ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Η ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΟ ΛΥΚΕΙΟ: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΦΥΣΙΚΗ Α' ΛΥΚΕΙΟΥ, 1^{ος} και 3^{ος} ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

ΑΓΓΕΛΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ
ΦΥΣΙΚΟΣ

Μεταπτυχιακή διατριβή

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2022

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Η ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΟ ΛΥΚΕΙΟ: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΦΥΣΙΚΗ Α' ΛΥΚΕΙΟΥ, 1^{ος} και 3^{ος} ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

ΑΓΓΕΛΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

<u>Επιβλέπων:</u>

Κωνσταντίνος Κώτσης

Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε.

της Σχολής Επιστημών της Αγωγής

του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2022

Περίληψη

Στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, ένα από τα πλέον δύσκολα εμπόδια τα οποία πρέπει να ξεπεράσει ο εκπαιδευτικός είναι η άρση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, έχουν τη βάση τους στην επαφή που έχουν οι μαθητές με το φυσικό περιβάλλον, πριν οι μαθητές διδαχτούν στο σχολείο τις αντίστοιχες έννοιες. Στο πλαίσιο αυτό, οι μαθητές οικοδομούν ιδέες για το πως λειτουργεί ο κόσμος. Προκειμένου οι μαθητές να μπορέσουν να μάθουν τον σωστό τρόπο με τον οποίο λειτουργούν τα φυσικά φαινόμενα, πρέπει να καταρρίψουν αυτές τις εναλλακτικές ιδέες. Για το λόγο αυτό, έως σήμερα έχουν αναπτυχθεί νέες προσεγγίσεις προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, ενώ η έρευνα γύρω από το αντικείμενο αυτό συνεχίζεται με αμείωτο ενδιαφέρον. Όσον αφορά το μάθημα της φυσικής, υπάρχει μια μεγάλη πληθώρα εναλλακτικών ιδεών οι οποίες αφορούν όλες τις διδακτικές ενότητες σε όλες τις τάξεις του γυμνασίου και του λυκείου. Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, αρκετές εναλλακτικές ιδέες εμφανίζουν οι μαθητές σε ότι αφορά τον 1ο και τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο περιείχε ερωτήσεις που αφορούσαν τον 1ο και το 3ο Νόμο του Νεύτωνα. Το ερωτηματολόγιο αυτό διανεμήθηκε σε μαθητές της πρώτης, δευτέρας και της τρίτης λυκείου στο Πρότυπο Λύκειο Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων. Με βάση το ερωτηματολόγιο αυτό προέκυψαν οι εναλλακτικές ιδέες που είχαν οι μαθητές, οι οποίοι διδάχτηκαν την συγκεκριμένη ενότητα όταν φοιτούσαν στην Β’ Γυμνασίου όλοι και στη συνέχεια στην Α’ λυκείου οι μαθητές της Β΄ και Γ΄ τάξης, και οι οποίες όχι μόνο δεν αντιμετωπίστηκαν στο παρελθόν, αλλά εξακολουθούν να παραμένουν στους μαθητές, παρότι έχουν προχωρήσει σε επόμενα κεφάλαια της φυσικής. Οι εναλλακτικές ιδέες οι οποίες εντοπίστηκαν είναι οι εξής:

- Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη.
- Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό.

- Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους.
- Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης
- Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν αδράνεια
- Η δράση και η αντίδραση έχουν συνισταμένη μηδέν
- Υπάρχουν δυνάμεις που δεν εμφανίζονται σε ζεύγη
- Η αντίδραση, στη δύναμη του βάρους ενός σώματος που ισοπποπεί πάνω σε μια επιφάνεια βρίσκεται στην επιφάνεια.

Δεδομένου ότι τα τελευταία χρόνια ολοένα και περισσότερο οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) αξιοποιούνται στην εκπαιδευτική πράξη, στη παρούσα εργασία αναπτύχθηκαν εκπαιδευτικές δραστηριότητες επαυξημένης πραγματικότητας οι οποίες ενσωματώθηκαν στη διδασκαλία του μαθήματος του 1ου και 3ου Νόμου του Νεύτωνα σε μαθητές της πρώτης λυκείου. Οι δραστηριότητες επαυξημένης πραγματικότητας δημιουργήθηκαν με το λογισμικό ελεύθερης πρόσβασης BLIPPAR και χρησιμοποιήθηκε από τους μαθητές προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι εναλλακτικές τους ιδέες. Στη συνέχεια, δόθηκε στους μαθητές και ένα διαδραστικό κριτήριο αξιολόγησης το οποίο δημιουργήθηκε στο λογισμικό επαυξημένης πραγματικότητας METAVERSE, για λόγους αυτοαξιολόγησης. Έπειτα οι μαθητές από την τάξη ελέγχου (μαθητές οι οποίοι διδάχτηκαν τον 1ο και 3ο Νόμο, χωρίς τη χρήση ΤΠΕ) και οι μαθητές από την τάξη δείγμα (οι μαθητές οι οποίοι αλληλεπίδρασαν με τις εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας) κλήθηκαν να απαντήσουν στο ίδιο ερωτηματολόγιο που απάντησαν οι μαθητές της δευτέρας και τρίτης λυκείου. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι οι μαθητές της τάξης δείγμα εμφάνισαν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας στο ερωτηματολόγιο σε σχέση με τους μαθητές της τάξης ελέγχου, στη πλειοψηφία των ερωτήσεων. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει το θετικό αντίκτυπο της χρήσης ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πράξη. Επιπλέον, οι εφαρμογές που αναπτύχθηκαν, όχι μόνο αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για τους εκπαιδευτικούς προκειμένου να βοηθήσουν τους μαθητές να ξεπεράσουν τις εναλλακτικές τους ιδέες, αλλά και ένα σημείο αναφοράς για μελλοντικούς ερευνητές, προκειμένου να μπορέσουν να αναπτυχθούν καλύτερες εφαρμογές με τις οποίες θα μπορούν να επιτυγχάνονται παραπάνω διδακτικοί στόχοι.

Abstract

In the teaching of Natural Sciences, one of the most difficult obstacles that the teacher must overcome is to get students over their alternative conceptions (misconceptions). The students misconceptions are based on the students' contact with the natural environment, before the students are taught the corresponding concepts in school. In this context, students build ideas on how many aspects of the world are. In order for students to learn how natural phenomena properly are, they need to overcome these alternative ideas. For this reason, new approaches have been developed up-to-date to address students' misconceptions, while research around this field continues with undiminished interest. When it comes to Physics, there is a wide range of misconceptions that apply to all aspects of Physics, in all classes of high school. Based on the literature, students have plenty misconceptions regarding Newton's 1st and 3rd Laws.

In this master's thesis, a questionnaire was created which contained questions concerning Newton's 1st and 3rd Laws. This questionnaire was distributed to students of the second and third grades of High school at the Zosimaia High School of Ioannina. Based on this questionnaire, the misconceptions that the students had, who were taught these Laws at previous years and again at the 1st grade of High School, emerged. These misconceptions not only were not treated in the past, but remain in the students, despite the fact that they have advanced in Physics. The misconceptions that have been identified are:

- In order for a body to move, it is necessary to exert a force on it.
- The constant speed at which a body moves is the result of a constant force exerted on it.
- Bodies stop moving when some force is exerted on them.
- Inaction is a form of force
- Immobile bodies have no inertia
- Action and reaction have zero component
- There are forces that do not appear in pairs
- The reaction to the force of gravity of a body placed on a surface is on the surface.

As Information and Communication Technologies (ICT) are increasingly used in educational practice in recent years, in this work augmented reality educational activities have been developed which have been integrated into the teaching of Newton's 1st and 3rd Laws to students of first grade of high school. Augmented reality activities were created with BLIPPAR free access software and used by students to come over their misconceptions. Students were then given an interactive assessment criterion created in the METAVERSE augmented reality software for self-assessment purposes. Then the students from the control class (students who were taught Laws 1 and 3, without the use of ICT) and the students from the sample class (students who interacted with the augmented reality applications) were asked to answer the same questionnaire that the students of second and third grade answered. The results showed that the students in the sample class showed higher success rates in the questionnaire than the students in the control class, in the majority of the questions. This fact confirms the positive impact of the use of ICT in educational practice. In addition, the applications developed are not only a useful tool for teachers to help students overcome their misconceptions, but also a reference point for future researchers to be able to develop better applications with which they can achieve more learning objectives.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την προσπάθειά μου στο ΠΜΣ «Διδακτική και Τεχνολογίες μάθησης των Φυσικών Επιστημών», θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την πολύτιμη συμβολή τους:

Τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής μου διατριβής, καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων στο Γνωστικό Αντικείμενο "Φυσική και Διδακτική της Φυσικής", κ. Κώτση Κωνσταντίνο, που είχα τη χαρά και την τιμή να δεχθεί να επιβλέψει την παρούσα εργασία, και με τις πολύ χρήσιμες παρεμβάσεις και υποδείξεις του κατά την εκπόνησή της, κατόρθωσα να την διεκπεραιώσω και να την ολοκληρώσω. Τον ευχαριστώ από καρδιάς για την αμέριστη βοήθειά του από την αρχή του μεταπτυχιακού μέχρι και την ολοκλήρωσή του.

Τους μαθητές της πρώτης, δευτέρας και τρίτης τάξης, του Προτύπου Γενικού Λυκείου Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων, για την προθυμία τους και την ενεργό συμμετοχή τους για τη διεξαγωγή της παρούσης έρευνας.

Την οικογένειά μου για την στήριξή τους και την ανοχή τους σε αυτή μου την προσπάθεια και ιδιαιτέρως τη μητέρα μου Γιαννούλα και τον αγαπημένο μου υιό Κωνσταντίνο.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου Θεόδωρο Χατζημητάκο και Αθανασία Κασούνη, που μοιραστήκαμε όμορφες και εποικοδομητικές στιγμές κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού και με στηρίξανε σε όλη τη διαδρομή.

Πίνακας Περιεχομένων

Περιεχόμενα

Περίληψη 5
Abstract 7
Ευχαριστίες 9
Πίνακας Περιεχομένων 11
Πίνακας Συντομογραφιών 13
Κατάλογος Γραφημάτων 13
Κατάλογος Εικόνων 18
Κατάλογος Πινάκων 18
1. Εισαγωγή 19
1.1 Η διδασκαλία της Φυσικής 19
1.1.1 Η επιστήμη της Φυσικής 19
1.1.2 Δυσκολίες στη διδασκαλία της Φυσικής 20
1.1.3 Τα νέο προγράμματα σπουδών για τις ΦΕ 22
1.1.4 Μοντέλα μάθησης 22
1.2 Χρήση ΤΠΕ στη διδασκαλία της Φυσικής 27
1.2.1 Γενικά-Ορισμός 27
1.2.2 Ο ρόλος του εκπαιδευτικού 29
1.2.3 ΦΕ και ΤΠΕ 30
1.3 Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΠΕ) 31
1.3.1 Τι είναι η ΕΠ 31
1.3.2 Ποια τα αναμενόμενα οφέλη της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία 35
1.3.3. Πως έχει εφαρμοστεί στη διδασκαλία της Φυσικής στο σχολικό περιβάλλον 36
1.3.4 Εφαρμογές ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία 37
1.4 Η διδασκαλία του 1ου Νόμου του Νεύτωνα 42
1.4.1 Διδακτικοί στόχοι της διδασκαλίας του 1ου Νόμου του Νεύτωνα 42
1.4.2 Εναλλακτικές ιδέες στο 1ο Νόμο του Νεύτωνα 43
1.5. Η διδασκαλία του 3ου Νόμου του Νεύτωνα 44
1.5.1. Διδακτικοί στόχοι της διδασκαλίας του 3ου Νόμου του Νεύτωνα 45
1.5.2. Εναλλακτικές ιδέες στον 3ο Νόμο του Νεύτωνα 45
2. Σκοπός της εργασίας 47
3. Μεθοδολογία 49
3.1 Ερευνητικός σχεδιασμός 49

3.2 Ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας 51
3.2.1 Εφαρμογές εκμάθησης 51
3.2.2 Εφαρμογών επαυξήσεις 58
3.3 Ερωτηματολόγιο 1 64
3.4 Ερωτηματολόγιο 2 68
3.5 Δείγμα 71
3.6 Διεξαγωγή διδακτικής παρέμβασης 71
3.7 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων 73
3.7.1 Υπολογισμός δείκτη δυσκολίας 73
3.7.2 Υπολογισμός βαθμού διάκρισης 73
3.7.3 Στατιστική ανάλυση απαντήσεων 75
4. Αποτελέσματα – Συζήτηση 75
4.1 Αξιολόγηση ερωτηματολογίου 75
4.1.1 Υπολογισμός δείκτη δυσκολίας 75
4.1.2 Υπολογισμός βαθμού διάκρισης 77
4.2 Απαντήσεις μαθητών Β’-Γ’ Λυκείου 78
4.3 Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στον 1ο και 3ο νόμο του Νεύτωνα 93
4.4 Αποτελέσματα μαθητών Α’ λυκείου 93
4.4.1 Ομάδα ελέγχου 93
4.4.2 Πειραματική ομάδα (μετά την παρέμβαση) 109
4.5 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου 2 124
5. Συμπεράσματα 131
6.Περιορισμοί και Μελλοντική Έρευνα 132
Βιβλιογραφία 133
Παράρτημα 1 (Ομάδα ελέγχου) 145
Παράρτημα 2 (Πειραματική ομάδα) 158

Πίνακας Συντομογραφιών

Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ)

Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ)

Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ)

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «φύλο». 80
Γράφημα 2: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη». 81
Γράφημα 3: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Για να σταματήσει να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκηθεί πάνω σε αυτό μία δύναμη». 81
Γράφημα 4:Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό». 82
Γράφημα 5 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους». 82
Γράφημα 6 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης». 83
Γράφημα 7: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Στο διάστημα τα σώματα έχουν αδράνεια». 83
Γράφημα 8 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν αδράνεια». 84
Γράφημα 9 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Ο νόμος Δράσης-Αντίδρασης ισχύει και όταν τα σώματα κινούνται». 84
Γράφημα 10: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Ο νόμος της Δράσης-Αντίδρασης ισχύει για όλα τα είδη των δυνάμεων (επαφής και απόστασης)». 85
Γράφημα 11: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Λόγω έλλειψης βαρύτητας δεν θα μπορούσε ένας αστροναύτης στο διαστημόπλοιο να απομακρύνει τινάζοντάς τις σταγόνες από τα χέρια του». 85
Γράφημα 12: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Σώμα το οποίο έχει στη γη μάζα 20 κιλά, όταν μεταφερθεί στη σελήνη έχει την ίδια μάζα». 86
Γράφημα 13: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Όσο μεγαλύτερο όγκο έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη αδράνεια έχει». 86
Γράφημα 14: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Το αυτοκίνητό μου έμεινε από βενζίνη. Μπορώ από το κάθισμά μου σπρώχνοντας πολύ δυνατά το ταμπλό του αυτοκινήτου, να το μετακινήσω». 87
Γράφημα 15 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Όταν κάποιος στέκεται όρθιος και ακίνητος, ασκούνται πάνω σου δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις, η δύναμη του βάρους και η αντίδραση από το δάπεδο. Αυτές οι δύο δυνάμεις αποτελούν ένα ζεύγος δράσης αντίδρασης». 87

Γράφημα 16: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Ένα διαστημόπλοιο ταξιδεύει στο διάστημα με ορισμένη ταχύτητα και ξαφνικά λόγω βλάβης δεν λειτουργούν οι κινητήρες του. Τι θα συμβεί:».....88
Γράφημα 17: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Κατά την σύγκρουση ενός τρένου με ένα αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο συνθλίβεται:». 88
Γράφημα 18: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Όταν ένα κιβώτιο τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, τότε η αντίδραση της δύναμης του βάρους του, είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο;».....89
Γράφημα 19: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Βρισκόμαστε σε κινούμενο αυτοκίνητο και αφήνουμε από το ανοικτό παράθυρο να πέσει ένα μήλο».....89
Γράφημα 20 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Όταν κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα, το νόμισμα θα πέσει;». 90
Γράφημα 21: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα. Όταν το νόμισμα βρίσκεται στον αέρα το λεωφορείο φρενάρει απότομα. Το νόμισμα θα πέσει;».....90
Γράφημα 22: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά;». 91
Γράφημα 23: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 80 κιλά. Στη συνέχεια στέκεστε πάνω σε δύο ζυγαριές με το κάθε πόδι σας σε κάθε ζυγαριά και το βάρος σας μοιρασμένο εξίσου. Ποια θα είναι η ένδειξη της κάθε ζυγαριάς;».....91
Γράφημα 24: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Καταφέρνουμε να βαδίσουμε γιατί:». 92
Γράφημα 25: Το συνολικό ποσοστό των σωστών απαντήσεων των μαθητών της Β' και της Γ' Λυκείου στο ερωτηματολόγιο 1. 92
Γράφημα 26: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.....97
Γράφημα 27: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Για να σταματήσει να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκηθεί πάνω σε αυτό μία δύναμη» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 97
Γράφημα 28: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 98
Γράφημα 29: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 98
Γράφημα 30: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.....99
Γράφημα 31: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Στο διάστημα τα σώματα έχουν αδράνεια» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 99

Γράφημα 32 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν αδράνεια» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 100
Γράφημα 33: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ο νόμος Δράσης-Αντίδρασης ισχύει και όταν τα σώματα κινούνται» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.....100
Γράφημα 34: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ο νόμος της Δράσης-Αντίδρασης ισχύει για όλα τα είδη των δυνάμεων (επαφής και απόστασης)» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση...101
Γράφημα 35: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Λόγω έλλειψης βαρύτητας δεν θα μπορούσε ένας αστροναύτης στο διαστημόπλοιο να απομακρύνει τινάζοντάς τις σταγόνες από τα χέρια του» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.....101
Γράφημα 36: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Σώμα το οποίο έχει στη γη μάζα 20 κιλά, όταν μεταφερθεί στη σελήνη έχει την ίδια μάζα» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 102
Γράφημα 37: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όσο μεγαλύτερο όγκο έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη αδράνεια έχει» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.....102
Γράφημα 38: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Το αυτοκίνητό μου έμεινε από βενζίνη. Μπορώ από το κάθισμά μου σπρώχνοντας πολύ δυνατά το ταμπλό του αυτοκινήτου, να το μετακινήσω» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.....103
Γράφημα 39 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όταν κάποιος στέκεται όρθιος και ακίνητος, ασκούνται πάνω του δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις, η δύναμη του βάρους και η αντίδραση από το δάπεδο. Αυτές οι δύο δυνάμεις αποτελούν ένα ζεύγος δράσης αντίδρασης» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.....103
Γράφημα 40: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ένα διαστημόπλοιο ταξιδεύει στο διάστημα με ορισμένη ταχύτητα και ξαφνικά λόγω βλάβης δεν λειτουργούν οι κινητήρες του. Τι θα συμβεί:» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 104
Γράφημα 41: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Κατά την σύγκρουση ενός τρένου με ένα αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο συνθλίβεται:» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 104
Γράφημα 42: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όταν ένα κιβώτιο τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, τότε η αντίδραση της δύναμης του βάρους του, είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο;» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.....105
Γράφημα 43: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Βρισκόμαστε σε κινούμενο αυτοκίνητο και αφήνουμε από το ανοικτό παράθυρο να πέσει ένα μήλο.» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 105
Γράφημα 44: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όταν κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα, το νόμισμα θα πέσει;» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 106
Γράφημα 45: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα. Όταν το νόμισμα βρίσκεται στον αέρα το λεωφορείο

φρενάρει απότομα. Το νόμισμα θα πέσει:» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 106
Γράφημα 46: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά;» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 107
Γράφημα 47: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 80 κιλά. Στη συνέχεια στέκεστε πάνω σε δύο ζυγαριές με το κάθε πόδι σας σε κάθε ζυγαριά και το βάρος σας μοιρασμένο εξίσου. Ποια θα είναι η ένδειξη της κάθε ζυγαριάς;» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 107
Γράφημα 48: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Καταφέρνουμε να βαδίσουμε γιατί:» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 108
Γράφημα 49: Το συνολικό ποσοστό των σωστών απαντήσεων των μαθητών της Α' Λυκείου στο ερωτηματολόγιο 1 πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση. 108
Γράφημα 50: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη» πριν και μετά την παρέμβαση. 112
Γράφημα 51: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Για να σταματήσει να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκηθεί πάνω σε αυτό μια δύναμη» πριν και μετά την παρέμβαση. 112
Γράφημα 52: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό» πριν και μετά την παρέμβαση. 113
Γράφημα 53: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου «Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους» στην ερώτηση πριν και μετά την παρέμβαση. 113
Γράφημα 54: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης» πριν και μετά την παρέμβαση. 114
Γράφημα 55: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου «Στο διάστημα τα σώματα έχουν αδράνεια» στην ερώτηση πριν και μετά την παρέμβαση. 114
Γράφημα 56: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν αδράνεια» πριν και μετά την παρέμβαση. 115
Γράφημα 57: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου «Ο νόμος Δράσης-Αντίδρασης ισχύει και όταν τα σώματα κινούνται» στην ερώτηση πριν και μετά την παρέμβαση. 115
Γράφημα 58: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ο νόμος Δράσης-Αντίδρασης ισχύει για όλα τα είδη των δυνάμεων (επαφής και απόστασης) πριν και μετά την παρέμβαση. 116
Γράφημα 59: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Λόγω έλλειψης βαρύτητας δεν θα μπορούσε ένας αστροναύτης στο διαστημόπλοιο να απομακρύνει τινάζοντας τις σταγόνες από τα χέρια του» πριν και μετά την παρέμβαση. 116
Γράφημα 60: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Σώμα το οποίο έχει στη γη μάζα 20 κιλά, όταν μεταφερθεί στη σελήνη έχει την ίδια μάζα» πριν και μετά την παρέμβαση. 117

Γράφημα 61: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όσο μεγαλύτερο όγκο έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη αδράνεια έχει» πριν και μετά την παρέμβαση. 117
Γράφημα 62: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Το αυτοκίνητό μου έμεινε από βενζίνη. Μπορώ από το κάθισμά μου σπρώχνοντας πού δυνατά να το μετακινήσω;» πριν και μετά την παρέμβαση.....118
Γράφημα 63: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση « Όταν κάποιος στέκεται όρθιος και ακίνητος, ασκούνται πάνω σου δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις, η δύναμη του βάρους και η αντίδραση από το δάπεδο. Αυτές οι δύο δυνάμεις αποτελούν ένα ζεύγος δράσης αντίδρασης» πριν και μετά την παρέμβαση. 118
Γράφημα 64: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ένα διαστημόπλοιο ταξιδεύει στο διάστημα με ορισμένη ταχύτητα και ξαφνικά λόγω βλάβης δεν λειτουργούν οι κινητήρες του. Τι θα συμβεί:» πριν και μετά την παρέμβαση. 119
Γράφημα 65: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Κατά την σύγκρουση ενός τρένου με ένα αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο συνθλίβεται:» πριν και μετά την παρέμβαση. 119
Γράφημα 66: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όταν ένα κιβώτιο τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, τότε η αντίδραση της δύναμης του βάρους του, είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο;» πριν και μετά την παρέμβαση. 120
Γράφημα 67: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Βρισκόμαστε σε κινούμενο αυτοκίνητο και αφήνουμε από το ανοικτό παράθυρο να πέσει ένα μήλο» πριν και μετά την παρέμβαση. 120
Γράφημα 68: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όταν κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα, το νόμισμα θα πέσει;» πριν και μετά την παρέμβαση. 121
Γράφημα 69: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα. Όταν το νόμισμα βρίσκεται στον αέρα το λεωφορείο φρενάρει απότομα. Το νόμισμα θα πέσει:» πριν και μετά την παρέμβαση. 121
Γράφημα 70: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά;» πριν και μετά την παρέμβαση. 122
Γράφημα 71: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 80 κιλά. Στη συνέχεια στέκεστε πάνω σε δύο ζυγαριές με το κάθε πόδι σας σε κάθε ζυγαριά και το βάρος σας μοιρασμένο εξίσου. Ποια θα είναι η ένδειξη της κάθε ζυγαριάς;» πριν και μετά την παρέμβαση. 122
Γράφημα 72 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην «Καταφέρνουμε να βαδίσουμε γιατί:» πριν και μετά την παρέμβαση. 123
Γράφημα 73: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α λυκείου στην ερώτηση πριν και μετά την παρέμβαση. 123

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Η εικόνα αποτυπώνει την εξοικείωση των παιδιών με την τεχνολογία από πολύ μικρή ηλικία («ψηφιακοί ιθαγενείς») Πηγή:https://www.sarajevomag.net/entipa/teuhos_97/i97_p17_spirit1.html 27
Εικόνα 2: Παράδειγμα ΕΠ σε βιβλίο. Πηγή: https://techteacher.gr/επικαιρότητα/επαυξημένη-πραγματικότητα-augmented-reality/ 32
Εικόνα 3: Χρήση ΕΠ στα κράνη των μοτοσυκλετιστών. Πηγή: https://www.shutterstock.com/el/search/augmented+reality+outdoor 33
Εικόνα 4: Εικόνα από την εφαρμογή Pokémon Go. Πηγή: https://unrealitymag.com/unova-stones-in-pokemon-go/ 33
Εικόνα 5: Εικόνα από την εφαρμογή Acropolis CHESS Πηγή: https://athenscentre.gr/chess-app-tested-acropolis-museum/.....35

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Παραδείγματα εφαρμογών ΕΠ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εκπαιδευτική διαδικασία.....38
Πίνακας 2: Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα.....43
Πίνακας 3: Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα.....45
Πίνακας 4: Τιμές δείκτη δυσκολίας για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου που δόθηκε στους μαθητές, υπολογισμένες με βάση τα ερωτηματολόγια της Α (πριν τη παρέμβαση), Β και Γ λυκείου. 76
Πίνακας 5: Τιμές βαθμού διάκρισης για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου που δόθηκε στους μαθητές, υπολογισμένες με βάση τα ερωτηματολόγια της Α (πριν τη παρέμβαση), Β και Γ λυκείου. 78

1. Εισαγωγή

1.1 Η διδασκαλία της Φυσικής

1.1.1 Η επιστήμη της Φυσικής

Η Φυσική είναι το πεδίο της επιστήμης που σχετίζεται με τα γεγονότα που παρατηρούμε στο σύμπαν και δίνει τη δυνατότητα να βρεθούν λύσεις σε ζητήματα της καθημερινής ζωής. Δεδομένου ότι η φυσική έχει έναν τόσο ουσιαστικό ρόλο στο σύμπαν, η σημασία των μαθημάτων Φυσικής, τα οποία διδάσκονται και εφαρμόζονται αποτελεσματικά στα σχολεία, έχει αυξηθεί σημαντικά. Η Φυσική ανήκει στον κλάδο των Φυσικών Επιστημών και αποτελεί σημαντικό κομμάτι των διδακτέων μαθημάτων σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες, δίνοντας τη δυνατότητα στους μαθητές να αποκτήσουν τις απαιτούμενες δεξιότητες για επιστημονική σκέψη, παραγωγή γνώσης, παρακολούθηση των εξελισσόμενων τεχνολογικών αλλαγών, κατανόηση και ερμηνεία των γεγονότων που συμβαίνουν στη φύση (Aykutlu et al., 2015). Χαρακτηριστικό της Φυσικής είναι ότι περιέχει πολλές αφηρημένες έννοιες, τις οποίες ο μαθητής δυσκολεύεται να κατανοήσει και κατ' επέκταση και να αφομοιώσει. Η ιδιαίτερη δυσκολία που παρατηρείται για την κατανόηση του των φυσικών επιστημών κάνει τη Φυσική να θεωρείται ένα από τα πιο δύσκολα μαθήματα για τους περισσότερους μαθητές σ' όλο τον κόσμο (Harwanto, 2019). Οι εκπαιδευτικοί καλούνται να ξεπεράσουν τα εμπόδια που δημιουργεί η κατανόηση φαινομένων τα οποία τις περισσότερες φορές δεν μπορούμε να τα «δούμε». Η Φυσική είναι η βάση των θετικών επιστημών. Βασισμένοι στις γνώσεις της Φυσικής οι επιστήμονες δημιούργησαν τεχνολογίες όπως το τηλέφωνο, την τηλεόραση, το αυτοκίνητο και πολλά άλλα που κάνουν τη ζωή μας εύκολη. Απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη των παραπάνω ήταν και η εισαγωγή των μαθηματικών στη Φυσική. Ωστόσο κατά τη διδασκαλία δίνεται ιδιαίτερη σημασία στη χρήση των μαθηματικών τύπων με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος για την κατανόηση του φυσικού φαινομένου.

1.1.2 Δυσκολίες στη διδασκαλία της Φυσικής

Η Φυσική παρά τη σημαντικότητά της παραμένει ένα από τα λιγότερο «αρεστά» μαθήματα σε σύγκριση με άλλα μαθήματα. Ο αριθμός των μαθητών που επιλέγουν να σπουδάσουν φυσική για πρώτο πτυχίο και, στη συνέχεια, σε ανώτερα πτυχία είναι μικρός. Στα πανεπιστήμια της Νιγηρίας, για παράδειγμα, τα τμήματα φυσικής και η Εκπαίδευση Δασκάλων στη Φυσική συνεχίζουν να παρουσιάζουν έλλειψη φοιτητών, που είναι ο λόγος που υπάρχει σοβαρή έλλειψη καθηγητών φυσικής στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Τις περισσότερες φορές, η Φυσική διδάσκεται από καθηγητές που ειδικεύονται σε άλλες επιστήμες εκτός από τη Φυσική. Έτσι οι ερευνητές διερευνούν όλο και περισσότερο το γιατί οι μαθητές αποφεύγουν τη Φυσική. Υπάρχουν αρκετές μελέτες που υποδηλώνουν ότι οι μαθητές γενικά θεωρούν τη φυσική δύσκολη εξαιτίας των εννοιών που περιέχει, αφηρημένη, μη ενδιαφέρουσα και «κατάλληλη μόνο για εξαιρετικά ταλαντούχους και προικισμένους μαθητές» (Angell et al., 2004; Barmby & Defty, 2006; Checkley, 2010; Utha et al., 2021; Williams et al., 2003). Σε σύγκριση με άλλα επιστημονικά μαθήματα του κλάδου των Φυσικών Επιστημών, στους μαθητές αρέσει λιγότερο η Φυσική παρά η Χημεία και η Βιολογία (Angell et al., 2004; Lavonen et al., 2005; Watson et al., 1994). Σε μια έρευνα για το γιατί οι μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο Ηνωμένο Βασίλειο δεν ενδιαφέρονται να σπουδάσουν Φυσική, οι μαθητές ισχυρίστηκαν ότι αντιλαμβάνονται τη Φυσική ως ένα αρκετά δύσκολο μάθημα και έχουν χαμηλότερες προσδοκίες για την ικανότητά τους να επιτύχουν στη Φυσική (Williams et al., 2003), ενώ σε έρευνα στη Σιγκαπούρη που συμφωνεί για τη δυσκολία των μαθητών, διαπιστώθηκε ότι οι καθηγητές έχουν την άποψη ότι οι μαθητές έχουν προκατάληψη ότι η φυσική είναι δύσκολη (Harwanto, 2019). Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές ολοκληρώνοντας την πρωτοβάθμια εκπαίδευση έχουν ίση συμπάθεια για τη Βιολογία και τη Φυσική. Ωστόσο κατά τη διάρκεια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ η προτίμησή τους για τη Βιολογία παραμένει σχετικά σταθερή, η προτίμηση τους για τη Φυσική μειώνεται. Επίσης αναφέρουν ότι αντιλαμβάνονται τη Βιολογία ως ενδιαφέρουσα, ενώ τη Φυσική ως βαρετή»(Angell et al., 2004).

Η δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στο μάθημα της Φυσικής έχει αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ, εντοπίστηκαν δυσκολίες που σχετίζονται με τους μαθητές, δυσκολίες που σχετίζονται με το μάθημα και δυσκολίες που σχετίζονται με τη φύση της Φυσικής (Harwanto, 2019). Όσον αφορά τον τελευταίο παράγοντα οι μαθητές δυσκολεύονται αρκετά με τη χρήση εξισώσεων/τύπων, την επίλυση προβλημάτων χρησιμοποιώντας την άλγεβρα και τη γεωμετρία, τη θεωρητική/εννοιολογική κατανόηση, την αντίληψη των φαινομένων και τον πειραματισμό (Harwanto, 2019; Oon & Subramaniam, 2011). Η Φυσική ως επιστήμη απαιτεί από τους μαθητές να χρησιμοποιούν μια ποικιλία δεξιοτήτων τις οποίες θα πρέπει να συνδυάζουν οδεύοντας από το ειδικό στο γενικό και πίσω (Redish, 1994).

Επίσης επειδή η Φυσική εξετάζει φαινόμενα της καθημερινής ζωής, οι μαθητές παρακολουθούν το μάθημα της Φυσικής έχοντας προηγούμενες γνώσεις, στάσεις, πεποιθήσεις και προκαταλήψεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι μαθητές ακόμη και μετά το μάθημα να έχουν απόψεις και προκαταλήψεις που εμπεριέχουν ελλιπείς ή επιστημονικά ανακριβείς σκέψεις. Αυτές οι εσφαλμένες ή ελλιπείς υποθέσεις μπορεί να συνεχιστούν σε όλη τη διάρκεια της εκπαίδευσης των μαθητών ή και να δημιουργηθούν νέες επιστημονικά ανακριβείς απόψεις εντός της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Το χαμηλό επίπεδο ενδιαφέροντος και κινήτρων των μαθητών για το μάθημα της φυσικής, η αδυναμία απόδοσης νοημάτων σε αφηρημένες έννοιες, η κακή ή ανακριβής χρήση εννοιών που σχετίζονται με επιστημονικές σκέψεις και πεποιθήσεις, η εσφαλμένη χρήση εννοιών που σχετίζονται με τα μοντέλα καθώς, οι προηγούμενες σκέψεις, οι πεποιθήσεις και η κακή στάση των μαθητών απέναντι στη Φυσική, η έλλειψη κινήτρων, το περιβάλλον διδασκαλίας και μάθησης με ανεπαρκείς πόρους, οι κακές μαθηματικές ικανότητες και η κακή μέθοδος διδασκαλίας, συμπληρώνουν τους λόγους για τους οποίους η Φυσική θεωρείται ένα δύσκολο μάθημα. (Inye, 2011; Ogunleye, 2009). Αυτοί οι παράγοντες κάνουν τη διδασκαλία της φυσικής να αποτελεί πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς (Fischer & Rieck, 2016).

Εκτός από τις παραπάνω δυσκολίες οι οποίες καθορίζουν την αποτελεσματικότητα της εκμάθησης της Φυσικής, σημαντικό ρόλο

διαδραματίζει και το εκπαιδευτικό σύστημα της εκάστοτε χώρας. Τα προγράμματα σπουδών τροποποιούνται με σκοπό οι μαθητές να γίνουν επιστημονικά εγγράμματα άτομα ικανά να συμμετέχουν αποτελεσματικά στον φυσικό κόσμο και την κοινωνία που το περιβάλλει. (*PAUL DeH. HURD*, n.d.). Οι ΦΕ (ΦΕ) εντάχθηκαν σε σχολεία των ευρωπαϊκών χωρών τον 19ο αιώνα. Από τότε πραγματοποιούνται προσπάθειες βελτίωσης της αποτελεσματικότητας του μαθήματος τροποποιώντας το πρόγραμμα σπουδών. Παρά τις όποιες αλλαγές και τα θετικά στοιχεία του εκπαιδευτικού μας συστήματος οι ΦΕ και ειδικά η Φυσική συνεχίζει να θεωρείται από τους μαθητές ένα αρκετά δύσκολο μάθημα τονίζοντας τα διαχρονικά προβλήματα του εκπαιδευτικού συστήματος όπως τα πυκνογραμμένα βιβλία και η αρκετά μεγάλη διδαχθείσα ύλη. Τα προβλήματα του εκπαιδευτικού συστήματος έρχεται να συμπληρώσει η παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση.

1.1.3 Τα νέο προγράμματα σπουδών για τις ΦΕ

Τα νέα προγράμματα σπουδών για τις ΦΕ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στοχεύουν να συνδέσουν την επιστήμη με το περιβάλλον και να εντάξουν τις ΦΕ στην κοινωνία, συμβάλλοντας στη βιώσιμη ανάπτυξη και τη διαμόρφωση του σύγχρονου πολίτη, προωθώντας μια αδιάκοπη διαδικασία μάθησης από το Νηπιαγωγείο μέχρι το Λύκειο. Προτεραιότητα τους είναι η δραστηριοποίηση του μαθητή στη δημοκρατική και πολιτειακή συμμετοχή και η δικτύωση των εννοιών της Φυσικής προάγοντας την αξία της επιστήμης στην κοινωνία και τον πολιτισμό. Μέσα από τις ΦΕ καλλιεργούνται και αναπτύσσονται πολυάριθμες δεξιότητες. Μαθητές και εκπαιδευτικοί συμμετέχουν σε διαλόγους, ανταλλάσσουν ρόλους και ευθύνες. Τα νέα προγράμματα σπουδών επιδιώκουν μια μαθητοκεντρική και ομαδοσυνεργατική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, που θα έχει νόημα για τους μαθητές (*Https://Www.Especial.Gr/Wp-Content/Uploads/2021/11/Fek-b-5381-19-11-2021.Pdf*, n.d.).

1.1.4 Μοντέλα μάθησης

Αν και υπάρχουν προγράμματα σπουδών τα οποία θα πρέπει να ακολουθούν οι εκπαιδευτικοί, η διδασκαλία της Φυσικής είναι μια ενεργή διαδικασία

οικοδόμησης της γνώσης. Έτσι τα διδακτικά βήματα και οι μαθησιακές δραστηριότητες δεν μπορούν να είναι αυστηρά καθορισμένα αλλά θα πρέπει να προσαρμόζονται και να επαναπροσδιορίζονται μέσα από την αλληλεπίδραση δασκάλου-μαθητή. Ωστόσο για τη διδασκαλία της Φυσικής και γενικά των Φυσικών Επιστημών υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά μοντέλα: το Παραδοσιακό, το Ανακαλυπτικό, το Διερευνητικό και το Εποικοδομητικό. Τα μοντέλα δημιουργήθηκαν ως αποτέλεσμα της αλλαγής των στάσεων και των αντιλήψεων που αφορούν τη μάθηση, με την τελευταία να μετατρέπεται από μια παθητική ατομική πορεία σε ενεργή διαδικασία (Kariotoglou, 2011). Η υιοθέτηση μεθόδων και στρατηγικών διδασκαλίας συνδέεται με την αντίληψη της φύσης και του χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης. Το παιδαγωγικό-διδακτικό μοντέλο που επιλέγεται κάθε φορά επηρεάζει και τα μαθησιακά αποτελέσματα.

1.1.4.1 Παραδοσιακό μοντέλο μάθησης (μοντέλο μεταφοράς της γνώσης)

Το παραδοσιακό ή αλλιώς διδακτικό μοντέλο μεταφοράς της γνώσης, χρησιμοποιείται διεθνώς στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών από το 1960 έως σήμερα λόγω της απλής δομής του. Βασικό χαρακτηριστικό του μοντέλου είναι η ποσότητα και το εύρος των πληροφοριών, ενώ παραβλέπονται οι ιδέες των μαθητών για τον κόσμο. Ο μαθητής αποτελεί παθητικό υποκείμενο της διδασκαλίας («άγραφος πίνακας») και ο εκπαιδευτικός, ως αυθεντία καθορίζει και καθοδηγεί την μαθησιακή διαδικασία, η οποία αποτελεί μια διαδικασία απόκτησης και συσσώρευσης πληροφοριών που μεταβιβάζει ο εκπαιδευτικός. Στα πλαίσια του μοντέλου μεταφοράς της γνώσης ο εκπαιδευτικός ως κάτοχος και φορέας της γνώσης οργανώνει τις πληροφορίες και κάνοντας διάλεξη ή/και εισάγει τη γνώση στους μαθητές, ενώ οι μαθητές δέχονται παθητικά τη νέα γνώση. Θεωρείται πως ο μαθητής δεν έχει καμία γνώμη για το θέμα που διδάσκεται και οι δεξιότητες που καλλιεργούν οι μαθητές περιορίζονται σε εκείνες της συλλογής και οργάνωσης των δεδομένων (Driver, Squires, Rushworth, et al., 2000; *Παιδαγωγική Γνώση Του Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών - Bookchoice.Gr*, n.d.). Το μοντέλο μεταφοράς της γνώσης είναι δασκαλοκεντρικό και η κατάκτηση της γνώσης επιτυγχάνεται μέσω της δοκιμής και του λάθους, της επιβράβευσης και της απόρριψης.

Το μοντέλο αυτό ενδείκνυται για τη διδασκαλία ατόμων με δυσκολίες και περιλαμβάνει τις εξής φάσεις διδασκαλίας:

a) Προσανατολισμός
b) Εισαγωγή της νέας γνώσης
c) Εφαρμογή της νέας γνώσης
d) Αξιολόγηση της νέας γνώσης

1.1.4.2 Ανακαλυπτικό-Διερευνητικό μοντέλο μάθησης

Το διδακτικό μοντέλο της ανακαλυπτικής και διερευνητικής μάθησης κυριάρχησε τη δεκαετία του 1960 και 1970 με τον Bruner να τονίζει το ρόλο της αλληλεπίδρασης στην εκπαιδευτική διαδικασία για μια πιο αποτελεσματική μάθηση και τον Piaget να κάνει λόγο για ενεργό μάθηση. Στο ανακαλυπτικό διδακτικό μοντέλο οι μαθητές αποκτούν τη γνώση μέσα από διερευνητικές δραστηριότητες, καθώς υποστηρίζεται ότι η εμπειρία προηγείται της θεωρίας. Σε αντίθεση με το παραδοσιακό μοντέλο, το μοντέλο της ανακαλυπτικής μάθησης είναι μαθητοκεντρικό και οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες παρατήρησης, καταγραφής δεδομένων, σύγκρισης, ταξινόμησης, κατηγοριοποίησης, ανάλυσης των δεδομένων, προβλέψεων, διατύπωσης γενικεύσεων και εξαγωγής συμπερασμάτων. Οι δεξιότητες που αποκτούν οι μαθητές οφείλονται στην δράση των μαθητών ως ερευνητές με τον εκπαιδευτικό να έχει το ρόλο του καθοδηγητή (*Παιδαγωγική Γνώση Του Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών - Bookchoice.Gr*, n.d.). Τα στάδια διδασκαλίας του μοντέλου είναι:

a) Προσανατολισμός
b) Διατύπωση και έλεγχος υποθέσεων
c) Εφαρμογή της νέας γνώσης
d) Αξιολόγηση της νέας γνώσης

Η εφαρμογή του ανακαλυπτικού μοντέλου δημιούργησε δυσκολίες λόγω της άποψης των εκπαιδευτικών ότι οι μαθητές δεν έχουν άποψη για τον κόσμο και η νέα γνώση ξεκινάει από μηδενική βάση. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι μαθητές να διατηρούν τις αρχικές, ενδεχομένως, λανθασμένες αντιλήψεις. Όπως αποδείχτηκε, οι αρχικές γνώσεις των μαθητών παίζουν καθοριστικό ρόλο στη

διδασκαλία. Επιπλέον, λόγω αυτού, οι εκπαιδευτικοί δεν ήταν κατάλληλα προετοιμασμένοι να εφαρμόσουν το ανακαλυπτικό μοντέλο, περιορίζοντας περεταίρω την αποτελεσματικότητά του.

Το πρόβλημα αυτό λύθηκε με το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης το οποίο έχει την ίδια βάση με το ανακαλυπτικό με τη διαφορά ότι στο πρώτο λαμβάνονται υπόψιν οι αρχικές γνώσεις των μαθητών και η διδασκαλία του μαθήματος οργανώνεται με στόχο την άρση των εναλλακτικών ιδεών.

1.1.4.3 Εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης

Το εποικοδομητικό μοντέλο κυριάρχησε στις δεκαετίες του 1980 και 1990 με υποστηρικτές τον Piaget, Vygotsky και Dewey και είχε ως βάση τον κονστρουκτιβισμό. Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας στηρίζεται στην οικοδόμηση της μάθησης τόσο από προϋπάρχουσες νοητικές αναπαραστάσεις τους, όσο και από τη διδασκαλία. Μιας και η Φυσική μελετά φυσικά φαινόμενα, οι μαθητές έχουν τις προσωπικές τους ιδέες οι οποίες όταν έρθουν σε επαφή με ένα νέες έννοιες, συγκρούονται. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να διαχειριστεί αυτή τη σύγκρουση, ανιχνεύοντας αρχικά τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών με σκοπό να διευκολύνει την εισαγωγή της νέας γνώσης. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού κατά την εκπαιδευτική διαδικασία είναι αρκετά απαιτητικός και καθοριστικός αφού ο εκπαιδευτικός ερευνά τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και καθοδηγεί τον μαθητή να οδηγηθεί μόνο του σε νέα γνώση. Θα πρέπει να κατέχει εξολοκλήρου την επιστημονική γνώση και να σχεδιάσει την διδασκαλία σύμφωνα με την ηλικία, το γνωστικό υπόβαθρο και τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών (Stylos et al., 2010a; Κώτσης, 2006). Ο μαθητής αποκτά τη νέα γνώση αναγνωρίζοντας τη διαφορά ανάμεσα στην προϋπάρχουσα και τη νέα γνώση, βασισμένος στις απόψεις που είχε ο ίδιος πριν τη διδασκαλία του μαθήματος καθώς και στις απόψεις των συμμαθητών του. Η εφαρμογή πειραμάτων επιβεβαιώνει ή διαψεύδει τις αρχικές υποθέσεις και η μεταγνώση έρχεται μέσα από σύγκρουση των προϋπάρχοντων απόψεων και της νέας γνώσης. Η μεταγνώση αφορά τη συνειδητοποίηση, από την πλευρά των μαθητών, της γνωσιακής τους πορείας (Chalkia, 2012).

Οι φάσεις του εποικοδομητικού μοντέλου διδασκαλίας είναι οι εξής:

a) Προσανατολισμός

b) Ανάδειξη των ιδεών των μαθητών
c) Εισαγωγή της νέας γνώσης
d) Εφαρμογή των νέων ιδεών των μαθητών
e) Ανασκόπηση

Συγκρίνοντας τις τρεις διδακτικές προσεγγίσει μπορεί να πει κανείς ότι οι μαθητές από παθητικοί παρατηρητές και αποδέκτες της γνώσης (παραδοσιακό μοντέλο) μετατρέπονται σε ενεργούς ερευνητές (ανακαλυπτικό), οι οποίοι υποθέτουν και διεξάγουν συμπεράσματα μέσα από πειράματα που άρουν τις εναλλακτικές τους ιδέες. Αντίστοιχα ο εκπαιδευτικός κινείται μεταξύ του κυρίαρχου και αποκλειστικού κατόχου της γνώσης, στο παραδοσιακό μοντέλο και του καθοδηγητή στο ανακαλυπτικό στον ακόμα πιο απαιτητικό ρόλο που έχει κατά την ανίχνευση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών στο εποικοδομητικό (Chalkia, 2012).

1.2 Χρήση ΤΠΕ στη διδασκαλία της Φυσικής

1.2.1 Γενικά-Ορισμός

Ο όρος «ΤΠΕ» (Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών) αποτελεί την ελληνική απόδοση του διεθνούς όρου «ICT» (Information and Communication Technologies) και περιλαμβάνει όλες τις ψηφιακές τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για τη διαχείριση της ψηφιακής πληροφορίας και τη μετάδοσή της μέσω του διαδικτύου. Στον όρο ΤΠΕ, ο οποίος σήμερα ως ισοδύναμη έννοια των ψηφιακών τεχνολογιών (Suduc et al., 2011) συμπεριλαμβάνεται ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η μελέτη, η εφαρμογή, και η διαχείριση των πληροφοριακών συστημάτων. Οι ΤΠΕ χρησιμοποιούνται με στόχο τη βελτίωση του επιπέδου μάθησης και των μαθησιακών αποτελεσμάτων (καλλιέργεια δεξιοτήτων, διατήρηση της γνώσης στη μακροχρόνια μνήμη) και είναι τόσο σημαντική η χρήση τους ώστε να θεωρούνται για αποτελεσματικότερη μάθηση (Oluwaseyi & Gbemisola, 2015).

Η ταχύτατη ανάπτυξη των Επιστημών έχει προκαλέσει ραγδαία εξέλιξη των ΤΠΕ τα τελευταία χρόνια επηρεάζοντας σημαντικά την καθημερινότητα του σύγχρονου ανθρώπου. Τα σύγχρονα παιδιά έρχονται σε επαφή με ΤΠΕ από πολύ μικρή ηλικία αφού περιβάλλονται στο στενό τους οικογενειακό, σχολικό, και ευρύτερο περιβάλλον από τεχνολογικά επιτεύγματα. Τα σημερινά παιδιά είναι τόσο εξοικειωμένα με τη χρήση των ΤΠΕ αφού είναι μεγαλωμένα σε ένα πλούσιο τεχνολογικά περιβάλλον από πολύ μικρή ηλικία που χαρακτηρίζονται ως «ψηφιακοί ιθαγενείς» (Prensky, 2001).

Εικόνα 1: Η εικόνα αποτυπώνει την εξοικείωση των παιδιών με την τεχνολογία από πολύ μικρή ηλικία («ψηφιακοί ιθαγενείς»)
Πηγή:https://www.sarajevomag.net/entipa/teuhos_97/i97_p17_spirit1.html

Η εξοικείωση των παιδιών με τη χρήση των ΤΠΕ και οι σύγχρονες απαιτήσεις μόρφωσης, κατάρτισης και δεξιοτήτων, επιτάσσουν την ένταξη των ΤΠΕ σε όλα τα στάδια του εκπαιδευτικού συστήματος. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ανάγκη για προσαρμογή της εκπαιδευτικής διαδικασίας στις απαιτήσεις της νέας πραγματικότητας, αξιοποιώντας τη χρήση των ΤΠΕ. Έτσι τα τελευταία χρόνια η εισαγωγή των ΤΠΕ στο σχολείο είναι μια πραγματικότητα (Suduc et al., 2011). Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής και οι εφαρμογές του χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην εκπαιδευτική διαδικασία υποστηρίζοντας τις μεθόδους διδασκαλίας και κάνοντας το μάθημα πιο ενδιαφέρον για τους μαθητές. Η χρήση της τεχνολογίας ευνοεί κυρίως μεθόδους όπως η ανακαλυπτική- διερευνητική μάθηση που προωθούν την ενεργό συμμετοχή των μαθητών, αφού οι τελευταίοι έχουν την ευκαιρία να παρατηρήσουν, να συνεργαστούν, να πειραματιστούν κ.α.(Αγγελίδης, n.d.). Επιπλέον, ο ρόλος του δασκάλου στην τάξη διαφοροποιείται και το παραδοσιακό σχολείο μετατρέπεται σ' ένα νέο τύπο σχολείου, όπου ο ρόλος του εκπαιδευτικού που κατείχε την πληροφορία και τη γνώση και τη μετέδιδε στο μαθητή γίνεται συμβουλευτικός και καθοδηγητικός. Ο μαθητής κατακτά την πληροφορία και την γνώση μέσω των ΤΠΕ, λειτουργώντας ως ερευνητής, καλλιεργώντας έτσι πολλές άλλες δεξιότητες. Με τη χρήση των ΤΠΕ οι μαθητές έχουν άμεση πρόσβαση σε ένα μεγάλο εύρος πληροφοριών τις οποίες μπορούν με ευκολία να τις αποθηκεύσουν ή να τις διαμοιράσουν (Mendez Coca, 2015). Οι ΤΠΕ μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα γνωστικά αντικείμενα, σε εξατομικευμένη/διαφοροποιημένη διδασκαλία ενισχύοντας τις μεθόδους διδασκαλίας, προσφέροντας δυνατότητα προσαρμογής στους διδακτικούς στόχους και στις ατομικές ανάγκες των μαθητών. Η χρήση ΤΠΕ ενισχύει τη διαδραστικότητα του μαθήματος, συμβάλλει στην ανακαλυπτική, διερευνητική μάθηση και κατ' επέκταση στην αυτονομία του μαθητή. Επίσης προωθεί τόσο την συνεργασία μεταξύ των μαθητών για την επίτευξη ενός κοινού στόχου, όσο και την κοινωνική τους αλληλεπίδραση, ενισχύοντας την ομαδοκεντρική μέθοδο διδασκαλίας. Οι ΤΠΕ χρησιμοποιούνται και σε περιπτώσεις όπου ο εκπαιδευτικός αναθέτει στους μαθητές ένα Project, όπου οι μαθητές καλούνται να ερευνήσουν ένα θέμα χρησιμοποιώντας κατάλληλα εργαλεία. Η μέθοδος αυτή ανατρέπει τον δασκαλοκεντρικό και ενισχύει τον μαθητοκεντρικό τρόπο μάθησης (Nam, 2014; Nguyen, 2018).

Τέλος οι ΤΠΕ χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που είναι θεμιτό οι μαθητές να αποκτήσουν μια σφαιρική εικόνα για ένα γνωστικό αντικείμενο (Vavougios & Karakasidis, 2008).

Σημαντικό εργαλείο των ΤΠΕ αποτελεί ο διαδραστικός πίνακας ο οποίος παίζει καταλυτικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία από τότε που εισήχθη. Ο διαδραστικός πίνακας είναι μια ψηφιακή συσκευή συνδεδεμένη με υπολογιστή και βιντεοπροβολέα με δυνατότητα μετατροπής της γραφής, μέσω ειδικών μαρκαδόρων, σε ψηφιακή μορφή (Αγγελίδης, n.d.). Οι ενέργειες (επεξεργασία εγγράφων, προβολή βίντεο, επίδειξη εφαρμογών κ.α.) που πραγματοποιούνται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή «μεταφέρονται» αυτόματα στον διαδραστικό πίνακα. Η διαδραστικότητα αυτή ενισχύει τη συνεργατική και ενεργητική μάθηση ελκύοντας το ενδιαφέρον των μαθητών (Mendez Coca, 2015). Η χρήση του διαδραστικού πίνακα είναι σημαντική για τη συμμετοχή μαθητών με ειδικές ανάγκες, οι οποίοι ακολουθούν έναν διαφορετικό ρυθμό μάθησης (Αγγελίδης, n.d.).

1.2.2 Ο ρόλος του εκπαιδευτικού

Οι ΤΠΕ έφεραν αλλαγές στα προγράμματα σπουδών καθιστώντας αναγκαία τη διαφοροποίηση του ρόλου του εκπαιδευτικού. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού ο οποίος προηγουμένως ήταν απόλυτος, αυταρχικός και περιοριζόταν στην οργάνωση της διδακτέας ύλης γίνεται αδιαμφισβήτητα, πολλαπλός, πολυεπίπεδος και πιο απαιτητικός. Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να αποκτήσει καλή γνώση χειρισμού του υπολογιστή και κανόνων διδακτικής πραγμάτωσης των ΤΠΕ, έτσι ώστε να μπορεί να οργανώσει το με την χρήση των ΤΠΕ. Εξίσου σημαντικό είναι να είναι ενημερωμένος για τις πληροφορίες που υπάρχουν στο διαδίκτυο για το θέμα που πραγματεύεται. Η κατάλληλη πληροφόρηση του εκπαιδευτικού είναι απαραίτητη για τη σωστή καθοδήγηση των μαθητών αφού ο εκπαιδευτικός έχει το ρόλο του διαμεσολαβητή ανάμεσα στον μαθητή και την πηγή της πληροφορίας, που θα πρέπει ο μαθητής να ανακαλύψει, αλλά και για την προφύλαξή των μαθητών από τυχόν κινδύνους που περιέχουν οι πληροφορίες στο Internet (Akbar, 2016; Aykutlu et al., 2015; Masyhudianti et al., 2018).

1.2.3 ΦΕ και ΤΠΕ

Τα τελευταία χρόνια, οι ΤΠΕ έχουν ενσωματωθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία των Φυσικών Επιστημών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Η υποστήριξη της μάθησης με ΤΠΕ κρίνεται απαραίτητη για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και κατ' επέκταση της Φυσικής, αφού αναδεικνύουν το βιωματικό τρόπο μάθησης ως αποτελεσματικότερο σε σύγκριση με τον παραδοσιακό τρόπο μάθησης. Το αποτελεσματικότερο μάθημα με χρήση ΤΠΕ οφείλεται στη διαδραστικότητα των εφαρμογών, στη δυνατότητα αξιοποίησης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών και τη δυνατότητα δημιουργίας πιο εύκολων και ευφυών εργαλείων για πληρέστερες μορφές επικοινωνίας όπως είναι η εξ αποστάσεως εκπαίδευση. Υπάρχουν αρκετές μελέτες που αναφέρουν το αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών καθώς και την ενισχυμένη και ενεργό συμμετοχή τους όταν το μάθημα των ΦΕ υποστηρίζεται από τις ΤΠΕ (Newton & Rogers, 2001). Οι ΤΠΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία μάθησης προσφέροντας γρήγορη πρόσβαση σε υψηλής ποιότητας και σχετικές με τις ΦΕ πηγές (έγκυρα επιστημονικά άρθρα, προσομοιώσεις, φωτόδεντρο, εικόνες, βίντεο κ.α.). Έτσι μέσω των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία πέρα από το έντυπο βιβλίο χρησιμοποιείται ένα μεγάλο εύρος πληροφοριών που βρίσκονται στο διαδίκτυο, οι οποίες μπορεί να είναι και επίκαιρες. Επίσης το μάθημα μπορεί να λάβει χώρα και εκτός τάξης, κάτι που φάνηκε αρκετά χρήσιμο κατά την περίοδο της πανδημίας καθώς και σε άλλο χρόνο (ασύγχρονη διδασκαλία). Επιπλέον οι εφαρμογές των ΤΠΕ δεν απαιτούν τη χρήση του, λύνοντας το πρόβλημα των εκπαιδευτικών που εργάζονται σε σχολεία που δεν έχουν την απαραίτητη υποδομή (Potkonjak et al., 2016).

Παρά τα τόσα πλεονεκτήματα των ΤΠΕ, η χρήση τους δεν εγγυάται αποτελεσματική μάθηση. Η λανθασμένη χρήση των ΤΠΕ μπορεί να σταθεί εμπόδιο στη μάθηση. Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να χρησιμοποιούν την τεχνολογία ως εργαλείο υποστήριξης και να μην εστιάζεται σε αυτό η μαθησιακή διαδικασία.

1.3 Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΠΕ)

1.3.1 Τι είναι η ΕΠ

Όπως προαναφέρθηκε, τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία και η εκπαιδευτική διαδικασία που πλέον βασίζεται στην τεχνολογία, εξελίσσεται με γοργούς ρυθμούς. Οι υπολογιστές, οι διαδραστικοί πίνακες, η χρήση βίντεο και εφαρμογών, οι εφαρμογές πολυμέσων, οι προσομοιώσεις, η εικονική πραγματικότητα, τα εκπαιδευτικά παιχνίδια, οι πλατφόρμες σύγχρονης και ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης είναι μόνο μερικά παραδείγματα τεχνολογίας που αξιοποιούνται στο χώρο της εκπαίδευσης (Dror, 2008).

Ο όρος Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality) αποτελεί μια νέα τεχνολογία παραλλαγής του εικονικού περιβάλλοντος ή αλλιώς της Εικονικής Πραγματικότητας, μέσω της οποίας εικονικά αντικείμενα δύο ή τριών διαστάσεων ενσωματώνονται σε αντικείμενα τρισδιάστατου πραγματικού χώρου σε πραγματικό χρόνο. Η Εικονική Πραγματικότητα επιτρέπει στον χρήστη να εισχωρήσει σε ένα ψηφιακό περιβάλλον προσομοίωσης και να αλληλεπιδρά με αυτό χωρίς να παρεμβάλλεται το φυσικό περιβάλλον (Lee, 2012). Σε αντίθεση με την Εικονική Πραγματικότητα, η ΕΠ, συμπληρώνει, εμπλουτίζει και «επαυξάνει» τον πραγματικό κόσμο χωρίς να τον αντικαθιστά. Αυτό πραγματοποιείται μέσα από ένα υπολογιστικό σύστημα, χρησιμοποιώντας εικονικά αντικείμενα δύο ή τριών διαστάσεων και ενσωματώνοντάς τα σε αντικείμενα τρισδιάστατου πραγματικού χώρου σε πραγματικό (Milgram & Kishino, 1994; Potkonjak et al., 2016). Στην ΕΠ τα εικονικά και πραγματικά αντικείμενα συνυπάρχουν με τα πρώτα να φέρουν πληροφορίες οι οποίες ανιχνεύονται από τον χρήστη μέσω της όρασης και της ακοής (Potkonjak et al., 2016).

Εικόνα 2: Παράδειγμα ΕΠ σε βιβλίο. Πηγή:
https://techteacher.gr/επικαιρότητα/επαυξημένη-πραγματικότητα-augmented-reality/

Σήμερα υπάρχουν διάφορες εφαρμογές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ΕΠ οι οποίες εντάσσονται σε δύο κύριες κατηγορίες. Αυτές που βασίζονται στη θέση του χρήστη και προβάλουν την ΕΠ στην οθόνη των φορετών συσκευών (Head mounted Displays – HMD) που τοποθετούνται στο κεφάλι του χρήστη και αυτές που χρησιμοποιούν ένα αντικείμενο ή μια εικόνα και αξιοποιούνται είτε με μια φορητή συσκευή, είτε έναν προσωπικό υπολογιστή που διαθέτει κάμερα (Bronack, 2011; Cheng & Tsai, 2013; Dunleavy & Dede, 2014). Πιο συγκεκριμένα οι φορετές συσκευές μπορεί να διαθέτουν μία διάφανη οθόνη (οπτικές συσκευές) και ο χρήστης να βλέπει το πραγματικό περιβάλλον και τα εικονικά αντικείμενα πάνω σε αυτό ή να διαθέτουν μια αδιαφανή οθόνη που αποκόπτει τελείως τον χρήστη από το περιβάλλον (βιντεοσυσκευές). Στη δεύτερη περίπτωση το πραγματικό περιβάλλον έχει καταγραφεί και ψηφιοποιηθεί και προβάλλεται στον χρήστη. Κυκλοφορούν αρκετές φορετές συσκευές στο εμπόριο στα κράνη των μοτοσυκλετιστών, στους εργάτες των οικοδομών, στα αεροσκάφη και τα αυτοκίνητα, καθώς και στα γυαλιά ή τους φακούς επαφής. Όσον αφορά τις φορητές συσκευές, αυτές αποτελούνται από μια κάμερα στην οποία δεν συμβαίνει εμβύθιση στο επαυξημένο περιβάλλον. Ο χρήστης αντιλαμβάνεται το φυσικό του περιβάλλον το οποίο προβάλλεται μέσα από την οθόνη μαζί με τα εικονικά αντικείμενα που επικαλύπτουν τα πραγματικά. Εμβύθιση στο επαυξημένο περιβάλλον πραγματοποιείται μέσω

της χρήσης συσκευών προβολής (projector), όπου η εικόνα προβάλλεται σε όλο το χώρο (Goldiez, 2005).

Εικόνα 3: Χρήση ΕΠ στα κράνη των μοτοσυκλετιστών. Πηγή: https://www.shutterstock.com/el/search/augmented+reality+outdoor

Η ΕΠ εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1990 στις ΗΠΑ και από τότε έχει εφαρμοστεί σε διάφορους τομείς. Οι πρώτες προσπάθειες εφαρμογής της Επαυξημένης Πραγματικότητας έγιναν στη βιομηχανία, τον στρατό και την ιατρική, ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται κατά κόρον για εμπορικούς ή ψυχαγωγικούς σκοπούς, όπως η εφαρμογή Pokémon Go που έγινε ιδιαίτερα γνωστή. Η συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιεί την τοποθεσία των παικτών μέσω του Global Positioning System (GPS) του κινητού και δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να πιάνει Pokémon και να μονομαχεί με άλλους χρήστες (Serino et al., 2016).

Εικόνα 4: Εικόνα από την εφαρμογή Pokémon Go. Πηγή: https://unrealitymag.com/unova-stones-in-pokemon-go/

Η ΕΠ έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε διάφορους τομείς (Van Krevelen & Poelman, 2010):

1. Στην ιατρική κατά τη διάρκεια των χειρουργείων προβάλλοντας εικόνες από ακτινογραφίες, αξονικές ή μαγνητικές τομογραφίες πάνω στο σώμα του ασθενούς.
2. Στον τουρισμό, με την προβολή ενημερωτικού υλικού στα εκθέματα, τα μνημεία ή τα Μουσεία. Παράδειγμα χρήσης Επαυξημένης Πραγματικότητας στον τουρισμό αποτελεί η εφαρμογή Acropolis CHESS (Cultural Heritage Experiences through Socio-personal Interaction and Storytelling) που καθοδηγεί τους επισκέπτες και περιέχει διαδραστικές αφηγήσεις (Pujol et al., 2013). Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πλοήγηση των επισκεπτών στους αρχαιολογικούς χώρους.
3. Στην αρχιτεκτονική για την κατασκευή κτιρίων και την επίπλωση ενός σπιτιού προκειμένου να βοηθήσει τον αρχιτέκτονα, τον επιπλοποιό και τους καταναλωτές να φανταστούν το τελικό αποτέλεσμα.
4. Στην ψυχαγωγία για την παραγωγή κινηματογραφικών ταινιών.
5. Στην προώθηση προϊόντων, όταν για παράδειγμα εμφανίζεται το προωθούμενο προϊόν στο κέντρο γηπέδου κατά την παρακολούθηση του αγώνα.
6. Στην εκπαίδευση, όπου βίντεο, εικόνες, τρισδιάστατα γραφικά κ.α. που παράγουν συμπληρωματικές πληροφορίες εισάγονται στο φυσικό περιβάλλον, μέσω σάρωσης μιας εικόνας, μόνο χρησιμοποιώντας μια κινητή συσκευή. Η συνύπαρξη του πραγματικού και εικονικού κόσμου κινητοποιεί τους εκπαιδευόμενους, μεγιστοποιώντας το ενδιαφέρον τους και την ενεργό συμμετοχή τους.

Εικόνα 5: Εικόνα από την εφαρμογή Acropolis CHESS Πηγή: https://athenscentre.gr/chess-app-tested-acropolis-museum/

1.3.2 Ποια τα αναμενόμενα οφέλη της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία

Τα οφέλη της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι τα εξής:

i. Βελτίωση της αποτελεσματικότητας του μαθήματος: Η χρήση της ΕΠ βοηθάει τους μαθητές να διατηρούν τις γνώσεις που αποκομίζουν για περισσότερο χρόνο αφού η μάθηση γίνεται μέσω μιας ενεργού διαδικασίας. Επίσης η οπτικοποίηση δυσνόητων φαινομένων ή αφηρημένων εννοιών, που είναι αδύνατο να δούμε στο φυσικό περιβάλλον απλοποιεί τις έννοιες και συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση από τους μαθητές (Di Serio et al., 2013; Lee, 2012).

ii. Αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών: Η χρήση της ΕΠ κάνει το μάθημα πιο ενδιαφέρον, αυξάνει τα κίνητρα για μεγαλύτερη προσπάθεια και έχει σαν αποτέλεσμα την προσήλωση των μαθητών. Για παράδειγμα, το διάβασμα ενός κειμένου, που αφορά την ταχύτητα με την οποία κινούνται δύο σώματα όταν συγκρούονται είναι προφανές ότι είναι λιγότερο ενδιαφέρον από το να το βλέπεις να συμβαίνει στην «πραγματικότητα» μέσω της εφαρμογής (Di Serio et al., 2013; Kucirkova et al., 2014).

iii. Ανάπτυξη δεξιοτήτων: Οι εκπαιδευόμενοι χρησιμοποιώντας εφαρμογές της ΕΠ αναπτύσσουν δεξιότητες, όπως συνεργατικότητα, κριτική σκέψη και αναστοχασμό, δημιουργικότητα κ.α.(Kearney et al., 2012; Wasko, 2013; Wu et al., 2013).

iv. Αλληλεπίδραση με αντικείμενα μη διαθέσιμα ή επικίνδυνα: Η χρήση της ΕΠ δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να έρθουν σε «επαφή» με διάφορα

εικονικά αντικείμενα, που είναι είτε μη διαθέσιμα είτε επικίνδυνα είτε δημιουργήματα της φαντασίας (Wasko, 2013; Wu et al., 2013)

v. Εξατομικευμένη μάθηση: Η ΕΠ διαθέτει εργαλεία μέσα από τα οποία είναι δυνατόν ο εκπαιδευτικός να γνωρίζει άμεσα τις επιδόσεις των μαθητών.

vi. Μεγάλη ποικιλία πεδίων: Η ΕΠ εφαρμόζεται σε όλα τα γνωστικά αντικείμενα.

vii. Εξ αποστάσεως εκπαίδευση: Η ΕΠ βελτιώνει την εξ αποστάσεως εκπαίδευση και τη συνεργασία μαθητών-εκπαιδευτικών, αφού έτσι μπορούν πέρα από το να μοιράζονται ένα έγγραφο να μοιράζονται ένα κοινό μαθησιακό περιβάλλον.

viii. Σχολικά βιβλία: Η ΕΠ επιτρέπει στα σχολικά βιβλία να γίνονται διαδραστικά, ευχάριστα και διασκεδαστικά αφού εμπλουτίζονται με εικόνες, βίντεο, τρισδιάστατα αντικείμενα, κ.ά. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει η δυνατότητα χρήσης τρισδιάστατων αντικειμένων και εικόνων τις οποίες ο μαθητής μπορεί να τις περιστρέψει να τις μικρύνει, μεγεθύνει κ.τ.λ.. Ο εμπλουτισμός των πληροφοριών στα βιβλία δίνει τη δυνατότητα εκσυγχρονισμού τους με πληροφορίες του σήμερα, προσπερνώντας τη χρονοβόρα και δαπανηρή συγγραφή και εκτύπωση νέων βιβλίων (Spyrou et al., 2021).

1.3.3. Πως έχει εφαρμοστεί στη διδασκαλία της Φυσικής στο σχολικό περιβάλλον

Η αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην εκπαιδευτική διαδικασία πραγματοποιείται σε μικρό βαθμό σε σχέση με τις άλλες χώρες. Ωστόσο πραγματοποιούνται αρκετές μελέτες τα αποτελέσματα των οποίων παρακινούν τους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιήσουν την ΕΠ στη τάξη.

Η διδασκαλία της Φυσικής με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας εμφανίζει πολλά προβλήματα τα οποία θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν με χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας. Οι αφηρημένες έννοιες του παραδοσιακού μοντέλου διδασκαλίας μπορούν να οπτικοποιηθούν και σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχει και η δυνατότητα της προσομοίωσης και διεξαγωγής εικονικών πειραμάτων. Ειδικά η χρήση εικονικού εργαστηρίου έχει πολλά οφέλη όπως η ευελιξία, η εξοικονόμηση χρημάτων και η πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, οι οποίοι φαίνεται να αδιαφορούν για το μάθημα της Φυσικής.

Η τεχνολογία της ΕΠ έχει χρησιμοποιηθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία για τη διδασκαλία της αλληλεπίδρασης Γης - Ηλίου και της εναλλαγής ημέρας – νύχτας (Kerawalla et al., 2006), της Νευτώνειας δύναμης και κίνησης (Enyedy et al., 2012), του φωτός και της οπτικής (δυνατότητα τροποποίησης τους τύπου, της διαμέτρου, της καμπυλότητας του φακού κ.α.) (Wozniak et al., 2015), της κυρτότητας του φακού (Cai et al., 2013), της μηχανικής (Daineko et al., 2018; Morales et al., 2019), της κίνησης και της δύναμης (Fidan & Tuncel, 2019), της ελεύθερης πτώσης (Sung et al., 2019), του ηλεκτρομαγνητισμού (Harun et al., 2020; Ibáñez et al., 2014; Techakosit & Nilsook, 2015) και της ηλεκτρικής ενέργειας (Ibanez et al., 2015), της ελαστικής κρούσης (Wang et al., 2014), καθώς και της μεταφοράς της θερμότητας (Thees et al., 2020), με πολύ θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Η χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στηρίζεται στο εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης και την αλληλεπίδραση των μαθητών με τρισδιάστατα αντικείμενα (Lee,2012; Wasko, 2013) που έχει ως αποτέλεσμα τη μάθηση. (Dunleavy & Dede, 2014). Η ΕΠ μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί για την απεικόνιση ενός προσομοιωμένου πάγκου σε ένα εικονικό εργαστήριο που να αφορά όλα τα παραπάνω με τους μαθητές να τροποποιούν διαδραστικά τις ιδιότητες σαν να βρίσκονται σε ένα εργαστήριο και πειραματίζονται (Wulandari et al., 2021).

Μειονεκτήματα στη χρήση ΕΠ για τη διεξαγωγή εικονικών εργαστηρίων είναι ότι η προετοιμασία είναι αρκετά χρονοβόρα για τον εκπαιδευτικό αφού θα πρέπει να αναπτύξει την κατάλληλη εφαρμογή για το μάθημα και ο μαθητής δεν έρχεται σε επαφή με πραγματικό εργαστήριο, στο οποίο θα μπορούσε να αναπτύξει και άλλες δεξιότητες (Akçayir et al., 2016; Bronack, 2011; Potkonjak et al., 2016).

1.3.4 Εφαρμογές ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία

Καθώς η ΕΠ μπαίνει όλο και πιο πολύ στη ζωή μας δημιουργούνται όλο και περισσότερες εφαρμογές, παρέχοντας τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να αναζητήσουν, να κατεβάσουν και να χρησιμοποιήσουν μια εφαρμογή για το μάθημά τους. Οι εφαρμογές αυτές διατίθενται δωρεάν, είναι εύκολες στη χρήση και έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία αρκετών γνωστικών αντικειμένων, όπως των μαθημάτων των ΦΕ, της Πληροφορικής, της Ιστορίας κ.ά. Στον πίνακα 1 φαίνονται κάποιες εφαρμογές ΕΠ.

Πίνακας 1: Παραδείγματα εφαρμογών ΕΠ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εκπαιδευτική διαδικασία

Εφαρμογή	Μάθημα	Περιγραφή	Πηγή-Παραπομπή για περισσότερες πληροφορίες
Alive Studios	Μαθηματικά	Περιλαμβάνει αφίσες, κάρτες flash, κάμερα USB, εγχειρίδιο σχεδίου μαθήματος και εκπαιδευτικά βίντεο.	(George & Madanipour, 2021)
AR-3D Science	ΦΕ	Επιτρέπει τη διερεύνηση των αφηρημένων εννοιών των ΦΕ.	(Afiq et al., 2020)
ARLOON Geometry	Γεωμετρία	Χρησιμοποιείται για την καλύτερη κατανόηση γεωμετρικών στερεών, αφού οι μαθητές χρησιμοποιούν τρισδιάστατα μοντέλα γεωμετρικών στερεών, τα οποία μπορούν να τα δημιουργήσουν από την αρχή και να τα περιστρέφουν.	(*(PDF) Augmented Reality Applications in Mathematics and Geometry Education* | *Ilyas Akkus - Academia.Edu*, n.d.)
Arloon Plants	Βιολογία	Οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα τη δομή και τα μέρη των φυτών και έχουν τη δυνατότητα να το βλέπουν να αναπτύσσεται.	(Olim & Nisi, 2020)
Augment	Ιστορία και μαθήματα τέχνης	Η εφαρμογή αυτή περιέχει εργαλεία παρουσίασης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους εκπαιδευτικούς, για τη δημιουργία 3D αντικειμένων.	(Challenor & Ma, 2019)
AugThat!	ΦΕ, Ξένες γλώσσες,	Περιέχει 3-D δραστηριότητες που κάνουν το μάθημα	(Aljojo et al., 2020)

	Μαθηματικά, Γεωγραφία	διαδραστικό και διευκολύνουν την κατανόηση.	
Metaverse	Σε όλα τα μαθήματα	Οι μαθητές μπορούν να παρακολουθήσουν διαδραστικά παιχνίδια, κουίζ κ.α. χρησιμοποιώντας τον καθοδηγητικό δείκτη (QR code), τον οποίο οι μαθητές μπορούν να σκανάρουν, έχοντας κατεβάσει την αντίστοιχη εφαρμογή στο κινητό τους.	(Mystakidis, 2022)
Math Alive	Μαθηματικά	Οι μαθητές εξασκούνται στην αριθμητική μέσω ειδικών καρτών (trigger cards), που τοποθετούν κάτω από την κάμερα.	(Bruno, 2019)
Blippar	Σε όλα τα μαθήματα	Η εφαρμογή κάνει την ανάγνωση ενός βιβλίου διαδραστική και διασκεδαστική. Αυτό εξάπτει το ενδιαφέρον τον παιδιών και προάγει πιο «βαθιά» σκέψη. Με το Blippar, μπορούμε να επαυξήσουμε το βιβλίο με βίντεο, με ηχητικά, με τρισδιάστατα αντικείμενα. Οι μαθητές μπορούν να εγκαταστήσουν την εφαρμογή στο κινητό ή στο τάμπλετ.	(Țurcanu et al., 2018)

SchoolAR	Πληροφορική και Γεωγραφία	Η εφαρμογή αυτή δημιουργήθηκε με σκοπό να εμπλουτιστεί το σχολικό βιβλίο Πληροφορική της Α' γυμνασίου και το βιβλίο της Γεωγραφίας Στ δημοτικού με ψηφιακή πληροφορία (βίντεο, εικόνες, κουΐζ κ.α.).	(Sarkar et al., 2018; *SchoolAR: Η Γεωγραφία Γίνεται Τρισδιάστατη! – Ανοιχτές Τεχνολογίες Στην Εκπαίδευση*, n.d.)
Construct3D	Μαθηματικά και Γεωμετρία	Η εφαρμογή επιτρέπει την εξοικείωση με γεωμετρικές κατασκευές.	(Kaufmann & Schmalstieg, 2003)
Elements 4D	Χημεία	Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν τρισδιάστατα στοιχεία και να τα συνθέσουν.	(Yang et al., 2018)
GeoGoggle	Γεωγραφία	Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν τρισδιάστατη πυξίδα και να κάνουν υπολογισμούς για το γεωγραφικό πλάτος ή/και το γεωγραφικό μήκος ή/και την απόσταση που έχει ένα σημείο από αυτά κ.α.	(Goel Siddhant, 2014)
Sky Map	Φυσική και Γεωγραφία	Οι μαθητές μπορούν να παρατηρούν πλανήτες, αστέρια, χρησιμοποιώντας την πυξίδα των συσκευών του για προσανατολισμό.	(*ERIC - EJ980168 - The Future of Learning and Training in Augmented Reality, InSight: A Journal of Scholarly Teaching, 2012*, n.d.)
Google Expeditions	ΦΕ και Ιστορία	Επιτρέπει την περιήγηση των μαθητών σε μέρη που δυσκολεύονται να πάνε όπως ένα μουσείο ή σε μέρη που είναι αδύνατον να πάνε όπως	(Odlum, 2022)

		το διάστημα ή το εσωτερικό ενός κυττάρου	
Human Anatomy Atlas	Βιολογία	Η εφαρμογή περιλαμβάνει τρισδιάστατα μοντέλα του ανθρώπινου σώματος	(Fajrianti et al., 2021)
Humanoid 4D+	Βιολογία	Η εφαρμογή περιλαμβάνει διαδραστικές απεικονίσεις του ανθρώπινου σώματος με λεπτομέρειες για τα εκάστοτε όργανα, τα οποία οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν και να περιστρέψουν	(Granić & Marangunić, 2019)

1.4 Η διδασκαλία του 1ου Νόμου του Νεύτωνα

Οι ΦΕ και ειδικά η Φυσική αποτελεί έναν κλάδο μέσω του οποίου ερμηνεύεται ο κόσμος γύρω μας, όπως προαναφέρθηκε. Ωστόσο ένα μεγάλο μέρος των μαθητών δεν μπορεί να συνδέσει την πραγματικότητα με τις επιστημονικές γνώσεις που αποκτά στο σχολείο. Το μεγαλύτερο πρόβλημα το αντιμετωπίζουν οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης όταν καλούνται να αποσαφηνίσουν αφηρημένες έννοιες όπως π.χ. οι δυνάμεις. Η ρίζα του προβλήματος είναι η διαχείριση του μαθήματος η οποία συνήθως γίνεται παρακινώντας τους μαθητές να αποκτήσουν ένα σύνολο ορισμών και θεωριών (στείρα γνώση).

Η διδασκαλία των δυνάμεων πρέπει να στοχεύει στην κατανόηση των φυσικών φαινομένων και τη σύνδεσή τους με την καθημερινότητα για να αποτυπωθούν στους μαθητές ως βασικές έννοιες/ιδέες (key science concepts – big ideas), οι οποίες θα τους συντροφεύουν και μετά το σχολείο. Μια βασική έννοια η οποία δυσκολεύει τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι η κατανόηση του ότι για να αλλάξει η κινητική κατάσταση ενός σώματος απαιτείται η δράση κάποιας δύναμης ή αλλιώς τα σώματα αλλάζουν ταχύτητα μόνο αν δεχθούν κάποια δύναμη. Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα – Νόμος της αδράνειας αναφέρει πως ένα σώμα παραμένει στην ίδια κατάσταση ηρεμίας ή κίνησης με σταθερή ταχύτητα, εάν δεν ασκείται πάνω του καμία εξωτερική δύναμη (Saglam-Arslan & Devecioglu, 2010).

1.4.1 Διδακτικοί στόχοι της διδασκαλίας του 1ου Νόμου του Νεύτωνα

Οι μαθητές θα πρέπει με το πέρας του μαθήματος να:

- Κατανοήσουν ότι το άθροισμα των διανυσμάτων διαφέρει από το άθροισμα των απλών ποσοτικών μεγεθών.
- Μπορούν να ορίζουν την ισορροπία ενός σώματος ως ακινησία ή κίνηση με σταθερή ταχύτητα η οποία καθορίζεται από την μηδενική συνολική δύναμη που ασκείται στο σώμα.
- Αναγνωρίζουν την αδράνεια στη καθημερινή τους ζωή
- Συνδέσουν τον 1ο νόμο του Νεύτωνα με την καθημερινότητα.

1.4.2 Εναλλακτικές ιδέες στο 1ο Νόμο του Νεύτωνα

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα περιγράφονται στον πίνακα 2 που ακολουθεί.

Πίνακας 2: Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα

Εναλλακτική ιδέα	Πηγή
Όταν δεν υπάρχει κίνηση, δεν ασκούνται δυνάμεις.	(McDermott, 1998)
Όταν η ταχύτητα είναι μηδέν, τότε και η επιτάχυνση είναι μηδέν	(Kurniawan et al., 2019)
Για να κινείται ένα σώμα με σταθερή ταχύτητα θα πρέπει να ασκούνται σε αυτό δυνάμεις	(McDermott, 1998)
Όταν ένα σώμα κινείται, ασκείται στο σώμα δύναμη που έχει κατεύθυνση την κατεύθυνση της κίνησης	(McDermott, 1998)
Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν η δύναμη παύει να υπάρχει	(Kuczmann, 2017)
Η αδράνεια είναι η δύναμη που διατηρεί τα σώματα σε κίνηση	(Driver, Squires, Rushworth, et al., 2000)
Η επιτάχυνση και η ταχύτητα είναι πάντα στην ίδια κατεύθυνση	(Kuczmann, 2017)
Η αδράνεια σχετίζεται με την κατάσταση της κίνησης	(Driver, Squires, Rushworth, et al., 2000)
Όταν δεν υπάρχει βαρύτητα όλα τα σώματα κινούνται με την ίδια ευκολία	(Kuczmann, 2017)

Η τριβή είναι μια δύναμη που εξαρτάται από την κίνηση του σώματος και δεν εμφανίζεται στα αέρια σώματα	(Driver, Squires, Rushworth, et al., 2000)
Η τριβή προκαλεί ηλεκτρισμό	(Driver, Squires, Rushworth, et al., 2000)
Η τριβή δεν επηρεάζει την απόσταση την οποία θα διανύσουν δύο σώματα. Μόνο η αρχική δύναμη που ασκήθηκε σε αυτά επηρεάζει την απόσταση αυτή.	(Driver, Squires, Rushworth, et al., 2000)

1.5. Η διδασκαλία του 3ου Νόμου του Νεύτωνα

Ο τρίτος Νόμος του Νεύτωνα αναφέρεται στον νόμο Δράσης – Αντίδρασης. Κατά τη διδασκαλία του μαθήματος οι μαθητές καλούνται να κατανοήσουν ότι οι δυνάμεις υπάρχουν όταν δύο σώματα αλληλοεπιδρούν. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να αντιληφθούν ότι οι δυνάμεις εμφανίζονται στη φύση ανά ζεύγη και ασκούνται σε διαφορετικά σώματα όταν αυτά αλληλοεπιδρούν. Η διδασκαλία της Φυσικής γενικά αλλά και του 3ο Νόμου του Νεύτωνα βασίζεται κυρίως στην απομνημόνευση της θεωρίας και την εξάσκηση στα μαθηματικά. Η δυσκολία των μαθητών εμφανίζεται στην κατανόηση της έννοιας της δύναμης, της κατάστασης ισορροπίας και της αρχής διατήρησης της ορμής (Halloun & Hestenes, 1985; Savinainen et al., 2005; Terry & Jones, 1986). Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών αν δεν καταρριφθούν κατά το μάθημα συντροφεύουν τους μαθητές και στο πανεπιστήμιο οπού είναι πλέον δύσκολο να αλλάξουν. Για παράδειγμα υπάρχουν έρευνες που δείχνουν ότι οι φοιτητές πιστεύουν πως η ορμή δεν είναι διανυσματικό μέγεθος (Singh & Rosengrant, 2003).

1.5.1. Διδακτικοί στόχοι της διδασκαλίας του 3ου Νόμου του Νεύτωνα

Οι μαθητές θα πρέπει με το πέρας του μαθήματος να:

- Διαπιστώνουν πως οι δυνάμεις εμφανίζονται στη φύση πάντα σε ζεύγη, Δράση-Αντίδραση
- Διαπιστώνουν πως αν και η Δράση και η Αντίδραση είναι δυνάμεις αντίθετες δεν έχουν συνισταμένη μηδέν.
- Μπορούν να σχεδιάζουν τη δράση και την αντίδραση σε ένα σύστημα δύο σωμάτων, προσδιορίζοντας το σημείο εφαρμογής τη διεύθυνση και τη φορά.
- Διατυπώνουν με λέξεις και με σύμβολα τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα
- Μπορούν να εφαρμόζουν τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα

1.5.2. Εναλλακτικές ιδέες στον 3ο Νόμο του Νεύτωνα

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα περιγράφονται στον πίνακα 3 που ακολουθεί:

Πίνακας 3: Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα

Εναλλακτική ιδέα	Πηγή
Η δράση και η αντίδραση μπορούν να δρουν μόνο στο ίδιο σώμα.	(Halloun & Hestenes, 1985)
Το σώμα το οποίο κινείται δεν εξασκεί δύναμη στο σώμα που προκαλεί την κίνηση.	(Halloun & Hestenes, 1985)
Η ηρεμία είναι μα κατάσταση, στην οποία δεν επιδρά καμία δύναμη πάνω στο σώμα και για αυτό είναι ακίνητο.	(Driver, Squires, & Rushworth, 2000; Terry & Jones, 1986)

Η κάθετη αντίδραση που ασκείται πάνω σε ένα σώμα είναι πάντα ίση με το βάρος του . Η ισορροπία είναι αποτέλεσμα του τρίτου νόμου του Νεύτωνα Τα άψυχα σώματα δεν εξασκούν δυνάμεις	(Halloun & Hestenes, 1985) (Terry & Jones, 1986) (Driver, Squires, & Rushworth, 2000)

2. Σκοπός της εργασίας

Η αντιμετώπιση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, είναι μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις των εκπαιδευτικών, και ιδιαίτερα για τη διδασκαλία της Φυσικής, καθώς οι μαθητές έχουν πολλά παραδείγματα από τη καθημερινή τους ζωή. Ένα από τα κεφάλαια φυσικής που διδάσκονται οι μαθητές και έχουν δυσκολίες στο να ανατρέψουν τις ήδη υπάρχουσες αντιλήψεις τους είναι οι Νόμοι του Νεύτωνα, και πιο συγκεκριμένα ο 1ος και ο 3ος Νόμος.

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής ήταν αρχικά η εύρεση των εναλλακτικών ιδεών που έχουν οι μαθητές για τον 1ο και 3ο Νόμο του Νεύτωνα και εν συνεχεία η ενσωμάτωση της επαυξημένης πραγματικότητας στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας για την αντιμετώπιση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο διανεμήθηκε στους μαθητές της πρώτης, της δευτέρας και τρίτης Λυκείου στο Πρότυπο Λύκειο Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων. Από το ερωτηματολόγιο αυτό προέκυψαν οι εναλλακτικές ιδέες που διατηρούσαν οι μαθητές, παρά τη διδασκαλία του 1ου και 3ου Νόμου τα προηγούμενα χρόνια. Έπειτα, αναπτύχθηκαν εκπαιδευτικές δραστηριότητες επαυξημένης πραγματικότητας (με χρήση των ελεύθερων λογισμικών BLIPPAR και METAVERSE) και χρησιμοποιήθηκαν στην εκπαιδευτική διαδικασία. Έπειτα συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα των μαθητών της ομάδας ελέγχου (διδασκαλία χωρίς τη χρήση των δραστηριοτήτων επαυξημένης πραγματικότητας) έναντι της πειραματικής ομάδας στο ερωτηματολόγιο που αναπτύχθηκε, προκειμένου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.

3. Μεθοδολογία

3.1 Ερευνητικός σχεδιασμός

Σε αυτή τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές εμπλέκονται σε τέσσερις δραστηριότητες:

Αρχικά δημιουργήθηκαν τρεις δραστηριότητες με εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας με χρήση του ελεύθερου λογισμικού BLIPPAR, με στόχο να γίνει άρση εναλλακτικών ιδεών σε έννοιες που αφορούν τον 1ο και 3ο νόμο του Νεύτωνα.

1) Η πρώτη δραστηριότητα στοχεύει στην άρση των παρακάτω εναλλακτικών ιδεών:

- Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη.
- Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό.
- Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους.

Δημιουργήθηκε μια εφαρμογή ΕΠ, στην οποία ένα διαστημόπλοιο που ταξιδεύει στο διάστημα μένει από καύσιμα. Οι μαθητές διαπιστώνουν πως το διαστημόπλοιο συνεχίζει να κινείται παρόλο που δεν ασκείται σε αυτό καμία δύναμη (συνισταμένη των δυνάμεων μηδέν) και επιπλέον πως το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα.

2) Η δεύτερη δραστηριότητα στοχεύει στην άρση των παρακάτω εναλλακτικών ιδεών:

- Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης
- Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν αδράνεια

Οι εφαρμογές που δημιουργήθηκαν περιλάμβαναν επαυξήσεις βίντεο από παραδείγματα της καθημερινής ζωής, στις οποίες διαπιστώνεται πως τα

σώματα αντιστέκονται στην μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης και μάλιστα αυτό συμβαίνει είτε όταν τα σώματα είναι ακίνητα και θέλουμε να τα κινήσουμε ή όταν κινούνται και θέλουμε να τους αλλάξουμε την ταχύτητά τους. Διαπιστώνουν επίσης οι μαθητές πως στην αντίσταση αυτή των σωμάτων στην μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης, δεν εμπλέκεται κάποια δύναμη.

3) Η τρίτη δραστηριότητα στοχεύει στην άρση των παρακάτω εναλλακτικών ιδεών:

- Η δράση και η αντίδραση έχουν συνισταμένη μηδέν
- Υπάρχουν δυνάμεις που δεν εμφανίζονται σε ζεύγη
- Η αντίδραση, στη δύναμη του βάρους ενός σώματος που βρίσκεται πάνω σε μια επιφάνεια είναι στην επιφάνεια.

Οι εφαρμογές που δημιουργήθηκαν περιλάμβαναν επαυξήσεις στις οποίες οι μαθητές διαδραστικά διαπιστώνουν πως οι δυνάμεις παρουσιάζονται όλες σε ζεύγη και ασκούνται σε διαφορετικά σώματα.

4) Στο τέλος στην τέταρτη δραστηριότητα δημιουργήθηκε μία εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας με χρήση του ελεύθερου λογισμικού METAVERSE που στοχεύει στην εμπέδωση της διδαχθείσας ενότητας και στην αυτοαξιολόγηση από τους μαθητές.

3.2 Ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας

3.2.1 Εφαρμογές εκμάθησης

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

<u>Πρώτη Δραστηριότητα (1ος Νόμος του Νεύτωνα)</u>

1) **Σαρώστε την παρακάτω εικόνα (Blippar-2008321)**

Α) Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο μήλο;

.....
.....
.....
.....

Β) Πόση είναι η συνισταμένη των δυνάμων;

.....
.....
.....
.....

Γ) Ποια είναι η κινητική κατάσταση του μήλου;

.....
.....
.....
.....

2) **Σαρώστε την παρακάτω εικόνα (Blippar-1983105)**

Όταν στο διαστημόπλοιο τελειώνουν τα καύσιμα:

Α) Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο διαστημόπλοιο;

.....
.....
.....
.....

Β) Πόση είναι η συνισταμένη των δυνάμων;

.....
.....
.....
.....

Γ) Ποια είναι η κινητική κατάσταση του διαστημόπλοιου;

.....
.....
.....
.....

Συμπέρασμα:

Συμπληρώστε την παρακάτω πρόταση:

Όταν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι μηδέν, τότε το σώμα **ή**

.....
.....**ή**
.....
.....
.....
.....

(1ος Νόμος του Νεύτωνα).

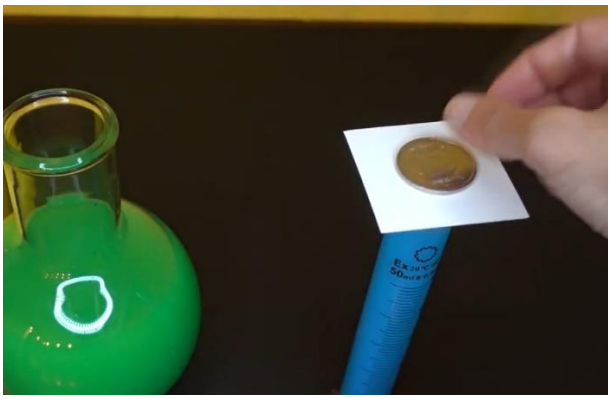
<u>Δεύτερη Δραστηριότητα (Αδράνεια)</u>

1)

Τι θα συμβεί στον όρθιο επιβάτη του λεωφορείου όταν αυτό ξεκινήσει απότομα;

……
……
……
……

2) Σαρώστε την παρακάτω εικόνα (Blippar-2035883)



Τι κοινό βρίσκετε στον όρθιο επιβάτη του λεωφορείου και στο κέρμα του βίντεο;

……
……
……
……
……
……
……
……

3) Σαρώστε την παρακάτω εικόνα (Blippar-2020120)

Θεωρείται πως η απομάκρυνση των σταγόνων νερού από τον σκύλο και τον άνθρωπο, είναι αποτέλεσμα της άσκησης μιας δύναμης πάνω σε αυτές;

.....
.....
.....
.....

4) Σαρώστε την παρακάτω εικόνα (Blippar-2031472)

Διαπιστώσατε πως οι επιβάτες του αυτοκινήτου και τα αντικείμενα μέσα σε αυτό συνεχίζουν να κινούνται γιατί ασκούνται δυνάμεις πάνω τους;

.....
.....
.....
.....

Συμπέρασμα:

Τα σώματα έχουν την ιδιότητα να αντιστέκονται στην αλλαγή της
……..……
……
……..……
……

Η **ιδιότητα** αυτή λέγεται **αδράνεια.** Μέτρο της αδράνειας είναι η μάζα του σώματος.

(Μεγαλύτερη μάζα-Μεγαλύτερη αδράνεια)

<u>Τρίτη Δραστηριότητα (Δράση-Αντίδραση)</u>

> **"Όταν δύο σώματα αλληλοεπιδρούν και το πρώτο ασκεί δύναμη $\vec{F}$ στο δεύτερο, τότε και το δεύτερο ασκεί αντίθετη δύναμη $-\vec{F}$ στο πρώτο"**

1) Σαρώστε την παρακάτω εικόνα (Blippar-2008449)

Α) Πόσες και ποιες δυνάμεις (δράσεις) ακούνται στο δέμα;

……
……
……
……

……
……
……
……

Β) Γράψτε για κάθε δύναμη (δράση) πάνω στο δέμα, την αντίστοιχη αντίδρασή της και σε ποιο σώμα ασκείται. (Τα ζεύγη των δυνάμεων δράση-αντίδραση)

.....
.....
.....
.....

.....
.....

Γ) Μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων κάθε ζεύγους δράσης-αντίδρασης;

.....
.....
.....
.....

1) Σαρώστε την παρακάτω εικόνα (Blippar-1988790)

Καταγράψτε τρία ζεύγη δυνάμεων που υπάρχουν στην εφαρμογή:

Α).....
.....
.....

Β).....
.....
.....

Γ).....
.....
.....

Διαπιστώσατε πως οι δυνάμεις σε κάθε ζεύγος ασκούνται στο ίδιο σώμα:.....
.....

.....

Διαπιστώσατε πως ο νόμος Δράσης- Αντίδρασης έχει ισχύ μόνο σε δυνάμεις επαφής:.....
.....
.....

2) Σαρώστε την παρακάτω εικόνα (Blippar- 2030606)

Στηριχθείτε στον 3ο νόμο νόμο του Νεύτωνα (Δράσης-Αντίδρασης) και δώστε μια εξήγηση για το πως επιτυγχάνεται η κίνηση του διαστημόπλοιου στο βίντεο που παρακολουθείτε.

.....
.....
.....
.....

.....
.....

.....

<u>Τέταρτη Δραστηριότητα (Εμπέδωση-έλεγχος)</u>

Σαρώστε τον παρακάτω qr code (metaverse)

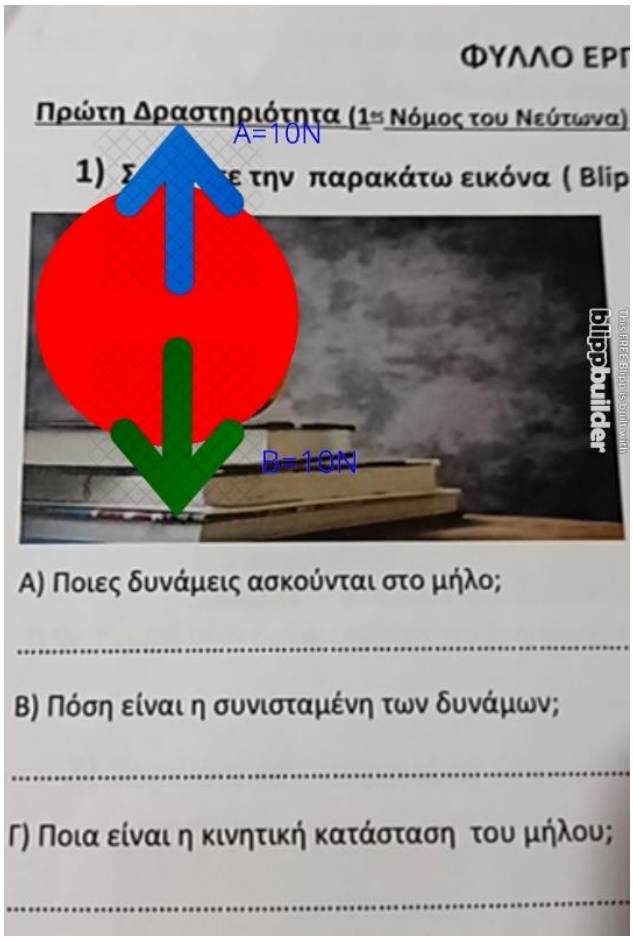
Newton
Μπορείς να σκανάρεις τον QR CODE

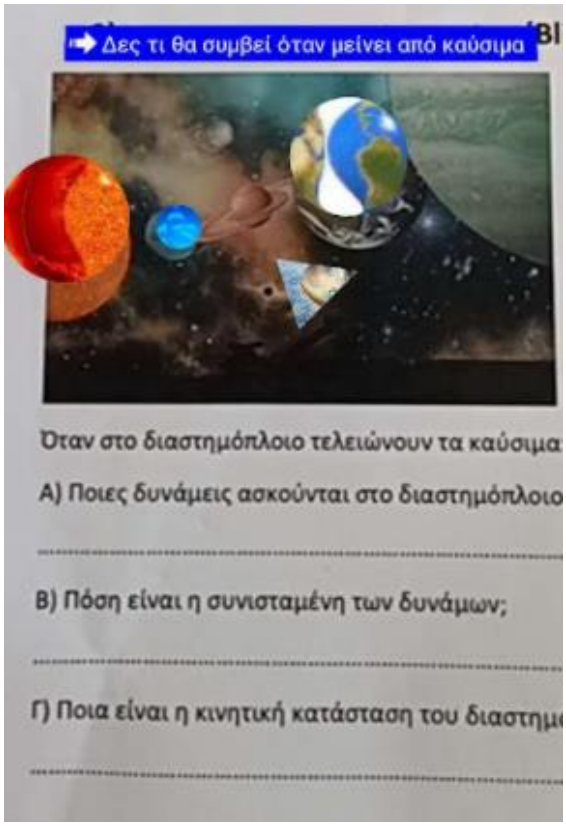
Scan the code with your phone to open this experience

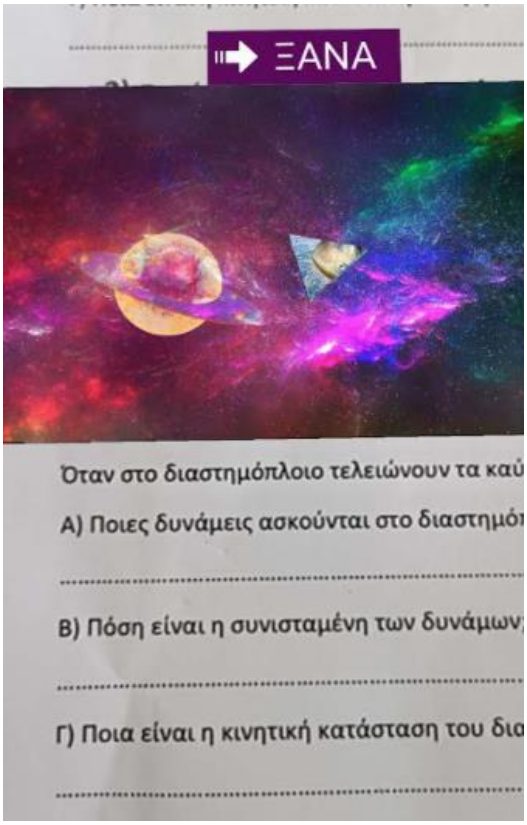
3.2.2 Εφαρμογών επαυξήσεις

Παρακάτω απεικονίζονται στιγμιότυπα από:

1)Επαυξήσεις για την πρώτη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας (BLIPPAR):







2) Επαυξήσεις για την <u>δεύτερη</u> δραστηριότητα του φύλλου εργασίας (BLIPPAR):

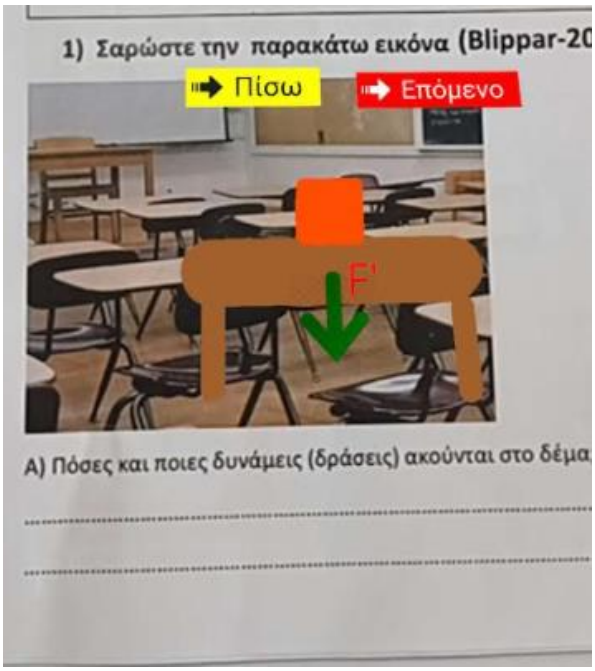
Στη δεύτερη δραστηριότητα οι επαυξήσεις αφορούν **τρία βίντεο** που μπορούν να δουν οι μαθητές όταν σαρώνουν τις αντίστοιχες εικόνες στόχους. Στο **πρώτο βίντεο** παρουσιάζεται ένα πείραμα που εμφανίζονται τα αποτελέσματα της αδράνειας σε ένα κέρμα, στο οποίο μετακινείται απότομα το χαρτί πάνω στο οποίο βρίσκεται.

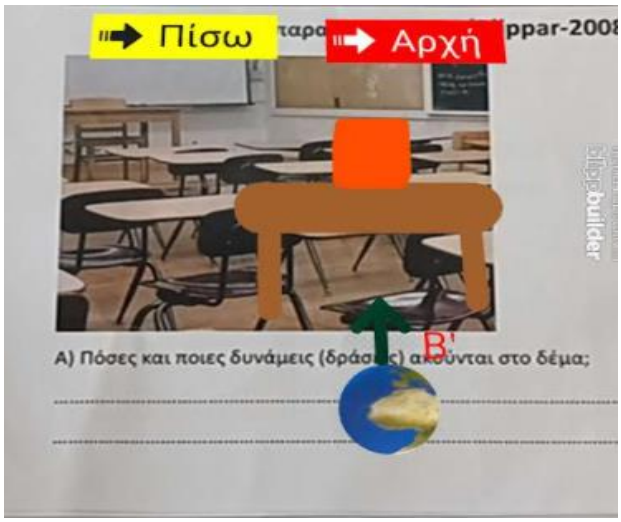
Στο **δεύτερο βίντεο** εμφανίζονται διάφορες σκηνές από την καθημερινή ζωή στις οποίες διαπιστώνεται η αρχή της Αδράνειας, όπως για παράδειγμα ένα βρεγμένο σκυλί που τινάζει το κεφάλι του, για να απομακρυνθούν από πάνω του οι σταγόνες του νερού και άλλες σκηνές τις καθημερινότητας.

Το **τρίτο βίντεο** παρουσιάζει ένα αυτοκίνητο το οποίο φρενάρει απότομα και όλα τα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα σε αυτό καθώς και οι επιβάτες του, συνεχίζουν την κίνησή τους.

3) Επαυξήσεις για την τρίτη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας (BLIPPAR):

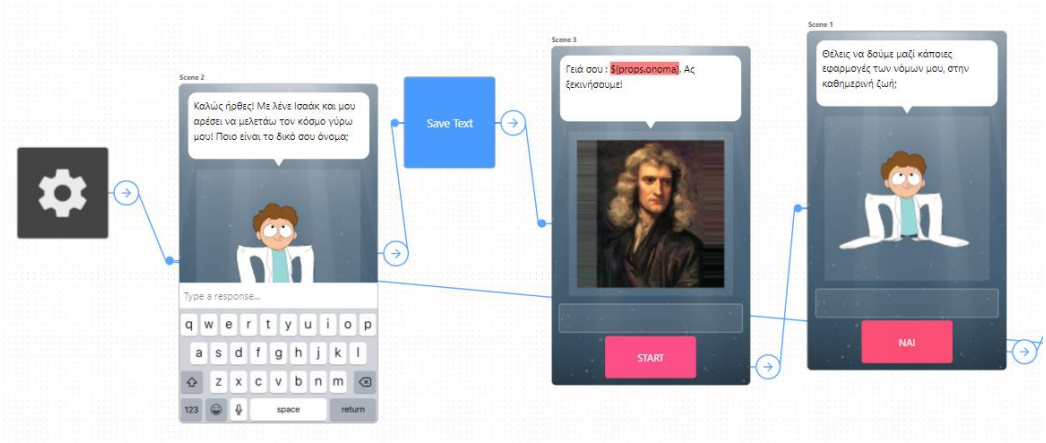
Αρχικά ζητάται από τους μαθητές να βρούν πόσες και ποιες δυνάμεις ασκούνται στο δέμα που βρίσκεται πάνω στο θρανίο. Στη συνέχεια με χρήση της εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας οι μαθητές βλέπουν τις αντιδράσεις αυτών των δυνάμεων και πού εφαρμόζονται αυτές. Η επανάληψη συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση.





4) Επαυξήσεις για την τέταρτη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας που έχουν ως στόχο τον έλεγχο και την αυτοαξιολόγηση της διδαχθείσας ενότητας (METAVERSE):

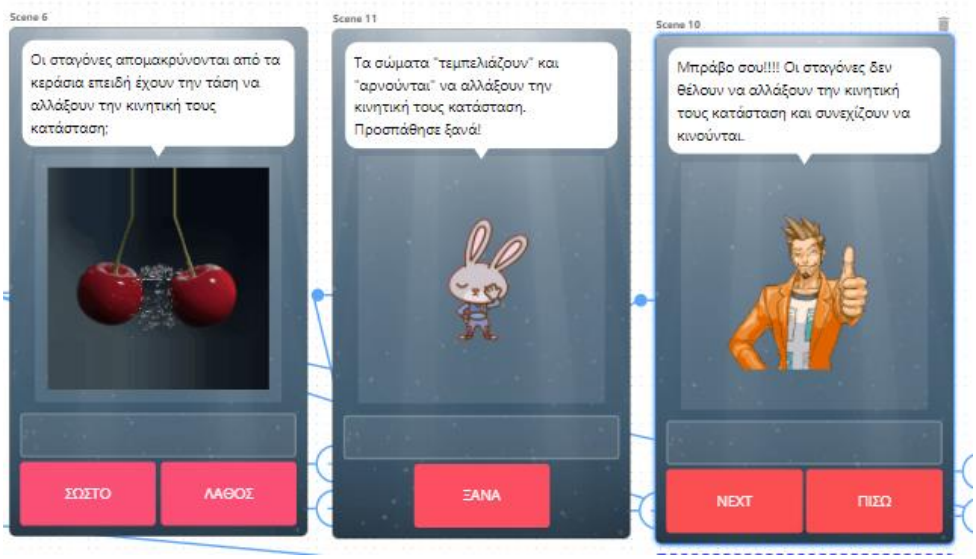
Με χρήση της εφαρμογής METAVERSE, έχουμε τις παρακάτω επαυξήσεις:



Στη συνέχεια, οι μαθητές βλέπουν μία κινούμενη εικόνα (gif) στην οποία ένας οδηγός αυτοκινήτου προσκρούει με το αυτοκίνητό του πάνω σε ένα εμπόδιο με αποτέλεσμα αυτός να εκτινάσσεται. Οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν εάν είναι σωστή ή λάθος η πρόταση: «Ο οδηγός εκτινάσσεται επειδή ασκείται πάνω του μια δύναμη»

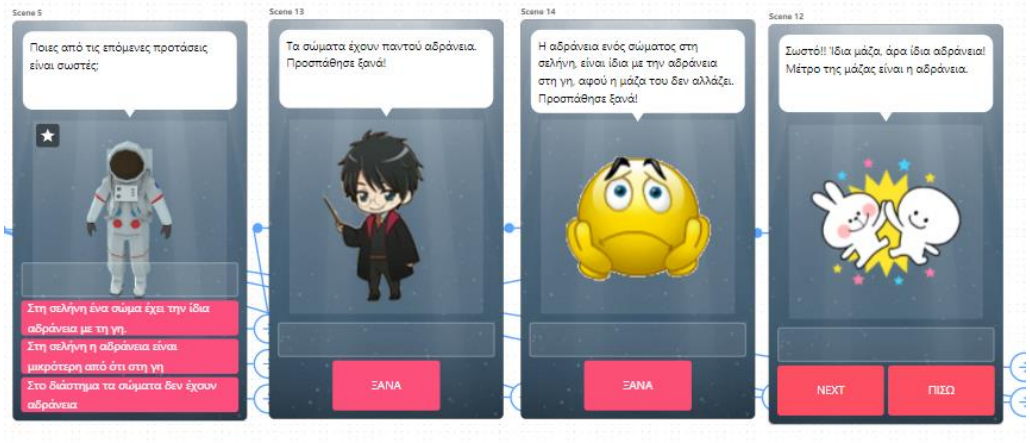
Μετέπειτα μέσα από την επαύξηση παρακολουθούν ένα μικρό βίντεο στο οποίο συγκρούονται δύο βρεγμένα κεράσια και καλούνται να επιλέξουν εάν είναι σωστή ή λάθος η πρόταση: «Οι σταγόνες νερού που βρίσκονται πάνω στα

κεράσια απομακρύνονται επειδή έχουν την τάση να αλλάξουν την κινητική τους κατάσταση»



Στη συνέχεια ένας κινούμενος αστροναύτης τους καλεί να επιλέξουν ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές:

1) Στη Σελήνη ένα σώμα έχει την ίδια αδράνεια με τη Γη.
2) Στη Σελήνη η αδράνεια του σώματος είναι μικρότερη από ότι στη Γη.
3) Στο διάστημα τα σώματα δεν έχουν αδράνεια.



Επίσης δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουν τη σωστή απάντηση στα παρακάτω:

Ομοίως στην παρακάτω κινούμενη εικόνα, καλούνται να επιλέξουν που βρίσκεται η αντίδραση από το βάρος ενός ατόμου που κάθεται στην καρέκλα του γραφείου του.

3.3 Ερωτηματολόγιο 1

ΣΧΟΛΕΙΟ: ΠΡΟΤΥΠΟ ΛΥΚΕΙΟ ΖΩΣΙΜΑΙΑΣ ΣΧΟΛΗΣ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΑΞΗ	ΤΜΗΜΑ	ΑΓΟΡΙ ☐ ΚΟΡΙΤΣΙ ☐

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1) **Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη.**

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

2) **Για να σταματήσει να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκηθεί πάνω σε αυτό μία δύναμη.**

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

3) **Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό.**

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

4) **Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους**

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

5) **Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης**

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

6) **Στο διάστημα τα σώματα έχουν αδράνεια**

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

7) **Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν αδράνεια**

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

Ο νόμος Δράσης-Αντίδρασης ισχύει και όταν τα σώματα κινούνται

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

8) Ο νόμος της Δράσης-Αντίδρασης ισχύει για όλα τα είδη των δυνάμεων (επαφής και απόστασης)

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

10) Λόγω έλλειψης βαρύτητας δεν θα μπορούσε ένας αστροναύτης στο διαστημόπλοιο να απομακρύνει τινάζοντάς τις σταγόνες από τα βρεγμένα χέρια του.

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

11) Σώμα το οποίο έχει στη γη μάζα 20 κιλά, όταν μεταφερθεί στη σελήνη έχει την ίδια μάζα

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

12) Όσο μεγαλύτερο όγκο έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη αδράνεια έχει.

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

13) Το αυτοκίνητό μου έμεινε από βενζίνη στη μέση του δρόμου. Μπορώ από το κάθισμά μου σπρώχνοντας πολύ δυνατά το ταμπλό του αυτοκινήτου, να το μετακινήσω.

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

14) Όταν κάποιος στέκεται όρθιος και ακίνητος, ασκούνται πάνω σου δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις, η δύναμη του βάρους και η αντίδραση από το δάπεδο. Αυτές οι δύο δυνάμεις αποτελούν ένα ζεύγος δράσης αντίδρασης.

ΣΩΣΤΟ ☐ ΛΑΘΟΣ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

15) Ένα διαστημόπλοιο ταξιδεύει στο διάστημα με ορισμένη ταχύτητα και ξαφνικά λόγω βλάβης δεν λειτουργούν οι κινητήρες του. Τι από τα παρακάτω θα συμβεί:

Α) Το διαστημόπλοιο θα σταματήσει

Β) Το διαστημόπλοιο θα μειώσει την ταχύτητά του

Γ) Το διαστημόπλοιο θα συνεχίσει να ταξιδεύει με την ίδια ταχύτητα

Δ) Δεν ξέρω

16) Κατά την σύγκρουση ενός τρένου με ένα αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο συνθλίβεται:

Α) Γιατί το αυτοκίνητο έχει μικρότερο βάρος

Β) Γιατί το αυτοκίνητο έχει μικρότερη μάζα

Γ) Γιατί το αυτοκίνητο δέχεται μεγαλύτερη δύναμη

Δ) Γιατί το αυτοκίνητο κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα

Ε) Δεν ξέρω

17) Όταν ένα κιβώτιο τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, τότε η αντίδραση της δύναμης του βάρους του, είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο :

Α) Στο έδαφος

Β) Στο τραπέζι

Γ) Στη γη

Δ) Δεν ξέρω

18) Βρισκόμαστε σε κινούμενο αυτοκίνητο και αφήνουμε από το ανοικτό παράθυρο να πέσει ένα μήλο.

Α) Το μήλο θα πέσει στο έδαφος ακριβώς στο σημείο που το αφήσαμε

Β) Το μήλο θα πέσει στο έδαφος πιο μπροστά από το σημείο που το αφήσαμε

Γ) Το μήλο θα πέσει στο έδαφος πιο πίσω από το σημείο που το αφήσαμε

Δ) Δεν ξέρω

19) Όταν κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα, το νόμισμα θα πέσει:

Α) Μπροστά από εσάς

Β) Πίσω από εσάς

Γ) Ακριβώς πάνω σε εσάς

Δ) Δεν ξέρω

20) Κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα. Όταν το νόμισμα βρίσκεται στον αέρα το λεωφορείο φρενάρει απότομα. Το νόμισμα θα πέσει:

Α) Μπροστά από εσάς
Β) Πίσω από εσάς
Γ) Ακριβώς πάνω σε εσάς
Δ) Δεν ξέρω

21) Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά;

Α) 50 Νιούτον
Β) 500 Νιούτον
Γ) Μηδέν Νιούτον
Δ) 50 κιλά
Ε) Δεν ξέρω

22) Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 80 κιλά. Στη συνέχεια στέκεστε πάνω σε δύο ζυγαριές με το κάθε πόδι σας σε κάθε ζυγαριά και το βάρος σας μοιρασμένο εξίσου. Ποια θα είναι η ένδειξη της κάθε ζυγαριάς;

Α) 80 κιλά η κάθε μία
Β) 40 κιλά η κάθε μία
Γ) 50 κιλά η κάθε μία
Δ) Δεν ξέρω

23) Καταφέρνουμε να βαδίσουμε γιατί:

Α) Εμείς σπρώχνουμε το έδαφος προς τα πίσω και το έδαφος σπρώχνει εμάς προς τα μπροστά
Β) Γιατί εμείς σπρώχνουμε το έδαφος προς τα κάτω και το έδαφος σπρώχνει εμάς προς τα πάνω
Γ) Γιατί λόγω αδράνειας διατηρούμε την κίνησή μας
Δ) Δεν ξέρω

3.4 Ερωτηματολόγιο 2

ΣΧΟΛΕΙΟ: ΠΡΟΤΥΠΟ ΛΥΚΕΙΟ ΖΩΣΙΜΑΙΑΣ ΣΧΟΛΗΣ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΑΞΗ	ΤΜΗΜΑ	ΑΓΟΡΙ ☐ ΚΟΡΙΤΣΙ ☐

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1) **Ήταν εύκολες οι εφαρμογές στη χρήση τους;**				
Διαφωνώ πολύ	Διαφωνώ	Ουδέτερος/η	Συμφωνώ	Συμφωνώ πολύ

2) Οι εφαρμογές βοήθησαν να γίνουν ποιο κατανοητές οι έννοιες της φυσικής;				
Διαφωνώ πολύ	Διαφωνώ	Ουδέτερος/η	Συμφωνώ	Συμφωνώ πολύ

3) Έχει ενδιαφέρον η χρήση επαυξημένης πραγματικότητας στο μάθημα;				
Διαφωνώ πολύ	Διαφωνώ	Ουδέτερος/η	Συμφωνώ	Συμφωνώ πολύ

4) **Θα προτιμούσες να γίνεται το μάθημα της φυσικής με χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας;**				
Διαφωνώ πολύ	Διαφωνώ	Ουδέτερος/η	Συμφωνώ	Συμφωνώ πολύ

5) **Θα προτιμούσες να γίνεται το μάθημα της χημείας με χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας;**				
Διαφωνώ πολύ	Διαφωνώ	Ουδέτερος/η	Συμφωνώ	Συμφωνώ πολύ

6) **Θα προτιμούσες να γίνεται το μάθημα της βιολογίας με χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας;**				
Διαφωνώ πολύ	Διαφωνώ	Ουδέτερος/η	Συμφωνώ	Συμφωνώ πολύ

7) **Η διεξαγωγή του μαθήματος με χρήση επαυξημένης πραγματικότητας με βοήθησε να μάθω περισσότερα πράγματα μόνος μου ή και με τους συμμαθητές μου**				
Διαφωνώ πολύ	Διαφωνώ	Ουδέτερος/η	Συμφωνώ	Συμφωνώ πολύ

8) Η επαυξημένη πραγματικότητα μου κέντρισε το ενδιαφέρον και με έκανε να παρακολουθώ πιο πολύ το μάθημα				
Διαφωνώ πολύ	Διαφωνώ	Ουδέτερος/η	Συμφωνώ	Συμφωνώ πολύ

9) Τι είναι αυτό που σου άρεσε περισσότερο στη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας στο μάθημα;

……
……
……
……
……
……
……
……
……

3.5 Δείγμα

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ζωσιμαίας σχολής Ιωαννίνων.

Βάσει του αναλυτικού προγράμματος οι μαθητές της Α΄ τάξης Λυκείου έχουν παρακολουθήσει τη διδασκαλία του Πρώτου και του Τρίτου Νόμου του Νεύτωνα για πρώτη φορά, προ δύο ετών στην Β΄ τάξη Γυμνασίου (Φυσική Β΄ Γυμνασίου: 3.4 Δύναμη και ισορροπία και 3.7 Δύναμη και αλληλεπίδραση). Οι μαθητές της Β' και Γ΄ Λυκείου έχουν διδαχθεί το αντίστοιχο μάθημα, τόσο κατά τη Β' Γυμνασίου, όσο και κατά την Α΄ Λυκείου.

Το ερωτηματολόγιο 1, αρχικά διανεμήθηκε σε 79 μαθητές της Β' Λυκείου, σε 86 μαθητές της Γ΄ Λυκείου και σε 86 μαθητές της Α' Λυκείου. Από το σύνολο των μαθητών της Α΄ Λυκείου, 43 μαθητές αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου και 43 μαθητές αποτέλεσαν την πειραματική ομάδα. Οι μαθητές της κάθε ομάδας ανήκαν σε 2 τμήματα. Η επιλογή των τμημάτων που θα αποτελούν την κάθε ομάδα ήταν τυχαία, προκειμένου να αποφευχθεί τυχόν υπεροχή της μιας ομάδας έναντι της άλλης, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να έχουν μεγαλύτερη αξιοπιστία.

3.6 Διεξαγωγή διδακτικής παρέμβασης

Αρχικά δόθηκε το γραπτό ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου, στα τέσσερα τμήματα της Α' τάξης (Σύνολο 86 μαθητές). Έπειτα, στην ομάδα ελέγχου οι μαθητές διδάχθηκαν τον 1^{ο} και 3^{ο} Νόμο του Νεύτωνα με τον παραδοσιακό τρόπο, ενώ οι μαθητές της πειραματικής ομάδας διδάχθηκαν τους αντίστοιχους Νόμους με χρήση εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας.

Η διδασκαλία του 1ου και του 3ου νόμου του Νεύτωνα στην ομάδα ελέγχου είχε διάρκεια δύο διδακτικές ώρες και η αλληλεπίδραση μεταξύ του διδάσκοντα και των μαθητών ήταν μεγάλη.

Αρχικά έγινε αναφορά στην έννοια της δύναμης, των χαρακτηριστικών αυτής καθώς και στην έννοια της συνισταμένης δύναμης. Οι μαθητές συμμετείχαν σε

όλη την εκπαιδευτική διαδικασία και απαντούσαν συνεχώς σε ερωτήσεις και γινόταν συζήτηση. Μεταξύ άλλων ερωτήθηκαν για τα εξής: ποιες δυνάμεις ασκούνται σε ένα σώμα που βρίσκεται ακίνητο πάνω στο θρανίο τους, ποια η συνισταμένη των δυνάμεων αυτών και ποια η κινητική κατάσταση του σώματος. Στη συνέχεια δίνοντας μια αρχική ταχύτητα στο σώμα αυτό, απάντησαν στα εξής: τι συμβαίνει με την κινητική κατάσταση του σώματος, ποιος κατά τη γνώμη τους κινεί το σώμα, υπάρχει κάποια δύναμη που το κινεί μέχρι να σταματήσει, γιατί σταματάει, τι θα συνέβαινε εάν πάνω στο θρανίο υπήρχε λάδι, υπήρχε περίπτωση το σώμα να μην σταματήσει ποτέ να κινείται, πότε θα συνέβαινε αυτό, μπορούν τα σώματα να κινούνται χωρίς να ασκείται πάνω τους μια δύναμη, πόση είναι τότε η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα. Έτσι καθοδηγούμενοι και μέσα από κατάλληλες ερωτήσεις καταλήξανε στην διατύπωση του πρώτου νόμο του Νεύτωνα. Επίσης με παραδείγματα από την καθημερινή ζωή έγινε εισαγωγή στην έννοια της αδράνειας και διαπίστωσαν περιπτώσεις που εφαρμόζεται αυτή η ιδιότητα της μάζας και εξηγεί φαινόμενα γύρω τους. Στη συνέχεια έγινε αναφορά στις δυνάμεις από απόσταση, από επαφή και στον τρίτο νόμο του Νεύτωνα. Σε πολλά παραδείγματα σχεδιάστηκαν στον πίνακα τα ζεύγη των δυνάμεων με τα οποία αλληλοεπιδρούν διάφορα σώματα μεταξύ τους, είτε από απόσταση, είτε από επαφή.

Στην πειραματική ομάδα η διδασκαλία του 1ου και του 3ου νόμου του Νεύτωνα, έγινε με χρήση εφαρμογών της επαυξημένης πραγματικότητας, καθοδηγούμενη με φύλλα εργασίας και μετά από κάθε δραστηριότητα γινόταν συζήτηση. Όλοι οι μαθητές συγχρόνως πραγματοποιούσαν την αντίστοιχη δραστηριότητα και κάθε χρονική στιγμή η συζήτηση αφορούσε την ίδια δραστηριότητα για όλους. Και στην πειραματική ομάδα αφιερώθηκαν δύο διδακτικές ώρες για να ολοκληρωθεί η διδασκαλία.

Μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας, δόθηκε στους μαθητές και της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας, να συμπληρώσουν για δεύτερη φορά το ίδιο ερωτηματολόγιο 1. Επιπλέον, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας κλήθηκαν να απαντήσουν και στο Ερωτηματολόγιο 2, για να αξιολογήσουν την εμπειρία τους με τη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας.

3.7 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

3.7.1 Υπολογισμός δείκτη δυσκολίας

Για τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου το οποίο κλήθηκαν να απαντήσουν οι μαθητές υπολογίστηκε ο δείκτης δυσκολίας (difficulty index). Ως δείκτης δυσκολίας ορίζεται ο αριθμός των μαθητών που απάντησαν σωστά σε μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής, προς το σύνολο των μαθητών (Taib & Yusoff, 2014). Ο δείκτης δυσκολίας είναι μια σημαντική παράμετρος που δείχνει την ικανότητα μιας ερώτησης να διακρίνει τους μαθητές σε αυτούς που ξέρουν και σε αυτούς που δεν ξέρουν το αντικείμενο της ερώτησης. Η ερώτηση θα έχει χαμηλή διακριτική ικανότητα εάν οι ερωτήσεις είναι δύσκολες με αποτέλεσμα οι πλειοψηφία να κάνει λάθος ή αν είναι αρκετά εύκολη και όλοι απαντούν σωστά. Ο δείκτης δυσκολίας παίρνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Όσο πιο κοντά είναι η τιμή κοντά στο 1 τόσο πιο εύκολη θεωρείται η ερώτηση, ενώ αντιθέτως, όσο πιο κοντά είναι η τιμή κοντά στο 0 τόσο πιο δύσκολη θεωρείται η ερώτηση. Το βέλτιστο εύρος είναι από 0.2 έως 0.8.

3.7.2 Υπολογισμός βαθμού διάκρισης

Για τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου το οποίο κλήθηκαν να απαντήσουν οι μαθητές υπολογίστηκε ο βαθμός διάκρισης (discrimination index). Ο βαθμός διάκρισης περιγράφει την ικανότητα μιας ερώτησης να διακρίνει μεταξύ υψηλών και χαμηλών βαθμολογιών και στην ουσία αντικατοπτρίζει τον βαθμό στον οποίο οι μαθητές κατέχουν τη γνώση την οποία αξιολογούσε η ερώτηση. Κυμαίνεται μεταξύ -1,00 και +1,00. Γενικά, αναμένεται ότι οι μαθητές με υψηλές επιδόσεις επιλέγουν τη σωστή απάντηση για κάθε στοιχείο πιο συχνά από τους μαθητές με χαμηλή επίδοση. Εάν αυτό ισχύει, η αξιολόγηση έχει θετικό βαθμό διάκρισης (μεταξύ 0,00 και +1,00), υποδεικνύοντας ότι οι μαθητές που έλαβαν υψηλή συνολική βαθμολογία, επέλεξαν τη σωστή απάντηση για μια συγκεκριμένη ερώτηση συχνότερα από τους μαθητές που είχαν χαμηλή συνολική βαθμολογία. Εάν, ωστόσο, οι μαθητές με χαμηλή επίδοση είχαν σωστές απαντήσεις σε μια συγκεκριμένη ερώτηση πιο συχνά από τους μαθητές

με υψηλή απόδοση, τότε αυτή η ερώτηση έχει χαμηλό βαθμό διάκρισης (μεταξύ -1,00 και 0,00) (Taib & Yusoff, 2014). Γενικά, οι δείκτες δυσκολίας και διάκρισης σχετίζονται συχνά αμοιβαία. Ωστόσο, αυτό μπορεί να μην συμβαίνει πάντα. Ερωτήσεις που έχουν υψηλή τιμή δείκτη δυσκολίας (ευκολότερες ερωτήσεις), κάνουν κακή διάκριση. Αντίθετα, οι ερωτήσεις με χαμηλή τιμή δείκτη δυσκολίας (δυσκολότερες ερωτήσεις) θεωρούνται ότι κάνουν καλή διάκριση (Carroll, 1993; Fowell et al., 1999). Επιπλέον, όσον αφορά τις τιμές του δείκτη διάκρισης, αν μια ερώτηση ήταν πλήρως διακριτική (όλοι οι μαθητές με υψηλές επιδόσεις θα απαντούσαν σωστά και όλοι οι μαθητές χαμηλότερης επίδοσης θα απαντούσαν λάθος), τότε η τιμή θα ήταν 1. Ωστόσο, όμως δεν υπάρχουν πρακτικά τέτοιες «τέλειες» ερωτήσεις. Συνεπώς, όταν ο βαθμός διάκρισης κυμαίνεται μεταξύ 0 και 0,2 θεωρείται ότι η ερώτηση δεν έχει διακριτική ικανότητα, όταν κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 0,4 τότε η ερώτηση έχει μέτρια διακριτική ικανότητα, ενώ όταν είναι μεγαλύτερος από 0,4 τότε θεωρείται ότι έχει έντονη διακριτική ικανότητα. Συνεπώς θα πρέπει οι ερωτήσεις να έχουν υψηλό βαθμό διάκρισης. Ωστόσο, όμως, όταν μια ερώτηση θεωρείται «βασική γνώση» και αξιολογεί μια γνώση την οποία θα πρέπει να κατέχει κάθε μαθητής, τότε θα πρέπει να έχει βαθμό διάκρισης κοντά στο 0 (Pande et al., 2013).

Για τον υπολογισμό του βαθμού διάκρισης ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: Οι μαθητές ταξινομούνται σε φθίνουσα αξιολογική σειρά με βάση τη συνολική τους επίδοση στο σύνολο των ερωτήσεων. Έπειτα υπολογίζεται το πλήθος των μαθητών (N) που αντιστοιχεί στο 27% των συνολικών μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα και επιλέγονται οι πρώτοι N μαθητές από τη σειρά κατάταξης (Ανώτερη ομάδα) και οι τελευταίοι N μαθητές από τη σειρά κατάταξης (Κατώτερη ομάδα). Εν συνεχεία, για κάθε ερώτηση αθροίζονται οι σωστές απαντήσεις της Ανώτερης ομάδας και το άθροισμα διαιρείται με τον πλήθος N των μαθητών της Ανώτερης ομάδας. Ομοίως, η διαδικασία επαναλαμβάνεται για τη Κατώτερη ομάδα. Ο βαθμός διάκρισης είναι η διαφορά της τιμής της Κατώτερης ομάδας από τη τιμή της Ανώτερης ομάδας (Karadag, 2016).

3.7.3 Στατιστική ανάλυση απαντήσεων

Οι απαντήσεις των μαθητών αναλύθηκαν με τη χρήση του προγράμματος IBM SPSS Statistics (Version 26). Για κάθε ερώτηση υπολογίστηκαν οι συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών για κάθε περίπτωση (μαθητές Β' και Γ' Λυκείου, μαθητές ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδασκαλία με τον παραδοσιακό τρόπο, μαθητές πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδασκαλία με την ΕΠ). Έπειτα, έγινε έλεγχος για το εάν τα αποτελέσματα ακολουθούν κανονική κατανομή, με χρήση της δοκιμασίας Shapiro-Wilk. Δεδομένου ότι τα αποτελέσματα δεν βρέθηκαν να ακολουθούν κανονική κατανομή, επιλέχθηκαν οι μη παραμετρικές δοκιμασίες. Τα αποτελέσματα των ερωτήσεων 1-23 αναλύθηκαν στατιστικά με χρήση της δοκιμασίας McNemar, ενώ υπολογίστηκε και η συνολική βαθμολογία για τον κάθε μαθητή (αθροίζοντας το σύνολο των σωστών απαντήσεων). Οι συνολικές βαθμολογίες αναλύθηκαν με χρήση των δοκιμασιών: Related-Samples Sign Test και Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test.

4. Αποτελέσματα – Συζήτηση

4.1 Αξιολόγηση ερωτηματολογίου

4.1.1 Υπολογισμός δείκτη δυσκολίας

Ο δείκτης δυσκολίας για κάθε ερώτηση υπολογίστηκε με βάση τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν στους μαθητές της Α, Β και Γ λυκείου. Για τον υπολογισμό του δείκτη δυσκολίας χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον και τα ερωτηματολόγια των μαθητών της Α λυκείου πριν από την παρέμβαση. Οι δείκτης δυσκολίας φαίνονται στον Πίνακα 4. Οι δείκτες δυσκολίας κυμαίνονται από 0,31 έως 0,79 και βρίσκονται εντός του βέλτιστου εύρους, με εξαίρεση την ερώτηση 21 η οποία είχε δείκτη δυσκολίας 0,09 και την ερώτηση 13 η οποία είχε δείκτη δυσκολίας 0,90. Επιπλέον, ο Δείκτης Δυσκολίας ολόκληρου του τεστ, βρέθηκε ίσος με 0,55, γεγονός που δείχνει ότι το τεστ ήταν μέτριας δυσκολίας. Οι ερωτήσεις έχουν μεγάλη διακύμανση εντός του προαναφερθέντος εύρους, γεγονός που βοηθάει στο να διακριθούν οι μαθητές με τις καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με αυτούς με χειρότερες επιδόσεις, και επιπλέον, η διακύμανση αυτή δείχνει ότι το παρόν ερωτηματολόγιο θα

μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο αξιολόγησης κλιμακούμενης δυσκολίας. Η ερώτηση 13: «Το αυτοκίνητό μου έμεινε από βενζίνη στη μέση του δρόμου. Μπορώ από το κάθισμά μου σπρώχνοντας πολύ δυνατά το ταμπλό του αυτοκινήτου, να το μετακινήσω» πιθανόν είχε μεγάλη τιμή δείκτη δυσκολίας (=μικρή δυσκολία ερώτησης) λόγω του ότι οι μαθητές εύκολα μπορούν να προβλέψουν την απάντηση από τη καθημερινή τους ζωή, χωρίς να απαιτείται γνώση των νόμων του Νεύτωνα. Αντιθέτως, η ερώτηση 21: «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά;» βρέθηκε ότι ήταν η πιο δύσκολη σε σχέση με όλες τις ερωτήσεις. Αυτό σχετίζεται με την επαφή τους με τη καθημερινότητα (Tomara et al., 2017). Από αυτό επιβεβαιώνεται αφενός ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στο να ερμηνεύουν καθημερινά φαινόμενα με τις γνώσεις που αποκτούν (δεδομένου ότι όλοι οι μαθητές έχουν διδαχτεί ήδη από το γυμνάσιο τους Νόμους του Νεύτωνα, ενώ επιπλέον οι μαθητές της Β και Γ λυκείου διδάχτηκαν και στην Α λυκείου ξανά τους ίδιους Νόμους) και αφετέρου ότι οι μαθητές εξακολουθούν να έχουν εναλλακτικές ιδέες με το τρόπο με τον οποίο διδάσκεται η φυσική (Stylos et al., 2010b). Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι οι μαθητές οι οποίοι κλήθηκαν να απαντήσουν στο ερωτηματολόγιο είναι μαθητές που φοιτούν από την Α Γυμνασίου στο πρότυπο Ζωσιμαίας σχολής. Προκειμένου να φοιτήσουν στο εν λόγω σχολείο έδωσαν εισαγωγικές εξετάσεις και επιλέχθηκαν οι καλύτεροι μαθητές, ενώ ταυτόχρονα, το επίπεδο διδασκαλίας θεωρείται καλύτερο σε σχέση με άλλα σχολεία. Παρά λοιπόν το υψηλό επίπεδο μαθητών και καθηγητών, οι μαθητές διατηρούν εναλλακτικές ιδέες και δυσκολεύονται να συνδέσουν τις γνώσεις τους με τη καθημερινή ζωή, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται σε ερωτήσεις, όπως η Ερώτηση 21.

Πίνακας 4: Τιμές δείκτη δυσκολίας για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου που δόθηκε στους μαθητές, υπολογισμένες με βάση τα ερωτηματολόγια της Α (πριν τη παρέμβαση), Β και Γ λυκείου.

	Δείκτης δυσκολίας
Ερώτηση 1	0,42
Ερώτηση 2	0,73
Ερώτηση 3	0,60
Ερώτηση 4	0,79

Ερώτηση 5	0,67
Ερώτηση 6	0,42
Ερώτηση 7	0,78
Ερώτηση 8	0,69
Ερώτηση 9	0,65
Ερώτηση 10	0,58
Ερώτηση 11	0,73
Ερώτηση 12	0,63
Ερώτηση 13	0,90
Ερώτηση 14	0,33
Ερώτηση 15	0,46
Ερώτηση 16	0,56
Ερώτηση 17	0,42
Ερώτηση 18	0,31
Ερώτηση 19	0,50
Ερώτηση 20	0,49
Ερώτηση 21	0,09
Ερώτηση 22	0,50
Ερώτηση 23	0,48
Δείκτης δυσκολίας ολόκληρου του τεστ: 0,55	

4.1.2 Υπολογισμός βαθμού διάκρισης

Ο βαθμός διάκρισης για κάθε ερώτηση υπολογίστηκε με βάση τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν στους μαθητές της Α, Β και Γ λυκείου. Για τον υπολογισμό του δείκτη δυσκολίας χρησιμοποιήθηκαν τα ερωτηματολόγια των μαθητών της Α λυκείου πριν από την παρέμβαση ή μη. Οι βαθμοί διάκρισης των ερωτήσεων φαίνονται στον Πίνακα 5. Οι βαθμοί διάκρισης κυμαίνονται από 0,15 έως 0,68, ενώ 15 από τις 23 ερωτήσεις έχουν τιμές πάνω από 0,4. Επιπλέον, ο βαθμός διάκρισης ολόκληρου του τεστ, βρέθηκε ίσος με 0,45, γεγονός που δείχνει ότι το τεστ είχε πολύ καλό βαθμό διάκρισης των μαθητών. Συνεπώς, οι εν λόγω ερωτήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διακρίνουν εάν οι μαθητές κατέχουν τις απαραίτητες γνώσεις σχετικά με τον 1ο και 3ο Νόμο του Νεύτωνα και να εντοπιστούν οι εναλλακτικές τους ιδέες.

Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει τους μαθητές μετά τη παρέμβαση με τη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας.

Πίνακας 5: Τιμές βαθμού διάκρισης για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου που δόθηκε στους μαθητές, υπολογισμένες με βάση τα ερωτηματολόγια της Α (πριν τη παρέμβαση), Β και Γ λυκείου.

	Βαθμός Διάκρισης
Ερώτηση 1	0,63
Ερώτηση 2	0,41
Ερώτηση 3	0,57
Ερώτηση 4	0,47
Ερώτηση 5	0,51
Ερώτηση 6	0,54
Ερώτηση 7	0,29
Ερώτηση 8	0,49
Ερώτηση 9	0,65
Ερώτηση 10	0,21
Ερώτηση 11	0,43
Ερώτηση 12	0,34
Ερώτηση 13	0,12
Ερώτηση 14	0,57
Ερώτηση 15	0,66
Ερώτηση 16	0,68
Ερώτηση 17	0,51
Ερώτηση 18	0,57
Ερώτηση 19	0,31
Ερώτηση 20	0,29
Ερώτηση 21	0,15
Ερώτηση 22	0,22
Ερώτηση 23	0,62
΄Βαθμός διάκρισης ολόκληρου του τεστ: 0,45	

4.2 Απαντήσεις μαθητών Β’-Γ’ Λυκείου

Το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε βασισμένο στις εναλλακτικές ιδέες που έχουν οι μαθητές, έτσι όπως προκύπτουν από τη βιβλιογραφία. Πριν τη διεξαγωγή

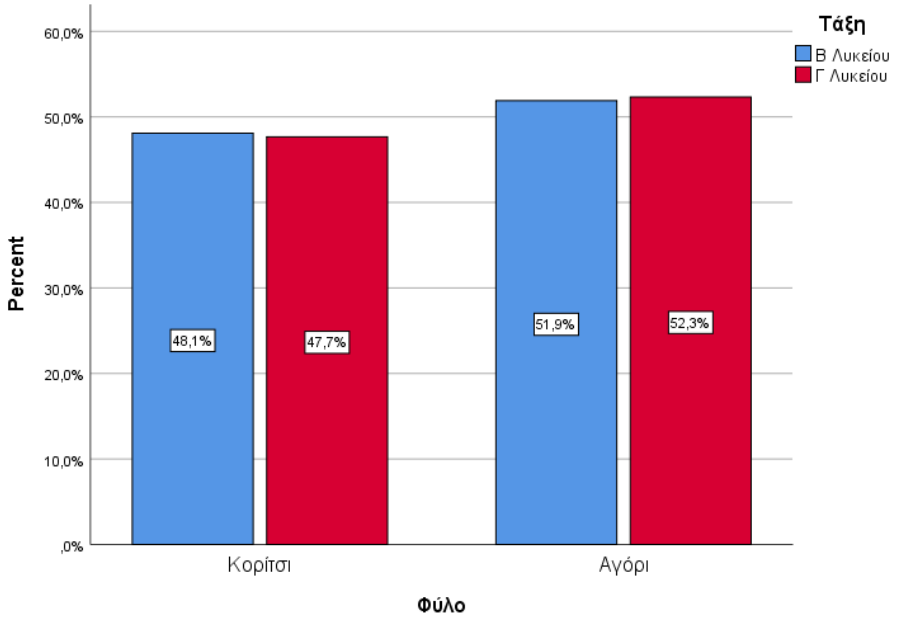
της παρέμβασης το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε 165 μαθητές της Β΄ και Γ΄ τάξης Λυκείου. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι περισσότεροι μαθητές της Β' λυκείου απάντησαν σωστά σε σχέση με αυτούς τη Γ' λυκείου (Γράφημα 25). Στις περισσότερες ερωτήσεις απάντησαν σωστά περισσότεροι από τους μισούς μαθητές, σε έξι ερωτήσεις απάντησαν σωστά μόνο οι μισοί μαθητές, σε δύο ερωτήσεις απάντησαν σωστά κάτω από το 40% των μαθητών, ενώ σε κάποιες ερωτήσεις οι σωστές απαντήσεις άγγιξαν το 3,5%.

Πιο συγκεκριμένα στις ερωτήσεις «Στο διάστημα τα σώματα έχουν αδράνεια», «Λόγω έλλειψης βαρύτητας δεν θα μπορούσε ένας αστροναύτης στο διαστημόπλοιο να απομακρύνει τινάζοντάς τις σταγόνες από τα βρεγμένα χέρια του», «Όταν κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα, το νόμισμα θα πέσει», «Κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα. Όταν το νόμισμα βρίσκεται στον αέρα το λεωφορείο φρενάρει απότομα. Το νόμισμα θα πέσει:», «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 80 κιλά. Στη συνέχεια στέκεστε πάνω σε δύο ζυγαριές με το κάθε πόδι σας σε κάθε ζυγαριά και το βάρος σας μοιρασμένο εξίσου. Ποια θα είναι η ένδειξη της κάθε ζυγαριάς;» και «Καταφέρνουμε να βαδίσουμε γιατί:» μόνο οι μισοί μαθητές απάντησαν σωστά.

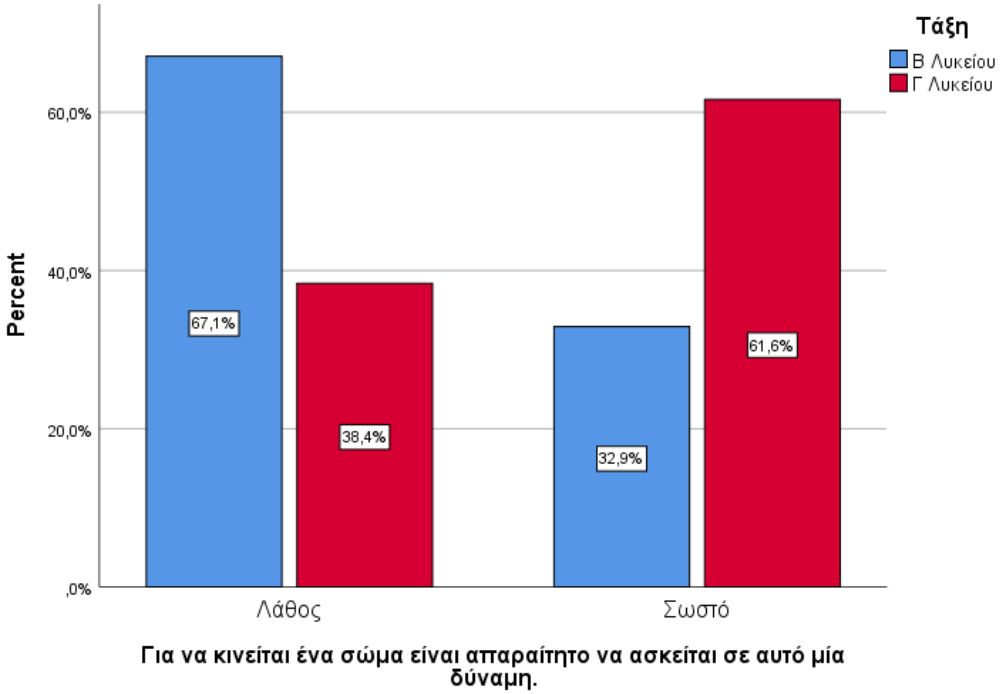
Ακόμα λιγότεροι μαθητές απάντησαν σωστά στην ερώτηση «Βρισκόμαστε σε κινούμενο αυτοκίνητο και αφήνουμε από το ανοικτό παράθυρο να πέσει ένα μήλο», το 44,3% της Β' λυκείου και το 31,4% της Γ λυκείου. Το υπόλοιπο ποσοστό είναι μοιρασμένο στις απαντήσεις «το μήλο θα πέσει ακριβώς στο σημείο που το αφήσαμε» και «θα πέσει πιο πίσω από το σημείο που το αφήσαμε», ενώ μόνο το 1% περίπου των μαθητών της Β' και Γ' λυκείου απάντησε δεν ξέρω. Αυτό το γεγονός υποδηλώνει ότι οι μαθητές φαίνεται να είναι σίγουροι για τη λανθασμένη απάντηση την οποία δίνουν. Ακόμα μικρότερα ποσοστά σωστών απαντήσεων παρατηρήθηκαν στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά;» Σε αυτή την ερώτηση μόνο το 12,7% των μαθητών της Β' και το 3,5% των μαθητών της Γ' λυκείου απάντησαν σωστά, ενώ η συντριπτική πλειοψηφία του 68,4% και

54,7% της Β’ και Γ’ λυκείου αντίστοιχα πιστεύει ότι η δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά είναι 500N. Και τα δύο αυτά στοιχεία υποδηλώνουν εναλλακτικές ιδέες των μαθητών οι οποίες είναι καλά ριζωμένες και πιθανότατα θα τους ακολουθήσουν μέχρι και το πανεπιστήμιο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Λύκειο Ζωσιμαίας ανήκει στα Πρότυπα σχολεία και οι μαθητές δίνουν εξετάσεις για να καταφέρουν να φοιτήσουν σε αυτό. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι το γνωστικό τους επίπεδο είναι υψηλό. Ωστόσο οι απαντήσεις που δίνουν ακόμα και 2 χρόνια μετά την πρώτη φορά που διδάχτηκαν τον 1^{O} και 3^{ο} Νόμο του Νεύτωνα είναι λανθασμένες.

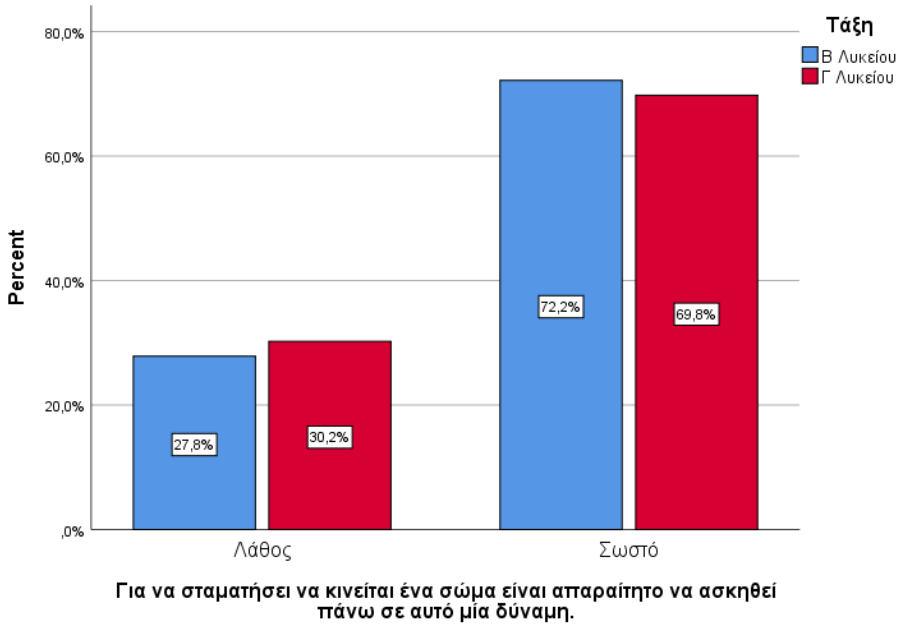
Ειδικά για τους μαθητές της Γ’ λυκείου το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ήταν μικρότερο του 40% για ακόμα τρείς ερωτήσεις. Το 61,6% πιστεύει πως για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη, το 60,5% πιστεύει πως στο διάστημα τα σώματα δεν έχουν αδράνεια, το 75, 6% πιστεύουν ότι η δύναμη του βάρους ενός όρθιου και ακίνητου ανθρώπου και η αντίδραση από το δάπεδο αποτελούν ζεύγος δράσης-αντίδρασης και το 54, 7% πιστεύει ότι όταν ένα κιβώτιο τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, τότε η αντίδραση της δύναμης του βάρους του, είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο στο τραπέζι.



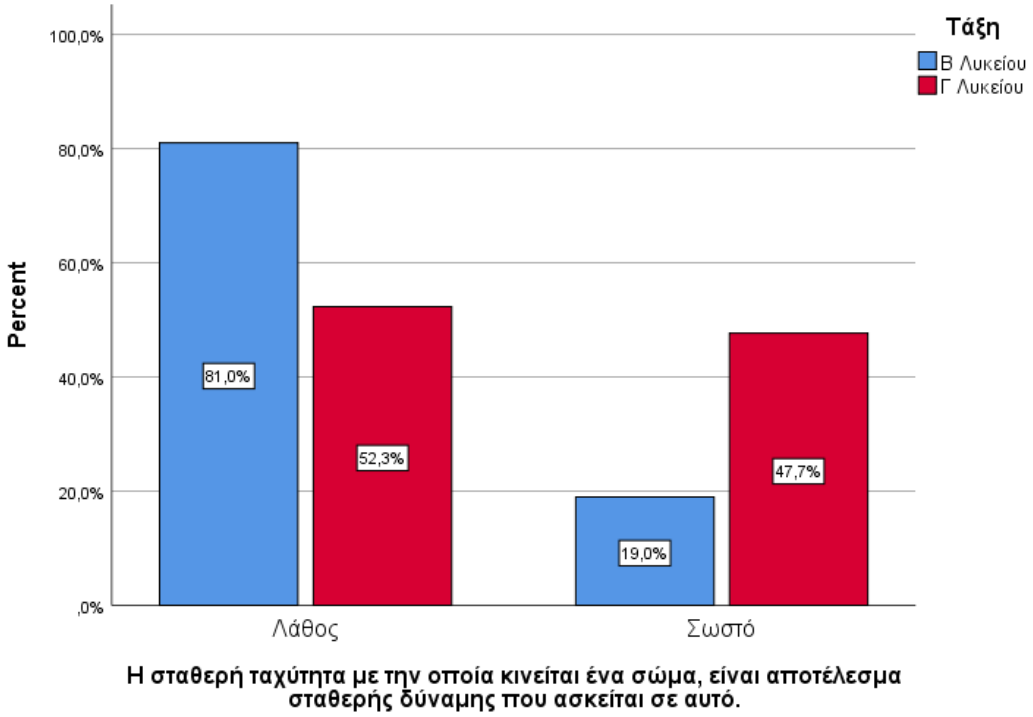
Γράφημα 1: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β’-Γ’ λυκείου στην ερώτηση «φύλο».



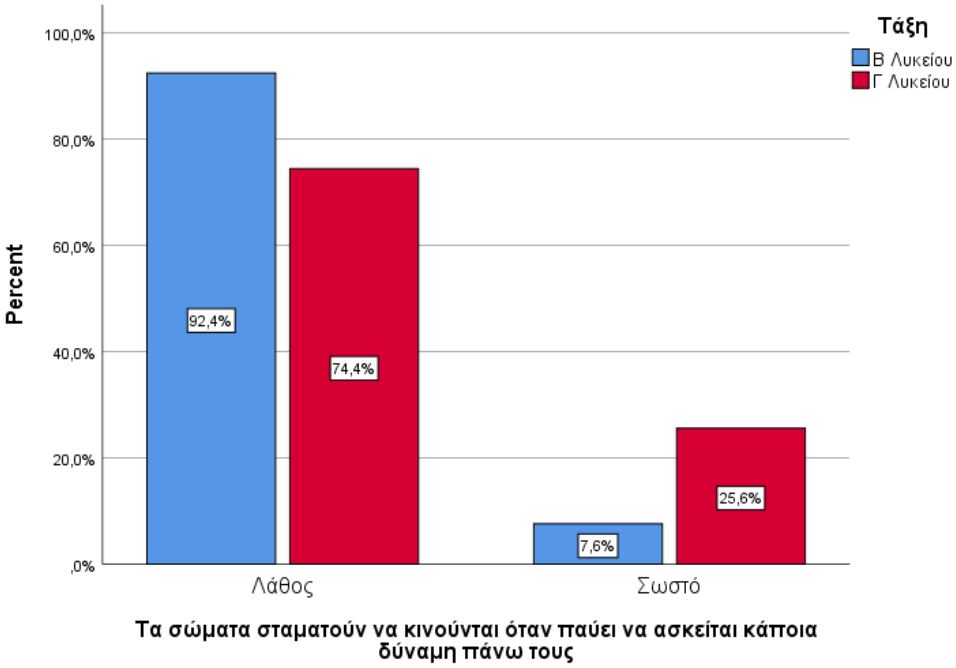
Γράφημα 2: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη».



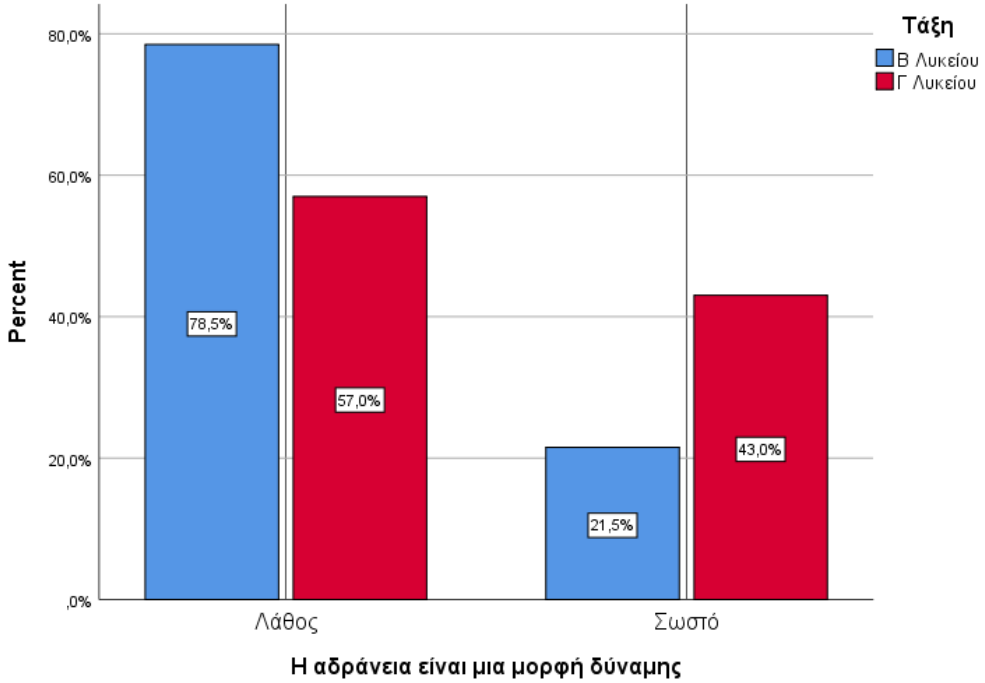
Γράφημα 3: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Για να σταματήσει να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκηθεί πάνω σε αυτό μία δύναμη».



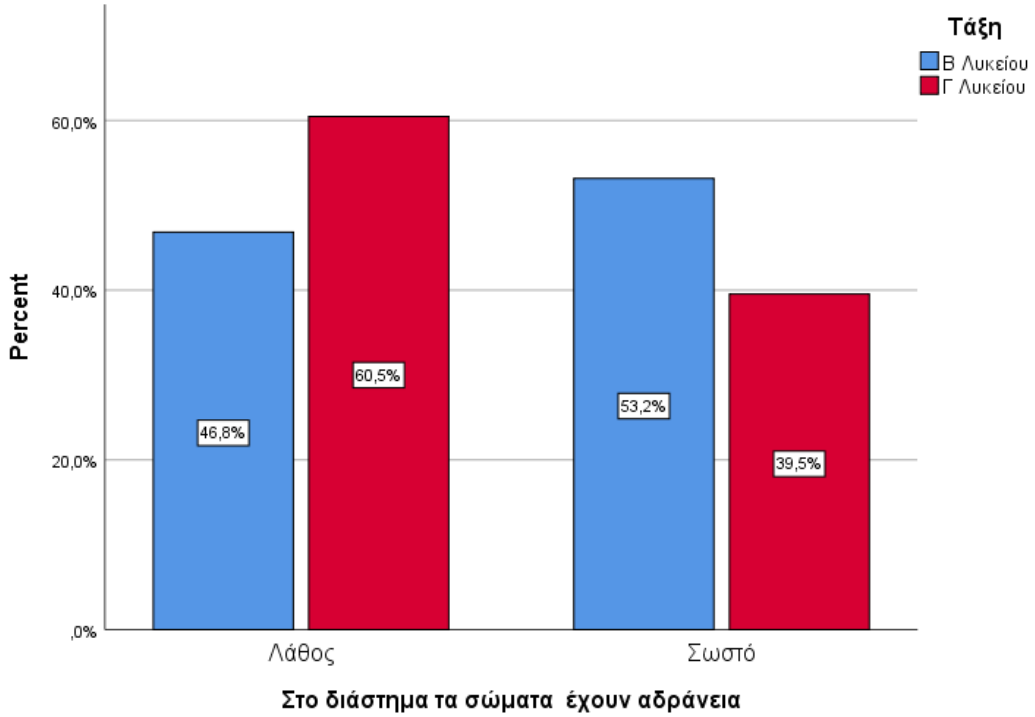
Γράφημα 4:Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό».



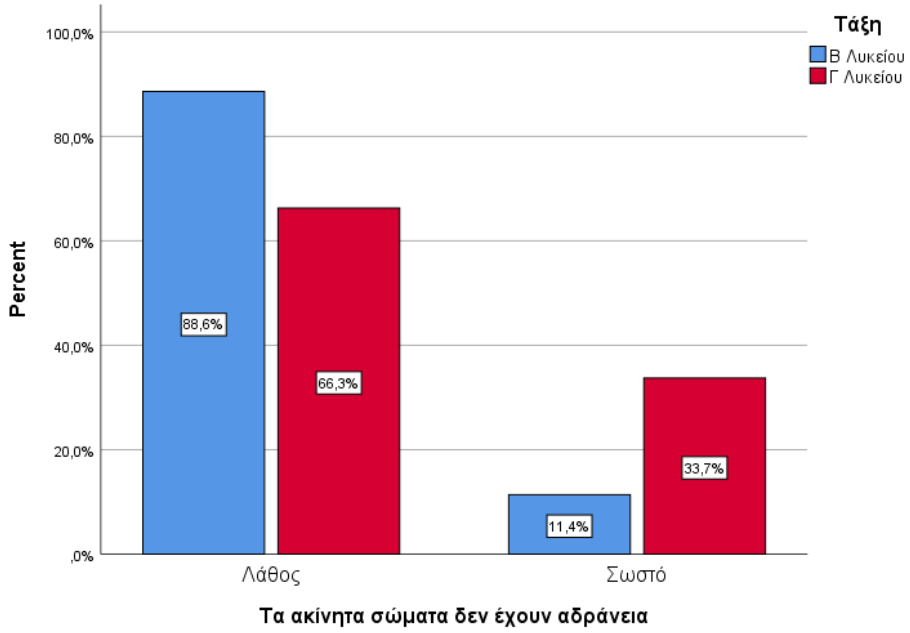
Γράφημα 5 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους».



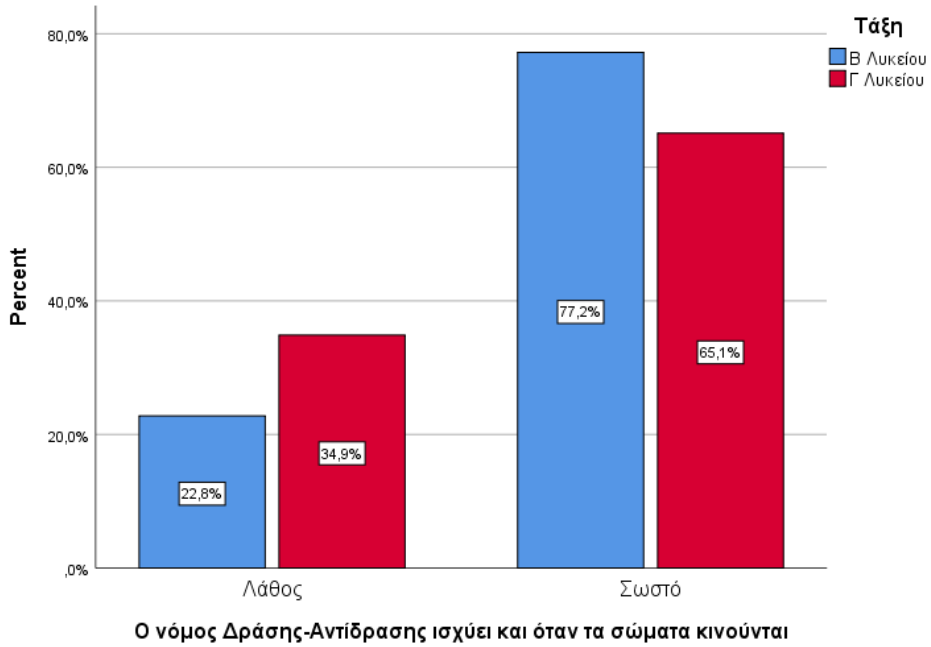
Γράφημα 6 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης».



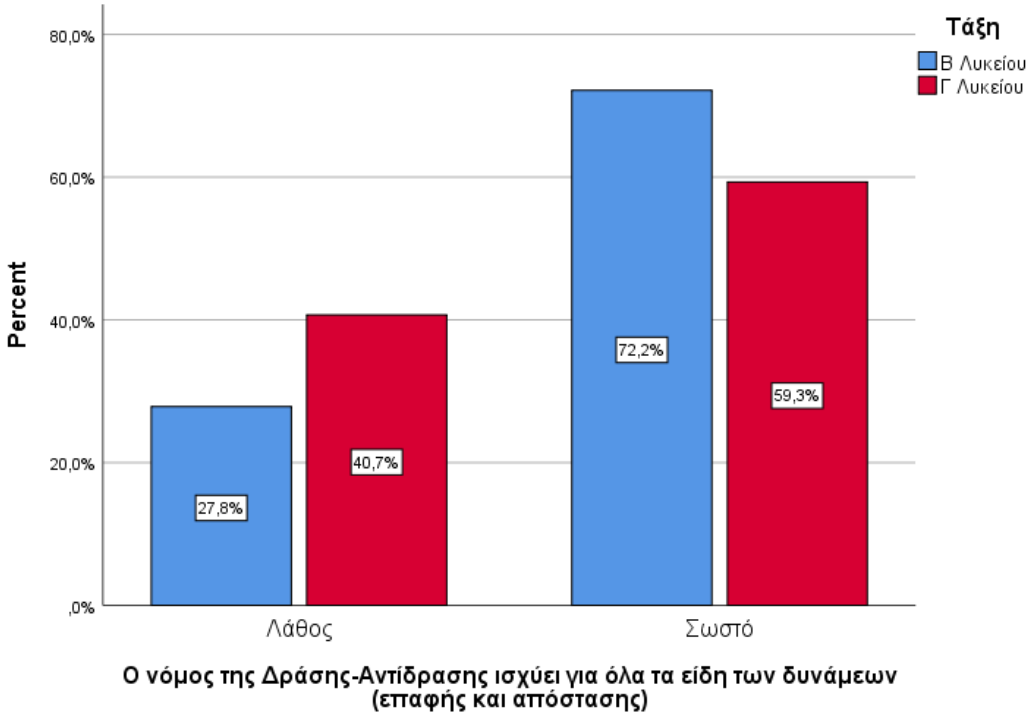
Γράφημα 7: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Στο διάστημα τα σώματα έχουν αδράνεια».



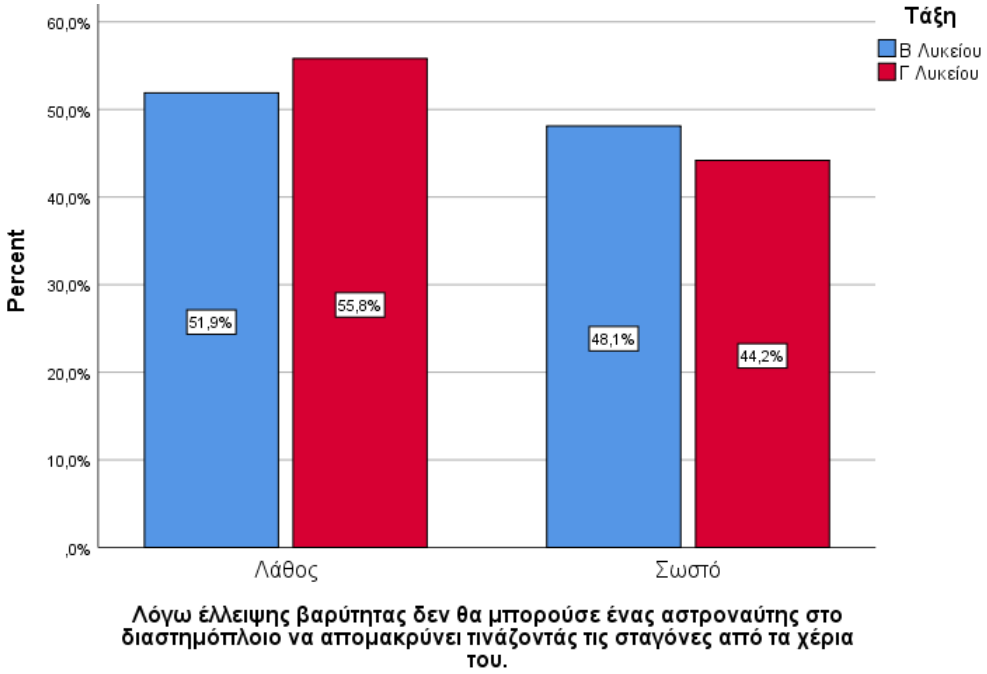
Γράφημα 8 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν αδράνεια».



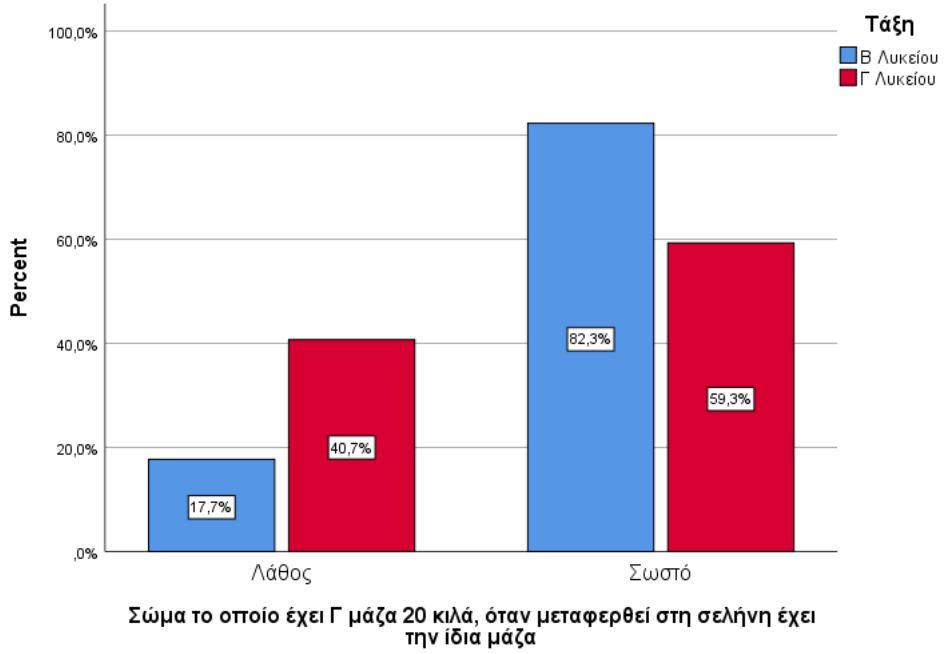
Γράφημα 9 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Ο νόμος Δράσης-Αντίδρασης ισχύει και όταν τα σώματα κινούνται».



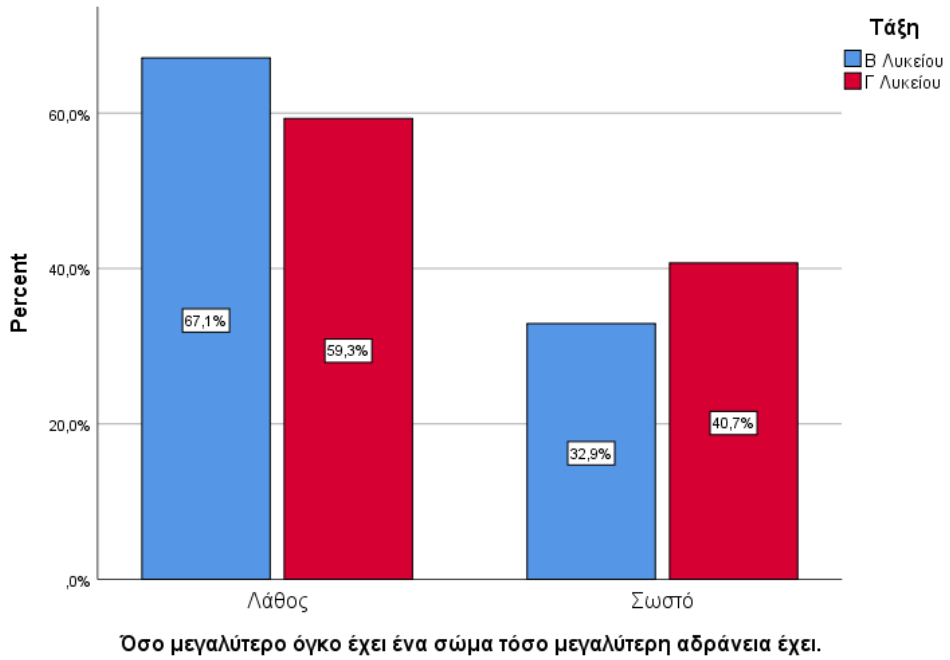
Γράφημα 10: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Ο νόμος της Δράσης-Αντίδρασης ισχύει για όλα τα είδη των δυνάμεων (επαφής και απόστασης)».



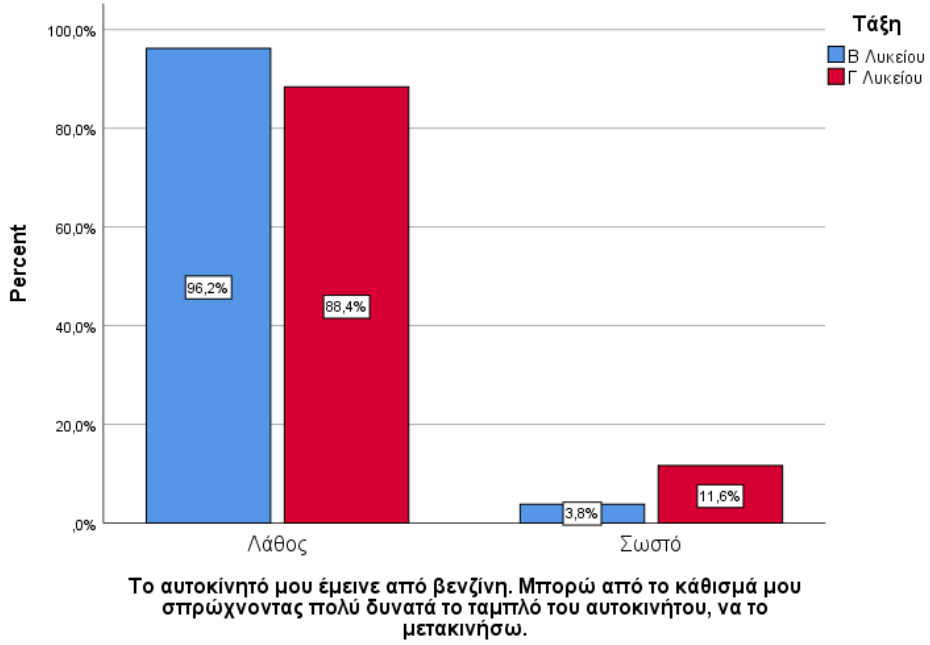
Γράφημα 11: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Λόγω έλλειψης βαρύτητας δεν θα μπορούσε ένας αστροναύτης στο διαστημόπλοιο να απομακρύνει τινάζοντάς τις σταγόνες από τα χέρια του».



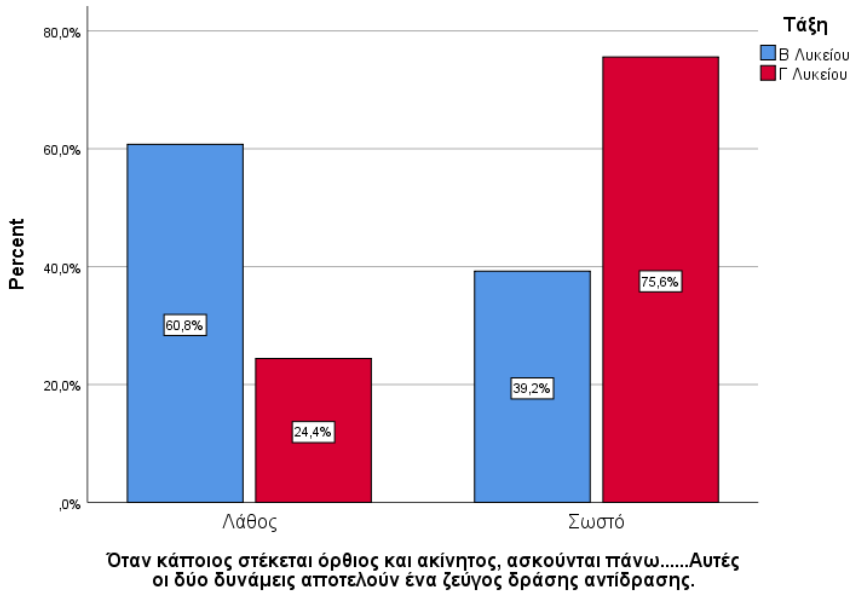
Γράφημα 12: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Σώμα το οποίο έχει στη γη μάζα 20 κιλά, όταν μεταφερθεί στη σελήνη έχει την ίδια μάζα».



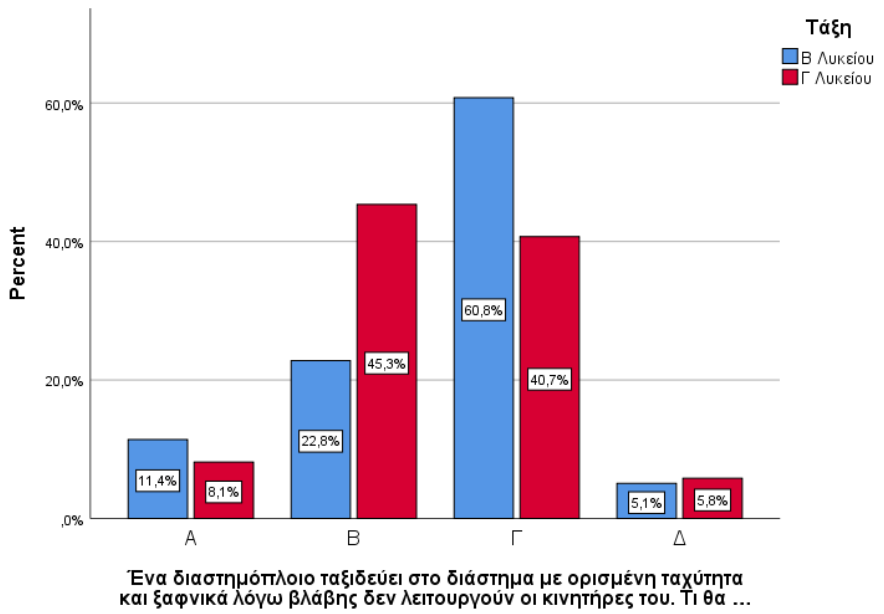
Γράφημα 13: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Όσο μεγαλύτερο όγκο έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη αδράνεια έχει».



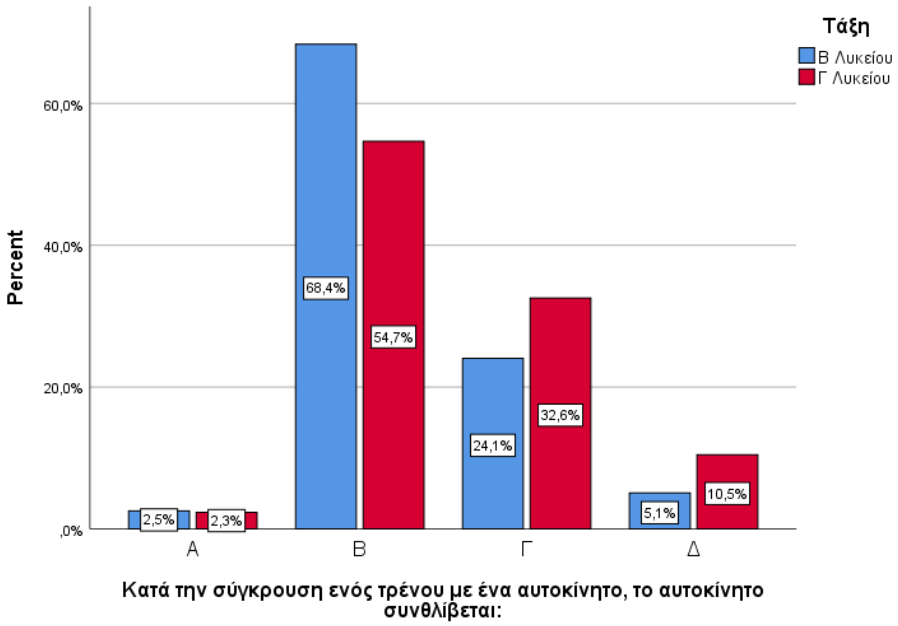
Γράφημα 14: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Το αυτοκίνητό μου έμεινε από βενζίνη. Μπορώ από το κάθισμά μου σπρώχνοντας πολύ δυνατά το ταμπλό του αυτοκινήτου, να το μετακινήσω».



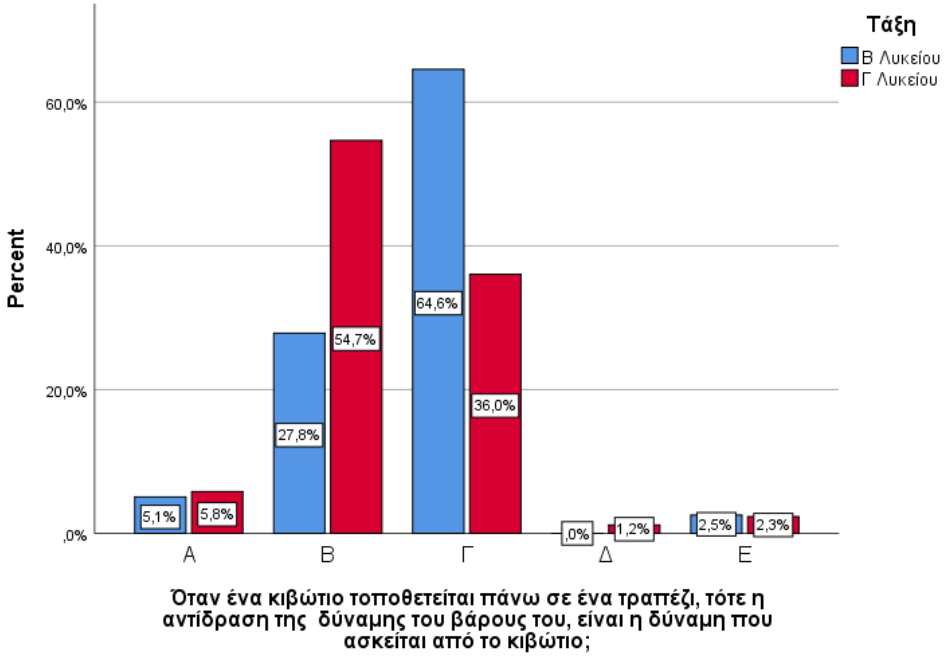
Γράφημα 15 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Όταν κάποιος στέκεται όρθιος και ακίνητος, ασκούνται πάνω σου δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις, η δύναμη του βάρους και η αντίδραση από το δάπεδο. Αυτές οι δύο δυνάμεις αποτελούν ένα ζεύγος δράσης αντίδρασης».



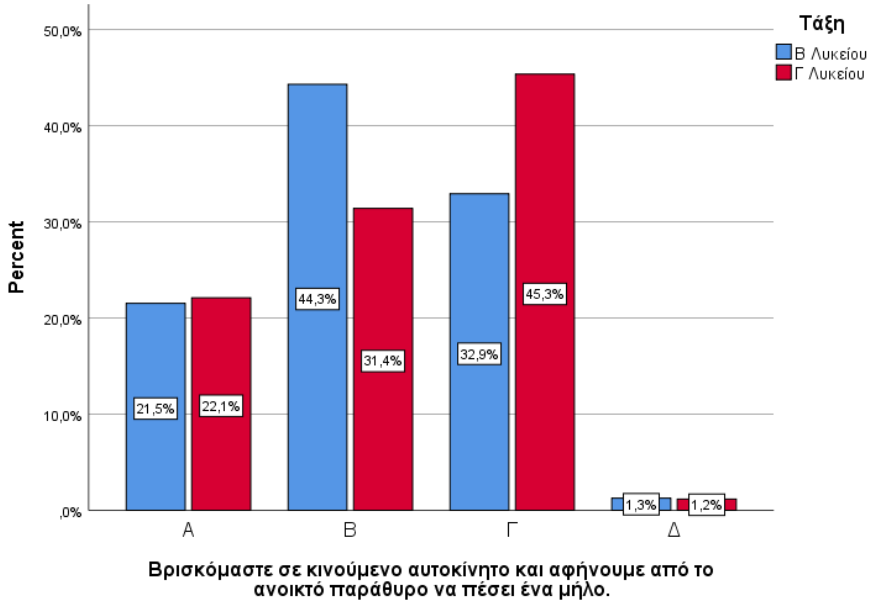
Γράφημα 16: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Ένα διαστημόπλοιο ταξιδεύει στο διάστημα με ορισμένη ταχύτητα και ξαφνικά λόγω βλάβης δεν λειτουργούν οι κινητήρες του. Τι θα συμβεί:».



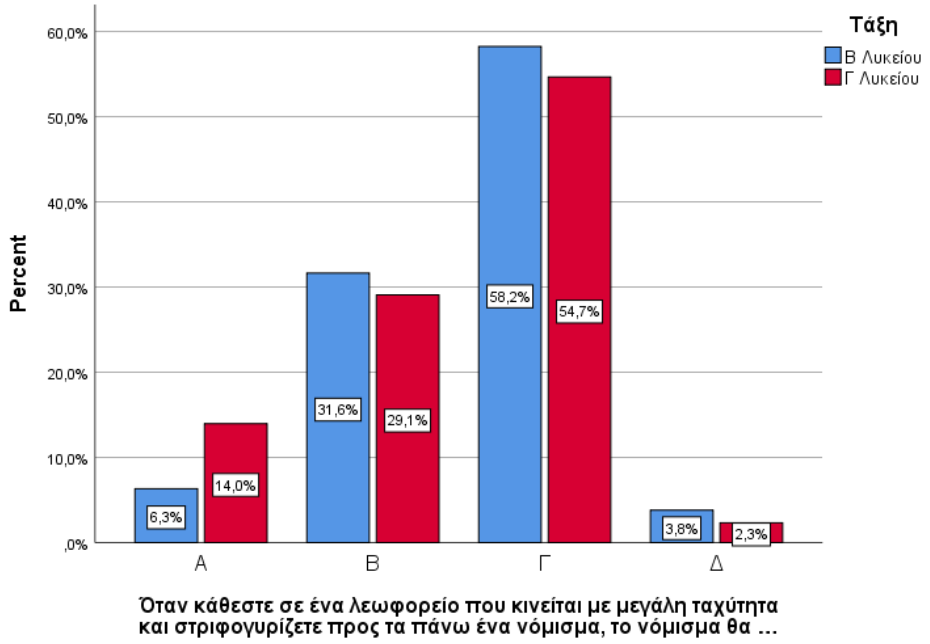
Γράφημα 17: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Κατά την σύγκρουση ενός τρένου με ένα αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο συνθλίβεται:».



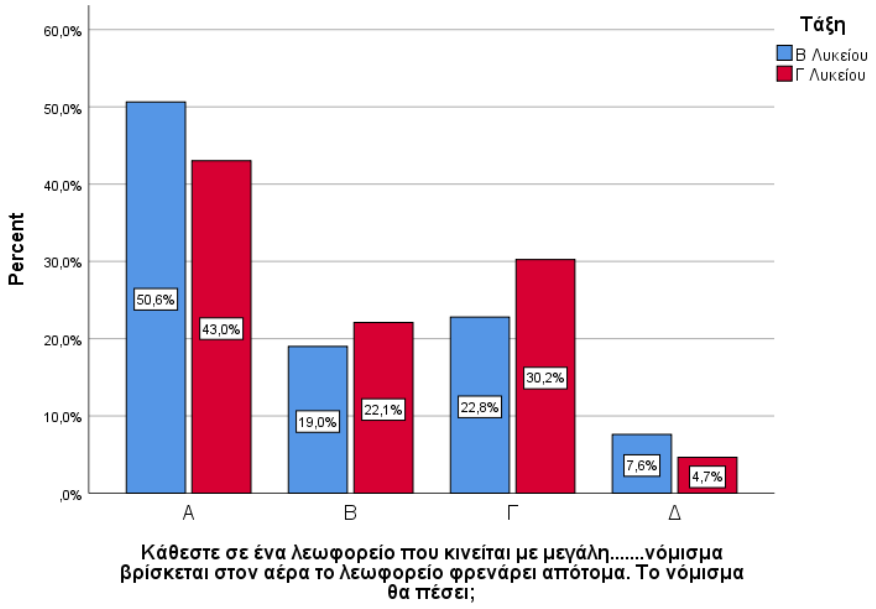
Γράφημα 18: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Όταν ένα κιβώτιο τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, τότε η αντίδραση της δύναμης του βάρους του, είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο;».



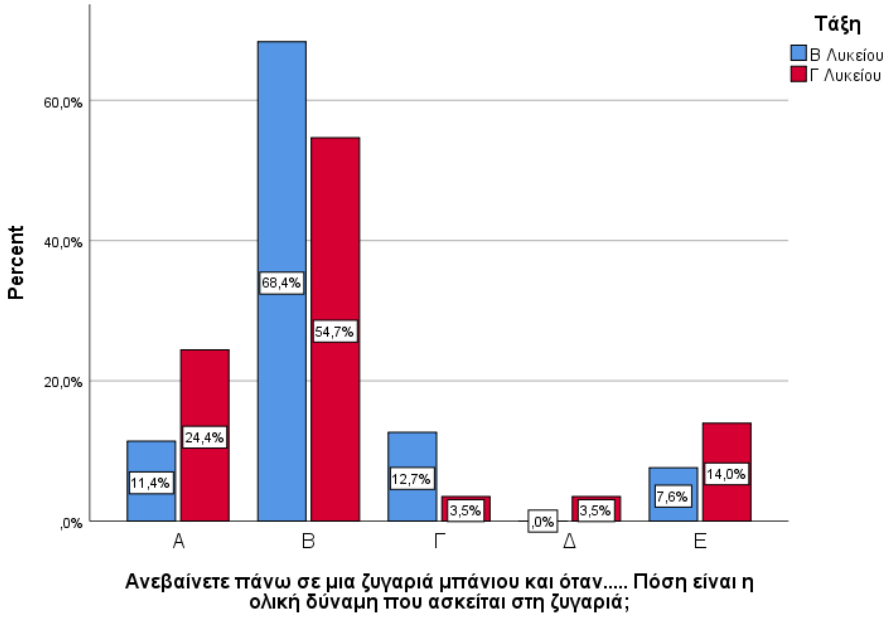
Γράφημα 19: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Βρισκόμαστε σε κινούμενο αυτοκίνητο και αφήνουμε από το ανοικτό παράθυρο να πέσει ένα μήλο».



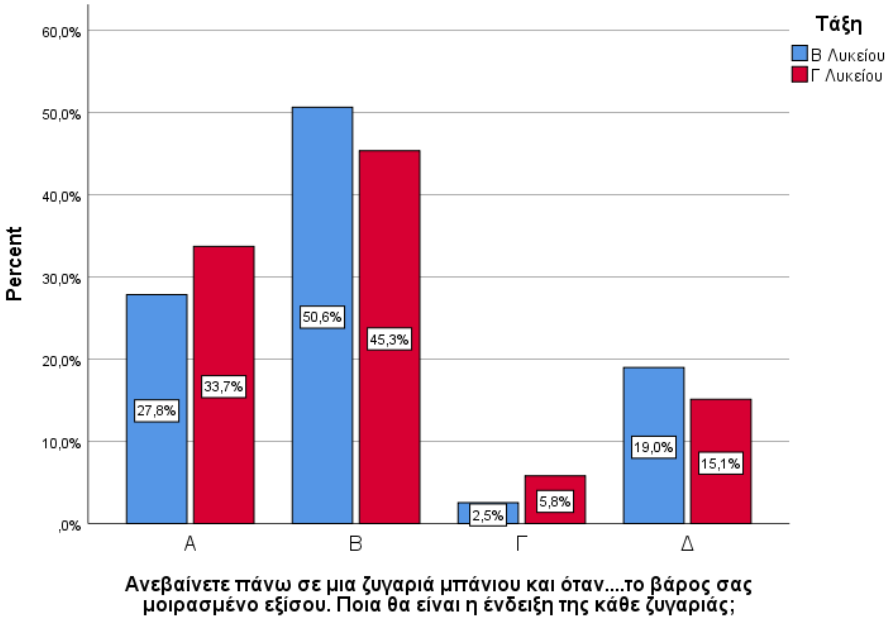
Γράφημα 20 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Όταν κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα, το νόμισμα θα πέσει;».



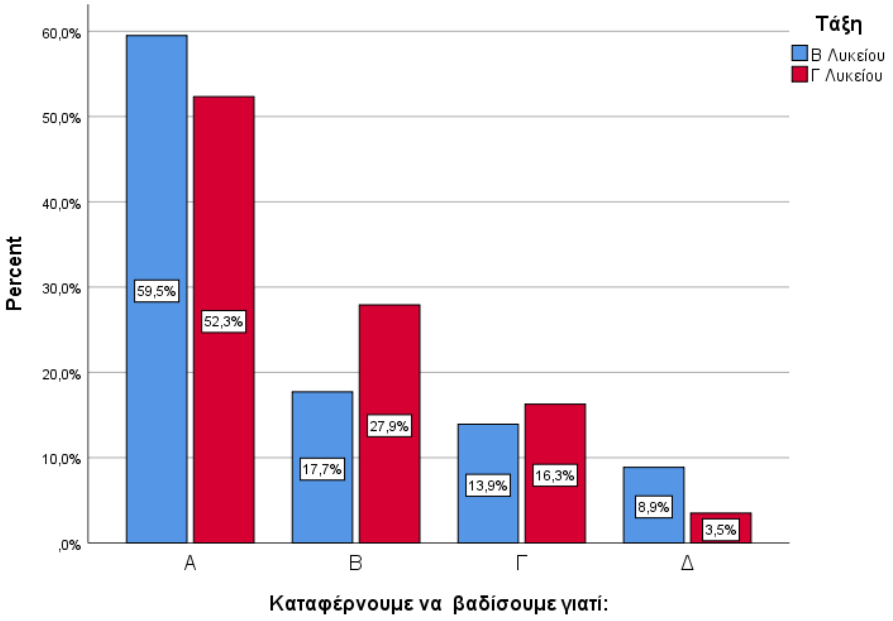
Γράφημα 21: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα. Όταν το νόμισμα βρίσκεται στον αέρα το λεωφορείο φρενάρει απότομα. Το νόμισμα θα πέσει;».



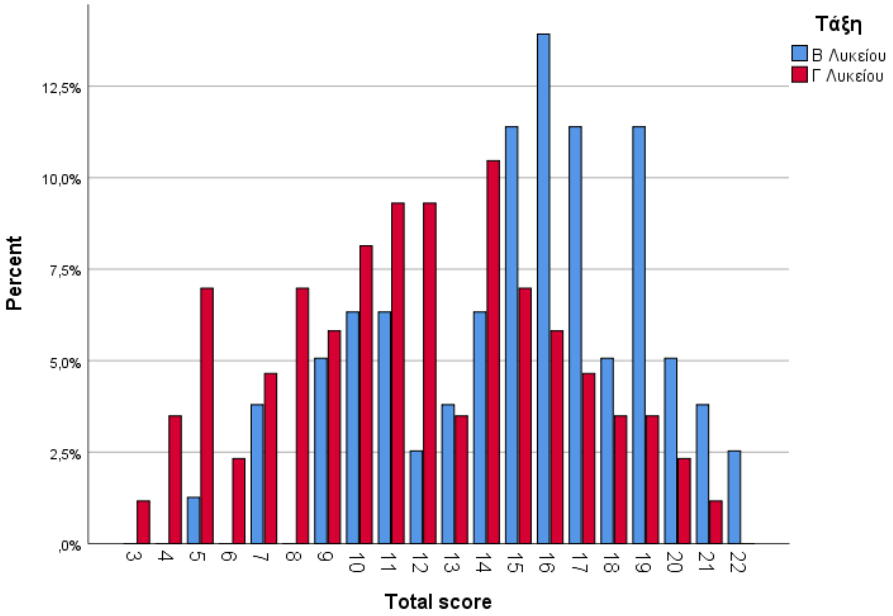
Γράφημα 22: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά;».



Γράφημα 23: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 80 κιλά. Στη συνέχεια στέκεστε πάνω σε δύο ζυγαριές με το κάθε πόδι σας σε κάθε ζυγαριά και το βάρος σας μοιρασμένο εξίσου. Ποια θα είναι η ένδειξη της κάθε ζυγαριάς;».



Γράφημα 24: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Β'-Γ' λυκείου στην ερώτηση «Καταφέρνουμε να βαδίσουμε γιατί:».



Γράφημα 25: Το συνολικό ποσοστό των σωστών απαντήσεων των μαθητών της Β' και της Γ' Λυκείου στο ερωτηματολόγιο 1.

4.3 Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στον 1ο και 3ο νόμο του Νεύτωνα

Στην παρούσα παρέμβαση εντοπίστηκαν και έγινε προσπάθεια να αναιρεθούν οι εξής εναλλακτικές ιδέες των μαθητών:

- Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη
- Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό
- Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους
- Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης
- Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν αδράνεια
- Στην αντίσταση των σωμάτων στην μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης εμπλέκεται κάποια δύναμη
- Η δράση και η αντίδραση έχουν συνισταμένη μηδέν
- Υπάρχουν δυνάμεις που δεν εμφανίζονται σε ζεύγη
- Η αντίδραση, στη δύναμη του βάρους ενός σώματος που βρίσκεται πάνω σε μια επιφάνεια είναι στην επιφάνεια
- Οι δυνάμεις δεν παρουσιάζονται όλες σε ζεύγη

4.4 Αποτελέσματα μαθητών Α' λυκείου

4.4.1 Ομάδα ελέγχου

Στην ομάδα ελέγχου δόθηκε το ερωτηματολόγιο πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος, η οποία έγινε με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας. Το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών (>70%) απάντησε σωστά σε επτά από τις είκοσι τρεις ερωτήσεις. Σε επτά ερωτήσεις απάντησαν σωστά μόνο οι μισοί μαθητές, ενώ στις υπόλοιπες ερωτήσεις τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων ήταν κάτω από 50%, φθάνοντας στο 11,6%. Στις περισσότερες ερωτήσεις η παραδοσιακή διδασκαλία δεν επηρέαζε σε μεγάλο βαθμό τις αντιλήψεις των μαθητών, με εξαίρεση έξι ερωτήσεις στις οποίες οι σωστές απαντήσεις αυξήθηκαν κατά 10-20 ποσοστιαίες μονάδες, ενώ σε τέσσερις ερωτήσεις η παραδοσιακή διδασκαλία μείωσε το ποσοστό των σωστών απαντήσεων. Στο Γράφημα 49 φαίνεται το συνολικό ποσοστό των σωστών απαντήσεων των

μαθητών της Α’ Λυκείου στο ερωτηματολόγιο 1 πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.

Πιο συγκεκριμένα, στην Ερώτηση «Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη» ένα μικρό ποσοστό των μαθητών της Α’ λυκείου απάντησε σωστά το 23,3% πριν τη διδασκαλία του μαθήματος και το 32,6% μετά τη διδασκαλία. Παρόμοια ποσοστά σωστών απαντήσεων παρατηρήθηκαν και στην ερώτηση «Γιατί Καταφέρνουμε να βαδίσουμε», όπου μόνο το 34,9% περίπου απάντησε σωστά και αυξήθηκε και σε αυτήν την απάντηση κατά 10 ποσοστιαίες μονάδες περίπου μετά τη διδασκαλία του μαθήματος.

Στις ερωτήσεις «Για να σταματήσει να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκηθεί πάνω σε αυτό μία δύναμη», «Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους», «Σώμα το οποίο έχει στη γη μάζα 20 κιλά, όταν μεταφερθεί στη σελήνη έχει την ίδια μάζα» και «Ο νόμος της Δράσης-Αντίδρασης ισχύει για όλα τα είδη των δυνάμεων (επαφής και απόστασης)», οι περισσότεροι απάντησαν σωστά και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος το ποσοστό των σωστών απαντήσεων αυξήθηκε και άλλο. Στις ερωτήσεις «Κατά την σύγκρουση ενός τρένου με ένα αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο συνθλίβεται:» και «Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό», «Στο διάστημα τα σώματα έχουν αδράνεια» το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά πριν τη διδασκαλία του μαθήματος αυξήθηκε από 48,8% στο 67,4% μετά τη διδασκαλία του μαθήματος, από 41,9 στο 65,1% και από 41,9% σε 62,8% αντίστοιχα.

Στην ερώτηση «Όταν κάποιος στέκεται όρθιος και ακίνητος, ασκούνται πάνω του δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις, η δύναμη του βάρους και η αντίδραση από το δάπεδο. Αυτές οι δύο δυνάμεις αποτελούν ένα ζεύγος δράσης αντίδρασης» μόνο το 18,6% απάντησε σωστά και το ποσοστό αυξήθηκε μόνο κατά 9 ποσοστιαίες μονάδες περίπου μετά τη διδασκαλία του μαθήματος (27,9%). Ένα πολύ μικρό ποσοστό των μαθητών (23,3%) απάντησε σωστά και στην ερώτηση «Βρισκόμαστε σε κινούμενο αυτοκίνητο και αφήνουμε από το ανοικτό παράθυρο να πέσει ένα μήλο», ενώ το 39,5% των μαθητών πιστεύει ότι το μήλο

θα πέσει ακριβώς στο σημείο που το αφήσαμε και το 32,6% πιστεύει ότι θα πέσει πιο πίσω. Το ποσοστό των σωστών απαντήσεων αυξήθηκε μόνο κατά 4 ποσοστιαίες μονάδες μετά τη διδασκαλία του μαθήματος, φτάνοντας το 27,9%, χωρίς να έχει στατιστικά σημαντική διαφορά (p=0,814).

Στην ερώτηση «Ένα διαστημόπλοιο ταξιδεύει στο διάστημα με ορισμένη ταχύτητα και ξαφνικά λόγω βλάβης δεν λειτουργούν οι κινητήρες του. Τι θα συμβεί:», το 50% των μαθητών απάντησαν σωστά, ενώ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (p=0,823) στις αντιλήψεις των μαθητών μετά τη διδασκαλία του μαθήματος. Το ίδιο ποσοστό των μαθητών απάντησε σωστά και στην ερώτηση «Όταν κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα, το νόμισμα θα πέσει;», εμφανίζοντας μια μικρή αύξηση των σωστών απαντήσεων μετά τη διδασκαλία του μαθήματος (~7 ποσοστιαίες μονάδες), χωρίς να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (p=0,646). Μεγαλύτερη αύξηση του ποσοστού των σωστών απαντήσεων μετά τη διδασκαλία του μαθήματος (από 48,8 σε 65,1%) παρατηρήθηκε στην ερώτηση «Κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα. Όταν το νόμισμα βρίσκεται στον αέρα το λεωφορείο φρενάρει απότομα. Το νόμισμα θα πέσει:»

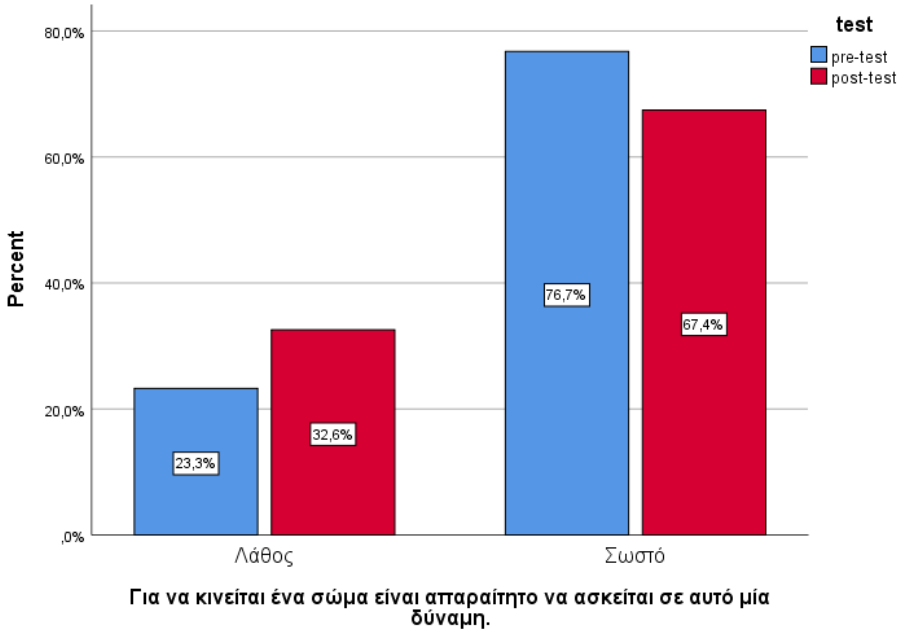
Στις ερωτήσεις «Ο νόμος Δράσης-Αντίδρασης ισχύει και όταν τα σώματα κινούνται», και «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 80 κιλά. Στη συνέχεια στέκεστε πάνω σε δύο ζυγαριές με το κάθε πόδι σας σε κάθε ζυγαριά και το βάρος σας μοιρασμένο εξίσου. Ποια θα είναι η ένδειξη της κάθε ζυγαριάς;» δεν βρέθηκαν διαφορές πριν και μετά τη διδασκαλία.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στις ερωτήσεις «Όσο μεγαλύτερο όγκο έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη αδράνεια έχει», και «Όταν ένα κιβώτιο τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, τότε η αντίδραση της δύναμης του βάρους του, είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο;», «Λόγω έλλειψης βαρύτητας δεν θα μπορούσε ένας αστροναύτης στο διαστημόπλοιο να απομακρύνει τινάζοντάς τις σταγόνες από τα χέρια του» μετά τη διδασκαλία του μαθήματος περισσότεροι μαθητές απάντησαν λάθος. Συγκεκριμένα στην ερώτηση «Όταν ένα κιβώτιο

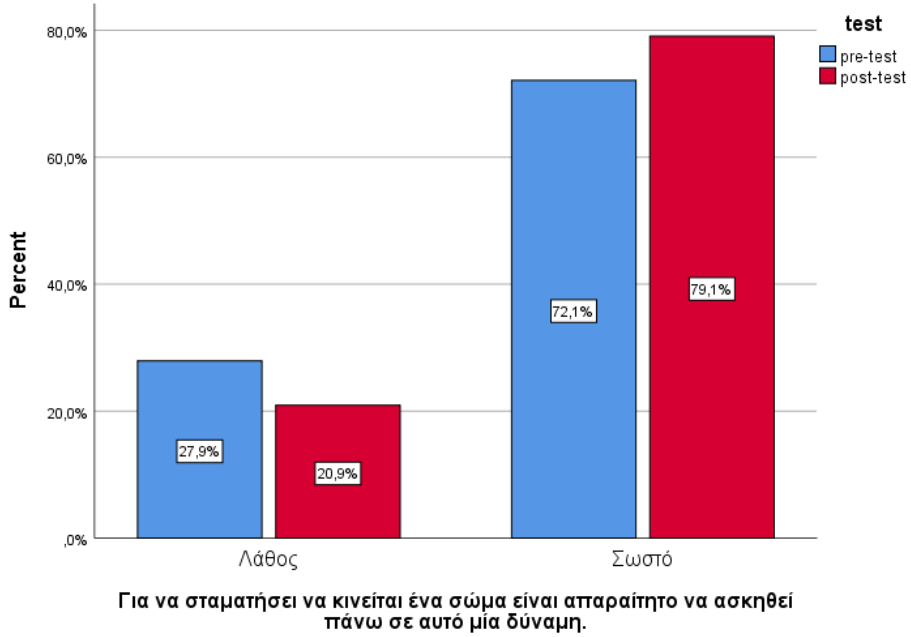
τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, τότε η αντίδραση της δύναμης του βάρους του, είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο;» μόνο το 32,6% των μαθητών είχαν απάντησαν σωστά πριν τη διδασκαλία του μαθήματος, ενώ μετά τη διδασκαλία του μαθήματος το ποσοστό μειώθηκε σε 25,6%. Ταυτόχρονα το αρχικό ποσοστό των μαθητών (60,5%) που πίστευαν ότι η δύναμη που πίστευαν ότι η αντίδραση του βάρους του είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο στο τραπέζι, αυξήθηκε μετά τη διδασκαλία του μαθήματος στο 67,4%, γεγονός που αποδεικνύει τις ελλείψεις και τα προβλήματα της παραδοσιακής διδασκαλίας για να διευκρινιστούν τέτοιες έννοιες, που πολλές φορές έχει σαν αποτέλεσμα οι μαθητές να μπερδεύονται περισσότερο.

Το μικρότερο ποσοστό των σωστών απαντήσεων παρατηρήθηκε στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά;», όπου μόνο το 14% απάντησε σωστά. Μάλιστα μετά τη διδασκαλία του μαθήματος το ποσοστό αυτό μειώθηκε και άλλο στο 11,6%. Σε αυτή την ερώτηση το 37,2% των μαθητών πριν τη διδασκαλία του μαθήματος και το 44,2% μετά τη διδασκαλία του μαθήματος πιστεύει ότι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά είναι 500 Νιούτον.

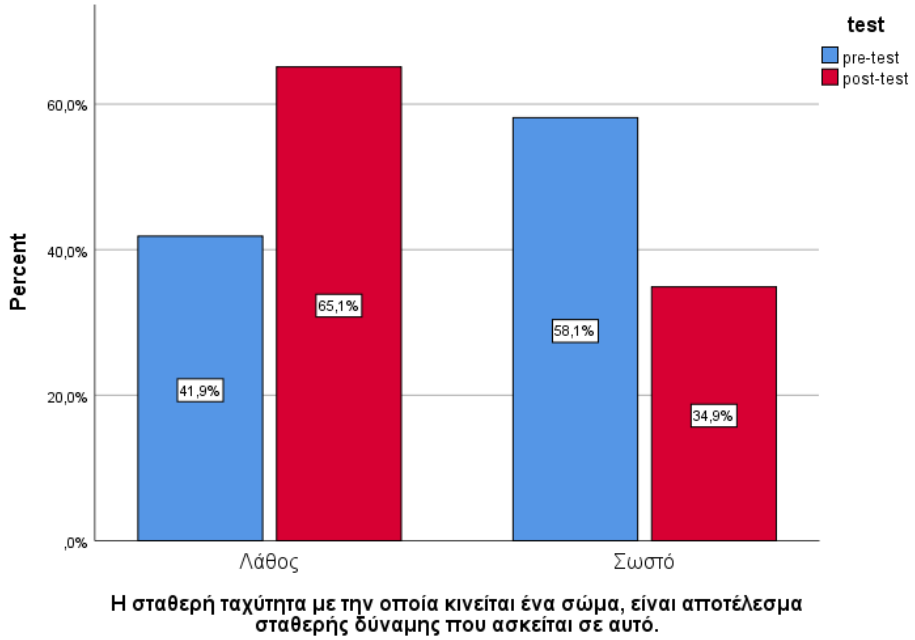
Στις ερωτήσεις «Για να σταματήσει να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκηθεί πάνω σε αυτό μία δύναμη», «Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό», «Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης», «Το αυτοκίνητό μου έμεινε από βενζίνη. Μπορώ από το κάθισμά μου σπρώχνοντας πολύ δυνατά το ταμπλό του αυτοκινήτου, να το μετακινήσω», οι περισσότεροι μαθητές απάντησαν σωστά.



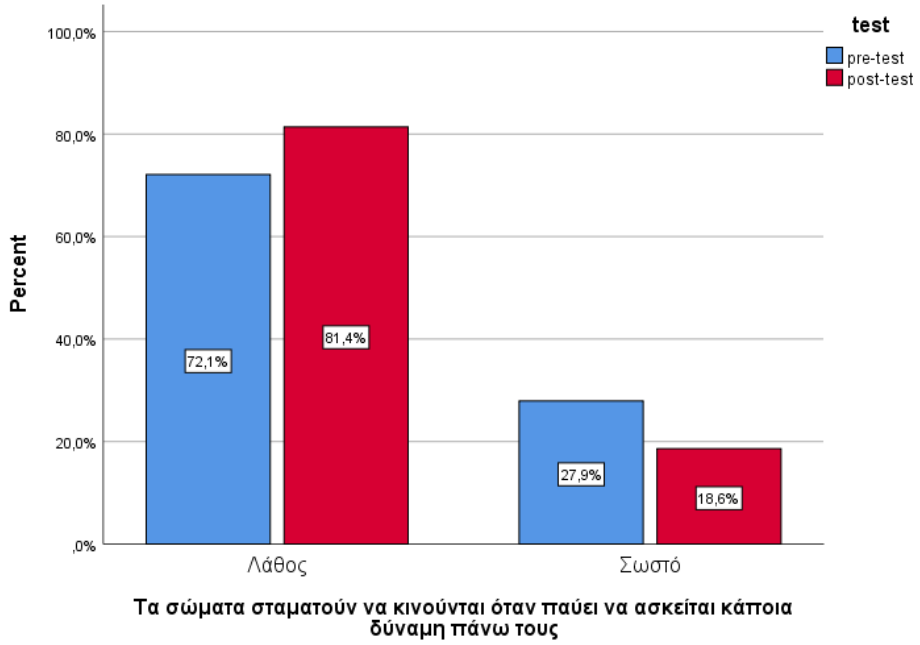
Γράφημα 26: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



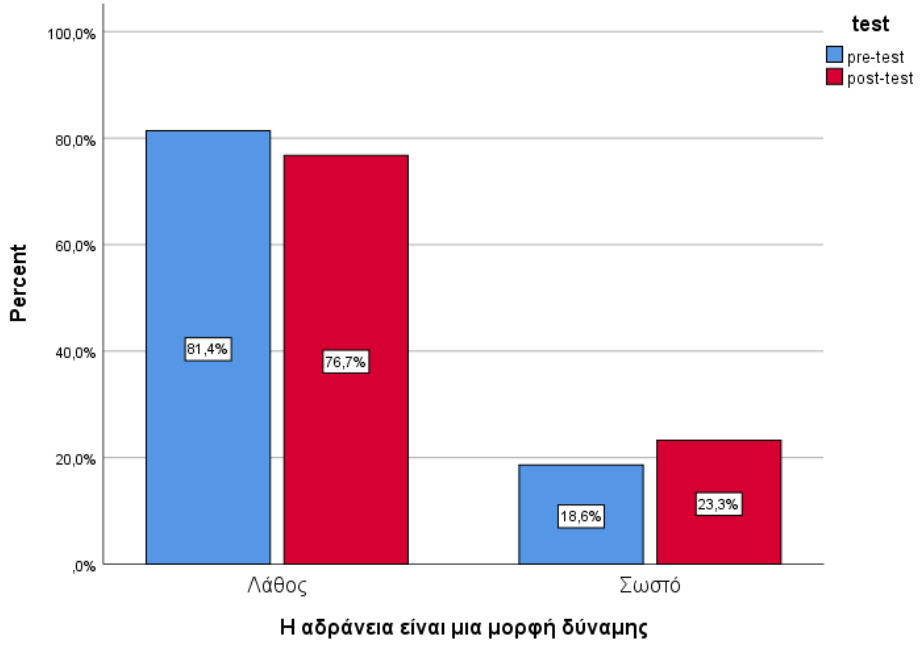
Γράφημα 27: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Για να σταματήσει να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκηθεί πάνω σε αυτό μία δύναμη» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



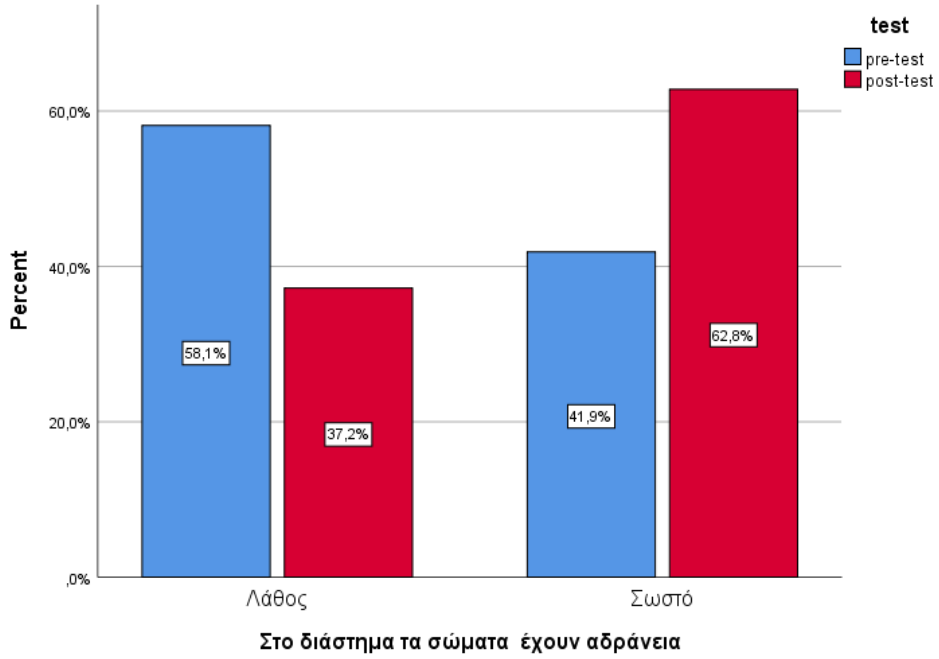
Γράφημα 28: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



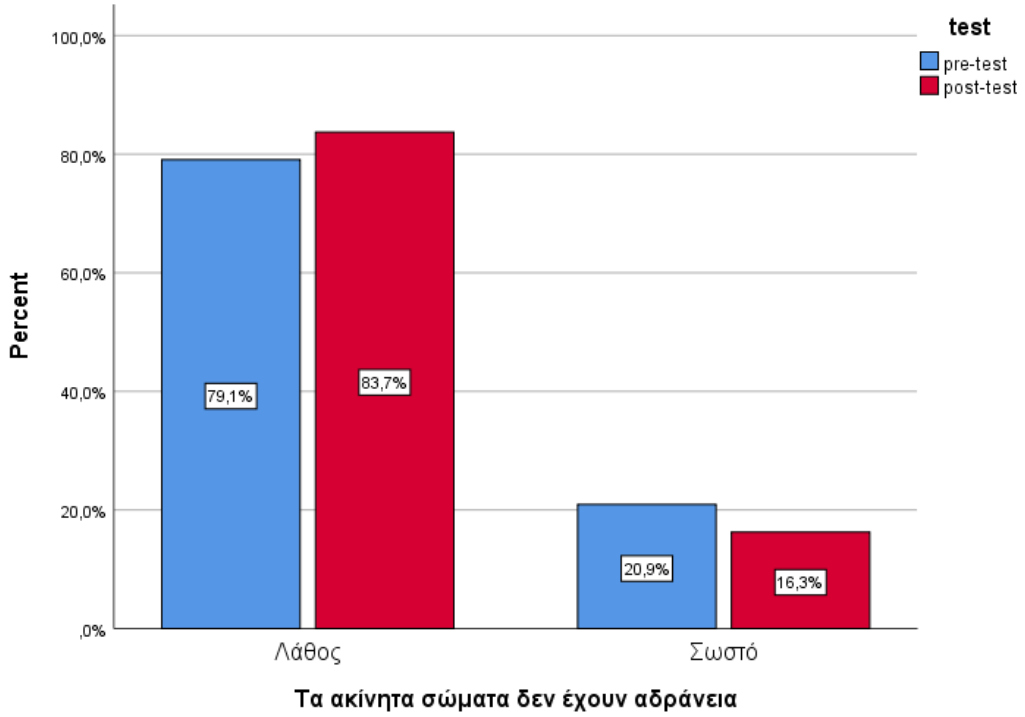
Γράφημα 29: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



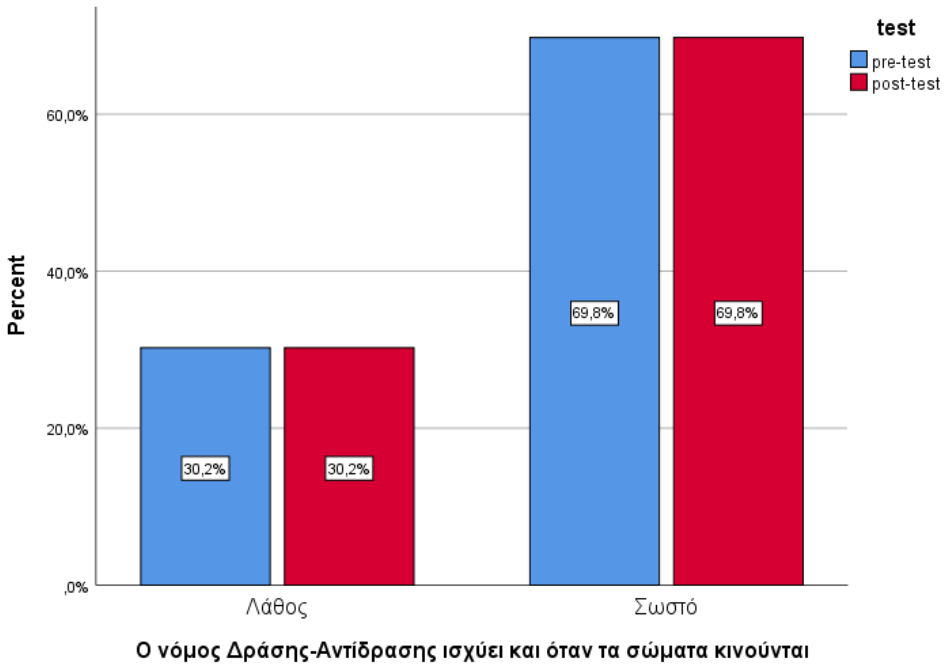
Γράφημα 30: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



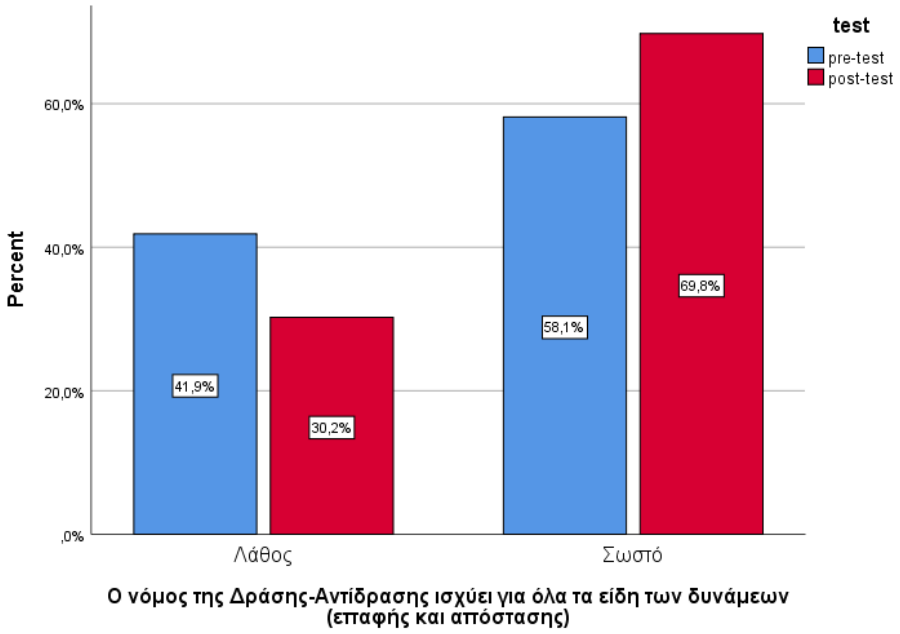
Γράφημα 31: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Στο διάστημα τα σώματα έχουν αδράνεια» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



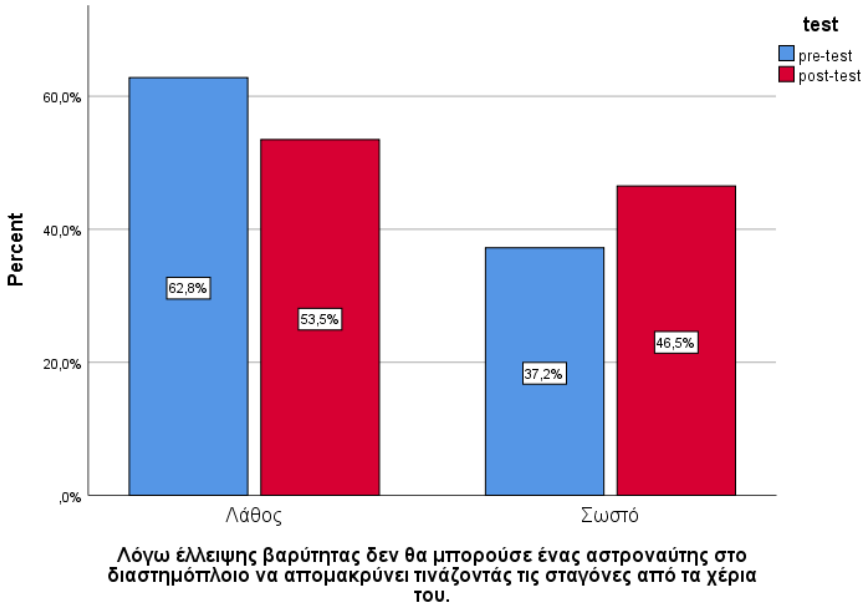
Γράφημα 32 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν αδράνεια» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



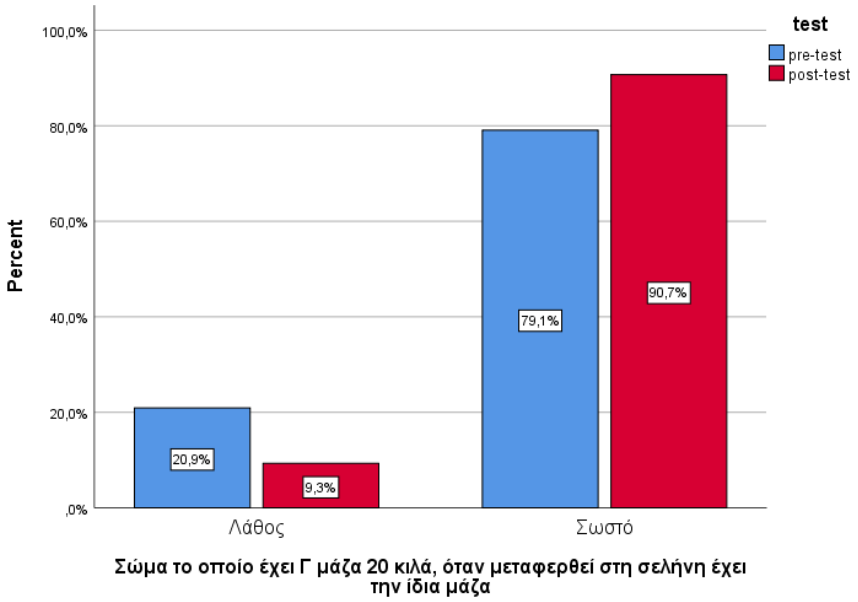
Γράφημα 33: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ο νόμος Δράσης-Αντίδρασης ισχύει και όταν τα σώματα κινούνται» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



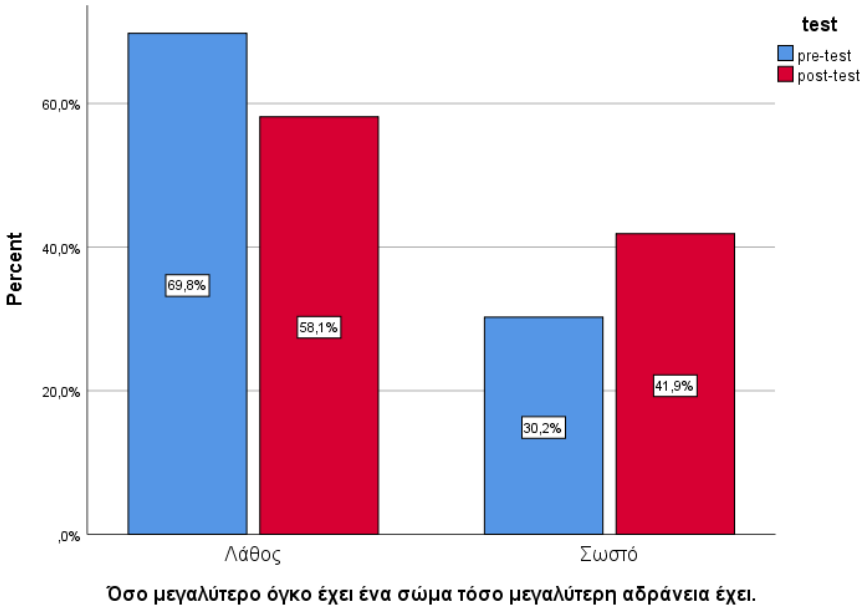
Γράφημα 34: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ο νόμος της Δράσης-Αντίδρασης ισχύει για όλα τα είδη των δυνάμεων (επαφής και απόστασης)» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



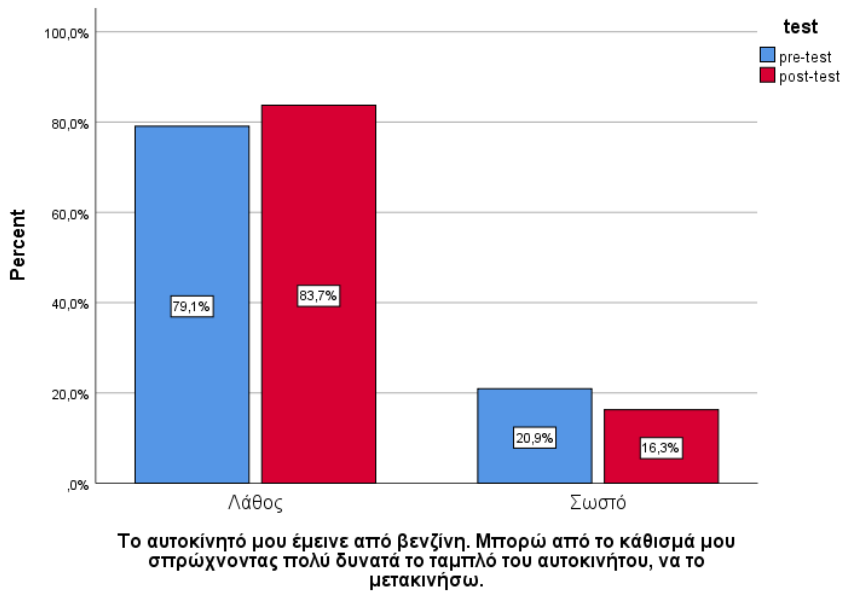
Γράφημα 35: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Λόγω έλλειψης βαρύτητας δεν θα μπορούσε ένας αστροναύτης στο διαστημόπλοιο να απομακρύνει τινάζοντάς τις σταγόνες από τα χέρια του» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



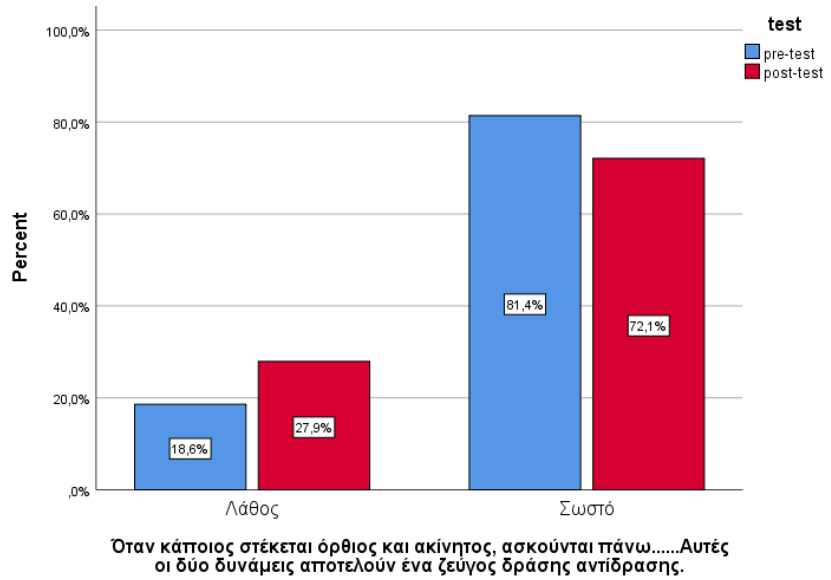
Γράφημα 36: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Σώμα το οποίο έχει στη γη μάζα 20 κιλά, όταν μεταφερθεί στη σελήνη έχει την ίδια μάζα» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



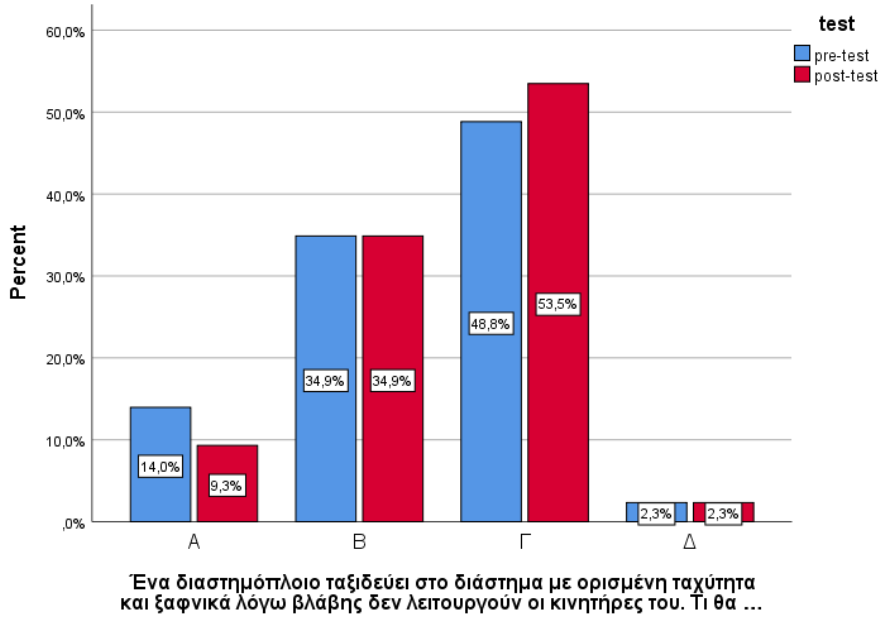
Γράφημα 37: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όσο μεγαλύτερο όγκο έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη αδράνεια έχει» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



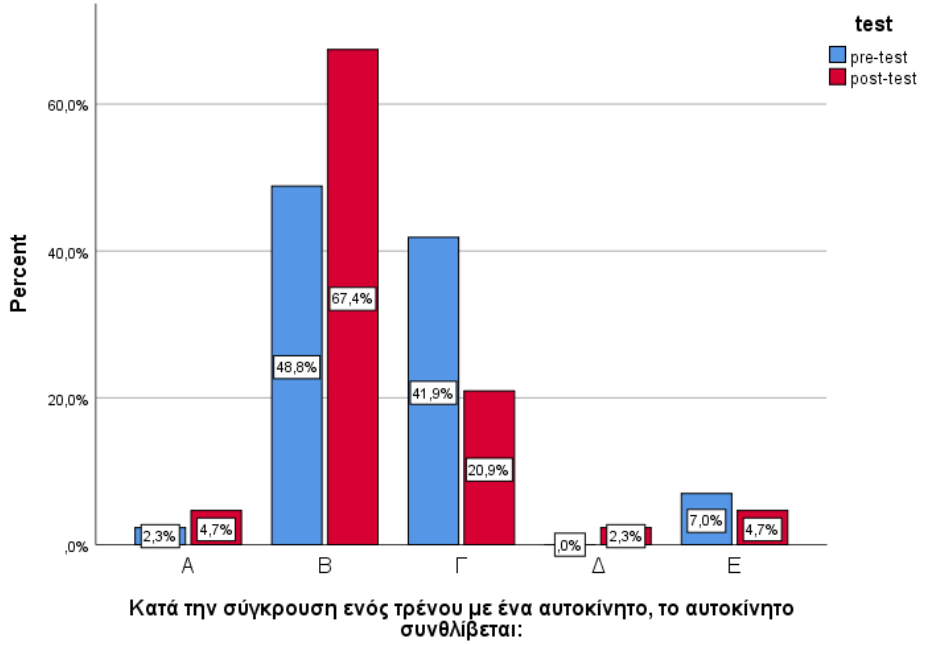
Γράφημα 38: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Το αυτοκίνητό μου έμεινε από βενζίνη. Μπορώ από το κάθισμά μου σπρώχνοντας πολύ δυνατά το ταμπλό του αυτοκινήτου, να το μετακινήσω» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



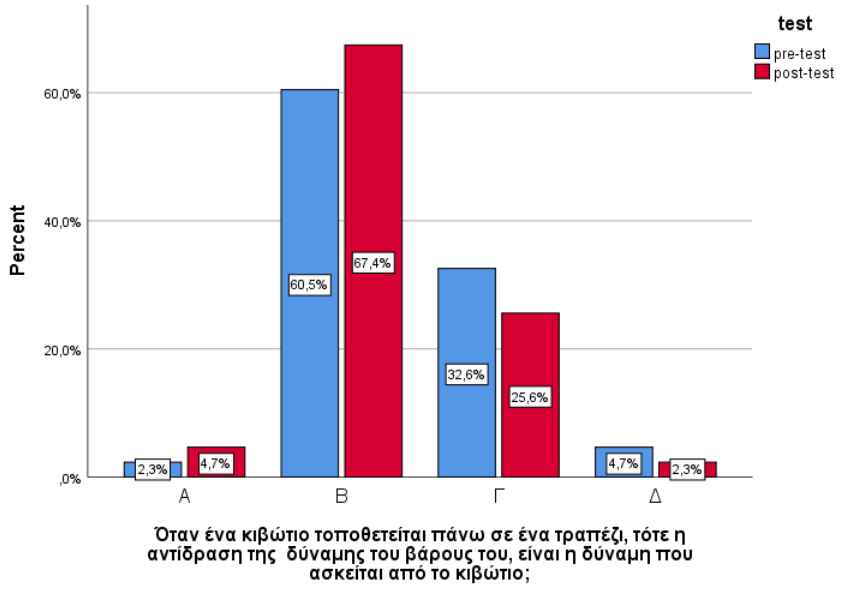
Γράφημα 39 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όταν κάποιος στέκεται όρθιος και ακίνητος, ασκούνται πάνω του δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις, η δύναμη του βάρους και η αντίδραση από το δάπεδο. Αυτές οι δύο δυνάμεις αποτελούν ένα ζεύγος δράσης αντίδρασης» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



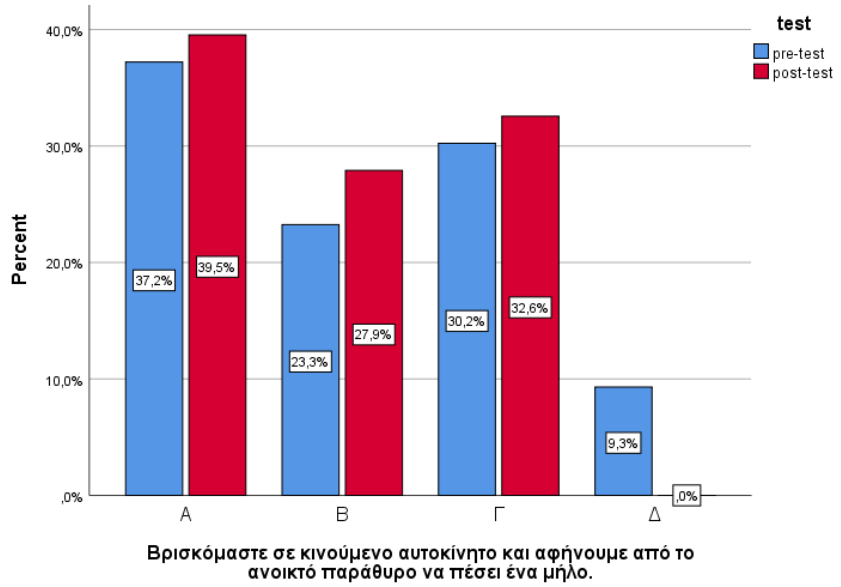
Γράφημα 40: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ένα διαστημόπλοιο ταξιδεύει στο διάστημα με ορισμένη ταχύτητα και ξαφνικά λόγω βλάβης δεν λειτουργούν οι κινητήρες του. Τι θα συμβεί:» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



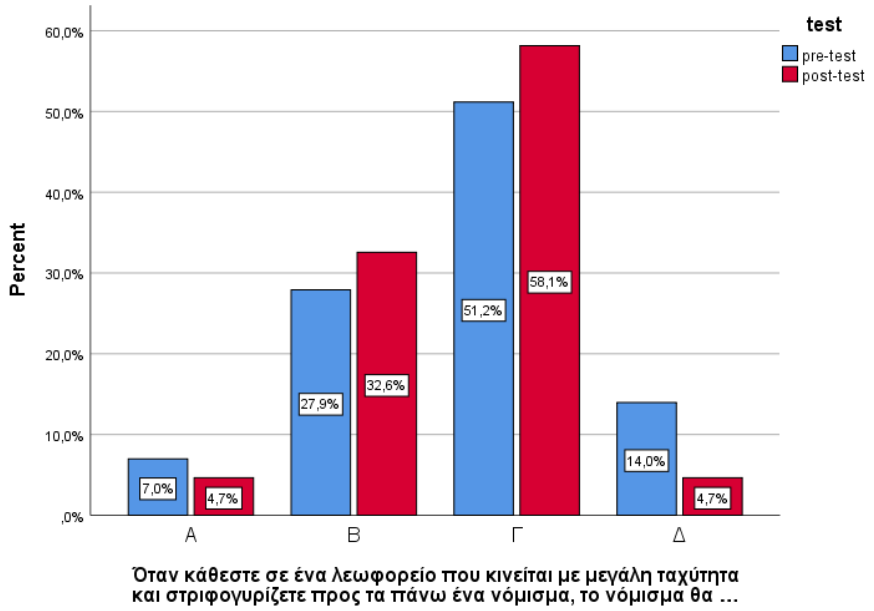
Γράφημα 41: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Κατά την σύγκρουση ενός τρένου με ένα αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο συνθλίβεται:» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



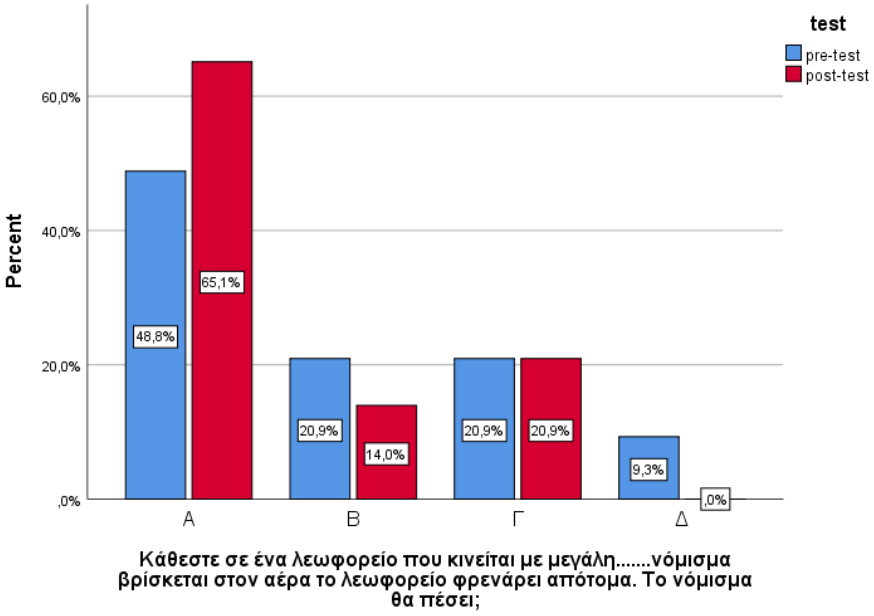
Γράφημα 42: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όταν ένα κιβώτιο τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, τότε η αντίδραση της δύναμης του βάρους του, είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο;» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



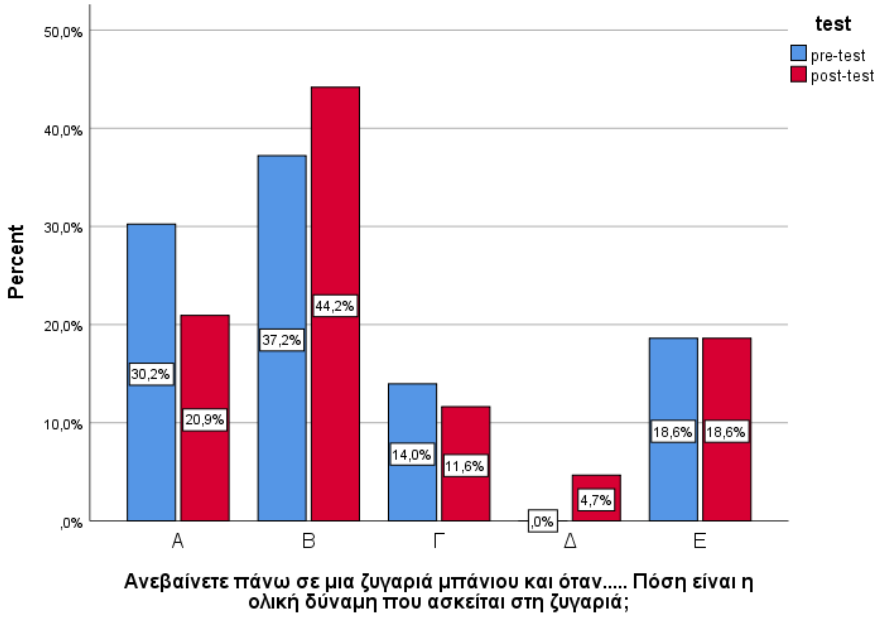
Γράφημα 43: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Βρισκόμαστε σε κινούμενο αυτοκίνητο και αφήνουμε από το ανοικτό παράθυρο να πέσει ένα μήλο.» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



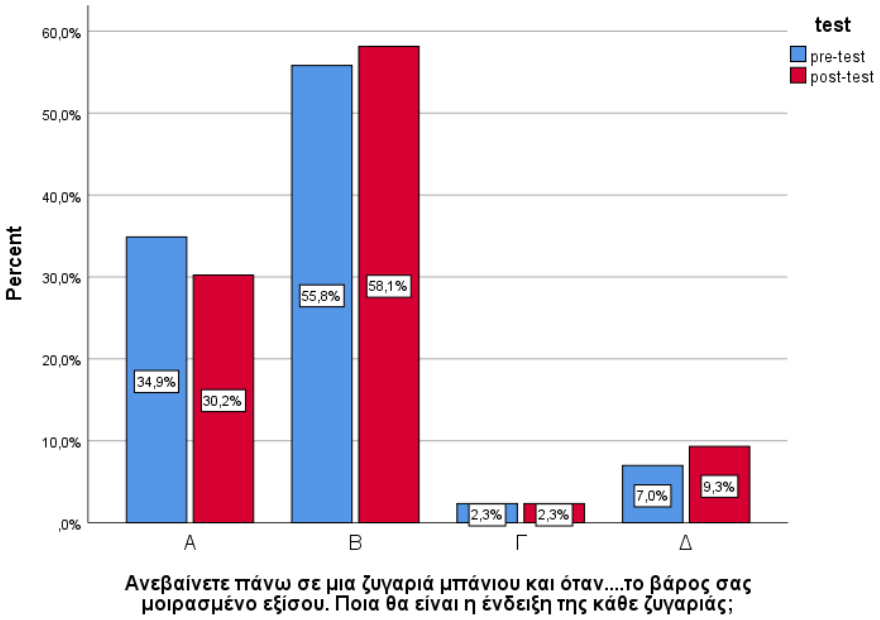
Γράφημα 44: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όταν κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα, το νόμισμα θα πέσει;» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



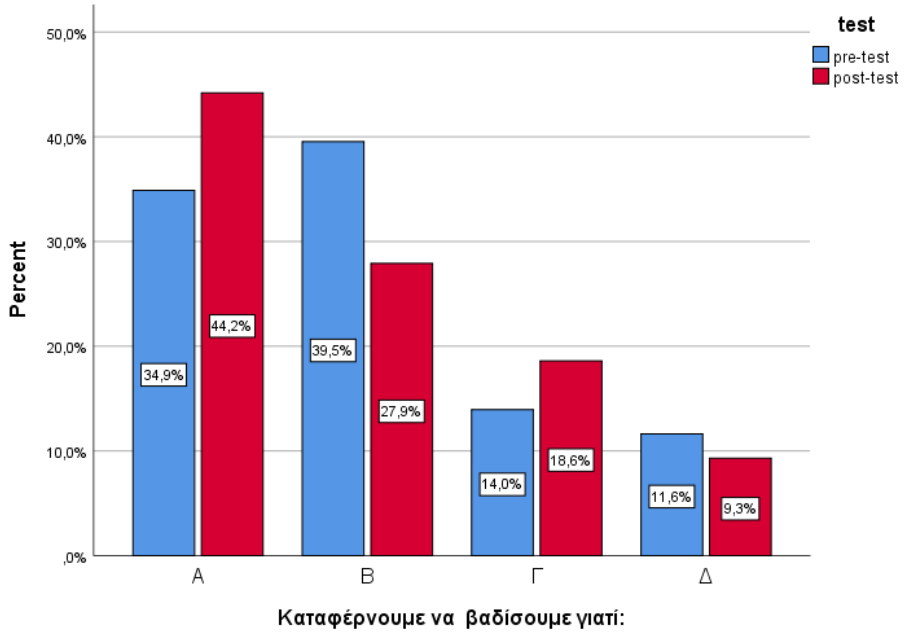
Γράφημα 45: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα. Όταν το νόμισμα βρίσκεται στον αέρα το λεωφορείο φρενάρει απότομα. Το νόμισμα θα πέσει:» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



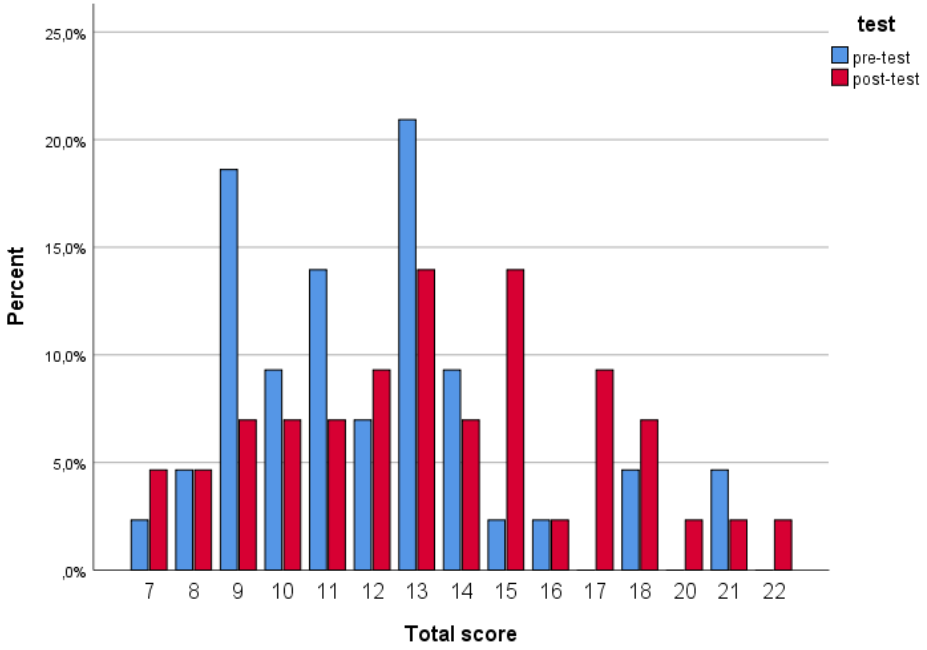
Γράφημα 46: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά;» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



Γράφημα 47: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 80 κιλά. Στη συνέχεια στέκεστε πάνω σε δύο ζυγαριές με το κάθε πόδι σας σε κάθε ζυγαριά και το βάρος σας μοιρασμένο εξίσου. Ποια θα είναι η ένδειξη της κάθε ζυγαριάς;» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



Γράφημα 48: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Καταφέρνουμε να βαδίσουμε γιατί:» πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.



Γράφημα 49: Το συνολικό ποσοστό των σωστών απαντήσεων των μαθητών της Α' Λυκείου στο ερωτηματολόγιο 1 πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος χωρίς την παρέμβαση.

4.4.2 Πειραματική ομάδα (μετά την παρέμβαση)

Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας διδάχθηκαν τον Πρώτο και Τρίτο Νόμου του Νεύτωνα με χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας. Στους μαθητές αυτούς δόθηκε το ερωτηματολόγιο πριν και μετά την παρέμβαση. Πάνω από το 80% των μαθητών απάντησαν σωστά σε τρείς ερωτήσεις πριν και μετά την παρέμβαση, ενώ σε εννιά ερωτήσεις το ποσοστό αυτό άγγιξαν οι μαθητές μόνο μετά τη διδασκαλία του μαθήματος με ΕΠ. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι περισσότεροι μαθητές απαντούν σωστά στις ερωτήσεις μετά την παρέμβαση. Μάλιστα ο αριθμός των μαθητών που απάντησαν σωστά μετά την παρέμβαση τριπλασιάστηκε για τέσσερις ερωτήσεις, διπλασιάστηκε για δύο και τετραπλασιάστηκε σε ακόμα δύο ερωτήσεις. Στις υπόλοιπες ερωτήσεις οι σωστές απαντήσεις των μαθητών αυξήθηκαν από 10 έως 25 ποσοστιαίες μονάδες, ενώ σε μια ερώτηση στην οποία απάντησαν σωστά οι μισοί μαθητές δεν υπήρξε διαφορά στις απαντήσεις τους πριν και μετά την παρέμβαση.

Πιο συγκεκριμένα, στις ερωτήσεις «Για να σταματήσει να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκηθεί πάνω σε αυτό μία δύναμη», «Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν αδράνεια» και «Το αυτοκίνητό μου έμεινε από βενζίνη στη μέση του δρόμου. Μπορώ από το κάθισμά μου σπρώχνοντας πολύ δυνατά το ταμπλό του αυτοκινήτου, να το μετακινήσω» πάνω από το 80% των μαθητών απάντησαν σωστά πριν και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος με την παρέμβαση. Στις ερωτήσεις «Ο νόμος της Δράσης-Αντίδρασης ισχύει για όλα τα είδη των δυνάμεων (επαφής και απόστασης)», «Λόγω έλλειψης βαρύτητας δεν θα μπορούσε ένας αστροναύτης στο διαστημόπλοιο να απομακρύνει τινάζοντάς τις σταγόνες από τα βρεγμένα χέρια του», «Σώμα το οποίο έχει στη γη μάζα 20 κιλά, όταν μεταφερθεί στη σελήνη έχει την ίδια μάζα», «Όσο μεγαλύτερο όγκο έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη αδράνεια έχει» και «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 80 κιλά. Στη συνέχεια στέκεστε πάνω σε δύο ζυγαριές με το κάθε πόδι σας σε κάθε ζυγαριά και το βάρος σας μοιρασμένο εξίσου. Ποια θα είναι η ένδειξη της κάθε ζυγαριάς;» το ποσοστό των σωστών απαντήσεων αυξήθηκε κατά 10 με 15 ποσοστιαίες μονάδες, ενώ για τις ερωτήσεις «Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής

δύναμης που ασκείται σε αυτό», «Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους», «Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης» και «Ο νόμος Δράσης-Αντίδρασης ισχύει και όταν τα σώματα κινούνται» το ποσοστό των σωστών απαντήσεων αυξήθηκε κατά 15- 25 ποσοστιαίες μονάδες. Η διαφορά στα ποσοστά των σωστών απαντήσεων πριν και μετά την παρέμβαση για τις παραπάνω ερωτήσεις βρέθηκε στατιστικά σημαντική για $p<0,05$.

Στην ερώτηση «Κατά την σύγκρουση ενός τρένου με ένα αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο συνθλίβεται:» περίπου οι μισοί μαθητές (46,5%) πίστευαν πριν την παρέμβαση ότι κατά την σύγκρουση ενός τρένου με ένα αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο συνθλίβεται γιατί το αυτοκίνητο δέχεται μεγαλύτερη δύναμη. Μετά την παρέμβαση το ποσοστό αυτό μειώθηκε σε 15,2% και το ποσοστό των σωστών απαντήσεων διπλασιάστηκε (από 44,2% σε 80,4%, $p<0,05$). Ίδιο ποσοστό αύξησης των σωστών απαντήσεων παρατηρήθηκε και στην ερώτηση «Καταφέρνουμε να βαδίσουμε γιατί:» με $p<0,001$.

Στις ερωτήσεις «Στο διάστημα τα σώματα έχουν αδράνεια», Όταν κάποιος στέκεται όρθιος και ακίνητος, ασκούνται πάνω σου δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις, η δύναμη του βάρους και η αντίδραση από το δάπεδο. Αυτές οι δύο δυνάμεις αποτελούν ένα ζεύγος δράσης αντίδρασης», «Ένα διαστημόπλοιο ταξιδεύει στο διάστημα με ορισμένη ταχύτητα και ξαφνικά λόγω βλάβης δεν λειτουργούν οι κινητήρες του. Τι από τα παρακάτω θα συμβεί» και «Όταν ένα κιβώτιο τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, τότε η αντίδραση της δύναμης του βάρους του, είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο:», οι σωστές απαντήσεις των μαθητών τριπλασιάστηκαν μετά την παρέμβαση για $p<0,001$.

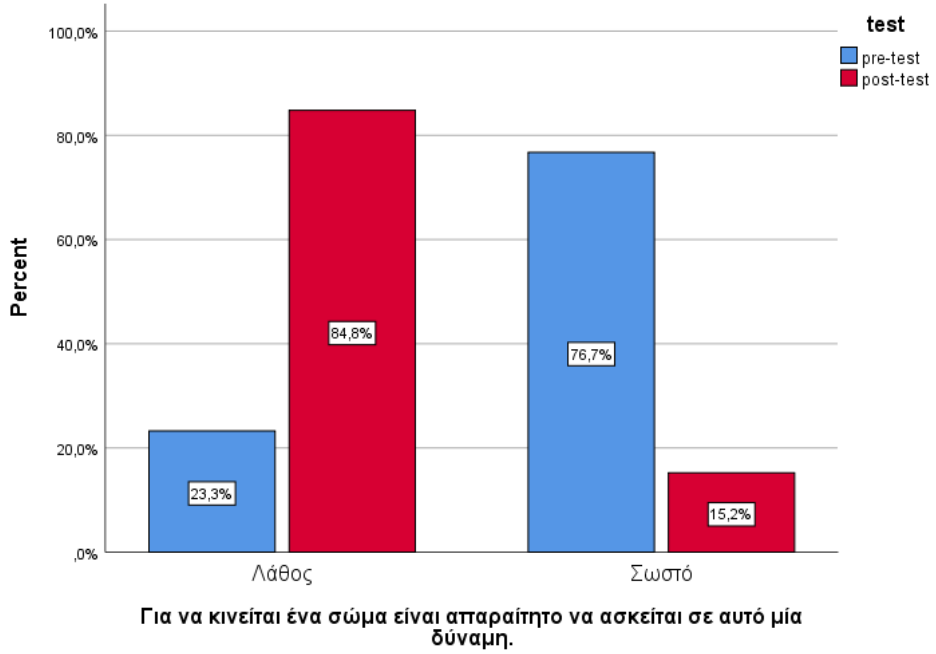
Οι μεγαλύτερες διαφορές των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση παρατηρήθηκαν στις ερωτήσεις «Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη», «Βρισκόμαστε σε κινούμενο αυτοκίνητο και αφήνουμε από το ανοικτό παράθυρο να πέσει ένα μήλο». Στην πρώτη ερώτηση το ποσοστό των σωστών απαντήσεων από το 23,3% έφτασε το 84,8% μετά την παρέμβαση, ενώ στην ομάδα ελέγχου που διδάχθηκε το μάθημα με παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας το ποσοστό των σωστών απαντήσεων από απάντησε σωστά το 23,3% πριν τη διδασκαλία του

μαθήματος έφτασε μόλις στο 32,6% μετά τη διδασκαλία. Στην δεύτερη ερώτηση στην ομάδα ελέγχου ένα πολύ μικρό ποσοστό των μαθητών (23,3%) απάντησε σωστά στην ερώτηση και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος οι σωστές απαντήσεις αν και αυξήθηκαν κατά 4 ποσοστιαίες μονάδες δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά (p=0,814). Αντίθετα όταν το μάθημα διδάχτηκε χρησιμοποιώντας την εφαρμογή της ΕΠ το ποσοστό των σωστών απαντήσεων μετά το μάθημα τετραπλασιάστηκε (από 11,6% στο 56,5%).

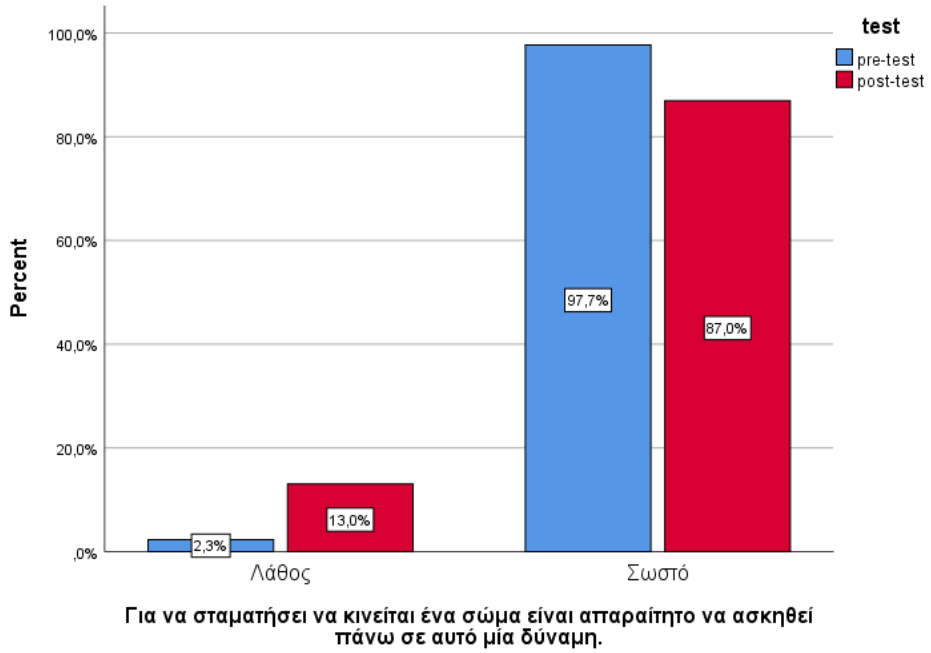
Στην ερώτηση «Όταν κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα, το νόμισμα θα πέσει:», αν και το ποσοστό των σωστών απαντήσεων μετά την παρέμβαση αυξήθηκε κατά 10 ποσοστιαίες μονάδες (p=0,001), το 34,8% συνεχίζει να πιστεύει και μετά την παρέμβαση ότι το νόμισμα θα πέσει πίσω του και το 23,9% ότι θα πέσει μπροστά του. Παρόμοια δεδομένα προκύπτουν και στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά;», όπου το 41,3% συνεχίζει να πιστεύει και μετά την παρέμβαση ότι η ολική δύναμη είναι 500N και το 23,9% ότι είναι 50N. Μόνο το 21,7% έδωσε τη σωστή απάντηση (μηδέν N) μετά την παρέμβαση.

Τέλος στην ερώτηση «Κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα. Όταν το νόμισμα βρίσκεται στον αέρα το λεωφορείο φρενάρει απότομα. Το νόμισμα θα πέσει:» παρατηρήθηκε μια πολύ μικρή αύξηση των σωστών απαντήσεων για p<0,05.

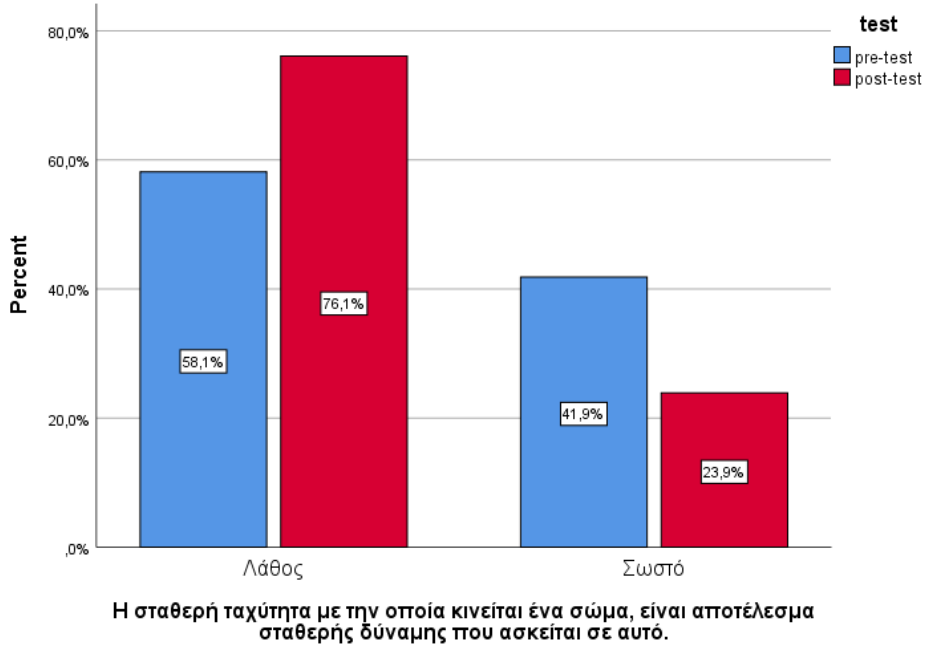
Στο γράφημα 73 που απεικονίζονται το σύνολο των σωστών απαντήσεων πριν και μετά την παρέμβαση φαίνεται ξεκάθαρα η αύξηση των σωστών απαντήσεων μετά την παρέμβαση.



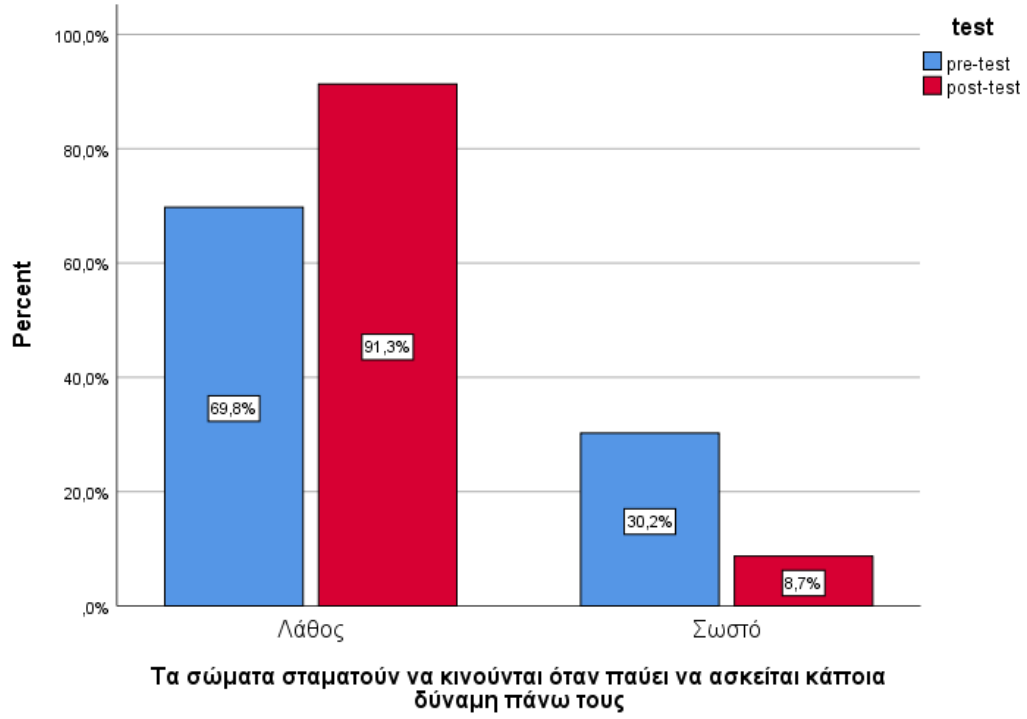
Γράφημα 50: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Για να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκείται σε αυτό μία δύναμη» πριν και μετά την παρέμβαση.



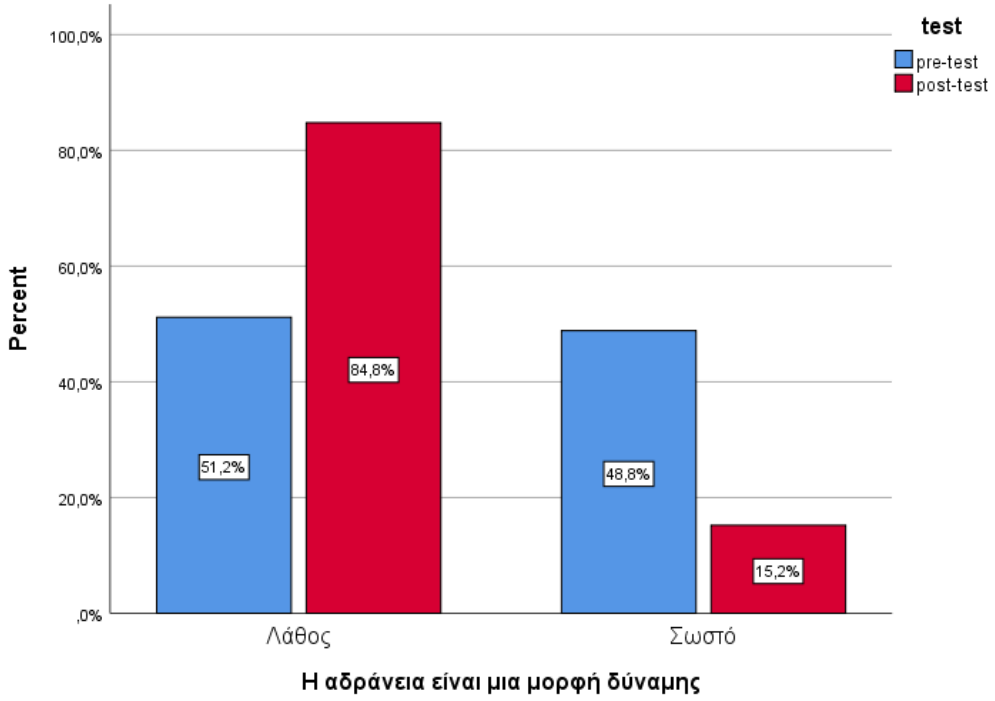
Γράφημα 51: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Για να σταματήσει να κινείται ένα σώμα είναι απαραίτητο να ασκηθεί πάνω σε αυτό μια δύναμη» πριν και μετά την παρέμβαση.



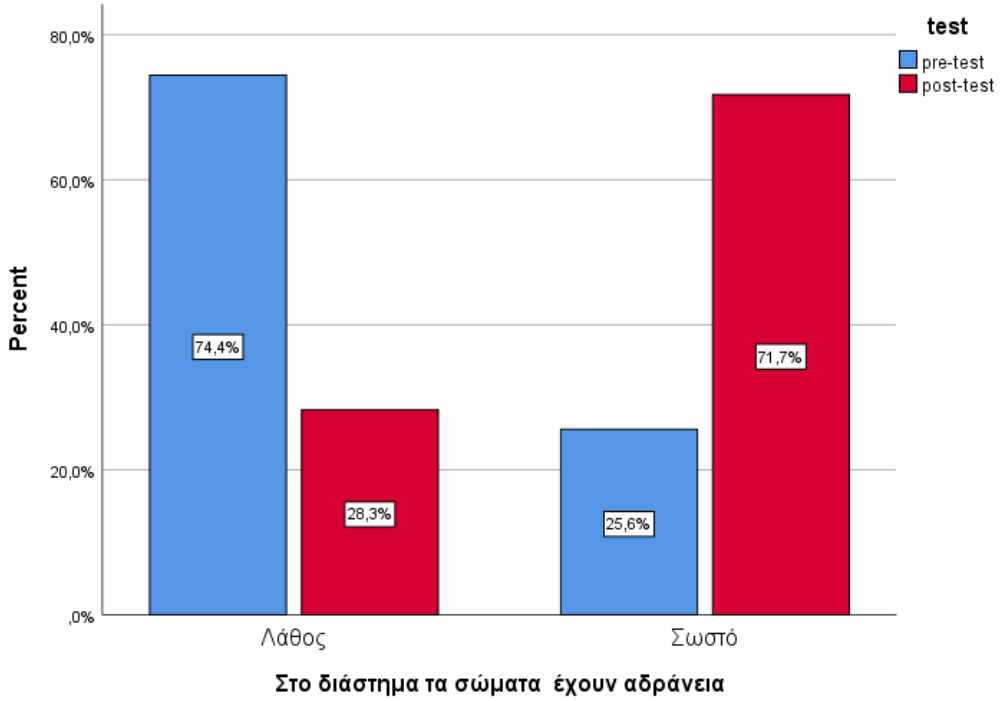
Γράφημα 52: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Η σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα, είναι αποτέλεσμα σταθερής δύναμης που ασκείται σε αυτό» πριν και μετά την παρέμβαση.



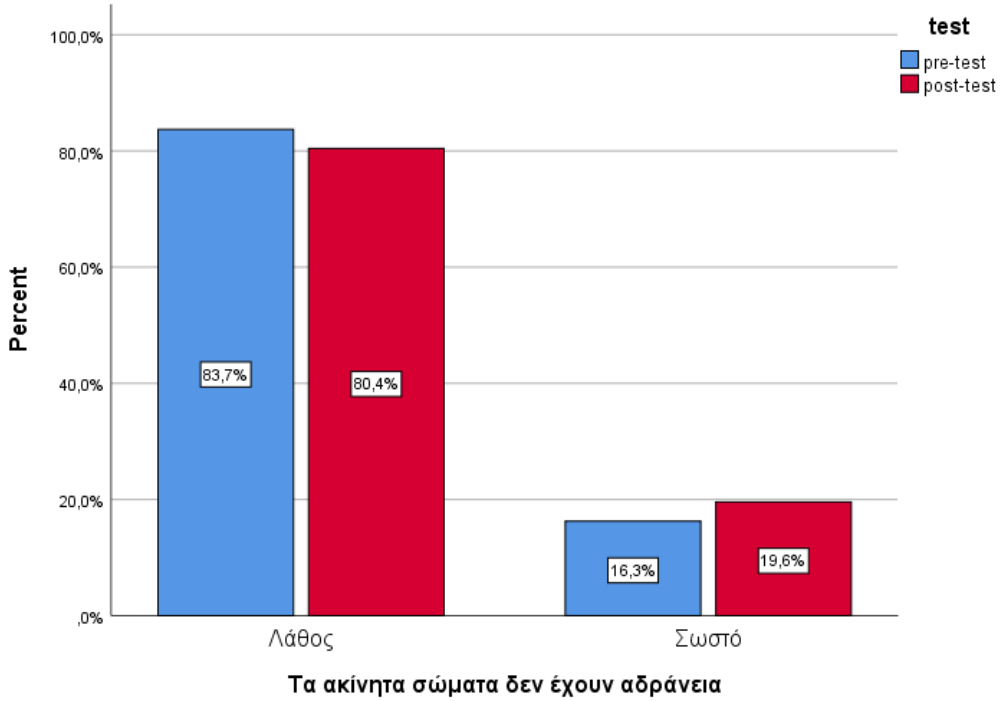
Γράφημα 53: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου «Τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύει να ασκείται κάποια δύναμη πάνω τους» στην ερώτηση πριν και μετά την παρέμβαση.



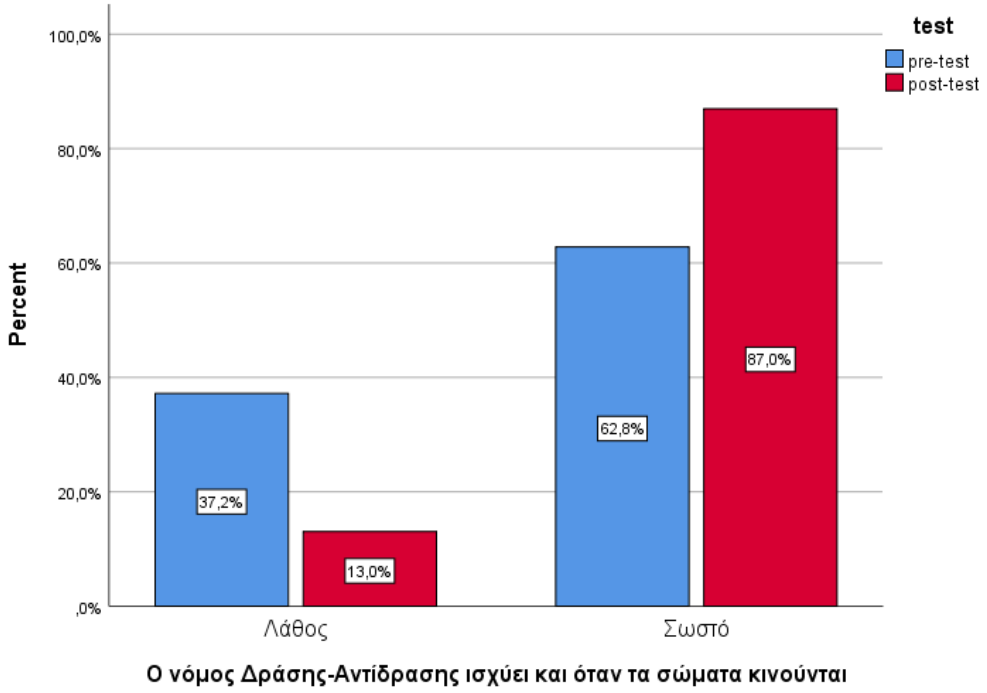
Γράφημα 54: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Η αδράνεια είναι μια μορφή δύναμης» πριν και μετά την παρέμβαση.



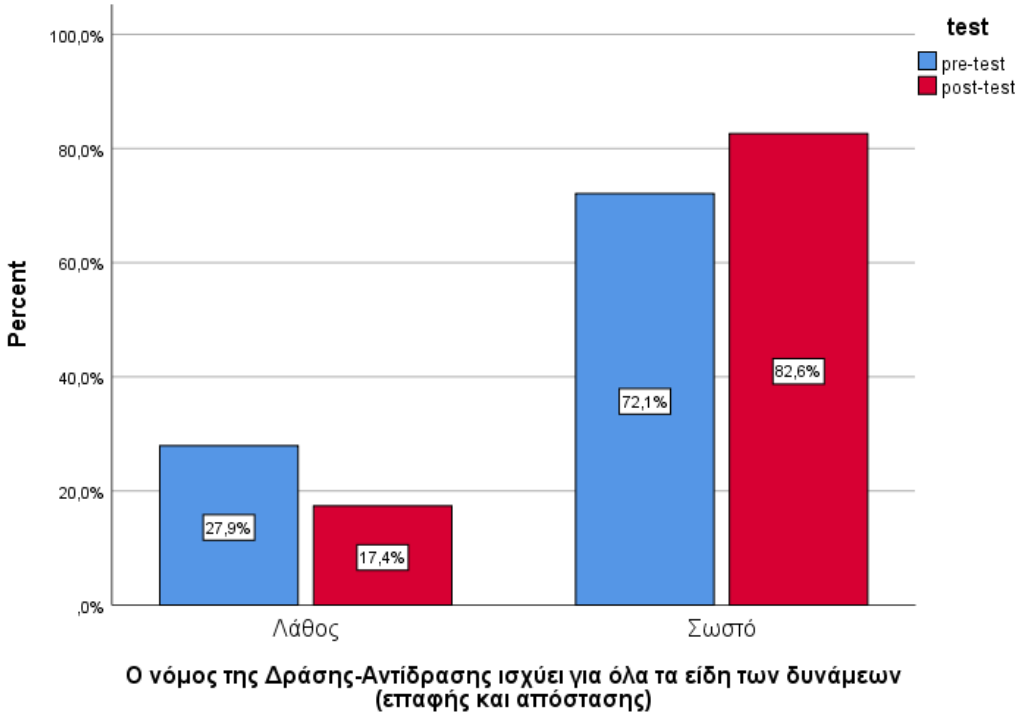
Γράφημα 55: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου «Στο διάστημα τα σώματα έχουν αδράνεια» στην ερώτηση πριν και μετά την παρέμβαση.



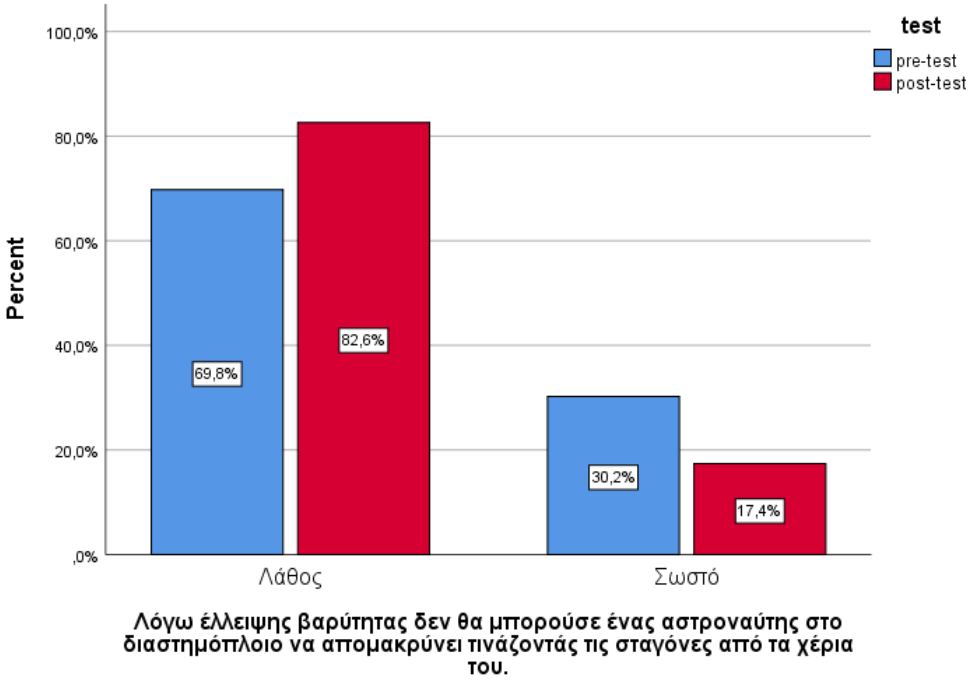
Γράφημα 56: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν αδράνεια» πριν και μετά την παρέμβαση.



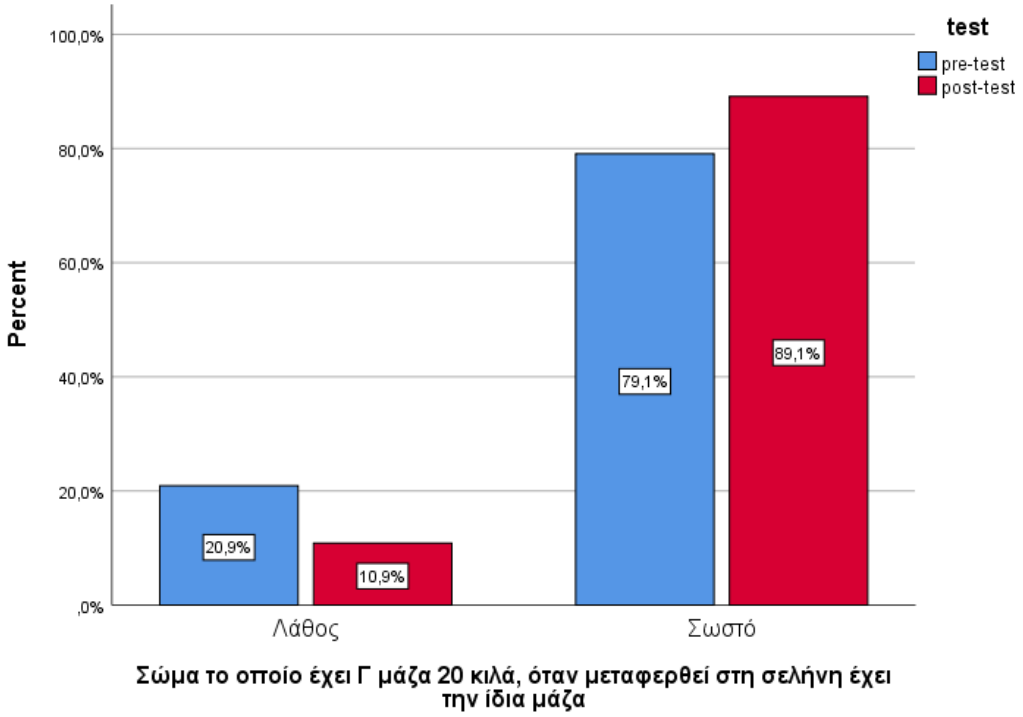
Γράφημα 57: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου «Ο νόμος Δράσης-Αντίδρασης ισχύει και όταν τα σώματα κινούνται» στην ερώτηση πριν και μετά την παρέμβαση.



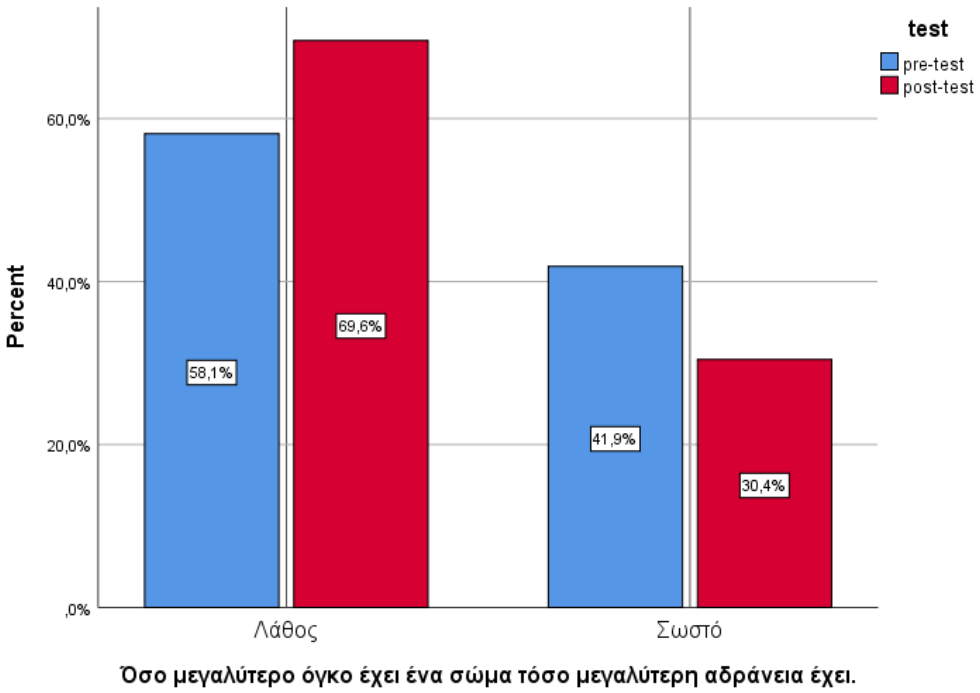
Γράφημα 58: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ο νόμος Δράσης-Αντίδρασης ισχύει για όλα τα είδη των δυνάμεων (επαφής και απόστασης) πριν και μετά την παρέμβαση.



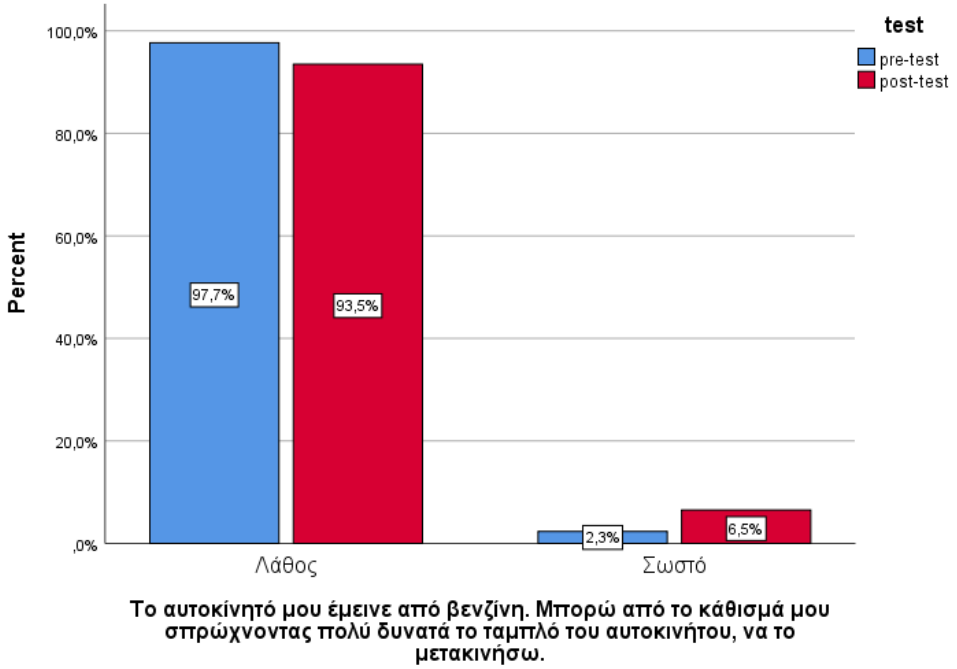
Γράφημα 59: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Λόγω έλλειψης βαρύτητας δεν θα μπορούσε ένας αστροναύτης στο διαστημόπλοιο να απομακρύνει τινάζοντας τις σταγόνες από τα χέρια του» πριν και μετά την παρέμβαση.



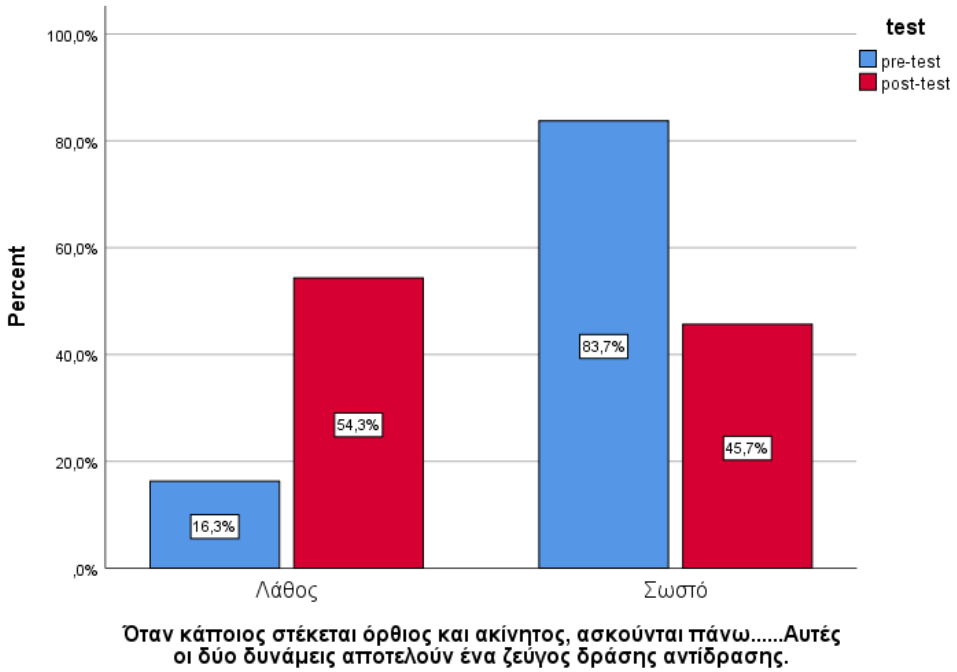
Γράφημα 60: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Σώμα το οποίο έχει στη γη μάζα 20 κιλά, όταν μεταφερθεί στη σελήνη έχει την ίδια μάζα» πριν και μετά την παρέμβαση.



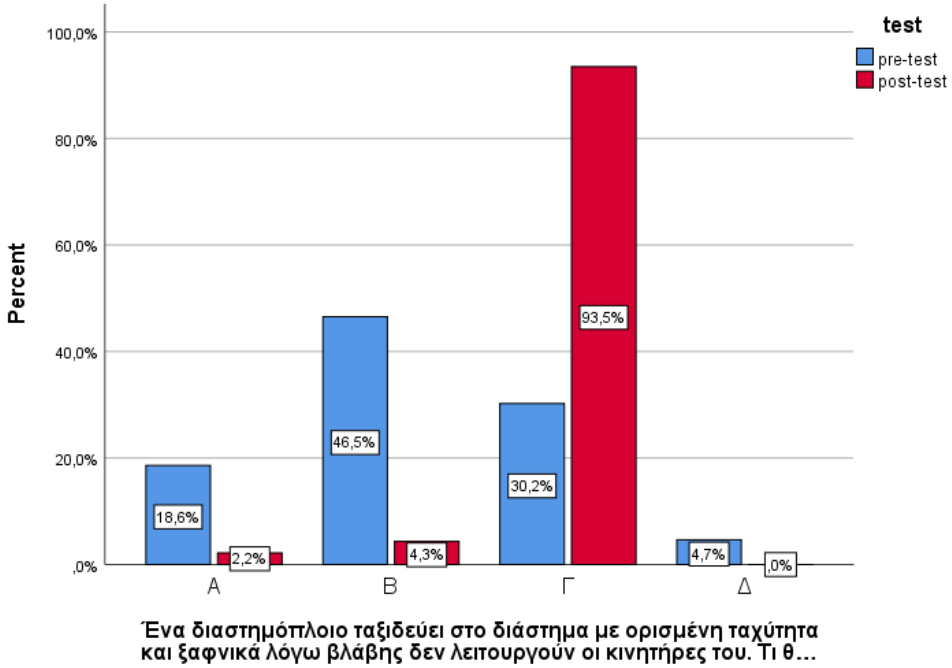
Γράφημα 61: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όσο μεγαλύτερο όγκο έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη αδράνεια έχει» πριν και μετά την παρέμβαση.



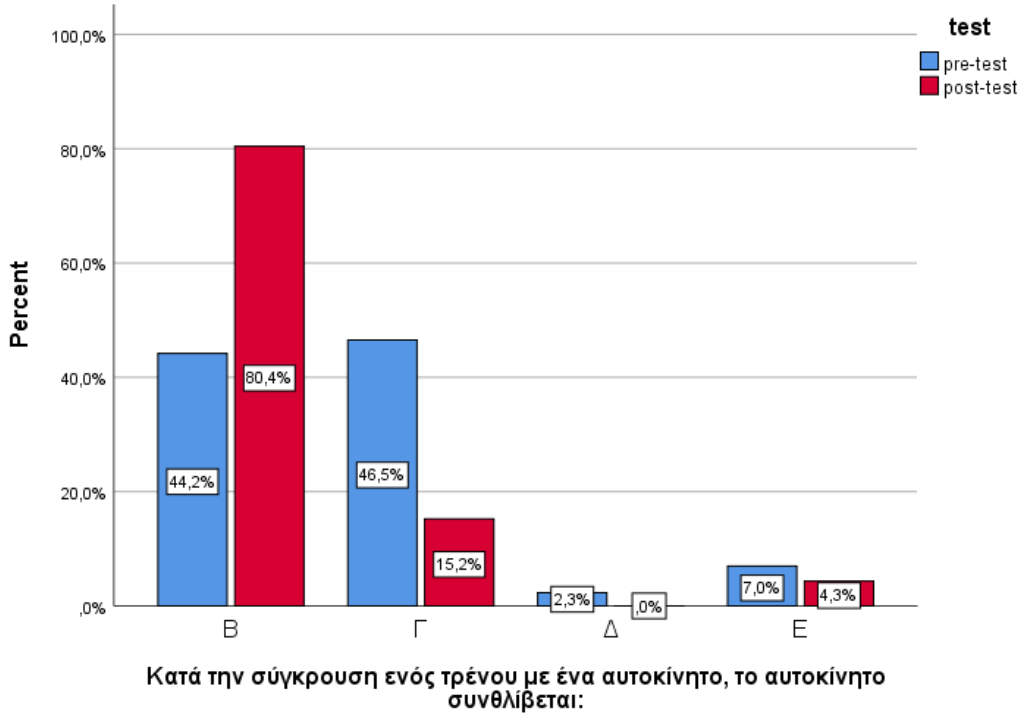
Γράφημα 62: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Το αυτοκίνητό μου έμεινε από βενζίνη. Μπορώ από το κάθισμά μου σπρώχνοντας πού δυνατά να το μετακινήσω;» πριν και μετά την παρέμβαση.



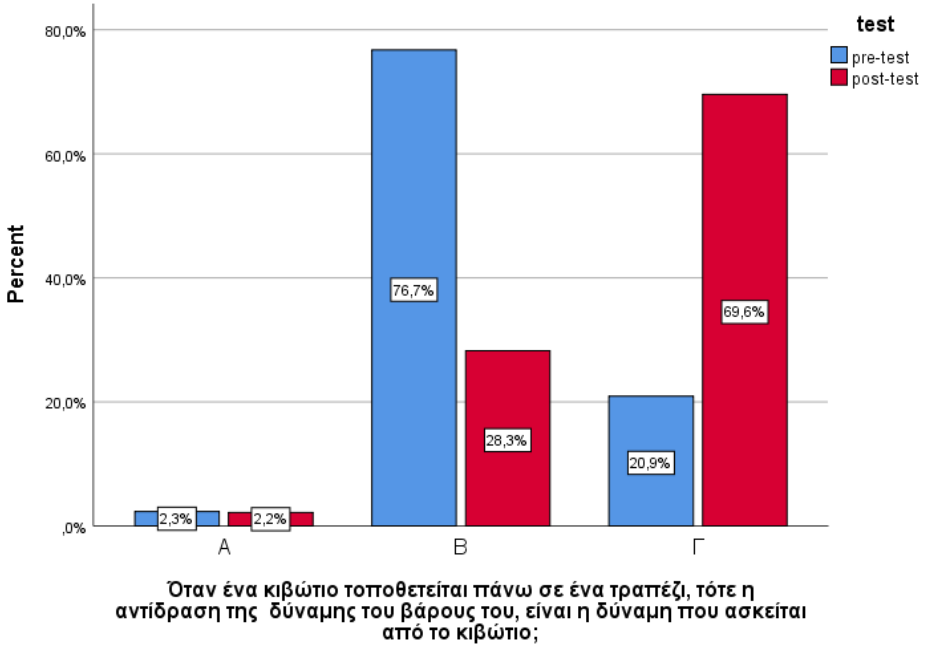
Γράφημα 63: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση « Όταν κάποιος στέκεται όρθιος και ακίνητος, ασκούνται πάνω σου δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις, η δύναμη του βάρους και η αντίδραση από το δάπεδο. Αυτές οι δύο δυνάμεις αποτελούν ένα ζεύγος δράσης αντίδρασης» πριν και μετά την παρέμβαση.



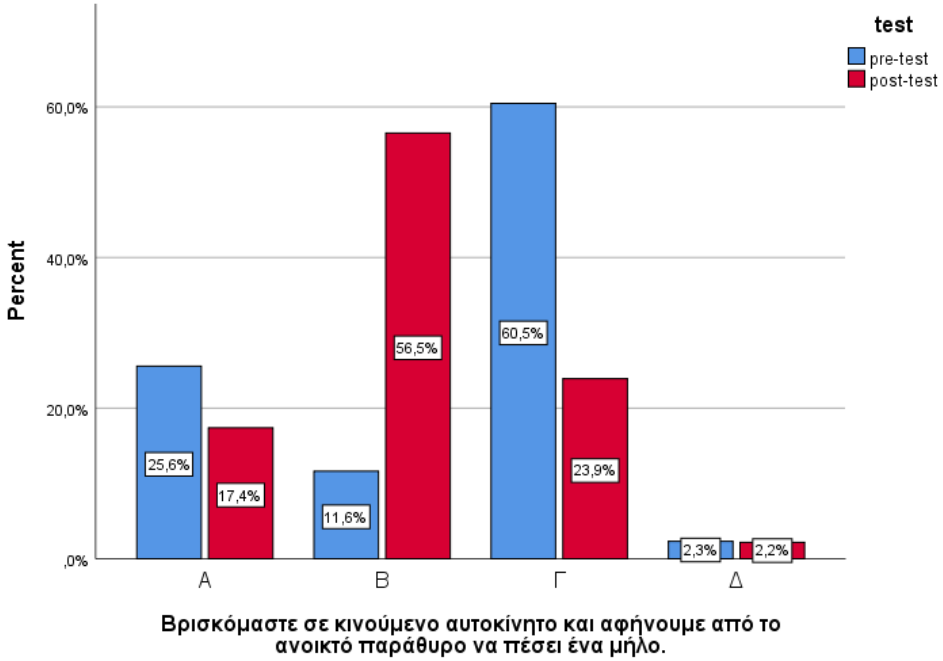
Γράφημα 64: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ένα διαστημόπλοιο ταξιδεύει στο διάστημα με ορισμένη ταχύτητα και ξαφνικά λόγω βλάβης δεν λειτουργούν οι κινητήρες του. Τι θα συμβεί:» πριν και μετά την παρέμβαση.



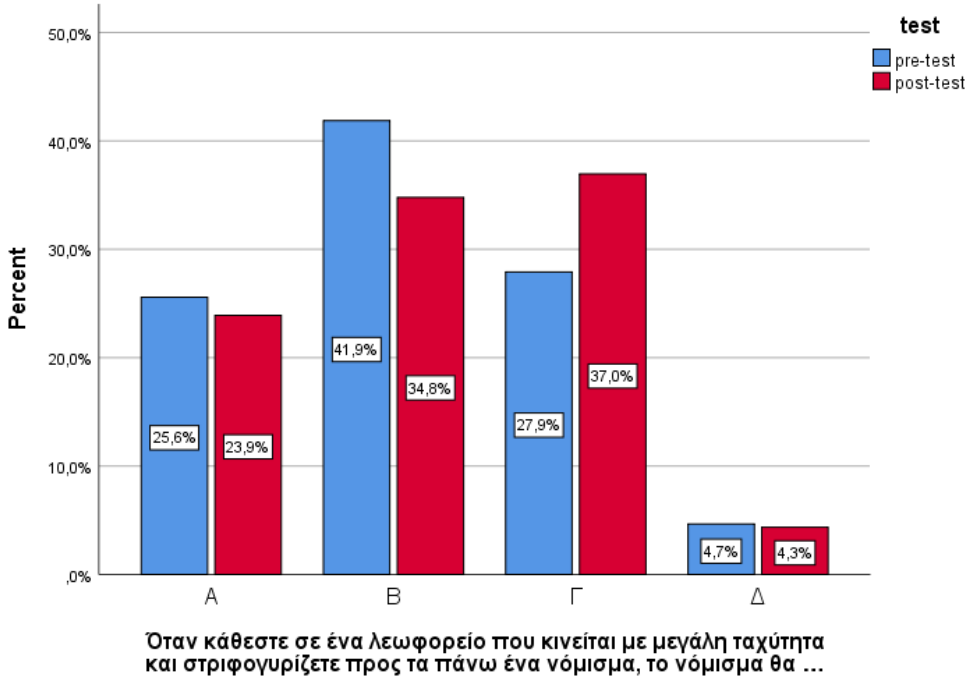
Γράφημα 65: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Κατά την σύγκρουση ενός τρένου με ένα αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο συνθλίβεται:» πριν και μετά την παρέμβαση.



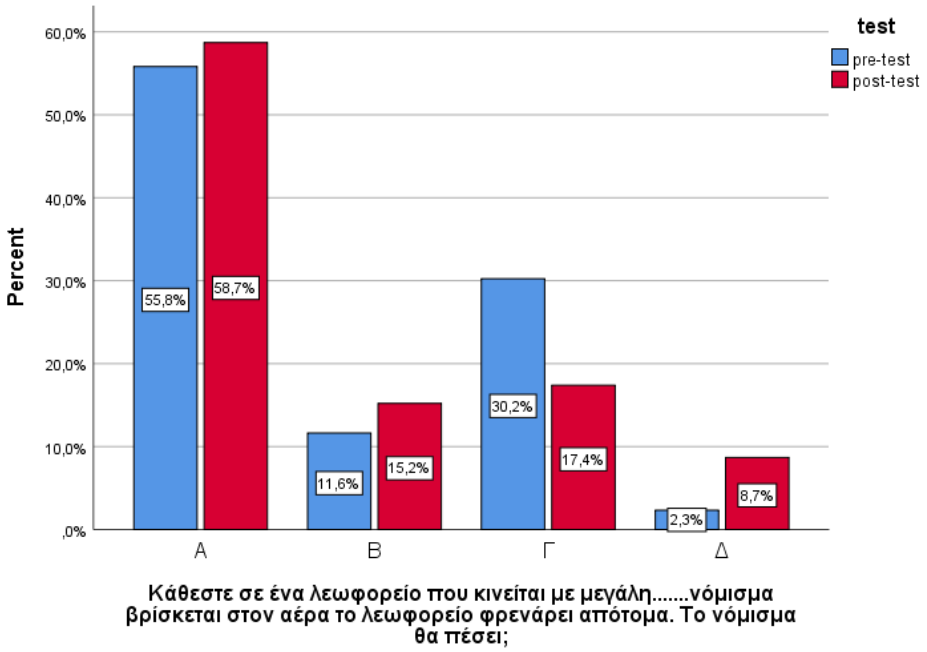
Γράφημα 66: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όταν ένα κιβώτιο τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, τότε η αντίδραση της δύναμης του βάρους του, είναι η δύναμη που ασκείται από το κιβώτιο;» πριν και μετά την παρέμβαση.



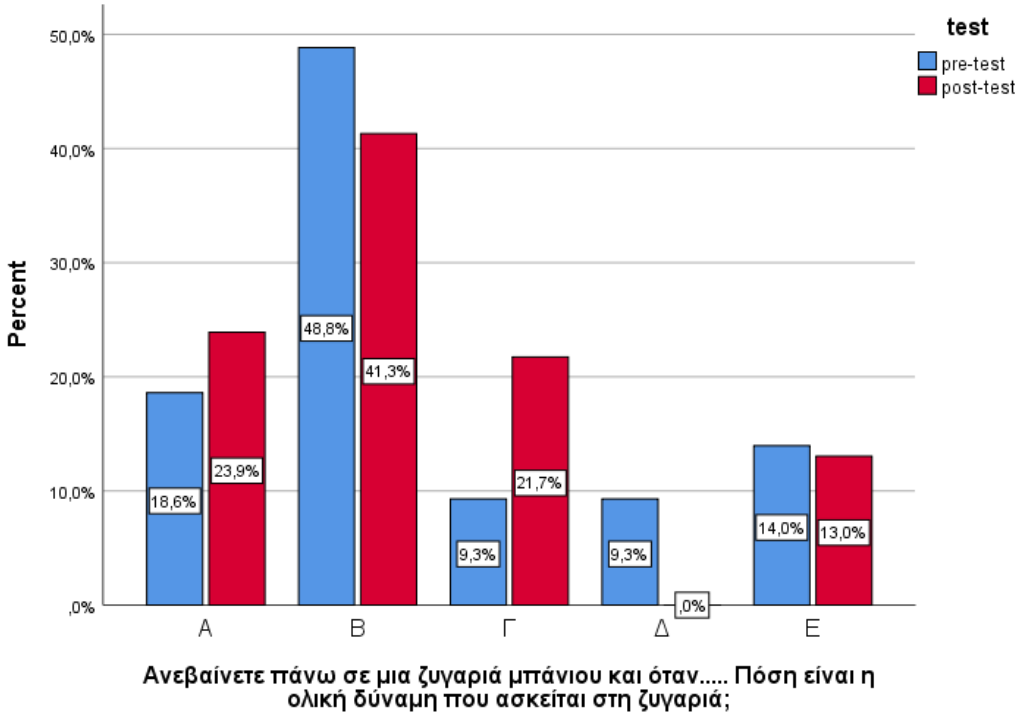
Γράφημα 67: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Βρισκόμαστε σε κινούμενο αυτοκίνητο και αφήνουμε από το ανοικτό παράθυρο να πέσει ένα μήλο» πριν και μετά την παρέμβαση.



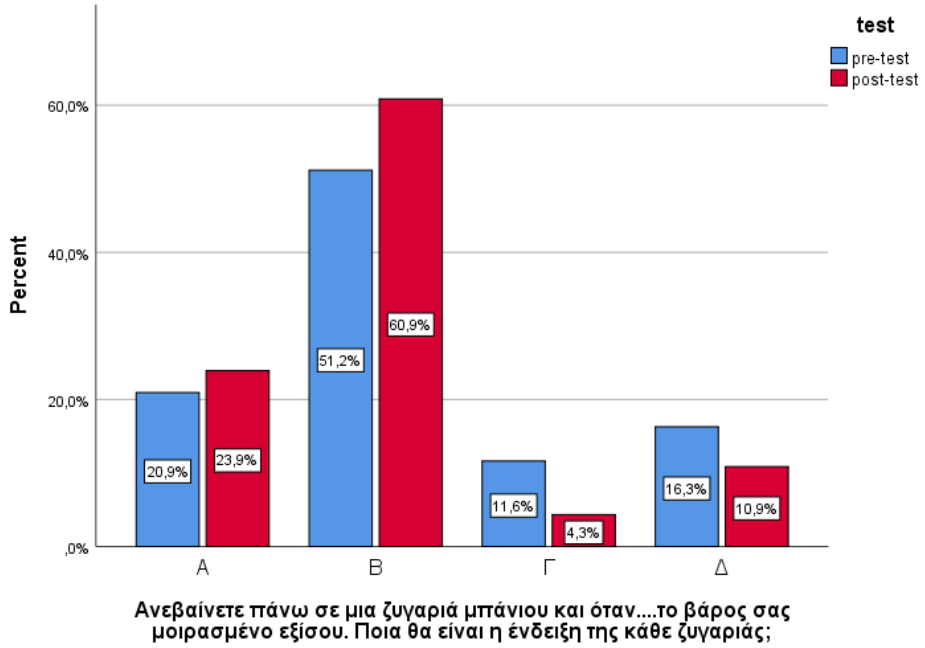
Γράφημα 68: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Όταν κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα, το νόμισμα θα πέσει;» πριν και μετά την παρέμβαση.



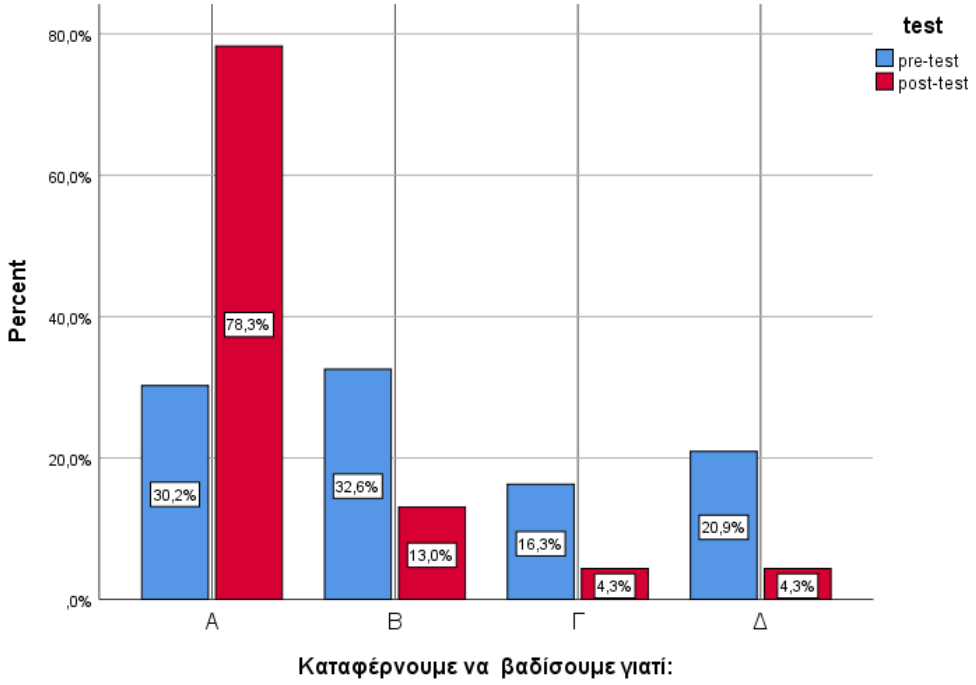
Γράφημα 69: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Κάθεστε σε ένα λεωφορείο που κινείται με μεγάλη ταχύτητα και στριφογυρίζετε προς τα πάνω ένα νόμισμα. Όταν το νόμισμα βρίσκεται στον αέρα το λεωφορείο φρενάρει απότομα. Το νόμισμα θα πέσει:» πριν και μετά την παρέμβαση.



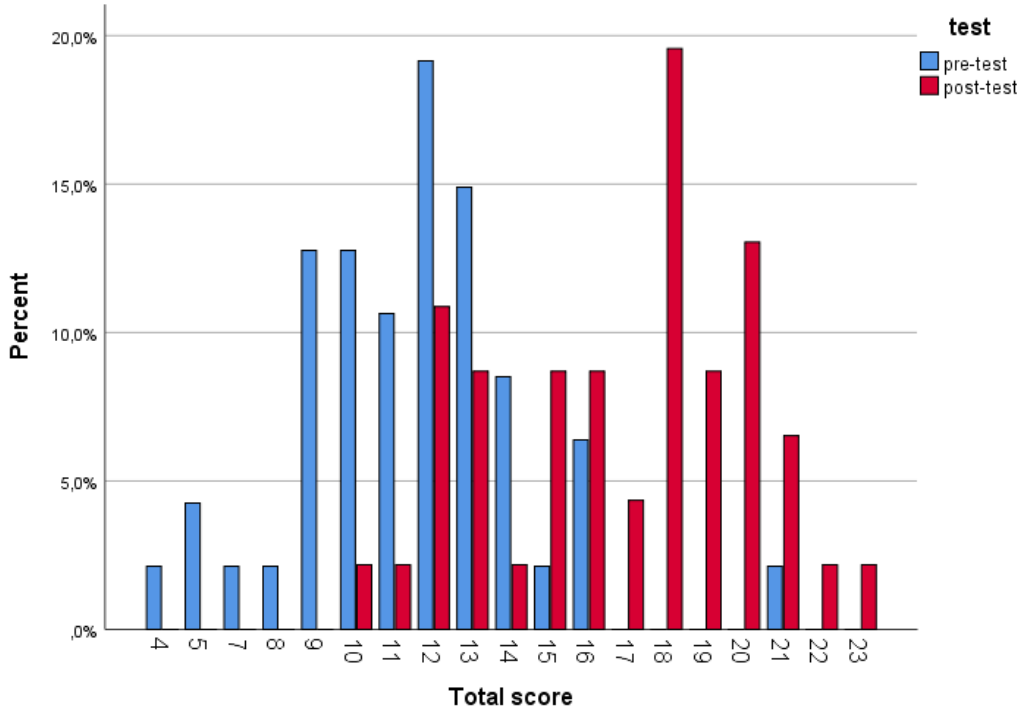
Γράφημα 70: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 50 κιλά. Πόση είναι η ολική δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά;» πριν και μετά την παρέμβαση.



Γράφημα 71: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην ερώτηση «Ανεβαίνετε πάνω σε μια ζυγαριά μπάνιου και όταν στέκεστε πάνω της η ένδειξή της είναι 80 κιλά. Στη συνέχεια στέκεστε πάνω σε δύο ζυγαριές με το κάθε πόδι σας σε κάθε ζυγαριά και το βάρος σας μοιρασμένο εξίσου. Ποια θα είναι η ένδειξη της κάθε ζυγαριάς;» πριν και μετά την παρέμβαση.



Γράφημα 72 : Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α' λυκείου στην «Καταφέρνουμε να βαδίσουμε γιατί:» πριν και μετά την παρέμβαση.

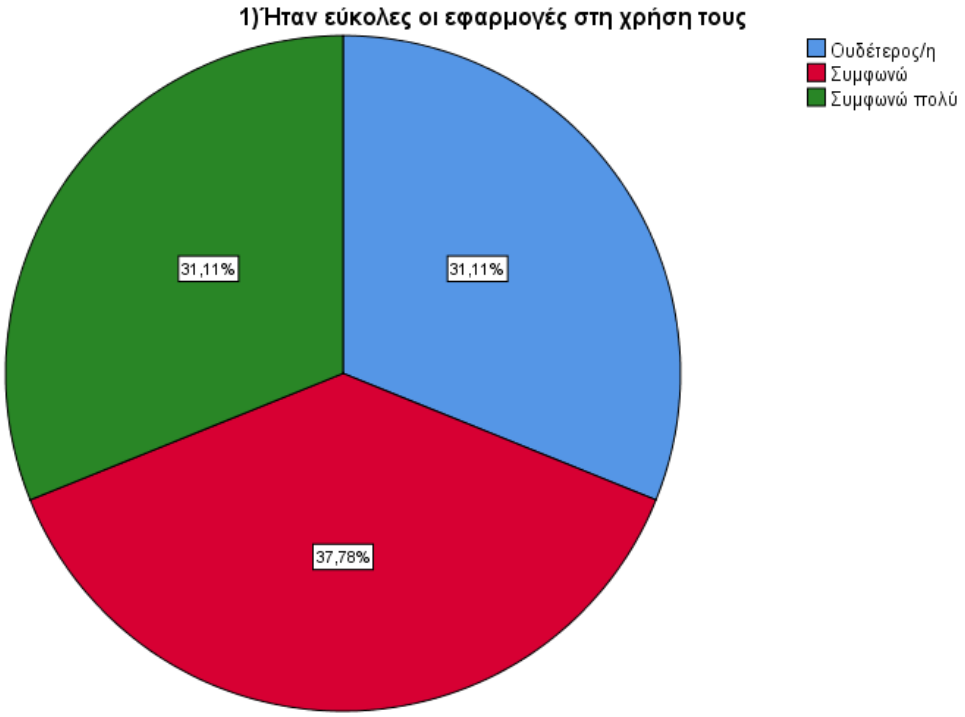


Γράφημα 73: Ποσοστιαίες απαντήσεις των μαθητών της Α λυκείου στην ερώτηση πριν και μετά την παρέμβαση.

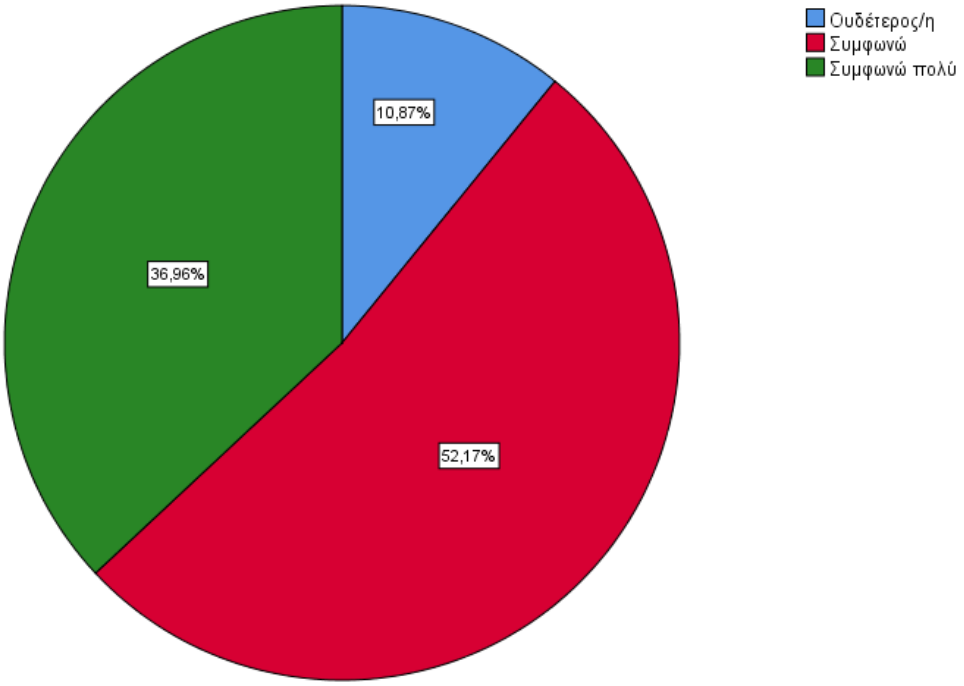
4.5 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου 2

Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας κλήθηκαν να απαντήσουν στο ερωτηματολόγιο 2, προκειμένου να εκφράσουν την αρέσκεια/δυσαρέσκειά τους στη χρήση της ΕΠ κατά τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής, αλλά και τη γνώμη τους για τη χρήση της ΕΠ στα υπόλοιπα μαθήματα των ΦΕ. Οι απαντήσεις των μαθητών κωδικοποιήθηκαν σε μια πεντάβαθμη κλίμακα Likert και τα % ποσοστά των απαντήσεων σε κάθε ερώτηση παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα. Στην ερώτηση: «Ήταν εύκολες οι εφαρμογές στη χρήση τους» κανένας μαθητής δεν δήλωσε ότι διαφωνεί ή ότι διαφωνεί πολύ. Αντιθέτως, το ένα τρίτο των μαθητών συμφωνούσε πολύ με την παραπάνω πρόταση, το ένα τρίτο δήλωσε ότι συμφωνεί, και το ένα τρίτο δήλωσε ότι ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί. Συνεπώς, το μεγαλύτερο μέρος των μαθητών δεν δυσκολεύτηκε με τη χρήση των εφαρμογών, και ενισχύει το γεγονός ότι οι εφαρμογές που αναπτύχθηκαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία του 1ου και 3ου Νόμου. Όταν οι μαθητές ερωτήθηκαν εάν οι εφαρμογές βοήθησαν να γίνουν πιο κατανοητές οι έννοιες της φυσικής, το 90% των μαθητών εξέφρασαν θετική άποψη (συμφωνώ και συμφωνώ πολύ) ενώ μόλις το 10% δήλωσε ότι ούτε συμφωνούσε ούτε διαφωνούσε. Αντίστοιχα στην ερώτηση «Έχει ενδιαφέρον η χρήση επαυξημένης πραγματικότητας στο μάθημα» το 96% των μαθητών εξέφρασαν θετική άποψη, έναντι του 4% που δήλωσαν ουδέτεροι. Παρόμοια ήταν και τα ποσοστά στην ερώτηση «Θα προτιμούσες να γίνεται το μάθημα της φυσικής με χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας» με ποσοστό 94% των μαθητών να έχουν θετική άποψη. Στην αντίστοιχη ερώτηση για το μάθημα της χημείας, το 89% είχε θετική άποψη, ενώ για το μάθημα της βιολογίας το 98% εξέφρασε ότι θα προτιμούσε το μάθημα να γίνεται με χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας. Συνεπώς, υπάρχει αυξημένη προτίμηση των μαθητών, όχι μόνο να διδάσκονται το μάθημα της Φυσικής με χρήση επαυξημένης πραγματικότητας, αλλά και των άλλων μαθημάτων των ΦΕ. Στην ερώτηση «Η διεξαγωγή του μαθήματος με χρήση επαυξημένης πραγματικότητας με βοήθησε να μάθω περισσότερα πράγματα μόνος μου ή και με τους συμμαθητές μου» το 83% εξέφρασε θετική άποψη, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι οι μαθητές έχουν θετική στάση στη χρήση ΕΠ, η χρήση της τους βοηθάει να μαθαίνουν μόνοι τους αλλά ταυτόχρονα ενισχύει και

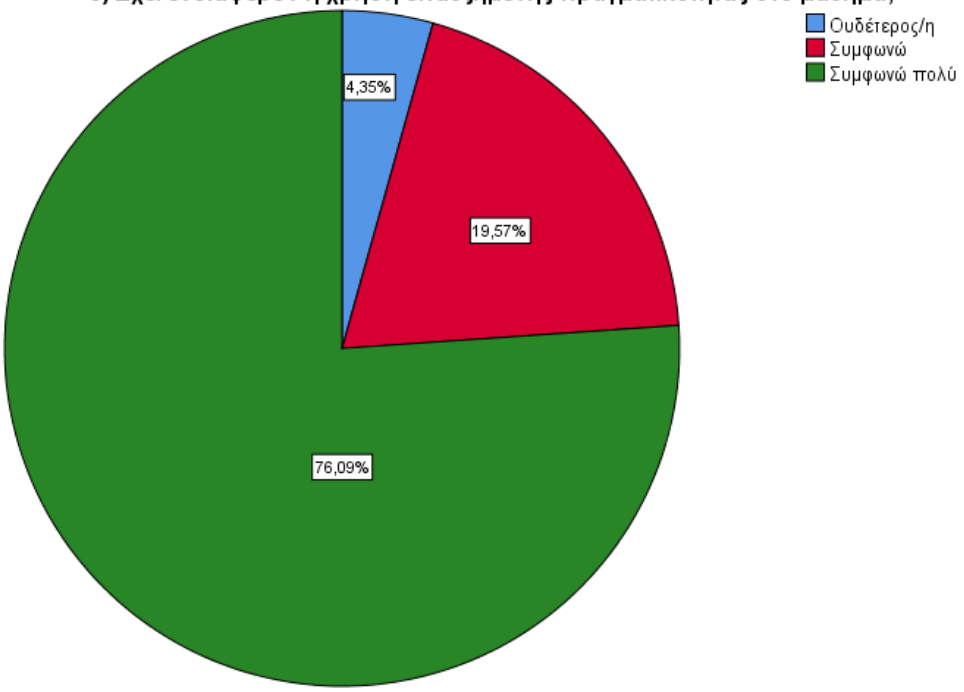
την συνεργασία με τους συμμαθητές τους. Τέλος, στην ερώτηση «Η ΕΠ μου κέντρισε το ενδιαφέρον και με έκανε να παρακολουθώ πιο πολύ το μάθημα» το 91% των μαθητών εξέφρασε θετική άποψη.



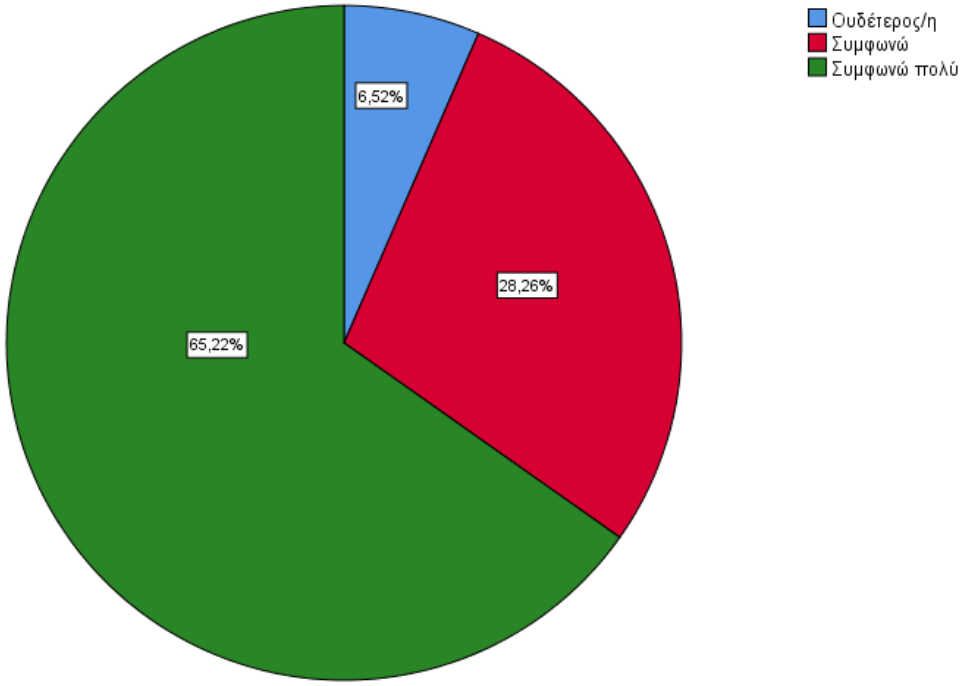
2)Οι εφαρμογές βοήθησαν να γίνουν ποιο κατανοητές οι έννοιες της φυσικής;



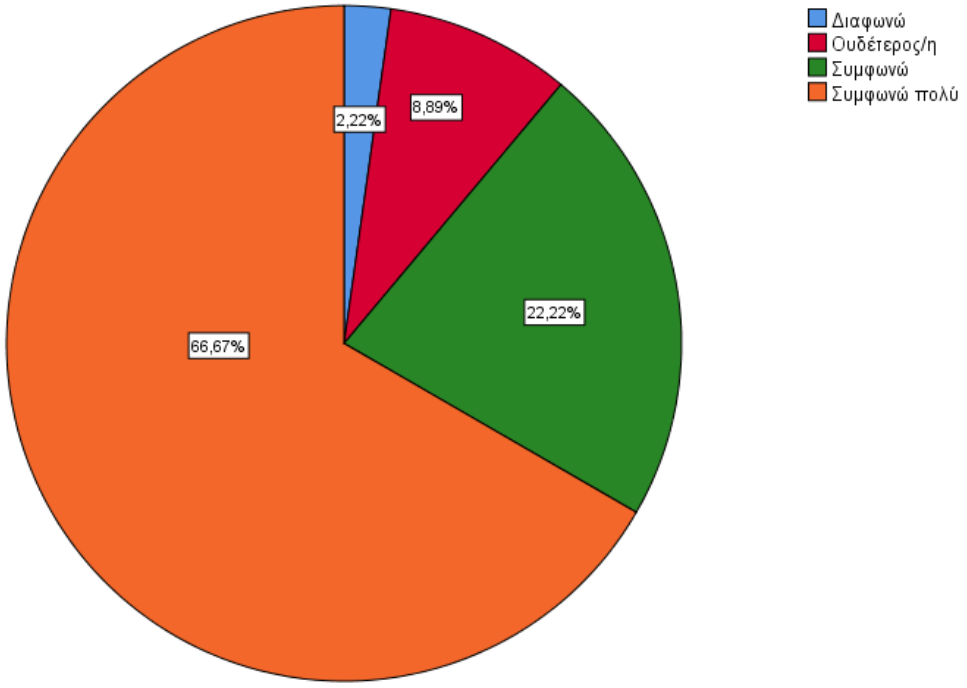
3)Έχει ενδιαφέρον η χρήση επαυξημένης πραγματικότητας στο μάθημα;



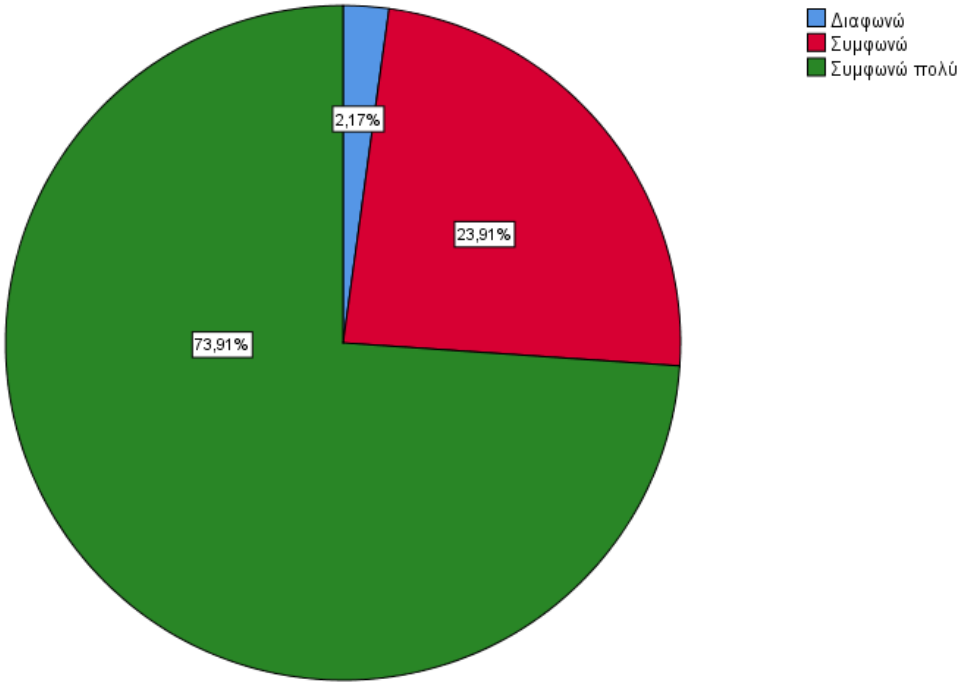
4)Θα προτιμούσες να γίνεται το μάθημα της φυσικής με χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας;



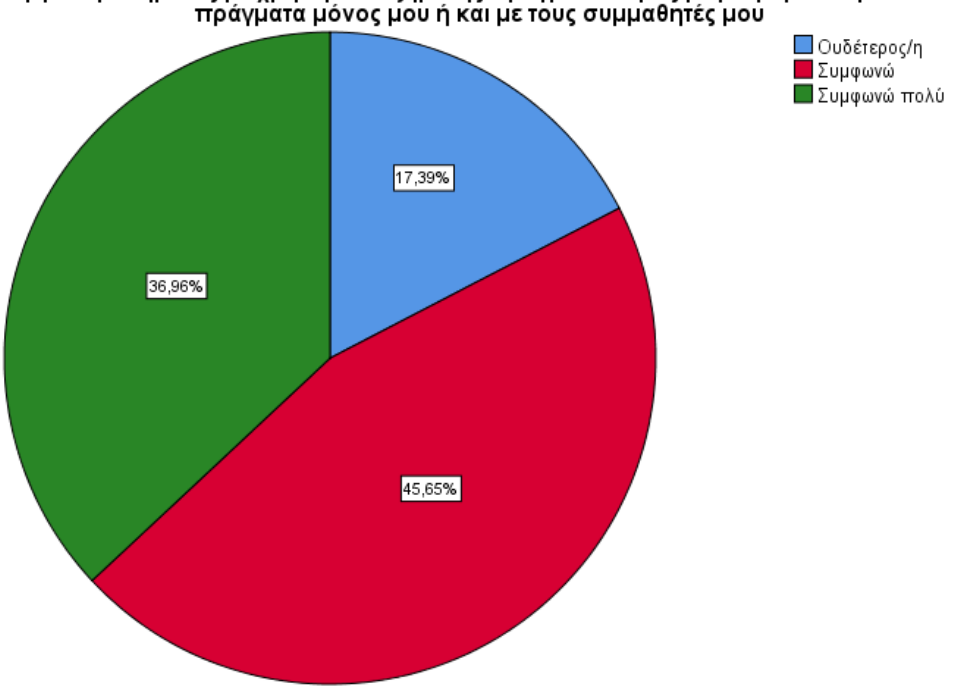
5)Θα προτιμούσες να γίνεται το μάθημα της χημείας με χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας;

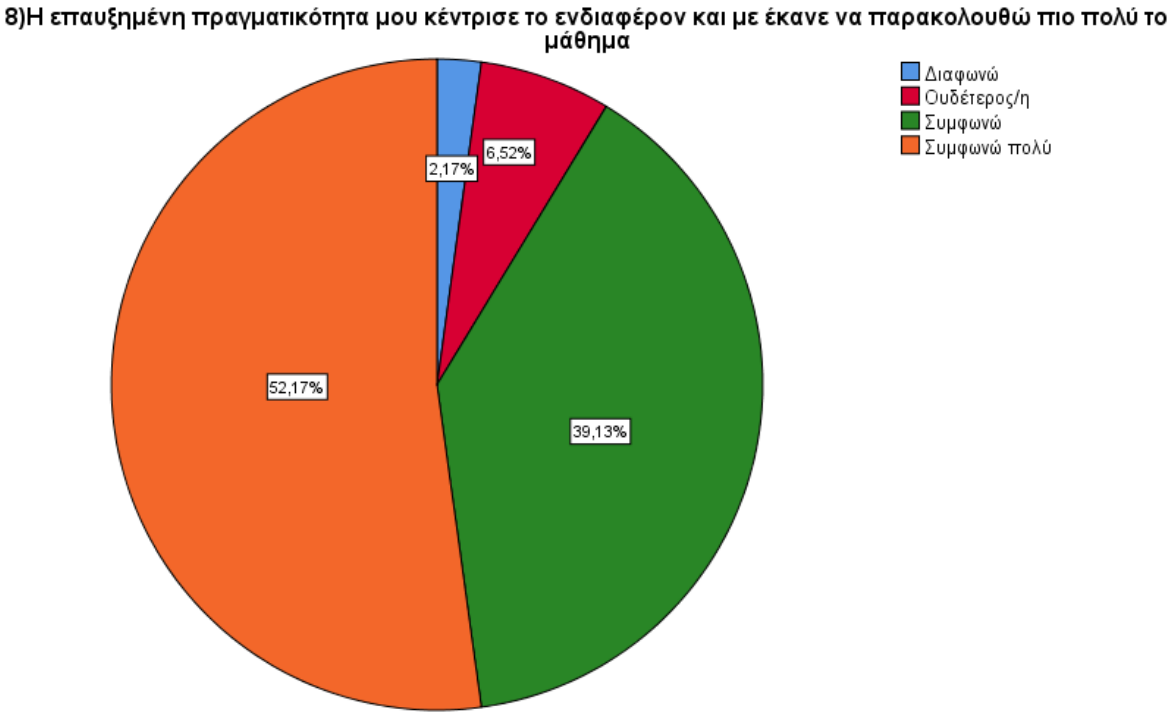


6)Θα προτιμούσες να γίνεται το μάθημα της βιολογίας με χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας;



7)Η διεξαγωγή του μαθήματος με χρήση επαυξημένης πραγματικότητας με βοήθησε να μάθω περισσότερα πράγματα μόνος μου ή και με τους συμμαθητές μου





Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μαθητές της Α' Λυκείου, δεν ήρθαν πρώτη φορά σε επαφή με εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας, αλλά είχαν συμμετέχει στο παρελθόν σε άλλες δράσεις επαυξημένης πραγματικότητας. Συνεπώς, οι θετικές τους στάσεις στη χρήση ΕΠ δεν προέρχονται από τον ενθουσιασμό της χρήσης ΕΠ για πρώτη φορά, αλλά οφείλεται κατά κύριο λόγο στο ότι το μάθημα έγινε πιο ενδιαφέρον και μπορούσαν να παρατηρήσουν παραδείγματα από τη καθημερινή ζωή. Οι απόψεις των μαθητών αποτυπώνονται και στην ερώτηση ανοιχτού τύπου «Τι είναι αυτό που σου άρεσε περισσότερο στη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας στο μάθημα;». Οι απαντήσεις των μαθητών ήταν:

- Το μάθημα έγινε πιο ενδιαφέρον και συναρπαστικό
- Ήταν πιο ευχάριστο, πιο διασκεδαστικό πιο διαδραστικό
- Οπτικοποιήσαμε και κατανοήσαμε καλύτερα έννοιες της φυσικής
- Μας άρεσε η ζωντάνια και το ενδιαφέρον που προκάλεσε σε όλους μας
- Μαθαίνω διασκεδαστικά χωρίς να βαριέμαι
- Μου άρεσε η χρήση τεχνολογίας
- Συμμετείχαμε στη διαδικασία και βρήκαμε μόνοι μας τις απαντήσεις

- Μου είναι πιο εύκολο να θυμάμαι αυτά που έμαθα
- Η συνεργασία με τους συμμαθητές μου
- Δίνονται αληθοφανή παραδείγματα από την καθημερινή ζωή
- Η χρήση της επαυξημένης κρατά αμείωτο το ενδιαφέρον
- Τα ερεθίσματα δεν περιορίζονταν σε ένα βιβλίο
- Μεγαλύτερη πρακτική κατανόηση
- Η χρήση νέων τεχνολογικών μέσων.
- Παρακολουθούμε τρισδιάστατα κάποιες καταστάσεις και όχι δισδιάστατα, επομένως κατανοούμε καλύτερα
- Κατάλαβα πολύ εύκολα έννοιες της φυσικής
- Κεντρίζει το ενδιαφέρον και μαθαίνουμε με όμορφο τρόπο
- Μπορούμε να παρατηρήσουμε και να δούμε τα φαινόμενα , ενώ μέχρι πρότινος μόνο τα φανταζόμασταν
- Ο ήχος και η εικόνα βοηθούσαν επίσης
- Με βοήθησε να κατανοήσω τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα διαδραστικά
- Η χρήση της επαυξημένης μου άρεσε επειδή συνδιάζει την μάθηση με την τεχνολογία με ενδιαφέρον τρόπο
- Η αλληλεπίδραση και η διαδραστικότητα που προσφέρει στον μαθητή η χρήση της επαυξημένης
- Με βοήθησε να ξεμπερδέψω κάποια πράγματα που με δυσκόλευαν

5. Συμπεράσματα

Είναι δεδομένο ότι όλοι μαθητές έχουν ποικίλες εναλλακτικές ιδέες για τα φυσικά φαινόμενα, οι οποίες πρέπει να ξεπεραστούν στο πλαίσιο της διδασκαλίας της Φυσικής. Τόσο με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία όσο και από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι οι μαθητές έχουν εναλλακτικές ιδέες σε ότι αφορά τον 1^{ο} και 3^{ο} Νόμο του Νεύτωνα. Συνεπώς, το τρέχων εκπαιδευτικό σύστημα δεν είναι κατάλληλο προκειμένου να βοηθήσει τους μαθητές να αντικαταστήσουν τις εναλλακτικές τους ιδέες με την ορθή γνώση. Δεδομένου ότι στη παρούσα έρευνα αξιολογήθηκαν οι επιδόσεις μαθητών οι οποίοι φοιτούν σε ένα Πρότυπο Λύκειο στο οποίο εισήχθησαν με εξετάσεις (και άρα είχαν καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με άλλους μαθητές στις εξετάσεις), είναι αναμενόμενο το πρόβλημα να είναι πιο έντονο για τους μαθητές των Γενικών Λυκείων.

Προκειμένου να αντικατασταθούν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών αλλά και για να αυξηθεί η επαφή των μαθητών με ΤΠΕ, αναπτύχθηκαν εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τη διδασκαλία του 1^{ου} και 3^{ου} Νόμου του Νεύτωνα. Από τα αποτελέσματα της μελέτης προέκυψε ότι όχι μόνο η χρήση των εφαρμογών που αναπτύχθηκαν βοήθησε τους μαθητές να ξεπεράσουν τις εναλλακτικές τους ιδέες και να κατανοήσουν καλύτερα το περιεχόμενο του μαθήματος, αλλά ταυτόχρονα αύξησε το ενδιαφέρον τους για το μάθημα της φυσικής, παρότι στις Λυκειακές τάξεις, όχι μόνο είναι μειωμένο το ενδιαφέρον, αλλά είναι και δυσκολότερο να κινητοποιηθούν οι μαθητές.

Τα ερωτηματολόγια και οι εφαρμογές που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν από εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τόσο για την αξιολόγηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, όσο και για την αποτελεσματικότερη διδασκαλία του 1^{ου} και 3^{ου} Νόμου του Νεύτωνα. Δεν απαιτείται ιδιαίτερος εξοπλισμός για την χρήση τους πέρα από κάποιο smartphone ή tablet, γεγονός που ενισχύει τη δυνατότητα χρήσης τους κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους μαθητές και σαν δραστηριότητες για το σπίτι, καθώς αποτελούν έναν διασκεδαστικό και ταυτόχρονα αποτελεσματικό τρόπο για να κατανοήσουν τη συγκεκριμένη ενότητα.

6.Περιορισμοί και Μελλοντική Έρευνα

Στην παρούσα μελέτη υπήρξαν κάποιοι περιορισμοί, οι οποίοι αφορούσαν τις εφαρμογές ΕΠ. Αν και υπάρχουν αρκετές εφαρμογές ΕΠ οι περισσότερες και μάλιστα αυτές που αντιστοιχούν σε εφαρμογές υψηλών δυνατοτήτων ήταν επι πληρωμή. Επίσης υπήρχαν και εφαρμογές οι οποίες ενώ ήταν ελεύθερες προσέφεραν περιορισμένες δυνατότητες στην ελεύθερη μορφή τους και οι υπόλοιπες δυνατότητες ήταν και αυτές επι πληρωμή. Η χρήση εφαρμογών επι πληρωμή παρότι θα έδινε περισσότερες δυνατότητες για τη δημιουργία καλύτερων επαυξήσεων, το κόστος θα αποτελούσε τροχοπέδη για την ευρεία εφαρμογή τους στο εγγύς μέλλον.

Μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εστιάσει στην άρση εναλλακτικών ιδεών στον 1ο και 3ο νόμο του Νεύτωνα και σε άλλες τάξεις (Γυμνάσιο και Β' με Γ' Λυκείου) καθώς και σε άλλες θεματικές έννοιες της Φυσικής, σε μεγαλύτερες ή μικρότερες τάξεις (Γυμνάσιο και Λύκειο). Επιπλέον η χρήση της ΕΠ μπορεί να διερευνηθεί και για τη διδασκαλία των υπόλοιπων ΦΕ.

Βιβλιογραφία

(PDF) Augmented Reality Applications in Mathematics and Geometry Education | Ilyas Akkus - Academia.edu. (n.d.). Retrieved April 6, 2022, from https://www.academia.edu/36488179/Augmented_Reality_Applications_in_Mathematics_and_Geometry_Education

Afiq, H., Junaini, S., & Fauzi, A. (2020). Mobile Augmented Reality for Biology Learning: Review and Design Recommendations. *Journal of Critical Reviews*, *7*(12), 579–585. https://doi.org/10.31838/jcr.07.12.104

Akbar, M. (2016). Digital technology shaping teaching practices in higher education. In *Frontiers in ICT* (Vol. 3, Issue FEB). https://doi.org/10.3389/fict.2016.00001

Akçayir, M., Akçayir, G., Pektaş, H. M., & Ocak, M. A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, *57*, 334–342. https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.054

Aljojo, N., Munshi, A., Zainol, A., Al-Amri, R., Al-Aqeel, A., Al-khaldi, M., Khattabi, M., & Qadah, J. (2020). Lens application: Mobile application using augmented reality. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, *14*(2), 160–177. https://doi.org/10.3991/ijim.v14i02.11726

Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun - Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. In *Science Education* (Vol. 88, Issue 5, pp. 683–706). https://doi.org/10.1002/sce.10141

Aykutlu, I., Bezen, S., & Bayrak, C. (2015). Teacher Opinions about the Conceptual Challenges Experienced in Teaching Physics Curriculum Topics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *174*, 390–405. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.681

Barmby, P., & Defty, N. (2006). Secondary school pupils' perceptions of physics. *Research in Science and Technological Education*, *24*(2), 199–215. https://doi.org/10.1080/02635140600811585

Bronack, S. C. (2011). The role of immersive media in online education. *Journal of Continuing Higher Education*, *59*(2), 113–117.

https://doi.org/10.1080/07377363.2011.583186

Bruno, L. E. (2019). Get Gamified: Promoting Augmented Reality and Digital Game Technology in Education. In *Augmented Reality Games I* (pp. 237–251). https://doi.org/10.1007/978-3-030-15616-9_15

Cai, S., Chiang, F. K., & Wang, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, *29*(4), 856–865.

Carroll, R. G. (1993). Evaluation of vignette-type examination items for testing medical physiology. *The American Journal of Physiology*, *264*(6 Pt 3). https://doi.org/10.1152/advances.1993.264.6.s11

Chalkia, K. (2012). *Didaskontas physikes epistēmes : theōrētika zētēmata, provlēmatismoi, protaseis*.

Challenor, J., & Ma, M. (2019). A review of augmented reality applications for history education and heritage visualisation. In *Multimodal Technologies and Interaction* (Vol. 3, Issue 2). https://doi.org/10.3390/mti3020039

Checkley, D. (2010). High School Students'Preception of Physics. *University of Lethbridge*, *Februari*.

Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. *Journal of Science Education and Technology*, *22*(4), 449–462. https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9

Daineko, Y., Ipalakova, M., Tsoy, D., Shaipiten, A., Bolatov, Z., & Chinibayeva, T. (2018). Development of practical tasks in physics with elements of augmented reality for secondary educational institutions. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 10850 LNCS* (pp. 404–412). https://doi.org/10.1007/978-3-319-95270-3_34

Di Serio, Á., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers and Education*, *68*, 586–596. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002

Driver, R., Squires, A., & Rushworth, P. (2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών*. 364.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικο-*

δομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών: Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών. 364.

Dror, I. E. (2008). Technology enhanced learning:
 The good, the bad, and the ugly. *Pragmatics & Cognition*, *16*(2), 215–223. https://doi.org/10.1075/p&c.16.2.02dro

Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology: Fourth Edition*, 735–745. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59

Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G., & Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, *7*(3), 347–378. https://doi.org/10.1007/s11412-012-9150-3

ERIC - EJ980168 - The Future of Learning and Training in Augmented Reality, InSight: A Journal of Scholarly Teaching, 2012. (n.d.). Retrieved April 6, 2022, from https://eric.ed.gov/?id=EJ980168

Fajrianti, E. D., Sukaridhoto, S., Rasyid, M. U. H. Al, Budiarti, R. P. N., Hafidz, I. A. Al, Satrio, N. A., & Firmanda, A. (2021). Design and Development of Human Anatomy Learning Platform for Medical Students Based on Augmented Intelligence Technology. *International Electronics Symposium 2021: Wireless Technologies and Intelligent Systems for Better Human Lives, IES 2021 - Proceedings*, 195–202. https://doi.org/10.1109/IES53407.2021.9594053

Fidan, M., & Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers and Education*, *142*, 103635. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635

Fischer, C., & Rieck, K. (2016). Improving Teaching in Science and Mathematics. *Proven Programs in Education: Classroom Management & Assessment*, 110–115. https://doi.org/10.4135/9781483365633.n23

Fowell, S. L., Southgate, L. J., & Bligh, J. G. (1999). Evaluating assessment: The missing link? *Medical Education*, *33*(4), 276–281. https://doi.org/10.1046/j.1365-2923.1999.00405.x

George, R., & Madanipour, P. (2021). Augmented Reality in Early Childhood Education: Accessing Complex Concepts Within Imaginative Play

Worlds. In C. Cohrssen & S. Garvis (Eds.), *Embedding STEAM in Early Childhood Education and Care* (pp. 65–86). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65624-9_4

Goel Siddhant, B. A. (2014). A Critical Analysis of Augmented Learning by Applicability of IT Tools. *International Journal of Information and Computation Technology*, *4*(4), 425–430. http://www.irphouse.com/ijict.htm

Goldiez, B. F. (2005). Techniques for assessing and improving performance in navigation and wayfinding using mobile augmented reality. *Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering*, *66*(2-B), 1206. http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=psyc4&NEWS=N&AN=2005-99016-084

Granić, A., & Marangunić, N. (2019). Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review. *British Journal of Educational Technology*, *50*(5), 2572–2593. https://doi.org/10.1111/bjet.12864

Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, *53*(11), 1056–1065. https://doi.org/10.1119/1.14031

Harun, Tuli, N., & Mantri, A. (2020). Experience Fleming's rule in electromagnetism using augmented reality: Analyzing impact on students learning. *Procedia Computer Science*, *172*, 660–668. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.086

Harwanto, U. N. (2019). What Makes Introductory Physics Difficult? *Jurnal Saintika Unpam : Jurnal Sains Dan Matematika Unpam*, *2*(1), 28. https://doi.org/10.32493/jsmu.v2i1.2916

https://www.especial.gr/wp-content/uploads/2021/11/fek-b-5381-19-11-2021.pdf. (n.d.).

Ibanez, M. B., Di-Serio, A., Villaran-Molina, D., & Delgado-Kloos, C. (2015). Augmented Reality-Based Simulators as Discovery Learning Tools: An Empirical Study. *IEEE Transactions on Education*, *58*(3), 208–213. https://doi.org/10.1109/TE.2014.2379712

Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D., & Delgado Kloos, C. (2014).

Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers and Education*, *71*, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.004

Inye, H. (2011). Attitudes of Students Towards Science and Science Education in Nigeria. (a Case Study in Selected Secondary Schools in Obio/Akpor Local Government Area of Rivers State). *Continental Journal of Education Research*, *4*(2), 33–51.

Karadag, N. (2016). Analysis of the difficulty and discrimination indices of multiple-choice questions according to cognitive levels in an open and distance learning context. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, *15*(4), 16–25.

Kariotoglou, P. (2011). *Η διερεύνηση (inquiry) ως επερχόμενο διδακτικό παράδειγμα στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών: εφαρμογή στο πρόγραμμα «Materials Science» (προσκεκλημένη ομιλία)*.

Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2003). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers and Graphics (Pergamon)*, *27*(3), 339–345. https://doi.org/10.1016/S0097-8493(03)00028-1

Kearney, M., Schuck, S., Burden, K., & Aubusson, P. (2012). Viewing mobile learning from a pedagogical perspective. *Research in Learning Technology*, *20*(1), 14406. https://doi.org/10.3402/rlt.v20i0.14406

Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A. (2006). “Making it real”: Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, *10*(3–4), 163–174. https://doi.org/10.1007/s10055-006-0036-4

Kucirkova, N., Messer, D., Sheehy, K., & Fernández Panadero, C. (2014). Children’s engagement with educational iPad apps: Insights from a Spanish classroom. *Computers and Education*, *71*, 175–184. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.003

Kuczmann, I. (2017). The structure of knowledge and students’ misconceptions in physics. *AIP Conference Proceedings*, *1916*. https://doi.org/10.1063/1.5017454

Kurniawan, Y., Muliyani, R., & Nassim, S. (2019). Digital Story Conceptual Change Oriented (DSCC) to Reduce Students’ Misconceptions in

Physics. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, *8*(2), 211–220. https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v0i0.4596

Lavonen, J., Byman, R., Juuti, K., Meisalo, V., & Uitto, A. (2005). Pupil interest in physics: A survey in Finland. *Nordic Studies in Science Education*, *1*(2), 72–85. https://doi.org/10.5617/nordina.486

Lee, K. (2012). Augmented Reality in Education and Training. *TechTrends*, *56*(2), 13–21. https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3

Masyhudianti, U. K., Masithoh, H., & Nisa, K. (2018). A Teacher's Beliefs and Practices of Using Video to Teach Speaking: A Case Study At SMA As-Salam Surakarta. *Vision: Journal for Language and Foreign Language Learning*, *7*(1), 11. https://doi.org/10.21580/vjv7i12398

McDermott, L. C. (1998). Students' Conceptions and Problem Solving in Mechanics. *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education, an I.C.P.E. Book*, 42–48.

Mendez Coca, D. (2015). Study of the Motivations of Secondary Students of Physics and Chemistry and the Influence of the Methodologies of Education in Their Interest. *Educacion Xx1*, *18*(2), 215–235.

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). Taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, *E77-D*(12), 1321–1329.

Morales, A. D., Sanchez, S. A., Pineda, C. M., & Romero, H. J. (2019). Use of Augmented Reality for the Simulation of Basic Mechanical Physics Phenomena. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *519*(1), 012021. https://doi.org/10.1088/1757-899X/519/1/012021

Mystakidis, S. (2022). Metaverse. In *Encyclopedia* (Vol. 2, Issue 1, pp. 486–497). https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031

Nam, N. H. (2014). Utilizing the Active and Collaborative Learning Model in the Introductory Physics Course. *Journal of Education and Learning*, *3*(3). https://doi.org/10.5539/jel.v3n3p108

Newton, L. R., & Rogers, L. T. (2001). Teaching Science with ICT. *Integrating Information and Communications Technology in Education*, 160. https://books.google.com/books/about/Teaching_Science_with_ICT.html?hl=el&id=Jx_yTrxNJQkC

Nguyen, N. (2018). Utilizing the Active and Collaborative Learning Model in the Introductory Physics Course. *SSRN Electronic Journal*.

https://doi.org/10.2139/ssrn.2481765

Odlum, A. (2022). Undertaking the impossible with Google Expeditions: Virtual reality and augmented reality experiences in the history classroom. *Teaching History*. https://doi.org/10.3316/informit.017887671034324

Ogunleye, A. O. (2009). Teachers And Students Perceptions Of Students Problem-Solving Difficulties In Physics: Implications For Remediation. *Journal of College Teaching & Learning (TLC)*, *6*(7). https://doi.org/10.19030/tlc.v6i7.1129

Olim, S. C., & Nisi, V. (2020). Augmented Reality Towards Facilitating Abstract Concepts Learning. In N. J. Nunes, L. Ma, M. Wang, N. Correia, & Z. Pan (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 12523 LNCS* (pp. 188–204). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65736-9_17

Oluwaseyi, B., & Gbemisola, B. (2015). Information Communication Technology (ICT) Utilization for Instructional Delivery in Teaching-Learning Process in Nigerian Educational System. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, *6*(11), 971–976. http://www.ijser.org

Oon, P. T., & Subramaniam, R. (2011). On the declining interest in physics among students-from the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, *33*(5), 727–746. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.500338

Pande, S. S., Pande, S. R., Parate, V. R., Nikam, A. P., & Agrekar, S. H. (2013). Correlation between difficulty & discrimination indices of MCQs in formative exam in Physiology. *South-East Asian Journal of Medical Education*, *7*(1), 45. https://doi.org/10.4038/seajme.v7i1.149

PAUL DeH. HURD. (n.d.).

Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers and Education*, *95*, 309–327. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002

Prensky, M. (2001). Digital Game-Based Learning. *McGraw-Hill, New York*, *1*.

https://doi.org/10.1145/950566.950567

Pujol, L., Roussou, M., Poulou, S., Balet, O., Vayanou, M., & Ioannidis, Y. (2013). Personalizing interactive digital storytelling in archaeological museums: the CHESS project. *Archaeology in the Digital Era. Papers from the 40th Annual Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*, 77–90. dare.uva.nl/cgi/arno/show.cgi?fid=545855

Redish, E. F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, *62*(9), 796–803. https://doi.org/10.1119/1.17461

Saglam-Arslan, A., & Devecioglu, Y. (2010). *Student teachers' levels of understanding and model of understanding about Newton's laws of motion*. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching. https://www.eduhk.hk/apfslt/v11_issue1/arslan/arslan2.htm

Sarkar, P., Pillai, J. S., & Gupta, A. (2018). ScholAR: A collaborative learning experience for rural schools using augmented reality application. *Proceedings - IEEE 9th International Conference on Technology for Education, T4E 2018*, 8–15. https://doi.org/10.1109/T4E.2018.00010

Savinainen, A., Scott, P., & Viiri, J. (2005). Using a bridging representation and social interactions to foster conceptual change: Designing and evaluating an instructional sequence for Newton's third law. *Science Education*, *89*(2), 175–195. https://doi.org/10.1002/sce.20037

SchoolAR: Η Γεωγραφία γίνεται τρισδιάστατη! – Ανοιχτές Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση. (n.d.). Retrieved April 3, 2022, from https://edu.ellak.gr/2018/03/01/schoolar-i-geografia-ginete-trisdiastati/

Serino, M., Cordrey, K., McLaughlin, L., & Milanaik, R. L. (2016). Pokémon Go and augmented virtual reality games: A cautionary commentary for parents and pediatricians. *Current Opinion in Pediatrics*, *28*(5), 673–677. https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000409

Singh, C., & Rosengrant, D. (2003). Multiple-choice test of energy and momentum concepts. *American Journal of Physics*, *71*(6), 607–617. https://doi.org/10.1119/1.1571832

Spyrou, S., Giasiranis, S., & Sofos, A. (2021). *Η αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση – Βιβλιογραφική*

Ανασκόπηση.

Stylos, G., Evangelaki, G. A., & Kotsis, K. T. (2010a). Misconceptions on classical mechanics by freshman university students: A case study in a Physics Department in Greece. *Themes in Science and Technology Education*, *1*(2), 157–177. http://earthlab.uoi.gr/ojs/theste/index.php/theste/article/view/17

Stylos, G., Evangelaki, G. A., & Kotsis, K. T. (2010b). Misconceptions on classical mechanics by freshman university students: A case study in a Physics Department in Greece. *Themes in Science and Technology Education*, *1*(2), 157–177. http://earthlab.uoi.gr/ojs/theste/index.php/theste/article/view/17

Suduc, A. M., Bîzoi, M., Gorghiu, G., & Gorghiu, L. M. (2011). Information and communication technologies in science education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *15*, 1076–1080. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.03.241

Sung, N. J., Ma, J., Choi, Y. J., & Hong, M. (2019). Real-time augmented reality physics simulator for education. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 9, Issue 19). https://doi.org/10.3390/app9194019

Taib, F., & Yusoff, M. S. B. (2014). Difficulty index, discrimination index, sensitivity and specificity of long case and multiple choice questions to predict medical students' examination performance. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, *9*(2), 110–114. https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2013.12.002

Techakosit, S., & Nilsook, P. (2015). Using Augmented Reality for Teaching Physics. In *International E-Learning Conference 2015, Thailand Cyber University.* (Issue July).

Terry, C., & Jones, G. (1986). Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change. *European Journal of Science Education*, *8*(3), 291–298. https://doi.org/10.1080/0140528860080305

Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, *108*, 106316. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316

Tomara, M., Tselfes, V., & Gouscos, D. (2017). Instructional strategies to

promote conceptual change about force and motion: A review of the literature. *Themes in Science & Technology Education*, *10*(1), 1–16.

Țurcanu, C., Prodea, B. M., & Constantin, C. (2018). the Opportunity of Using Augmented Reality in Educating Disadvantaged Children. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov Series V: Economic Sciences* •, *11*(60), 71–78.

Utha, K., Subba, B. H., Mongar, B. B., Hopwood, N., & Pressick-Kilborn, K. (2021). Secondary school students' perceptions and experiences of learning science and mathematics: the case of Bhutan. *Asia Pacific Journal of Education*. https://doi.org/10.1080/02188791.2021.1901652

Van Krevelen, D. W. F., & Poelman, R. (2010). A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *International Journal of Virtual Reality*, *9*(2), 1–20. https://doi.org/10.20870/ijvr.2010.9.2.2767

Vavougios, D., & Karakasidis, T. E. (2008). Application of ICT technology in physics education: Teaching and learning elementary oscillations with the aid of simulation software. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, *3*(2), 53–58.

Wang, H. Y., Duh, H. B. L., Li, N., Lin, T. J., & Tsai, C. C. (2014). An investigation of university students' collaborative inquiry learning behaviors in an augmented reality simulation and a traditional simulation. *Journal of Science Education and Technology*, *23*(5), 682–691. https://doi.org/10.1007/s10956-014-9494-8

Wasko, C. (2013). What Teachers Need to Know About Augmented Reality Enhanced Learning Environments. *TechTrends*, *57*(4), 17–21. https://doi.org/10.1007/s11528-013-0672-y

Watson, J., McEwen, A., & Dawson, S. (1994). Sixth Form A Level Students' Perceptions of the Difficulty, Intellectual Freedom, Social Benefit and Interest of Science and Arts Subjects. *Research in Science & Technological Education*, *12*(1), 43–52. https://doi.org/10.1080/0263514940120106

Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K., Boyes, E., & Dickson, D. (2003). Why aren't secondary students interested in physics? *Physics Education*, *38*(4), 324–329. https://doi.org/10.1088/0031-9120/38/4/306

Wozniak, P., Vauderwange, O., Curticapean, D., Javahiraly, N., & Israel, K.

(2015). Perform light and optic experiments in Augmented Reality. *Education and Training in Optics and Photonics: ETOP 2015*, *9793*, 97930H. https://doi.org/10.1117/12.2223069

Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers and Education*, *62*, 41–49. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024

Wulandari, S., Wibowo, F. C., & Astra, I. M. (2021). A review of research on the use of augmented reality in physics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, *2019*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012058

Yang, S., Mei, B., & Yue, X. (2018). Mobile Augmented Reality Assisted Chemical Education: Insights from Elements 4D. *Journal of Chemical Education*, *95*(6), 1060–1062. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00017

Αγγελίδης. (n.d.). *Θεωρίες Μάθησης, Διδακτική Πράξη Και Σύγχρονες Μορφές Εκπαίδευσης | PDF*. Retrieved March 25, 2022, from https://www.scribd.com/document/336177252/Θεωρίες-Μάθησης-Διδακτική-Πράξη-Και-Σύγχρονες-Μορφές-Εκπαίδευσης

Κώτσης, Κ. (2006). η διαχρονικη αναγκαιότητα επιστημμονικής έρευνας των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σε έννοιες των Φυσικών Επιστημών. *Επιστιμονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε.*, *19*, 47–59.

Παιδαγωγική γνώση του περιεχομένου φυσικών επιστημών - Bookchoice.gr. (n.d.). Retrieved March 24, 2022, from https://bookchoice.gr/product/104427-94997/paidagogiki-gnosi-tou-periexomenou-fusikon-epistimon/

Παράρτημα 1 (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test

Ερώτηση 1 (pre-test), Ερώτηση 1 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,500[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,480
Exact Sig.(2-sided test)	,481

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there ar 25 or fewer records.

Ερώτηση 2 (pre-test), Ερώτηση 2 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,267[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,606
Exact Sig.(2-sided test)	,607

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 3 (pre-test), Ερώτηση 3 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	4,050[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,044
Exact Sig.(2-sided test)	,041

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 4 (pre-test), Ερώτηση 4 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,643[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,423
Exact Sig.(2-sided test)	,424

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 5 (pre-test), Ερώτηση 5 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,083[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,773
Exact Sig.(2-sided test)	,774

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 6 (pre-test), Ερώτηση 6 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	3,048[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,081
Exact Sig.(2-sided test)	,078

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 c fewer records.

Ερώτηση 7 (pre-test), Ερώτηση 7 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,071[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,789
Exact Sig.(2-sided test)	,791

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 8 (pre-test), Ερώτηση 8 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,000[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	1,000
Exact Sig.(2-sided test)	1,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 9 (pre-test), Ερώτηση 9 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,842[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,359
Exact Sig.(2-sided test)	,359

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 o fewer records.

Ερώτηση 10 (pre-test), Ερώτηση 10 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,500[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,480
Exact Sig.(2-sided test)	,481

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 c fewer records.

Ερώτηση 11 (post-test), Ερώτηση 11 (pre-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	1,231[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,267
Exact Sig.(2-sided test)	,267

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 o
fewer records.

Ερώτηση 12 (pre-test), Ερώτηση 12 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,696[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,404
Exact Sig.(2-sided test)	,405

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or
fewer records.

Ερώτηση 13 (pre-test), Ερώτηση 13 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,083[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,773
Exact Sig.(2-sided test)	,774

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 o fewer records.

Ερώτηση 14 (pre-test), Ερώτηση 14 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,900[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,343
Exact Sig.(2-sided test)	,344

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 15 (pre-test), Ερώτηση 15 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,050[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,823
Exact Sig.(2-sided test)	,824

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Related-Samples McNemar Change Test

Ερώτηση 16 (pre-test), Ερώτηση 16 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	2,042[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,153
Exact Sig.(2-sided test)	,152

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 c fewer records.

Ερώτηση 17 (pre-test), Ερώτηση 17 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,267[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,606
Exact Sig.(2-sided test)	,607

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 18 (pre-test), Ερώτηση 18 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,056[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,814
Exact Sig.(2-sided test)	,815

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 19 (pre-test), Ερώτηση 19 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,211[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,646
Exact Sig.(2-sided test)	,648

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 20 (pre-test), Ερώτηση 20 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	1,565[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,211
Exact Sig.(2-sided test)	,210

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 o fewer records.

Ερώτηση 21 (pre-test), Ερώτηση 21 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,000[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	1,000
Exact Sig.(2-sided test)	1,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 22 (pre-test), Ερώτηση 22 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,000[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	1,000
Exact Sig.(2-sided test)	1,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 23 (pre-test), Ερώτηση 23 (post-test) (Ομάδα ελέγχου)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	43
Test Statistic	,375[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,540
Exact Sig.(2-sided test)	,541

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 c
fewer records.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	
1	The median of differences between Συνολική βαθμολογία (pre-test) and Συνολική βαθμολογία (post-test) equals 0.	Related-Samples Sign Test	,082	
2	The median of differences between Συνολική βαθμολογία (pre-test) and Συνολική βαθμολογία (post-test) equals 0.	Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test	,074	

Related-Samples Sign Test (Ομάδα ελέγχου)

Συνολική βαθμολογία (pre-test), Συνολική βαθμολογία (post-test)

Related-Samples Sign Test Summary

Total N	43
Test Statistic	26,000
Standard Error	3,162
Standardized Test Statistic	1,739
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,082

Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test (Ομάδα ελέγχου)

Συνολική βαθμολογία (pre-test), Συνολική βαθμολογία (post-test)

Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test Summary

Total N	43
Test Statistic	542,500
Standard Error	74,259
Standardized Test Statistic	1,784
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,074

Παράρτημα 2 (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test

Ερώτηση 1 (pre-test), Ερώτηση 1 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	25,290
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 2 (pre-test), Ερώτηση 2 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	4,083[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,043
Exact Sig.(2-sided test)	,039

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 3 (pre-test), Ερώτηση 3 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	4,083[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,043
Exact Sig.(2-sided test)	,039

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 4 (pre-test), Ερώτηση 4 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	4,267[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,039
Exact Sig.(2-sided test)	,035

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 5 (pre-test), Ερώτηση 5 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	8,450[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,004
Exact Sig.(2-sided test)	,003

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 6 (pre-test), Ερώτηση 6 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	12,903
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 7 (pre-test), Ερώτηση 7 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	5,143[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,023
Exact Sig.(2-sided test)	,016

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 8 (pre-test), Ερώτηση 8 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	5,500[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,019
Exact Sig.(2-sided test)	,017

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 9 (pre-test), Ερώτηση 9 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	9,091[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,003
Exact Sig.(2-sided test)	,001

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 10 (pre-test), Ερώτηση 10 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	10,083[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,001
Exact Sig.(2-sided test)	,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 11 (pre-test), Ερώτηση 11 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	8,100[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,004
Exact Sig.(2-sided test)	,002

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 12 (pre-test), Ερώτηση 12 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	12,071[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,001
Exact Sig.(2-sided test)	,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 13 (pre-test), Ερώτηση 13 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	4,167[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,041
Exact Sig.(2-sided test)	,031

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 14 (pre-test), Ερώτηση 14 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	12,000
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,001

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 15 (pre-test), Ερώτηση 15 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	26,036
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 16 (pre-test), Ερώτηση 16 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	8,522[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,004
Exact Sig.(2-sided test)	,003

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 17 (pre-test), Ερώτηση 17 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	21,043[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000
Exact Sig.(2-sided test)	,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 18 (pre-test), Ερώτηση 18 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	14,700
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000

Ερώτηση 19 (pre-test), Ερώτηση 19 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	12,071[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,001
Exact Sig.(2-sided test)	,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 20 (pre-test), Ερώτηση 20 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	12,071[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,001
Exact Sig.(2-sided test)	,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 21 (pre-test), Ερώτηση 21 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	6,125[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,013
Exact Sig.(2-sided test)	,008

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 22 (pre-test), Ερώτηση 22 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	11,529[a]
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,001
Exact Sig.(2-sided test)	,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Ερώτηση 23 (pre-test), Ερώτηση 23 (post-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples McNemar Change Test Summary

Total N	47
Test Statistic	12,893
Degree Of Freedom	1
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000

a. The exact p-value is computed based on the binomial distribution because there are 25 or fewer records.

Nonparametric Tests

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	
1	The median of differences between Συνολική βαθμολογία (pre-test) and Συνολική βαθμολογία (pre-test) equals 0.	Related-Samples Sign Test	,000	
2	The median of differences between Συνολική βαθμολογία (pre-test) and Συνολική βαθμολογία (pre-test) equals 0.	Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test	,000	

Related-Samples Sign Test

Συνολική βαθμολογία (pre-test), Συνολική βαθμολογία (pre-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples Sign Test Summary

Total N	47
Test Statistic	42,000
Standard Error	3,354
Standardized Test Statistic	5,665
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000

Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test

Συνολική βαθμολογία (pre-test), Συνολική βαθμολογία (pre-test) (Πειραματική ομάδα)

Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test Summary

Total N	47
Test Statistic	980,000
Standard Error	88,340
Standardized Test Statistic	5,235
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000