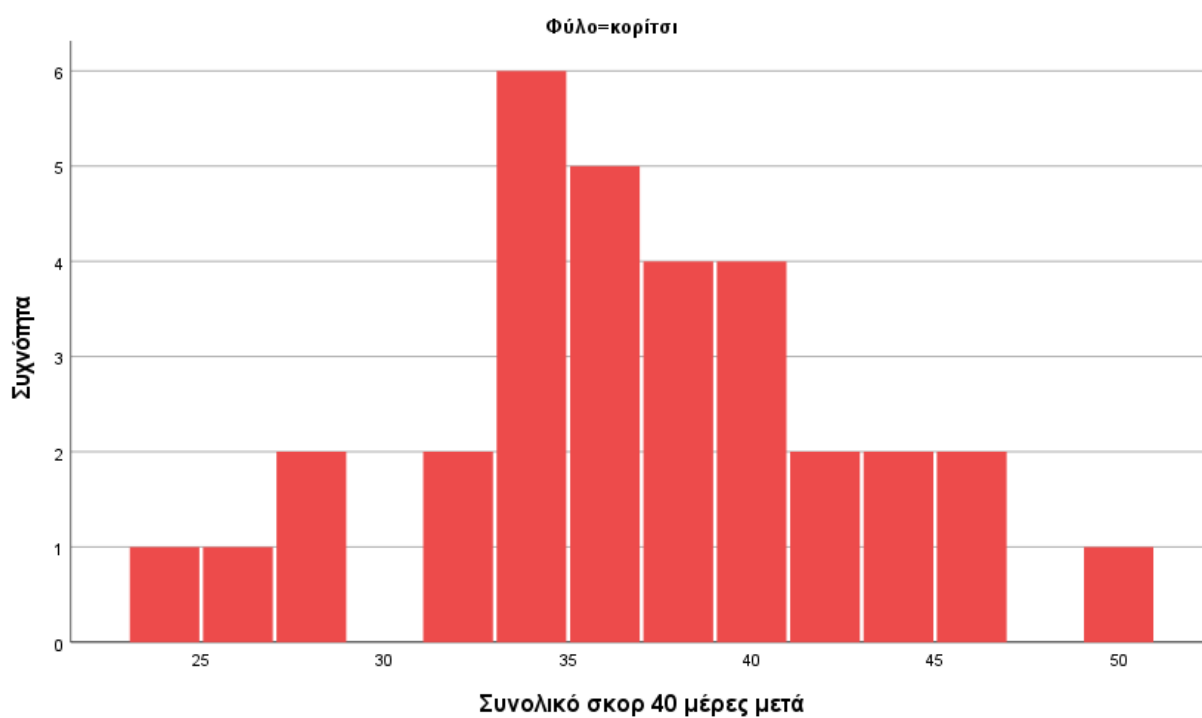


Σχήμα 18. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ των κοριτσιών πριν τη διδασκαλία.

Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών



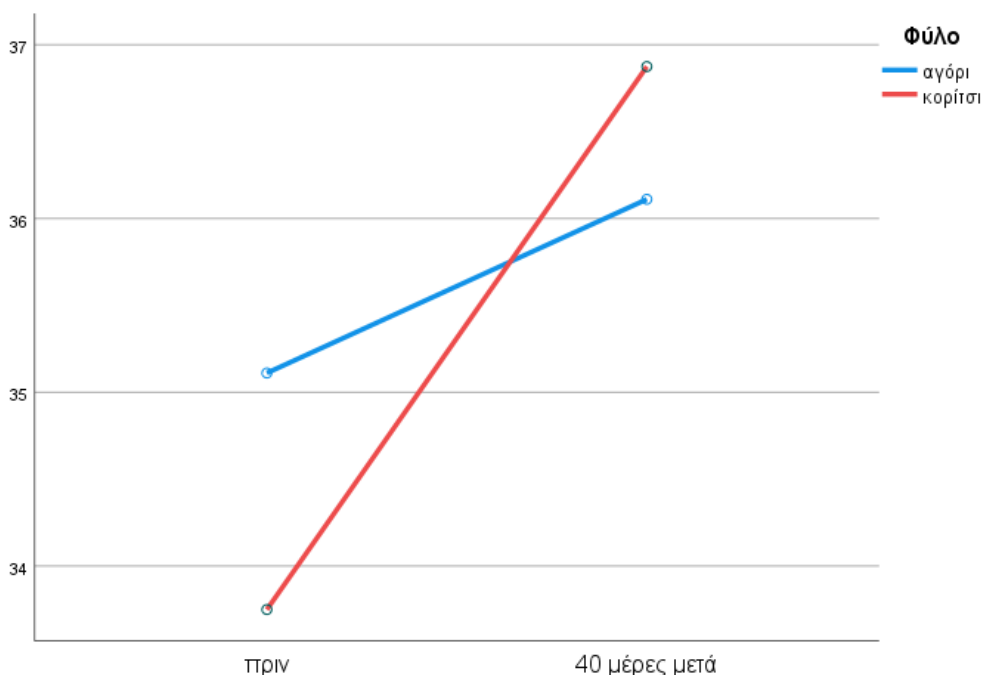
Σχήμα 19. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ των αγοριών σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία.



Σχήμα 20. Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων για συνολικό σκορ των κοριτσιών σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία.

Στη συνέχεια, ελέγχθηκε η ομοιογένεια των διακυμάνσεων του συνολικού σκορ πριν τη διδασκαλία και το αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων σχετικά με τα σημεία εκκίνησης της κάθε ομάδας του δείγματος. Εφόσον, με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Levene, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ομοιογένεια των διακυμάνσεων με $F(66)=0,19$, $p=0,67$, πραγματοποιήθηκε παραμετρικός έλεγχος t για τις ανεξάρτητες ομάδες των δύο φύλων σε σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή του συνολικού σκορ των μαθητών πριν τη διδασκαλία και βρέθηκε ότι η διαφορά στο συνολικό σκορ των δύο ομάδων δεν είναι στατιστικά σημαντική, $t(66)=0,83$, $p=0,41$, οπότε δεν υπάρχει διαφορά στα σημεία εκκίνησης της κάθε ομάδας.

Με τα αποτελέσματα των παραπάνω ελέγχων, αποδεικνύεται ότι πληρούνται οι προϋποθέσεις για την ανάλυση της διακύμανσης προκειμένου να ελεγχθεί η ερευνητική υπόθεση, οπότε πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) επαναληπτικών μετρήσεων μεταξύ (between) των συμμετεχόντων για την ανεξάρτητη μεταβλητή του φύλου και εντός (within) των εξαρτημένων μεταβλητών του συνολικού σκορ πριν και σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία. Όπως και στην αντίστοιχη ανάλυση του πρώτου ερωτήματος, έτσι και σε αυτήν την περίπτωση βρέθηκε ότι το συνολικό σκορ πριν (Μ.Ο.=34,47, Τ.Α.=6,77) διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από το συνολικό σκορ σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία (Μ.Ο.=36,47, Τ.Α.=6,14), $F(1,66)=8,22$, $p=0,006$. Ως προς τα αποτελέσματα που αφορούν αυτό το ερώτημα, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση ούτε και του φύλου, όπως δεν υπήρχε επίδραση και της μεθόδου, με $F(1,66)=0,05$, $p=0,832$, επομένως επιβεβαιώθηκε και πάλι η μηδενική υπόθεση.



Σχήμα 21. Διάγραμμα μεταβολής των μέσων όρων των δύο φύλων στο συνολικό σκορ πριν και σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έχοντας αναλύσει σε βάθος το φαινόμενο των εναλλακτικών αντιλήψεων και των μεθόδων διδασκαλίας μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και ολόκληρη την ερευνητική διαδικασία που ακολουθήθηκε μαζί τις στατιστικές αναλύσεις και τα αποτελέσματά τους, δημιουργήθηκε ένα γόνιμο έδαφος για το κλείσιμο της ερευνητικής εργασίας με την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Με μία πρώτη ματιά στην ενότητα των αποτελεσμάτων, εύκολα μπορεί να κρίνει κάποιος αναγνώστης της εργασίας την έρευνα ως μη επιτυχημένη, καθώς μόνο ένας μικρός αριθμός των ερευνητικών υποθέσεων επιβεβαιώθηκαν και μόνο σε ορισμένες αναλύσεις βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικά αποτελέσματα. Ωστόσο, με μία πιο λεπτομερή μελέτη των αποτελεσμάτων, προκύπτουν ορισμένα αξιόλογα και αξιοσημείωτα συμπεράσματα, όπως η ύπαρξη επιδράσεων, που μπορεί να μην είναι στατιστικώς σημαντικές, όμως υπάρχουν. Άλλωστε όση σημασία έχει η επιβεβαίωση μίας υπόθεσης για την έρευνα, τόση έχει και η απόρριψή της έπειτα από εις βάθος μελέτη αυτής.

Στη συνέχεια της ενότητας παρουσιάζονται αναλυτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις μελέτες της έρευνας, όχι με τη μορφή απλής καταγραφής των αποτελεσμάτων, όπως προηγήθηκε, αλλά με τους απαραίτητους σχολιασμούς του ερευνητή, τις κατάλληλες τεκμηριώσεις από τη βιβλιογραφία και τη συσχέτισή τους με τις ερευνητικές υποθέσεις που διατυπώθηκαν. Επίσης, σχολιάζονται ορισμένες αδυναμίες της έρευνας και ο ρόλος τους στη διαμόρφωση των συγκεκριμένων αποτελεσμάτων, ενώ καταλήγει με τις απαραίτητες μελλοντικές μελέτες που πρέπει να πραγματοποιηθούν πάνω σε αυτό το θέμα και τις προτάσεις του ερευνητή.

Ξεκινώντας με την πιο ξεκάθαρη διαπίστωση των αναλύσεων, η οποία έχει και άμεση σχέση με το φαινόμενο των εναλλακτικών αντιλήψεων, εφόσον αναφέρεται στην πετυχημένη αναδόμησή τους, είναι άξιο λόγου το γεγονός πως σε όσες σχετικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν, προέκυψε εντυπωσιακή διαφορά στο συνολικό σκορ πριν τις διδασκαλίες και στο συνολικό σκορ σαράντα μέρες μετά από αυτές, δηλαδή καταγράφηκε εννοιολογική αλλαγή.

Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν τρεις αναλύσεις με σκοπό τη μελέτη των ερωτημάτων που αφορούσαν την επίδραση της μεθόδου διδασκαλίας, της μορφής του πειράματος και του φύλου στη διαδικασία της αναδόμησης των αντιλήψεων και ομόφωνα προέκυψε ως αποτέλεσμα η επιτυχία της διαδικασίας. Στην πρώτη και στην τρίτη ανάλυση, μάλιστα, προέκυψε στατιστικά σημαντική βελτίωση του συνολικού σκορ σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία σε σχέση με το συνολικό σκορ των μαθητών πριν από αυτήν, ενώ στη δεύτερη ανάλυση μπορεί να μη βρέθηκε στατιστικά σημαντική για μόλις μία επί τοις εκατό μονάδα (1%), ωστόσο υπήρχε ξεκάθαρη βελτίωση του συνολικού σκορ και σε αυτήν την περίπτωση.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών φανερώνουν την αποτελεσματικότητα των διδασκαλιών, στο σύνολό τους, κατά τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής και εξάγουν ως συμπέρασμα πως με την κατάλληλη διδασκαλία μπορεί να επέλθει το επιθυμητό αποτέλεσμα και να επιτευχθεί ο στόχος της αντιμετώπισης αυτών των αντιλήψεων. Ωστόσο, το θέμα της εργασίας και η κύρια μελέτη της έρευνας δεν ήταν η επίτευξη της αναδόμησης, αλλά η εύρεση της αποτελεσματικότερης μεθόδου στην κατάκτηση της γνώσης, η οποία αποτέλεσε το περιεχόμενο των δύο πρώτων ερευνητικών ερωτημάτων και, κατ' επέκταση, των βασικότερων αναλύσεων.

Συγκεκριμένα, στις δύο αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, η μία με σκοπό την εύρεση διαφορών μεταξύ της παραδοσιακής και της πειραματικής μεθόδου διδασκαλίας και η άλλη μεταξύ της εργαστηριακής και της εικονικής μορφής του πειράματος, δεν βρέθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στην αποτελεσματικότητά τους. Παρόλα αυτά, στη δεύτερη περίπτωση προέκυψε μια αξιοσημείωτη επίδραση της εικονικής μορφής του πειράματος στη διαδικασία της αναδόμησης, μεγαλύτερη από αυτήν της εργαστηριακής, η οποία προσέγγιζε τον συντελεστή στατιστικής σημαντικότητας, $\alpha=0,05$.

Με τη βοήθεια των διαγραμμάτων και παρατηρώντας τις κλίσεις των ευθειών στα σχήματα 5 και 10 διαφαίνεται με ευκολία πως στην πρώτη περίπτωση τα σκορ αυξάνονται με τον ίδιο ακριβώς ρυθμό για τους μαθητές και των δύο μεθόδων, ενώ στη δεύτερη το σκορ των μαθητών που εκτέλεσαν το εικονικό πείραμα (μπλε γραμμή) αυξάνεται σε μεγαλύτερο βαθμό από αυτών που παρακολούθησαν το εργαστηριακό (γαλάζια γραμμή). Η διαφορά που παρατηρείται στην αύξηση των σκορ υπέρ του εικονικού πειράματος, μπορεί να μην είναι αρκετή για να εξάγει και να γενικεύσει κάποιο αποτέλεσμα πάνω στη σύγκριση, αλλά επιβεβαιώνει την ερευνητική υπόθεση και τα αποτελέσματα των βιβλιογραφικών ερευνών που παρουσιάστηκαν, που θέλουν την προσομοίωση ως αποτελεσματικότερη μέθοδο αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων από το εργαστηριακό πείραμα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκάλεσαν τα αποτελέσματα των ελέγχων συσχέτισης, καθώς, αντίθετα από τις εκτιμήσεις του ερευνητή, ο βαθμός στον οποίο αρέσουν οι Φυσικές Επιστήμες στους μαθητές φαίνεται να μη σχετίζεται ούτε με τις γνώσεις τους σε αυτές, ούτε με την αποτελεσματικότητά τους στο να αναδομούν αντιλήψεις, αλλά και η μνήμη των διδασκαλιών που παρακολούθησαν, την οποία υποστηρίζαν οι ίδιοι ότι είχαν δεν είχε καμία εξάρτηση με το σκορ τους στις ερωτήσεις που απάντησαν σαράντα μέρες μετά από τις διδασκαλίες. Αυτή η ανεξαρτησία των τελευταίων δεν αποδεικνύει αδύναμη σχέση μεταξύ τους, καθώς η αναδόμηση των ιδεών και η μακροχρόνια κατάκτηση της γνώσης είναι εξ ορισμού συνδεδεμένες με τη μνήμη. Τα παραπάνω αποτελέσματα απλώς αποδεικνύουν την λανθασμένη εκτίμηση των μαθητών σχετικά με το πόσο θυμόντουσαν όντως τις διδασκαλίες.

Αντίθετα με τα παραπάνω μη αναμενόμενα αποτελέσματα, η συσχέτιση μεταξύ του συνολικού σκορ πριν και των συνολικών σκορ μετά και σαράντα μέρες μετά τη διδασκαλία, σε συνδυασμό με τη συσχέτιση των βαθμών της κατανόησης και της αναδόμησης, αποδεικνύουν ότι στους μαθητές με καλό υπόβαθρο γνώσεων υπήρξε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στις διαδικασίες της κατανόησης και της αναδόμησης σε αντίθεση με τους υπόλοιπους, καθώς και ότι οι μαθητές στους οποίους επιτεύχθηκε κατανόηση, επήλθε και αναδόμηση.

Τελευταίο, μα εξίσου σημαντικό, αφέθηκε σκόπιμα το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, το οποίο ήρθε αντιμέτωπο με τη μεγαλύτερη αδυναμία της έρευνας, που φάνηκε να επηρεάζει τη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, στην πέμπτη ερώτηση του ερωτηματολογίου που σχετιζόταν με το φαινόμενο της άνωσης και την εναλλακτική αντίληψη της μείωσης του βάρους ενός σώματος όταν αυτό βυθίζεται στο νερό, το βίντεο του εργαστηριακού πειράματος και η προσομοίωση που παρατέθηκαν ως διδασκαλίες, αποδείχθηκαν ανεπιτυχείς και ακατάλληλες. Αυτό παρατηρήθηκε από τον συγγραφέα κατά τη διαδικασία της ποσοτικοποίησης των δεδομένων και επαληθεύθηκε με τους κατάλληλους στατιστικούς ελέγχους, καθώς τα σκορ των μαθητών αυτών των μεθόδων στη συγκεκριμένη ερώτηση ήταν εμφανώς χαμηλότερα μετά τη διδασκαλία σε σχέση με πριν από την παρακολούθησή της.

Η αδυναμία αυτή αποτυπώθηκε και στην αλλοίωση των αποτελεσμάτων στις αναλύσεις του τρίτου ερωτήματος. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν τέσσερις αναλύσεις με σκοπό τη μελέτη της αποτελεσματικότητας καθεμιάς από τις τρεις μεθόδους ξεχωριστά, αλλά και στο σύνολό τους, στις διαδικασίες της κατανόησης και της αναδόμησης των αντιλήψεων. Στην πρώτη εκτέλεση των ελέγχων, που συμπεριλήφθηκε το σκορ της πέμπτης ερώτησης, βρέθηκε μόνο ένα στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα, θέτοντας την παραδοσιακή μέθοδο πιο αποτελεσματική στη διαδικασία της κατανόησης έναντι της αναδόμησης, όπως υποστήριξε και η υπόθεση, ενώ το αρνητικό πρόσημο του παραμετρικού ελέγχου t στη μέθοδο της προσομοίωσης, την κατέστησε πιο αποτελεσματική στη διαδικασία της αναδόμησης, αποτέλεσμα ιδιαίτερα αναξιόπιστο.

Με τα εξής δεδομένα, οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν ξανά, χωρίς να συμπεριληφθεί το σκορ της πέμπτης ερώτησης αυτή τη φορά, εντελώς διαφορετικά και πιο κοντά στην πραγματικότητα αποτελέσματα, καθώς η παραδοσιακή μέθοδος, το εργαστηριακό πείραμα και οι μέθοδοι στο σύνολο του δείγματος αποδείχθηκαν στατιστικώς σημαντικά αποτελεσματικότερες στη διαδικασία της κατανόησης και το αποτέλεσμα του παραμετρικού ελέγχου t στη μέθοδο της προσομοίωσης απέκτησε θετικό πρόσημο. Τα νέα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την ερευνητική υπόθεση και τη βιβλιογραφία που κρίνει τη διαδικασία της κατανόησης ευκολότερη από αυτήν της αναδόμησης και η διαφορά τους από αυτά των πρώτων αναλύσεων προβάλλει ακόμα περισσότερο αυτό το σφάλμα της έρευνας.

Φυσικά, υπήρξαν κι άλλες δύο βασικές αδυναμίες που έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων και επηρέασαν την έρευνα. Η μία από αυτές είναι ότι οι διδασκαλίες πραγματοποιήθηκαν εξ αποστάσεως και ασύγχρονα, γεγονός που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την παραδοσιακή μέθοδο, αφού υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της παρακολούθησης μίας διδασκαλίας από έναν καθηγητή και της μελέτης της θεωρίας από το σχολικό εγχειρίδιο, και το εργαστηριακό πείραμα, του οποίου η βιωματικότητα δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να αντικατασταθεί από ένα βίντεο. Με αυτό το δεδομένο εκτιμάται πως, τουλάχιστον στις δύο αυτές μεθόδους, τα αποτελέσματα των διδασκαλιών ήταν πολύ χαμηλότερα απ' ό,τι αν πραγματοποιούνταν δια ζώσης.

Η άλλη αδυναμία, που σχετίζεται και με την πρώτη είναι ότι ο ερευνητής δεν ήρθε ποτέ σε επαφή με το δείγμα. Το γεγονός αυτό ίσως να καθιστά την έρευνα πιο έγκυρη, αλλά στερεί από την αξιοπιστία της, καθώς υπήρχαν μεγαλύτερες πιθανότητες οι μαθητές να μη δώσουν την απαραίτητη αξία στα ερωτηματολόγια, όπως και διαπιστώθηκε, αφού υπήρχαν περιπτώσεις μαθητών με τις ίδιες ακριβώς απαντήσεις πριν και μετά τη διδασκαλία, δηλαδή είτε δεν «πείστηκαν» από αυτές, είτε δεν τους έδωσαν σημασία. Επίσης, η επαφή του ερευνητή με το δείγμα θα μπορούσε να προσδώσει και ποιοτικά δεδομένα για την έρευνα, που θα βοηθούσαν στην εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

Και οι δύο αυτές αδυναμίες προήλθαν από την κατάσταση που επικρατούσε στην εκπαίδευση εξαιτίας του COVID-19 και καταβλήθηκε μεγάλη προσπάθεια από τον ερευνητή για να αντιμετωπιστούν. Από αντίστοιχη προσπάθεια για την αντιμετώπιση άλλων δυσκολιών (βλ. υποενότητα ερευνητικής διαδικασίας) προέκυψε και η αδυναμία των ακατάλληλων διδασκαλιών, καθώς αν δεν είχε καταβληθεί τόσο μεγάλη προσπάθεια θα υπήρχαν πολύ περισσότερες και σημαντικότερες αδυναμίες στην έρευνα, με αποτέλεσμα να μην μπορούσαν να εξαχθούν ασφαλή και έγκυρα συμπεράσματα.

Συνοψίζοντας τα συμπεράσματα της έρευνας:

- ✓ Όλες οι μέθοδοι διδασκαλίας είναι εξίσου αποτελεσματικές στη διαδικασία αναδόμησης των εναλλακτικών αντιλήψεων, με την προσομοίωση να φέρνει καλύτερα αποτελέσματα.
- ✓ Η αρέσκεια των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες δεν σχετίζεται ούτε με τις γνώσεις τους σε αυτές ούτε με τη διαδικασία κατανόησης και αναδόμησης των αντιλήψεων.
- ✓ Οι μαθητές με γνώσεις πάνω στις Φυσικές Επιστήμες κατανοούν και αναδομούν πιο αποτελεσματικά από τους υπόλοιπους.
- ✓ Όλες οι μέθοδοι είναι πιο αποτελεσματικές στην κατανόηση των φαινομένων παρά στην αναδόμηση των αντιλήψεων, με την πρώτη να είναι πιο εύκολη διαδικασία.

Ολοκληρώνοντας την ενότητα των συμπερασμάτων είναι απαραίτητο να σημειωθεί πως η έρευνα αυτή δεν αποσκοπεί να παγιώσει τα συμπεράσματά της, αλλά να αξιοποιηθεί ως βάση και εφαλτήριο για την πραγματοποίηση περαιτέρω ερευνών πάνω σε αυτό το θέμα. Οι εναλλακτικές αντιλήψεις δεν παύουν να υπάρχουν και να αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα φαινόμενα της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, που χρήζει αντιμετώπισης. Οι μελλοντικές μελέτες πάνω σε αυτές, γενικότερα, και πάνω στο πείραμα και την προσομοίωση ως μέθοδο αντιμετώπισής τους, ειδικότερα, θεωρούνται απαραίτητες και εκτιμάται πως θα απασχολήσουν τη θεματική αυτή περιοχή στα επόμενα χρόνια.

Η έρευνα δεν στερείται τίποτα σε επιστημονική ορθότητα, εγκυρότητα και αξιοπιστία από μία επίσημη έρευνα και θα μπορούσε να επαναληφθεί σε μεγαλύτερο δείγμα για εξαγωγή και γενίκευση ασφαλέστερων συμπερασμάτων στο μέλλον, με την προϋπόθεση της βελτίωσης ή αντικατάστασης των δύο προβληματικών διδασκαλιών και, ιδανικά, υπό τις κατάλληλες συνθήκες.

6. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Akpan, J. P., & Andre, T. (1999). The effect of a prior dissection simulation on middle school students' dissection performance and understanding of the anatomy and morphology of the frog. *Journal of Science Education and Technology*, 8, 107-121. <https://doi.org/10.1023/A:1018604932197>
2. Bowman, D., Wineman, J., Hodges, L., & Allison, D. (1999). The Educational Value of an Information-Rich Virtual Environment. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 8, 317-331. DOI: [10.1162/105474699566251](https://doi.org/10.1162/105474699566251)
3. Champagne, A. B., Klopfer, L. E., & Gunstone, R. F. (1982). Cognitive research and the design of science instruction. *Educational Psychologist*, 17(1), 31–48. <https://doi.org/10.1080/00461528209529242>
4. Chee, Y. S. (2001). Virtual reality in education: Rooting learning in experience. Proceedings of the *International Symposium on Virtual Education 2001*, 43–54. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/228436094_Virtual_Reality_in_Education_on_Rooting_Learning_in_Experience
5. Chen, C. J. (2009). Theoretical bases for using virtual reality in education. *Themes in science and technology education*, 2(Special issue 1-2), 71-90. Retrieved from <http://earthlab.uoi.gr/ojs/theste/index.php/theste/article/view/23>
6. Chen, Y., Pan, P., Sung, Y. & Chang, K. (2013). Correcting Misconceptions on Electronics: Effects of a simulation-based learning environment backed by a conceptual change model. *Educational Technology & Society*, 16, 212-227. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/262725651_Correcting_Misconceptions_on_Electronics_Effects_of_a_simulation-based_learning_environment_backed_by_a_conceptual_change_model
7. Clark, R. E. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development*, 42, 21–29. <https://doi.org/10.1007/BF02299088>

8. Dávideková, M., Mjartan, M. & Greguša, M. (2017). Utilization of virtual reality in education of employees in Slovakia. Proceedings of *The 8th International Conference on Emerging Ubiquitous Systems and Pervasive Networks (EUSPN 2017)*, 113, 253-260. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.365>
9. Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84. DOI: [10.1080/03057267808559857](https://doi.org/10.1080/03057267808559857)
10. Driver, R & Erickson, G. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science, *Studies in Science Education*, 10(1), 37-60. DOI: [10.1080/03057268308559904](https://doi.org/10.1080/03057268308559904)
11. Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688. DOI: [10.1080/09500690305016](https://doi.org/10.1080/09500690305016)
12. Duit, R. & Treagust, D. (2012) How can conceptual change contribute to theory and practice in Science Education?. In: B. Fraser, K. Tobin & C. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education*. Springer International Handbooks of Education, 24. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_9
13. Duit, R. & Treagust, D. (2012). Conceptual change: Still a powerful framework for improving the practice of science instruction. In: K. Tan & M. Kim (Eds.), *Issues and Challenges in Science Education Research*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-3980-2_4
14. Elmqaddem, N. (2019). Augmented reality and virtual reality in education. Myth or reality?. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 14(03), 234-242. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i03.9289>
15. Franco, J. A., Bañón, S., Vicente, M. J., Miralles, J. & Martínez-Sánchez, J. J. (2011). Review Article: Root development in horticultural plants grown under

- abiotic stress conditions – a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 86(6), 543-556. DOI: [10.1080/14620316.2011.11512802](https://doi.org/10.1080/14620316.2011.11512802)
16. Franco, L. R., Raimann, E., Souza, R. & Ribeiro, M. (2011). Force and Motion: Virtual Reality as a Study Instrument of Alternative Conceptions in Dynamics. *Proceedings of the 2011 XIII Symposium on Virtual Reality (SVR '11)* (pp. 89-95). IEEE Computer Society, USA. <https://doi.org/10.1109/SVR.2011.36>
17. Gagne, R. M. (1962). The acquisition of knowledge. *Psychological Review*, 69(4), 355–365. <https://doi.org/10.1037/h0042650>
18. Gang, S. (1995). Removing preconceptions with a “Learning Cycle”. *The Physics Teacher*, 33(6), 346-354. DOI: [10.1119/1.2344236](https://doi.org/10.1119/1.2344236)
19. Gilbert, J., Watts, M. & Osborne, R. (1982). Students' conceptions of ideas in mechanics. *Physics Education*, 17(2), 62-66. DOI: [10.1088/0031-9120/17/2/309](https://doi.org/10.1088/0031-9120/17/2/309)
20. Girvan, C. (2018). What is a virtual world? Definition and classification. *Education Tech Research Dev*, 66, 1087–1100. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9577-y>
21. Glynn, S. M. & Duit, R. (Eds.). (1995). *Learning science in the schools: Research reforming practice* (1st ed.). New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203053287>
22. Gredler, M. E. (1996). Educational Games and simulations: A technology in search of a (research) paradigm. *Technology*, Vol 39, 521-540. Retrieved July 16, 2021 from <https://www.semanticscholar.org/paper/EDUCATIONAL-GAMES-AND-SIMULATIONS-%3A-A-TECHNOLOGY-IN-Gredler/c20bea4658735ce455f0fb7ebb82b067bdb481e6>
23. Halloun, I. A. & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53, 1043-1055. <https://doi.org/10.1119/1.14030>
24. Hatano, G., & Inagaki, K. (Eds.). (2002). *Young children's thinking about biological world* (1st ed.). New York: Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203759844>
25. Helm, H. (1980). Misconceptions in physics amongst South African students. *Physics Education*, 15, 92-105. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/15/2/308>

26. Hewson, P. (1981). A conceptual change approach to learning science, *European Journal of Science Education*, 3(4), 383-396. DOI: [10.1080/0140528810304004](https://doi.org/10.1080/0140528810304004)
27. Hewson, P. W. & Hewson, M. G. A. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13. <https://doi.org/10.1007/BF00051837>
28. Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
29. Hussein, M. & Nätterdal, C. (2015). *The benefits of virtual reality in education. A comparison study* (Bachelor thesis). University of Gothenburg, Sweden.
30. Javidi, G. & White, J. (1999). *Virtual reality and education*. University of South Florida, Florida.
31. Κασσέτας, Α. (2021, 17 Μαρτίου). *Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών*. Ανακτήθηκε από <http://users.sch.gr/kassetas/0%20000%200%200%20aaAlterIDEAS.htm>
32. Kallery, M., Psillos D. & Tselfes, V. (2009). Typical Didactical Activities in the Greek Early-Years Science Classroom: Do they promote science learning?. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1187-1204. DOI: [10.1080/09500690701824850](https://doi.org/10.1080/09500690701824850)
33. Kinchin, I. M., Hay, D. B. & Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42(1), 43-57. <https://doi.org/10.1080/001318800363908>
34. Kirschner, P. & Huisman, W. (1998). 'Dry laboratories' in science education; computer-based practical work. *International Journal of Science Education*. 20(6), 665-682. DOI: [10.1080/0950069980200605](https://doi.org/10.1080/0950069980200605)
35. Kynigos, C. & Argyris, M. (2004). Teacher beliefs and practices formed during an innovation with computer-based exploratory mathematics in the

classroom. *Teachers and Teaching*, 10(3), 247-273.

DOI: [10.1080/1354060042000204414](https://doi.org/10.1080/1354060042000204414)

36. Kynigos, C., Bardini, C., Barzel, B. & Maschietto, M. (2007). Tools and technologies in mathematical didactics. In D. Pitta-Pantazi & G. Philippou (Eds.), *Proceedings of the Fifth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1332-1338). Larnaca: CERME-5.
37. Kynigos, C., Smyrniou, Z. & Grizioti, M. (2019). Augmented Playgrounds. In T. Prodromou (Ed.), *Augmented Reality in Educational Settings*, (pp. 295-324). DOI: [10.1163/9789004408845_013](https://doi.org/10.1163/9789004408845_013)
38. Μουντριδου, Μ. (2008). Εκπαιδευτική τεχνολογία – Πολυμέσα. Ανακτήθηκε 25 Αυγούστου, 2021, από <http://repository.edulll.gr/edulll/handle/10795/1101>
39. McKinney, W. J. (1997). The educational use of computer based science simulations: Some lessons from the philosophy of science. *Science & Education*, 6, 591–603. <https://doi.org/10.1023/A:1008694507127>
40. Mikropoulos, T., Chalkidis, A., Katskikis, A., & Emvalotis, A. (1998). Students' attitudes towards educational virtual environments. *Education and Information Technologies*, 3(2), 137-148. DOI: [10.1023/A:1009687025419](https://doi.org/10.1023/A:1009687025419)
41. Moundridou, M. and Virvou, M. (2002). Evaluating the persona effect of an interface agent in a tutoring system. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 253-261. <https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2001.00237.x>
42. Nooriafshar, M., Williams, R. & Maraseni, T. N. (2004). The use of virtual reality in education. Proceedings of the *American Society of Business and Behavioral Sciences (ASBBS) 2004 Seventh Annual International Conference*, August 2004. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/228724825_The_use_of_virtual_reality_in_education

43. Novak, J. D. (1977). An alternative to piagetian psychology for science and mathematics education. *Science Education*, 61, 453-477. <https://doi.org/10.1002/sce.3730610403>
44. Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 937-949. <https://doi.org/10.1002/tea.3660271003>
45. Osberg, K. (1992). *Virtual reality and education: A look at both sides of the sword*. Seattle: University of Washington, Human Interface Technology Laboratory. Retrieved July 16, 2021, from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.15.7955>
46. Pantelidis, V. S. (1995). Reasons to use virtual reality in education. *VR in the Schools*, 1(1), 9. Retrieved from <http://vr.coe.edu/vrits/1-1pante.htm>
47. Pantelidis, V. S. (1996). Suggestions on when to use and when not to use virtual reality in education. *VR in the Schools*, 2(1), 18. Retrieved from <http://vr.coe.edu/vrits/2-1Pante.htm>
48. Pantelidis, V. (2009). Reasons to use virtual reality in education and training courses and a model to determine when to use virtual reality. *Themes in science and technology education*, 2(Special issue 1-2), 59-70. Retrieved from <http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/22>
49. Pines, A. L. & West, L. H. T. (1986). Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within a sources-of-knowledge framework. *Science Education*, 70, 583-604. <https://doi.org/10.1002/sce.3730700510>
50. Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199. <https://doi.org/10.3102/00346543063002167>
51. Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T., & Mckeachie, W. J. (1993). Reliability and Predictive Validity of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (Mslq). *Educational and Psychological Measurement*, 53(3), 801–813. <https://doi.org/10.1177/0013164493053003024>

52. Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
53. Sahin, S. (2006). Computer simulations in Science Education: Implications for distance education. *Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE*, 7(4), 132-146. Retrieved July 16, 2021, from https://www.researchgate.net/publication/26442272_Computer_simulations_in_science_education_Implications_for_distance_education
54. Serres, M. (2015). *Thumbelina: The culture and technology of millennials*. Trans. D. W. Smith. Lanham, MD: Rowman and Littlefield International.
55. Sinatra, G.M. & Pintrich, P.R. (Eds.). (2002). *Intentional Conceptual Change* (1st ed.). New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781410606716>
56. Smyrniou, Z. & Kynigos, C. (2012). Interactive movement and talk in generating meanings from science. *Bulletin of the IEEE Technical Committee on Learning Technology*, Vol 14 (No 4), 17. Retrieved September 8, 2021, from https://www.researchgate.net/publication/267631599_Interactive_Movement_and_Talk_in_Generating_Meanings_from_Science
57. Smyrniou, Z., & Weil-Barais, A. (2003). Cognitive evaluation of a technology-based learning environment for scientific education. In *CBLIS Conference Proceedings 2003 Volume II: The educational potencial of new technologies* (pp. 259-268). CY - Nicosia: Department of Educational Sciences, University of Cyprus.
58. Soulios, G. & Psillos, D. (2016). Enhancing students' epistemological beliefs about models through an explorative modeling process. *International Journal of Science Education*, 38(7), 1212-1233. DOI: [10.1080/09500693.2016.1186304](https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1186304)

59. Sutton, B.C. (Ed.). (1980). *The Coelomycetes. Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata*. Kew, UK: Commonwealth Mycological Institute.
60. Taramopoulos, A., Psillos, D. & Hatzikraniotis, E. (2011). Teaching by inquiry electric circuits in virtual and real laboratory environments. In A. Jimoyiannis (Eds.), *Research on e-learning and ICT in Education: technological, pedagogical and instructional issues* (pp. 209-222). New York: Springer.
61. Thompson, A., Simonson, M., & Hargrave, C. (Eds.). (1996). *Educational technology: A review of the research* (2nd ed.). Washington, DC: Association for Educational Communications and Technology.
62. Thurman, R., & Mattoon, J. (1994). Virtual Reality: Toward fundamental improvements in simulation-based training. *Educational Technology*, 34(8), 56-64. Retrieved July 16, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/44428231>
63. Verginis, I., Gogoulou, A., Gouli, E., Boubouka, M. & Grigoriadou, M. (2011). Enhancing Learning in Introductory Computer Science Courses Through SCALE: An Empirical Study. *IEEE Transactions on Education*, 54(1), 1-13. DOI: [10.1109/TE.2010.2040477](https://doi.org/10.1109/TE.2010.2040477)
64. Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)
65. Vosniadou, S. (2007). Conceptual change and education. *Human Development*, 50, 47-54. DOI: [10.1159/000097684](https://doi.org/10.1159/000097684)
66. Weil-Barais, A. & Vergnaud, G. (1990). Students' conceptions in Physics and Mathematics: Biases and helps. In J. Caverni, J. Fabre & M. Gonzalez (Eds.), *Advances in Psychology*, Vol 68, pp 69-84. North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)61316-3](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61316-3)

67. Weller, H. G. (1995). Diagnosing and altering three aristotelian alternative conceptions in dynamics: Microcomputer simulations of scientific models. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 271-290.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660320307>
68. Wilson, B., Jonassen, D. & Cole, P. (1993). Cognitive approaches to instructional design. In G. M. Piskurich (Ed.), *The ASTD handbook of instructional technology, Vol 21*, (pp. 1-22). New York: McGraw-Hill.
69. Windschitl, M. & Andre, T. (1998). Using computer simulations to enhance conceptual change: The roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 145-160.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199802\)35:2<145::AID-TEA5>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199802)35:2<145::AID-TEA5>3.0.CO;2-S)
70. Winn, W. (1993). *A conceptual basis for educational applications of virtual reality* (Technical Report TR-93-9). Seattle: University of Washington, Human Interface Technology Laboratory. Retrieved July 16, 2021, from <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-9/>
71. Zacharia, Z. (2003). Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 792-823.
<https://doi.org/10.1002/tea.10112>
72. Zacharia, Z. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23, 120-132.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00215.x>
73. 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, 618-629. <https://doi.org/10.1119/1.1566427>

74. Zacharia, Z. & Olympiou, G. (2011). Physical versus Virtual Manipulatives: Rethinking Physics Experimentation. *Learning and Instruction*, 21(3), 317-331. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>

7. ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός Όρος
Science	Φυσικές Επιστήμες
Science Education	Διδακτική Φυσικών Επιστημών
Traditional teaching	Παραδοσιακή διδασκαλία
Experiment	Πείραμα
Laboratory experiment	Εργαστηριακό πείραμα
Virtual experiment	Εικονικό πείραμα
Alternative conceptions	Εναλλακτικές αντιλήψεις
Digital tools	Ψηφιακά εργαλεία
Simulation	Προσομοίωση
Representation	Αναπαράσταση
Understanding	Κατανόηση
Real experiment	Βιωματικό ή πραγματικό πείραμα
Restructuring	Αναδόμηση
Virtual reality	Εικονική πραγματικότητα
Augmented reality	Επαυξημένη πραγματικότητα
Virtual world	Εικονικός κόσμος
Modeling	Μοντελοποίηση
Interaction	Αλληλεπίδραση
Immersion	Βύθιση
Kinaesthetic recognition	Κινησθητική αναγνώριση
VR-based simulation	Βασισμένη σε εικονική πραγματικότητα προσομοίωση
Avatars	Είδωλα
Constructivist learning	Κοστρουκτιβιστική μάθηση
Behaviorism	Συμπεριφορισμός

Cognitive learning	Γνωστική μάθηση
Theory	Θεωρία
Conception	Αντίληψη
Naive theories	Αφελείς θεωρίες
Preconceptions	Προϋπάρχουσες αντιλήψεις
Misconceptions	Παρανοήσεις
Children's scientific intuitions	Επιστημονικές διαισθήσεις των παιδιών
Children's science	Επιστήμη των παιδιών
Alternative frameworks	Εναλλακτικά πλαίσια
Common-sense concepts	Έννοιες της κοινής γνώμης
Spontaneous knowledge	Αυθόρμητη γνώση
Barriers	Εμπόδια
Scaffolds	Σκαλωσιές
Conceptual change	Εννοιολογική αλλαγή
Classical conceptual change approach	Κλασική προσέγγιση εννοιολογικής αλλαγής
Enrichment	Εμπλουτισμός
Revision	Αναθεώρηση
Cognitive conflict	Γνωστική σύγκρουση
Conceptual conflict	Εννοιολογική σύγκρουση
Traditional learning	Παραδοσιακή μάθηση
Validity	Εγκυρότητα
Reliability	Αξιοπιστία
Data document	Αρχείο δεδομένων
Output document	Αρχείο αποτελεσμάτων
Homogeneity of variances	Ομοιογένεια διακυμάνσεων
Normal distribution	Κανονική κατανομή
Variable	Μεταβλητή

Quantitative variable	Ποσοτική μεταβλητή
Categorical variable	Κατηγορική μεταβλητή
Qualitative variable	Ποιοτική μεταβλητή
Dependent variable	Εξαρτημένη μεταβλητή
Independent variable	Ανεξάρτητη μεταβλητή
Exogenous variable	Εξωγενής μεταβλητή
Parametric test	Παραμετρικά τεστ
Non-parametric test	Μη παραμετρικά τεστ
Descriptive statistic	Περιγραφική στατιστική
Mean	Μέσος όρος
Standard deviation	Τυπική απόκλιση
Correlation	Συσχέτιση

8. ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΕΚΠΑ	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
ΟΠΑ	Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
ΦΕ	Φυσικές Επιστήμες
VE	Virtual Experiment
RE	Real Experiment
VR	Virtual Reality
AR	Augmented Reality
COVID-19	COronaVirus Disease 2019
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences ή Statistical Product and Service Solutions
IBM	International Business Machines
ANOVA	ANalyze Of VAriances
ΜΟ	Μέσος Όρος
ΤΑ	Τυπική Απόκλιση

9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Παρακάτω παρατίθενται όλες οι σελίδες των δύο ερωτηματολογίων με τη μορφή στιγμιότυπου οθόνης.

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Φύλο: *

Αγόρι

Κορίτσι

Σχολείο: *

Η απάντησή σας _____

Συνθηματικό: *

Χρησιμοποίησε τα αρχικά του ονοματεπώνυμού σου και την ημέρα και μήνα της γέννησής σου, όπως στο παράδειγμα, για ταύτιση με απαντήσεις σου σε μελλοντικό ερωτηματολόγιο. (π.χ. Νίκος Παπαδόπουλος, 13 Ιουλίου --> ΝΠ, 13/07)

Η απάντησή σας _____

Πόσο σου πρέσει η Φυσική: *

1 2 3 4 5

Ποια μέθοδο διδασκαλίας προτιμάς: *

Παραδοσιακή - Σχολικό εγχειρίδιο

Πείραμα

Προσομοίωση

Έχεις εκτελέσει/παρακολουθήσει προσομοίωση πειράματος στον υπολογιστή: *

Ναι, συχνά.

Ναι, ελάχιστες φορές.

Όχι, ποτέ.

Δε γνωρίζω τι είναι η προσομοίωση.

Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αντικραφή κακής χρήσης](#) - [Όροι Προσόντος Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 1. Πρώτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (κοινή).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Φυσικά φαινόμενα

Βάλε τικ σε όσα θεωρείς ότι ισχύουν! (Μπορεί να είναι παραπάνω από ένα!!!)

Στην ελεύθερη πτώση δύο σωμάτων: *

- Το βαρύτερο σώμα θα φτάσει πρώτο στο έδαφος.
- Το ελαφρύτερο σώμα θα φτάσει πρώτο στο έδαφος.
- Η ταχύτητα πτώσης δεν επηρεάζεται από το "πόσο βαρύ" είναι το σώμα.
- Αν έχουν το ίδιο βάρος θα φτάσουν στο έδαφος ταυτόχρονα.
- Είναι εφικτό το βαρύτερο σώμα να φτάσει δεύτερο στο έδαφος.

Η ενέργεια: *

- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές και στο τέλος χάνεται.
- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές και ένας μέρος της χάνεται.
- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές χωρίς να χάνεται.
- Μετατρέπεται σε θερμότητα.
- Δεν μετατρέπεται, αλλά χάνεται.

Σε ένα εκκρεμές: *

Περίοδος: Αν αφήσουμε ένα σώμα από μία αρχική θέση, ο χρόνος που χρειάζεται για να επιστρέψει σε αυτήν.

- Η περίοδος εξαρτάται από τη μάζα του σώματος.
- Η περίοδος εξαρτάται από το μήκος του νήματος.
- Αφήνουμε δύο σώματα από την ίδια θέση και το βαρύτερο σώμα θα επιστρέψει γρηγορότερα από το ελαφρύτερο.
- Αφήνουμε δύο σώματα από την ίδια θέση και το βαρύτερο σώμα θα επιστρέψει αργότερα από το ελαφρύτερο.
- Ένα πολύ βαρύτερο σώμα υπάρχει περίπτωση να έχει μικρότερη περίοδο από ένα ελαφρύτερο.

Σχετικά με το άσπρο και το μαύρο: *

- Το άσπρο είναι χρώμα, ενώ το μαύρο όχι.
- Το μαύρο είναι χρώμα, ενώ το άσπρο όχι.
- Είναι και τα δύο χρώματα.
- Κανένα από τα δύο δεν είναι χρώματα.
- Είναι η ανάκλαση και απορρόφηση όλων των χρωμάτων, αντίστοιχα.

Όταν ένα αντικείμενο μπαίνει στο νερό: *

- Όταν βυθίζεται, μειώνεται το βάρος του.
- Όταν βυθίζεται, μειώνεται η συνολική δύναμη που του ασκείται.
- Όταν επιπλέει, χάνει το βάρος του.
- Το βάρος του διατηρείται πάντοτε.
- Το βάρος του πάντοτε είτε θα μειωθεί, είτε θα χαθεί.

[Πίσω](#) [Επόμενο](#)

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φόρμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) · [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) · [Πολιτική Απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 2. Δεύτερη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (κοινή).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Ελεύθερη πτώση

Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι τα βαρύτερα σώματα φθάνουν γρηγορότερα στη Γη από τα ελαφρύτερα. Την αντίληψη αυτή είχε και η επιστήμη έως την Αναγέννηση, που ο Γαλιλαίος απέδειξε το λάθος αυτού του ισχυρισμού. Λένε ότι από τον πύργο της Πίζας άφησε να πέσουν ταυτόχρονα δύο μεταλλικές σφαίρες διαφορετικής μάζας και παρατήρησε ότι έφθασαν ταυτόχρονα στο έδαφος.

Λέμε ότι ένα σώμα κάνει ελεύθερη πτώση όταν το αφήσουμε να πέσει από κάποιο ύψος και η μόνη δύναμη που ενεργεί σ' αυτό είναι το βάρος του, το οποίο θεωρείται σταθερό. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι εξισώσεις της ελεύθερης πτώσης που αποδεικνύουν πως ο χρόνος πτώσης εξαρτάται από το ύψος που αφήνεται το σώμα.

v : ταχύτητα πτώσης
 g : επιτάχυνση βαρύτητας (σταθερή)
 t : χρόνος πτώσης
 h : ύψος

Στην ελεύθερη πτώση δύο σωμάτων *

- Το βαρύτερο σώμα θα φτάσει πρώτο στο έδαφος.
- Το ελαφρύτερο σώμα θα φτάσει πρώτο στο έδαφος.
- Η ταχύτητα πτώσης δεν επηρεάζεται από το "πόσο βαρύ" είναι το σώμα.
- Αν έχουν το ίδιο βάρος θα φτάσουν στο έδαφος ταυτόχρονα.
- Είναι εφικτό το βαρύτερο σώμα να φτάσει δεύτερο στο έδαφος.

Πισω
Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) - [Όροι Παρόντος Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 3. Τρίτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (παραδοσιακή μέθοδος).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Ενέργεια

Οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι αναζητήσαν τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται ο κόσμος και προσπάθησαν να ερμηνεύσουν τις μεταβολές που συμβαίνουν στη φύση. Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι ο κόσμος συγκροτείται από τέσσερα στοιχεία, τη φωτιά, το νερό, τη γη και τον αέρα. Από αυτά το «πυρ», δηλαδή η φωτιά, συμβόλιζε τις συνεχείς αλλαγές που βλέπουμε γύρω μας. Ο Ηράκλειτος θεωρούσε ότι μόνο το πυρ είναι το πρωταρχικό στοιχείο από το οποίο γεννιούνται όλα τα όντα και σε αυτό επανέρχονται. Το πυρ δε χάνεται, αλλά παίρνει κάθε τόσο διαφορετικές μορφές και περνάει από διάφορες καταστάσεις. Όλα τα υπόλοιπα αλλάζουν «τα πάντα ρει». Έτσι, για πρώτη φορά στην ιστορία εμφανίζεται η αντίληψη της διατήρησης ενός μεγέθους (πυρ) το οποίο μπορεί να αλλάζει μορφές, αλλά τελικά διατηρείται.

Σήμερα όλοι είμαστε εξοικειωμένοι με την έννοια της ενέργειας και είναι η πιο διαδεδομένη έννοια στις φυσικές επιστήμες, ωστόσο ο ορισμός της είναι ιδιαίτερα δύσκολος.

Οι άνθρωποι, τα ζώα, τα φυτά, τα διάφορα αντικείμενα έχουν ενέργεια. Ωστόσο, παρατηρούμε τα αποτελέσματα της ενέργειας μόνο όταν εκδηλώνεται ένα φαινόμενο, μια μεταβολή. Λέμε ότι, όταν η ενέργεια μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο ή μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη, προκαλεί μεταβολές.

Γενικότερα, η ενέργεια εμφανίζεται με διάφορες μορφές, μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη, αλλά κατά τις μετατροπές της η συνολική ενέργεια διατηρείται.

Η ενέργεια *

- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές και στο τέλος χάνεται.
- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές και ένας μέρος της χάνεται.
- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές χωρίς να χάνεται.
- Μετατρέπεται σε θερμότητα.
- Δεν μετατρέπεται, αλλά χάνεται.

[Πίσω](#) [Επόμενο](#)

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φόρμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) - [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 4. Τέταρτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (παραδοσιακή μέθοδος).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

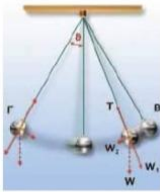
Εκκρεμές

Το εκκρεμές αποτελείται από ένα μικρό σώμα κρεμασμένο από νήμα που το άλλο άκρο του είναι στερεωμένο σ' ένα σταθερό σημείο. Όταν το σώμα ισορροπεί, το νήμα είναι κατακόρυφο. Αν το σώμα απομακρυνθεί από τη θέση ισορροπίας, εκτελεί ταλάντωση ανάμεσα στις δύο ακραίες θέσεις. Οι δυνάμεις που καθορίζουν την κίνησή του είναι το βάρος και η δύναμη που ασκεί το νήμα.

Περίοδος: Ο χρόνος που χρειάζεται για μία πλήρη ταλάντωση.

Πειραματικά προκύπτει ότι η περίοδος του εκκρεμούς:

- Είναι ανεξάρτητη της μάζας του.
- Δεν εξαρτάται από το πλάτος, όταν εκτρέπεται κατά γωνία μικρότερη από 10 μοίρες.
- Αυξάνεται όταν μεγαλώσουμε το μήκος του νήματος. Ένα εκκρεμές που έχει μεγάλο μήκος έχει μεγαλύτερη περίοδο από ένα άλλο μικρότερου μήκους. Όλα τα εκκρεμή που έχουν το ίδιο μήκος έχουν την ίδια περίοδο ταλάντωσης (ανεξάρτητα από το πλάτος και τη μάζα).
- Εξαρτάται από τον τόπο στον οποίο βρίσκεται. Έτσι αν βρισκόμαστε στον Ισημερινό το ίδιο εκκρεμές ταλαντώνεται με μεγαλύτερη περίοδο απ' ό,τι στους πόλους. Στη Σελήνη η περίοδος του αυξάνεται κατά 2,5 φορές περίπου.



Σε ένα εκκρεμές *

- Η περίοδος εξαρτάται από τη μάζα του σώματος.
- Η περίοδος εξαρτάται από το μήκος του νήματος.
- Αφήνουμε δύο σώματα από την ίδια θέση και το βαρύτερο σώμα θα επιστρέψει γρηγορότερα από το ελαφρύτερο.
- Αφήνουμε δύο σώματα από την ίδια θέση και το βαρύτερο σώμα θα επιστρέψει αργότερα από το ελαφρύτερο.
- Ένα πολύ βαρύτερο σώμα υπάρχει περίπτωση να έχει μικρότερη περίοδο από ένα ελαφρύτερο.

Πίσω Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) - [Όροι Παράνομης Υποβολής](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 5. Πέμπτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (παραδοσιακή μέθοδος).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Χρώμα

Τα χρώματα των σωμάτων δεν προέρχονται από το υλικό από το οποίο αποτελούνται. Η αίσθηση του χρώματος προκαλείται στο σύστημα ματιού-εγκεφάλου του παρατηρητή από το φως που ανακλάται ή εκπέμπεται από τα σώματα.

Τα οπίσθια σώματα απορροφούν ένα μέρος των φωτεινών ακτίνων που πέφτουν πάνω τους, ενώ ανακλούν το υπόλοιπο. Αν ένα σώμα ανακλά τις φωτεινές ακτίνες κόκκινου χρώματος και απορροφά αυτές που αντιστοιχούν στα υπόλοιπα ορατά χρώματα, τότε θα φαίνεται κόκκινο όταν φωτίζεται με λευκό ή με κόκκινο φως. Με οποιοδήποτε άλλο χρώμα θα φαίνεται μαύρο.

Η σελίδα του τετραβίου σου ανακλά τις φωτεινές δέσμες που αντιστοιχούν σε όλα τα χρώματα. Έτσι όταν φωτίζεται με λευκό φως φαίνεται λευκή, ενώ αν φωτίζεται με το κίτρινο φως ενός κεριού φαίνεται κίτρινη. Γενικά αν ένα σώμα ανακλά τις φωτεινές ακτίνες που αντιστοιχούν σε όλα τα χρώματα θα εμφανίζεται με το χρώμα της φωτεινής δέσμης με την οποία φωτίζεται, ενώ αν απορροφά τις φωτεινές ακτίνες που αντιστοιχούν σε όλα τα χρώματα και δεν ανακλά καμία τότε θα εμφανίζεται μαύρο. Αντικείμενα όπως το κάρβουνο ή τα γράμματα του βιβλίου σου φαίνονται μαύρα γιατί απορροφούν εξίσου σχεδόν όλες τις φωτεινές ακτίνες που αντιστοιχούν στο ορατό φως.

Σχετικά με το άσπρο και το μαύρο: *

- Το άσπρο είναι χρώμα, ενώ το μαύρο όχι.
- Το μαύρο είναι χρώμα, ενώ το άσπρο όχι.
- Είναι και τα δύο χρώματα.
- Κανένα από τα δύο δεν είναι χρώματα.
- Είναι η ανάκλαση και απορρόφηση όλων των χρωμάτων, αντίστοιχα.

Πίσω
Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης - Όροι Παροχής Υπηρεσιών - Πολιτική Απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 6. Έκτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (παραδοσιακή μέθοδος).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Άνωση

Είναι πιο εύκολο να σηκώσεις μια πέτρα όταν αυτή είναι βυθισμένη μέσα στο νερό απ' ό,τι όταν βρίσκεται έξω από αυτό. Σχηματίζεις την εντύπωση ότι το βάρος της πέτρας ελαττώνεται όταν τη βυθίζεις στο νερό. Αν την κρεμάσεις από ένα δυναμόμετρο (όργανο μέτρησης μάζας όπως στην εικόνα), η ένδειξη του δυναμόμετρου όταν η πέτρα είναι μέσα στο νερό είναι μικρότερη από την ένδειξη όταν η πέτρα είναι στον αέρα. Το βάρος της πέτρας, δηλαδή η βαρυτική δύναμη που η γη ασκεί στην πέτρα, είναι η ίδια είτε η πέτρα βρίσκεται μέσα στο νερό είτε βρίσκεται στον αέρα.

Πατι το δυναμόμετρο δείχνει μικρότερη ένδειξη όταν η πέτρα είναι κρεμασμένη μέσα στο νερό;

Το νερό ασκεί στην πέτρα μια δύναμη που την ονομάσαμε άνωση: A . Η ένδειξη του δυναμόμετρου, W_{ϕ} , είναι ίση με το μέτρο της δύναμης που ασκεί το δυναμόμετρο στην πέτρα. Η πέτρα ισορροπεί. Έτσι, όταν βρίσκεται στον αέρα, ισχύει:

$W_{\phi} = W$,

ενώ όταν είναι βυθισμένη στο νερό:

$W_{\phi} + A = W$, δηλαδή $W_{\phi} = W - A$.

Επομένως, η δύναμη που ασκεί το δυναμόμετρο στην πέτρα προκύπτει ως η συνισταμένη του βάρους της πέτρας (W), που έχει φορά προς τα κάτω και της άνωσης A , που έχει φορά προς τα επάνω.

Αν το μέτρο της άνωσης είναι πολύ μεγαλύτερο απ' τους βάρους, τότε το σώμα επιπλέει.

Όταν ένα αντικείμενο μπίνει στο νερό *

- Όταν βυθίζεται, μειώνεται το βάρος του.
- Όταν βυθίζεται, μειώνεται η συνολική δύναμη που του ασκείται.
- Όταν επιπλέει, χάνει το βάρος του.
- Το βάρος του διατηρείται πάντοτε.
- Το βάρος του πάντοτε είτε θα μειωθεί, είτε θα χαθεί.

Πισω
Υποβολή

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) - [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 7. Έβδομη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (παραδοσιακή μέθοδος).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Ελεύθερη πτώση

<https://youtu.be/Foabvku7bRM>

Τι παρατήρησες;

Η απάντησή σας

Στην ελεύθερη πτώση δύο σωμάτων. *

- Το βαρύτερο σώμα θα φτάσει πρώτο στο έδαφος.
- Το ελαφρύτερο σώμα θα φτάσει πρώτο στο έδαφος.
- Η ταχύτητα πτώσης δεν επηρεάζεται από το "πόσο βαρύ" είναι το σώμα.
- Αν έχουν το ίδιο βάρος θα φτάσουν στο έδαφος ταυτόχρονα.
- Είναι εφικτό το βαρύτερο σώμα να φτάσει δεύτερο στο έδαφος.

Πίσω Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) - [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 8. Τρίτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (εργαστηριακό πείραμα).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Ενέργεια

<https://youtu.be/WuXmnhw6zAw>

Τι παρατήρησες;

Η απάντησή σας

Η ενέργεια. *

- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές και στο τέλος χάνεται.
- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές και ένας μέρος της χάνεται.
- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές χωρίς να χάνεται.
- Μετατρέπεται σε θερμότητα.
- Δεν μετατρέπεται, αλλά χάνεται.

Πίσω Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) - [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 9. Τέταρτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (εργαστηριακό πείραμα).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Εκκρεμές

https://youtu.be/MoGxPrnE_hk

Τι παρατήρησες;

Η απάντησή σας

Σε ένα εκκρεμές *

- Η περίοδος εξαρτάται από τη μάζα του σώματος.
- Η περίοδος εξαρτάται από το μήκος του νήματος.
- Αφήνουμε δύο σώματα από την ίδια θέση και το βαρύτερο σώμα θα επιστρέψει γρηγορότερα από το ελαφρύτερο.
- Αφήνουμε δύο σώματα από την ίδια θέση και το βαρύτερο σώμα θα επιστρέψει αργότερα από το ελαφρύτερο.
- Ένα πολύ βαρύτερο σώμα υπάρχει περίπτωση να έχει μικρότερη περίοδο από ένα ελαφρύτερο.

Πίσω Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής κατάστασης](#) - [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 10. Πέμπτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (εργαστηριακό πείραμα).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Χρώμα

<https://youtu.be/0stH-Yo0ENU>

Τι παρατήρησες;

Η απάντησή σας

Σχετικά με το άσπρο και το μαύρο *

- Το άσπρο είναι χρώμα, ενώ το μαύρο όχι.
- Το μαύρο είναι χρώμα, ενώ το άσπρο όχι.
- Είναι και τα δύο χρώματα.
- Κανένα από τα δύο δεν είναι χρώματα.
- Είναι η ανάκλαση και απορρόφηση όλων των χρωμάτων, αντίστοιχα.

Πίσω Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής κατάστασης](#) - [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 11. Έκτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (εργαστηριακό πείραμα).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Λύση

<https://youtu.be/M3X1s8wvJk4>

Τι παρατήρησες:

Η απάντησή σας

Όταν ένα αντικείμενο μπαίνει στο νερό. *

- Όταν βυθίζεται, μειώνεται το βάρος του.
- Όταν βυθίζεται, μειώνεται η συνολική δύναμη που του ασκείται.
- Όταν επιπλέει, χάνει το βάρος του.
- Το βάρος του διατηρείται πάντοτε.
- Το βάρος του πάντοτε είτε θα μειωθεί, είτε θα χαθεί.

Πίσω Υποβολή

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) - [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 12. Έβδομη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (εργαστηριακό πείραμα).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Ελεύθερη πτώση

https://www.seilias.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=561&Itemid=63

Μπες στην προσομοίωση ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα

1. Επιλέξε πλήθος σωμάτων "ΔΥΟ".
2. Ρύθμισε τη μάζα του ενός σώματος στο 1kg και του άλλου στα 10kg.
3. Χωρίς να αλλάξεις τις υπόλοιπες μεταβλητές, εκτέλεσε την προσομοίωση πατώντας την έναρξη (τριγωνάκι). Τι παρατηρείς;
4. Πειραματίσου αλλάζοντας τις μεταβλητές της τριβής, του ύψους της πτώσης, του πλανήτη κ.λπ.

Τι παρατήρησες:

Η απάντησή σας

Στην ελεύθερη πτώση δύο σωμάτων:

- Το βαρύτερο σώμα θα φτάσει πρώτο στο έδαφος.
- Το ελαφρύτερο σώμα θα φτάσει πρώτο στο έδαφος.
- Η ταχύτητα πτώσης δεν επηρεάζεται από το "πόσο βαρύ" είναι το σώμα.
- Αν έχουν το ίδιο βάρος θα φτάσουν στο έδαφος ταυτόχρονα.
- Είναι εφικτό το βαρύτερο σώμα να φτάσει δεύτερο στο έδαφος.

Πίσω Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κωδικής χρήσης - Όροι Παροχής Υπηρεσιών - Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 13. Τρίτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (προσομοίωση).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Ενέργεια

<http://phetodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/8464>

Μπες στην προσομοίωση ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα

1. Επίλεξε διάφορα στοιχεία με λογική σειρά προσπαθώντας να φτιάξεις "μονοπάτια" ενέργειας. Κάτω από την εικόνα σημειώνονται οι επιλογές σου, αν αυτές είναι εφικτές.
2. Ένα μονοπάτι έχει φτάσει στο τέλος του αν σου βγάλει το χαρακτηριστικό εικονίδιο. Πίεσε "Επαναφορά" για να φτιάξεις κι άλλα μονοπάτια.
3. Αν δυσκολεύεσαι, επίλεξε "Επίδειξη", ώστε να δεις όλες τις πιθανές επιλογές.
4. Προσπάθησε να σκεφτείς τι συμβαίνει στην ενέργεια μετά το τέλος του κάθε μονοπατιού που δημιουργήσες. Θα μπορούσε να υπάρχει συνέχεια με κάποιον τρόπο;

Τι παρατήρησες;

Η απάντησή σας

Η ενέργεια *

- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές και στο τέλος χάνεται.
- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές και ένας μέρος της χάνεται.
- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές χωρίς να χάνεται.
- Μετατρέπεται σε θερμότητα.
- Δεν μετατρέπεται, αλλά χάνεται.

Πίσω Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Λιγότερα κακά χαρτιά](#) - [Όροι Παρόντος Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 14. Τέταρτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (προσομοίωση).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Εκκρεμές

https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_en.html

Μπες στην προσομοίωση ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα

1. Επιλέξε το τρίτο παράθυρο.
2. Κάνε τικ στο "Period Timer" (κάτω αριστερά).
3. Τράβα το βαρίδιο στις 40 μοίρες και παρατήρησε την περίοδο που γράφει ο μετρητής.
4. Άλλαξε ΜΟΝΟ τη μάζα του βαριδίου (πάνω δεξιά "Mass 1") και επανάλαβε το 3ο βήμα. Τι παρατηρείς σχετικά με τις περιόδους των διαφορετικών μαζών;
5. Πειραματίσου αλλάζοντας και άλλες μεταβλητές, όπως τις μοίρες της γωνίας, το μήκος του σχοινιού "Length 1" κ.α.

Τι παρατήρησες:

Η απάντησή σας

Σε ένα εκκρεμές: *

- Η περίοδος εξαρτάται από τη μάζα του σώματος.
- Η περίοδος εξαρτάται από το μήκος του νήματος.
- Αφήνουμε δύο σώματα από την ίδια θέση και το βαρύτερο σώμα θα επιστρέφει γρηγορότερα από το ελαφρύτερο.
- Αφήνουμε δύο σώματα από την ίδια θέση και το βαρύτερο σώμα θα επιστρέφει αργότερα από το ελαφρύτερο.
- Ένα πολύ βαρύτερο σώμα υπάρχει περίπτωση να έχει μικρότερη περίοδο από ένα ελαφρύτερο.

Πίσω Επόμενο

Μην υποβάζετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.
Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) - [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 15. Πέμπτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (προσομοίωση).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Χρώμα

<http://qhotodentro.edu.gr/or/r/8521/738?locale=el>

Μπες στην προσομοίωση ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα

1. Ρύθμισε τις μπάρες των τριών χρωμάτων σε διάφορες εντάσεις και σύρε τα χρώματα απ' την οθόνη τους στην κεντρική.
2. Τι παρατηρείς όταν η ένταση είναι στο 0, όταν δηλαδή δεν αποσιάζει το χρώμα αυτό;
3. Σύρε τα χρώματα όταν και οι τρεις εντάσεις είναι στο 255, όταν δηλαδή βρίσκονται όλα μαζί. Τι παρατηρείς;

Τι παρατήρησες.

Η απάντησή σας

Σχετικά με το άσπρο και το μαύρο.*

- Το άσπρο είναι χρώμα, ενώ το μαύρο όχι.
- Το μαύρο είναι χρώμα, ενώ το άσπρο όχι.
- Είναι και τα δύο χρώματα.
- Κανένα από τα δύο δεν είναι χρώματα.
- Είναι η ανάκλαση και απορρόφηση όλων των χρωμάτων, αντίστοιχα.

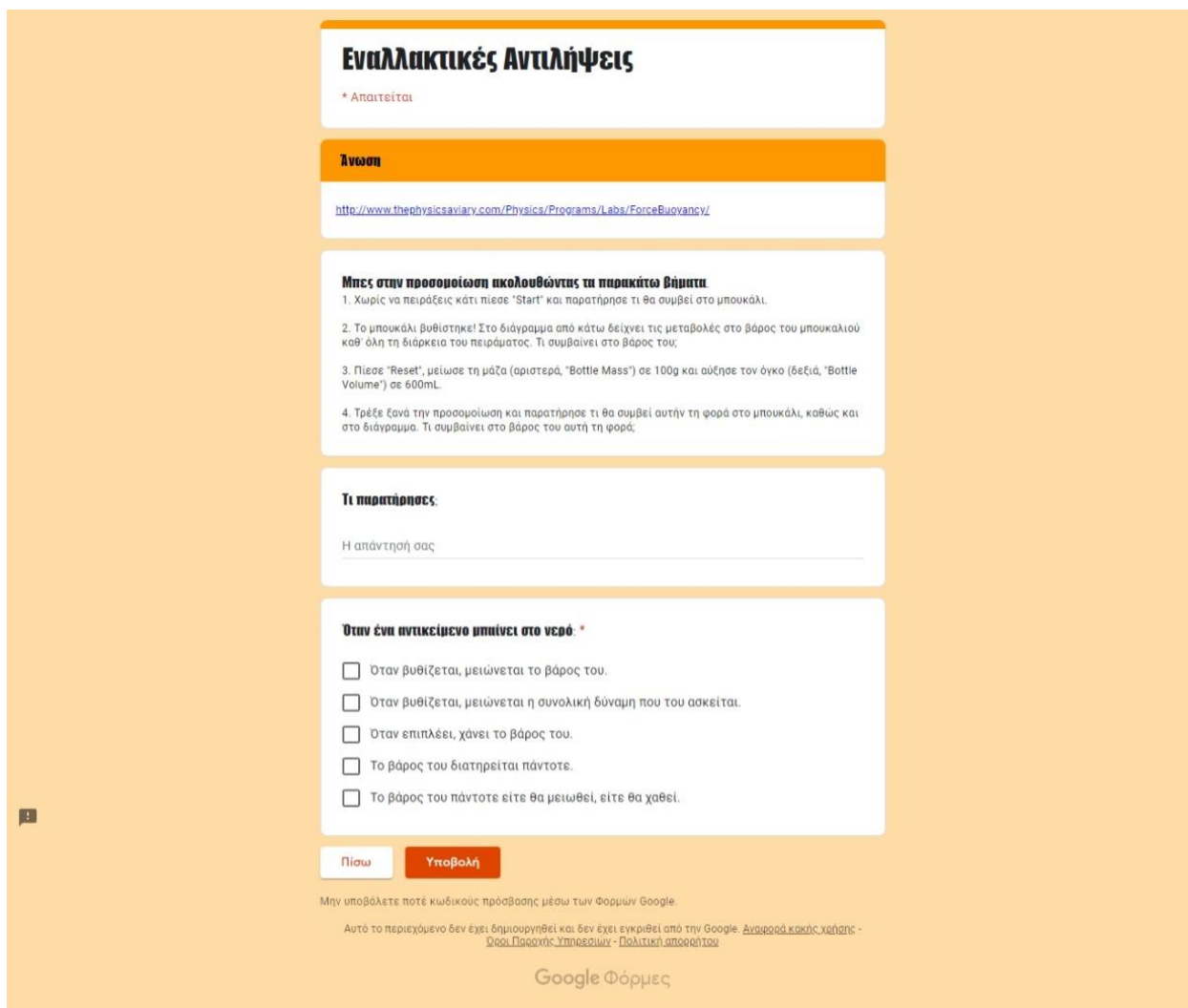
[Πίσω](#) [Επόμενο](#)

Μην υποβέλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) - [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 16. Έκτη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (προσομοίωση).



Εικόνα 17. Έβδομη σελίδα πρώτου ερωτηματολογίου (προσομοίωση).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Συνθηματικό *
Ανάφερε το συνθηματικό που χρησιμοποίησες στο πρώτο ερωτηματολόγιο (αρχικά του ονοματεπώνυμού σου και την ημέρα και μήνα της γέννησής, π.χ. Νίκος Παπαδόπουλος, 13 Ιουλίου --> ΝΠ, 13/07)

Η απάντησή σας _____

Σε τι βαθμό θεωρείς ότι θυμάσαι τις διδασκαλίες που παρακολούθησες στο πρώτο ερωτηματολόγιο; *

1 2 3 4 5

Ποια μέθοδο διδασκαλίας περιείχε το πρώτο ερωτηματολόγιο; *

Παραδοσιακή - Σχολικό εγχειρίδιο

Πείραμα

Προσομοίωση

Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) · [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) · [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 18. Πρώτη σελίδα δεύτερου ερωτηματολογίου (κοινή).

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Φυσικά φαινόμενα

Βάλε τικ σε όσα θεωρείς ότι ισχύουν! (Μπορεί να είναι παραπάνω από ένα!!!)

Στην ελεύθερη πτώση δύο σωμάτων: *

- Το βαρύτερο σώμα θα φτάσει πρώτο στο έδαφος.
- Το ελαφρύτερο σώμα θα φτάσει πρώτο στο έδαφος.
- Η ταχύτητα πτώσης δεν επηρεάζεται από το "πόσο βαρύ" είναι το σώμα.
- Αν έχουν το ίδιο βάρος θα φτάσουν στο έδαφος ταυτόχρονα.
- Είναι εφικτό το βαρύτερο σώμα να φτάσει δεύτερο στο έδαφος.

Η ενέργεια: *

- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές και στο τέλος χάνεται.
- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές και ένας μέρος της χάνεται.
- Μετατρέπεται σε διάφορες μορφές χωρίς να χάνεται.
- Μετατρέπεται σε θερμότητα.
- Δεν μετατρέπεται, αλλά χάνεται.

Σε ένα εκκρεμές: *

- Η περίοδος εξαρτάται από τη μάζα του σώματος.
- Η περίοδος εξαρτάται από το μήκος του νήματος.
- Αφήνουμε δύο σώματα από την ίδια θέση και το βαρύτερο σώμα θα επιστρέψει γρηγορότερα από το ελαφρύτερο.
- Αφήνουμε δύο σώματα από την ίδια θέση και το βαρύτερο σώμα θα επιστρέψει αργότερα από το ελαφρύτερο.
- Ένα πολύ βαρύτερο σώμα υπάρχει περίπτωση να έχει μικρότερη περίοδο από ένα ελαφρύτερο.

Σχιστικά με το άσπρο και το μαύρο: *

- Το άσπρο είναι χρώμα, ενώ το μαύρο όχι.
- Το μαύρο είναι χρώμα, ενώ το άσπρο όχι.
- Είναι και τα δύο χρώματα.
- Κανένα από τα δύο δεν είναι χρώματα.
- Είναι η ανάκλαση και απορρόφηση όλων των χρωμάτων, αντίστοιχα.

Όταν ένα αντικείμενο μπαίνει στο νερό: *

- Όταν βυθίζεται, μειώνεται το βάρος του.
- Όταν βυθίζεται, μειώνεται η συνολική δύναμη.
- Όταν επιπλέει, χάνει το βάρος του.
- Το βάρος του διατηρείται πάντοτε.
- Το βάρος του πάντοτε είτε θα μειωθεί, είτε θα χαθεί.

Πίσω Επόμενο

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φόρμών Google.
Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) - [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 19. Δεύτερη σελίδα δεύτερου ερωτηματολογίου (κοινή).

Το πείραμα ως μέθοδος αντιμετώπισης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών

Εναλλακτικές Αντιλήψεις

* Απαιτείται

Εναλλακτικές αντιλήψεις

Επιλέξτε τις ωράσεις που είναι σωστές. *

- Τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν γρηγορότερα.
- Η ενέργεια δε χάνεται.
- Όσο βαρύτερο είναι το σφαιρίδιο του εκκρεμούς, τόσο μικρότερη είναι η περίοδος.
- Το άσπρο και το μαύρο δεν είναι χρώματα.
- Όταν ένα αντικείμενο βυθιστεί στο νερό μειώνεται το βάρος του.

Πίσω Υποβολή

Μην υποβάλετε ποτέ κωδικούς πρόσβασης μέσω των Φορμών Google.

Αυτό το περιεχόμενο δεν έχει δημιουργηθεί και δεν έχει εγκριθεί από την Google. [Αναφορά κακής χρήσης](#) - [Όροι Παροχής Υπηρεσιών](#) - [Πολιτική απορρήτου](#)

Google Φόρμες

Εικόνα 20. Τρίτη σελίδα δεύτερου ερωτηματολογίου (κοινή).