

Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών/τριών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

(2024)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών και Ερευνητριών



Τόμος Πρακτικών



**4^ο Πανελλήνιο
Συνέδριο Νέων
Ερευνητών/ριών**

στη Διδακτική των
Φυσικών Επιστημών
& Νέων Τεχνολογιών
στην Εκπαίδευση

16-18 Σεπτεμβρίου
2022

**Διδακτικές Παρεμβάσεις σε Μαθητές/Μαθήτριες
Λυκείου στη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών με
τη Χρήση ενός Παιδαγωγικού Πράκτορα σε
Συνεργατικό Πλαίσιο**

*Σιλβέστρα Σακελλαρίου, Άγγελος Σοφινίδης,
Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης*

doi: [10.12681/nrcodiste.5967](https://doi.org/10.12681/nrcodiste.5967)



ΔΗΜΟΚΡΕΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

DEMOCRITUS
UNIVERSITY
OF THRACE

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής
Εκπαίδευσης

Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Διδακτικές Παρεμβάσεις σε Μαθητές/Μαθήτριες Λυκείου στη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών με τη Χρήση ενός Παιδαγωγικού Πράκτορα σε Συνεργατικό Πλαίσιο

Σιλβέστρα Σακελλαρίου¹, Άγγελος Σοφιανίδης², Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης³

¹Υποψήφια Διδάκτορας, ²Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, ³Καθηγητής

^{1,3}Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,

²Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία πιλοτική εφαρμογή που εστιάζει στην εξοικείωση των μαθητών /μαθητριών Λυκείου με τη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών. Η προσέγγιση πραγματοποιείται με τη χρήση ενός Παιδαγωγικού Πράκτορα (ΠΠ) και αποτιμώνται η αποδοχή και η αποτελεσματικότητά του. Ο ΠΠ αναπτύχθηκε με τις αρχές της επαυξημένης πραγματικότητας και εφαρμόζεται σε μικρές ομάδες που εργάζονται σε συνεργατικό πλαίσιο.

Abstract

This paper presents a pilot study that aims in familiarization with the Control of Variables Strategy for senior high school students. The approach adopted was through the use of a Pedagogical Agent (PA) and its acceptance and effectiveness are evaluated. The PA was developed with the principles of augmented reality and is implemented in a small-group collaborative framework.

Λέξεις κλειδιά: στρατηγική ελέγχου μεταβλητών, παιδαγωγικός πράκτορας, συνεργατική μάθηση, επαυξημένη πραγματικότητα

Key words: control of variables strategy, pedagogical agent, collaborative learning, augmented reality

1. Εισαγωγή

Τα Συστήματα Διαχείρισης Μάθησης (ΣΔΜ) στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση χρησιμοποιήθηκαν ευρέως κατά τη διάρκεια της πανδημίας λόγω αναστολής λειτουργίας των σχολείων. Παρά το γεγονός ότι τα χαρακτηριστικά τους έχουν πολλές δυνατότητες αξιοποίησης στην τάξη, η ταυτόχρονη ενσωμάτωση παράλληλα με τη σύγχρονη εκπαίδευση είναι περιορισμένη καθώς υπάρχουν πολλές προκλήσεις. Οι μεγαλύτερες προκλήσεις στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση είναι η πρόωρη εγκατάλειψη, η μειωμένη συμμετοχή και παρακολούθηση. (Chen et al., 2020 · El Mhouti et al., 2016). Η πρόωρη εγκατάλειψη δεν αφορά μόνο την εξ αποστάσεως εκπαίδευση αλλά και την ενσωμάτωση των ΣΔΜ στην δια ζώσης διδασκαλία (Koutsakas et al., 2020 · Psycharis et al., 2013). Οι μαθητές/μαθήτριες αισθάνονται απομονωμένοι, χάνουν το κίνητρό τους για μάθηση και συμμετοχή, δεν έχουν χρόνο, έχουν ελλείψεις ικανότητες αυτοδιαχείρισης ή το μάθημα έχει φτωχό σχεδιασμό (Alonso-Mencia et al., 2019 · Chen et al., 2020 · Rice et al., 2020)

Η Συνεργατική Μάθηση με Υποστήριξη Υπολογιστή (ΣΜΥΥ) αποτελεί μία προσέγγιση όπου οι μαθητές/μαθήτριες συνεργάζονται χρησιμοποιώντας ψηφιακή τεχνολογία είτε ως μέσο επικοινωνίας είτε ως μέσο εύρεσης πόρων (ο όρος υπολογιστής παρατίθεται με την ευρύτερη έννοια του όρου και συμπεριλαμβάνονται και φορητές συσκευές). Ενώ η συνεργατική μέθοδος διδασκαλίας έχει πλέον εδραιωθεί ως προς την αποτελεσματικότητά της για την προαγωγή της μάθησης, την διατήρηση κινήτρων και τη βελτίωση στάσεων, στη ΣΜΥΥ απαιτείται πιο προσεκτικός σχεδιασμός αφού ο εκπαιδευτικός απουσιάζει και δε μπορεί να

παρέμβει για την εξασφάλιση ενεργούς εμπλοκής και συμμετοχής των μαθητών/μαθητριών στην εκπαιδευτική διαδικασία (Barkley et al., 2014). Για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης, οι ερευνητές κατευθύνθηκαν στην ανάπτυξη των Παιδαγωγικών Πρακτόρων (ΠΠ). Οι ΠΠ προσπαθούν να διατηρούν την προσοχή των μαθητών εστιασμένη στην εκπαιδευτική δραστηριότητα, καθοδηγούν μία ομάδα μαθητών/μαθητριών προκειμένου να επιλύσουν ένα κοινό πρόβλημα κι ενθαρρύνουν τη συνεργασία και το διάλογο ανάμεσα στα μέλη της ομάδας. Έρευνες δείχνουν ότι οι ΠΠ έχουν θετική επίδραση στη μάθηση, στα κίνητρα στην καλλιέργεια δεξιοτήτων (Δημητριάδης, 2015).

Επομένως, οι ΠΠ συγκεντρώνουν πολλά από τα χαρακτηριστικά εκείνα που δύνανται να συντελέσουν στην πιο αποτελεσματική ενσωμάτωση των ΣΔΜ αφού με κατάλληλο σχεδιασμό μπορούν να συμβάλλουν θετικά στην ενεργή εμπλοκή των μαθητών/μαθητριών.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία πρώιμη πιλοτική εφαρμογή της διδακτορικής διατριβής που επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση της πλατφόρμας e-Class στη Διδασκαλία της Φυσικής προωθώντας τη συνεργατική μάθηση με έμφαση στην καλλιέργεια των πειραματικών δεξιοτήτων. Για το σκοπό αυτό αναπτύσσονται Φύλλα Εργασίας (ΦΕ) που ενσωματώνουν ένα ΠΠ κι εξετάζεται η αποτελεσματικότητά του στις στάσεις των μαθητών/μαθητριών και στη βελτίωση της δεξιότητας του Ελέγχου των Μεταβλητών. Ο λόγος που επιλέχτηκε ο έλεγχος των μεταβλητών για την εφαρμογή των ΦΕ οφείλεται στο γεγονός ότι σύμφωνα με τα νέα αναλυτικά προγράμματα σπουδών (Ν. 144672/2021, Ν. 149118/2021), προτείνεται η διερεύνηση καθώς δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην απόκτηση γνώσεων σε μεθοδολογικές διαδικασίες, στην εξοικείωση με τις επιστημονικές μεθόδους και στην επιστημονική επιχειρηματολογία. Η Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ) είναι μία υπό-φάση των κυρίων σταδίων της διερεύνησης (Pedaste et al., 2015), αποτελεί μία θεμελιώδης ικανότητα σε όλα τα προγράμματα των Φυσικών Επιστημών και βρίσκεται στον πυρήνα της διερεύνησης καθώς οι μαθητές/μαθήτριες χωρίς αυτή δε μπορούν να σχεδιάσουν ένα έγκυρο πείραμα κι επομένως ματαιώνεται ο σκοπός της διερεύνησης.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Ποια είναι η επίδραση της παρέμβασης στην ανάπτυξη της ΣΕΜ;
- ✓ Ποια είναι η αποδοχή των ΠΠ από τους μαθητές/μαθήτριες;

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Στη συνέχεια θα γίνει μία σύντομη επισκόπηση των ερευνών προκειμένου να αιτιολογηθεί η ενσωμάτωση ενός ΠΠ σε φύλλα εργασίας που δύνανται να ενσωματωθούν στην e-Class καθώς επίσης και η επιλογή ανάπτυξης της ΣΕΜ.

Παιδαγωγικοί Πράκτορες

Ο «παιδαγωγικός πράκτορας» είναι μια έννοια δανεισμένη από την επιστήμη των υπολογιστών και την τεχνητή νοημοσύνη και εφαρμόζεται στην εκπαίδευση, συνήθως ως μέρος ενός ευφυούς συστήματος διδασκαλίας (ITS). Είναι μια προσομοιωμένη ανθρώπινη διεπαφή μεταξύ του εκπαιδευόμενου και του περιεχομένου σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον, δηλαδή, αναφέρεται σε ένα χαρακτήρα επί της οθόνης που ενεργεί σε ένα ψηφιακό μαθησιακό περιβάλλον προκειμένου να εκπληρώσει συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς στόχους. Αν και αρχικά οι παιδαγωγικοί πράκτορες απευθύνονταν σε εξατομικευμένη διδασκαλία, η νέα τάση είναι να μην «προσπαθεί απλώς να επικοινωνήσει μόνο με έναν μαθητή ατομικά αλλά με την ομάδα μαθητών/μαθητριών, οι οποίοι συνεργάζονται μεταξύ τους προκειμένου να κατανοήσουν και να επιλύσουν ένα πρόβλημα». (Δημητριάδης, 2015, σ. 137)

Οι παιδαγωγικοί πράκτορες επιδρούν στο συναισθηματικό τομέα των εκπαιδευομένων. Έρευνες δείχνουν ότι διατηρούν το ενδιαφέρον των μαθητών/μαθητριών και τα κίνητρα μάθησης ενισχύονται (Schroeder & Adesope, 2014), όταν είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να ενθαρρύνουν την προσπάθειά τους και να εντείνουν την επιμονή των μαθητών /μαθητριών στην εστίαση του προβλήματος. Στην αύξηση κινήτρων συμβάλλουν οι ΠΠ όταν καθοδηγούν

τους μαθητές/μαθήτριες με ένα διασκεδαστικό τρόπο (Daradoumis et al., 2013). Επίσης, ένα ακόμα πλεονέκτημα των ΠΠ είναι η επίδρασή τους στη μείωση του άγχους των μαθητών/μαθητριών καθώς οι μαθητές/μαθήτριες προτιμούν την καθοδήγηση των ΠΠ αφού δεν είναι επικριτικοί σε ενδεχόμενες λανθασμένες απαντήσεις. (Sofianidis, 2022).

Επίσης οι ΠΠ συμβάλλουν σε αυξημένα μαθησιακά οφέλη. Στη βιβλιογραφική επισκόπηση των Martha & Santoso (2019) βρέθηκε ότι οι μαθητές/μαθήτριες που κάνουν χρήση των ΠΠ έχουν αυξημένες επιδόσεις κι αυτό το αποδίδουν είτε στη μείωση του άγχους είτε στη θετική στάση των μαθητών/μαθητριών. Παρομοίως, αυξημένα οφέλη βρέθηκαν και στην επισκόπηση των Bendou et al. (2017) όταν οι ΠΠ σχεδιαστούν κατάλληλα και επισημαίνουν τη σημασία της παιχνιδοποίησης και την άμεση ανατροφοδότηση. Τότε, οι ΠΠ δρουν ως σκαλωσιά και διευκολύνουν τη μάθηση.

Η Στρατηγική Ελέγχου των Μεταβλητών (ΣΕΜ)

Με τον όρο «στρατηγική ελέγχου μεταβλητών» (ΣΕΜ) εννοούμε τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει κάποιος στη σχεδίαση ενός πειράματος, ώστε αλλάζοντας μία συγκεκριμένη μεταβλητή να μπορεί να εξαγάγει ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση της συγκεκριμένης μεταβλητής στο υπό μελέτη σύστημα.

Η ΣΕΜ είναι μία γνωστικά απαιτητική διαδικασία, τόσο από άποψη διαδικαστική όσο και εννοιολογική, καθώς απαιτούνται δεξιότητες λογικής σκέψης (Chen & Klahr, 1999) αλλά και επιστημονικής επιχειρηματολογίας (Erlina et al., 2018). Οι έρευνες δείχνουν ότι η ΣΕΜ δυσκολεύει τους εκπαιδευόμενους σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης και σε μεγάλο ποσοστό ακολουθούν λανθασμένες πρακτικές ακόμα και μετά από ειδικά σχεδιασμένες παρεμβάσεις (Ζουπίδης κ.ά., 2018· Boudreaux et al., 2008· Tairab 2016).

Υπάρχουν προτάσεις που υποστηρίζουν ότι η καλύτερη πρακτική για την κατάκτηση της δεξιότητας είναι η έμμεση διδασκαλία μέσω πειραματισμού (Dean & Kuhn, 2007), η ρητή διδασκαλία (Klahr & Nigam, 2004) ή ο συνδυασμός αυτών των δύο (Lorch et al., 2010). Οι Ζουπίδης κ.ά. (2018) σε μία έρευνα με φοιτήτριες νηπιαγωγούς συνέκριναν την έμμεση διδασκαλία με καθοδηγούμενη διερεύνηση και τη ρητή διδασκαλία με καθοδηγούμενη διερεύνηση και κατέληξαν ότι η τελευταία έχει καλύτερα αποτελέσματα στη βελτίωση της ΣΕΜ. Επιπλέον, οι Schwichow et al. (2016) υποστηρίζουν ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα υπερέρχουν όταν η ΣΕΜ διδάσκεται μεμονωμένα χωρίς τη διεξαγωγή πειραμάτων καθώς οι μαθητές/μαθήτριες δεν υπερφορτώνονται κι επισημαίνουν την αξία της άμεσης ανατροφοδότησης.

Συνοψίζοντας, οι ΠΠ συμβάλλουν θετικά στη μάθηση και στα κίνητρα των μαθητών/μαθητριών όταν σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ενισχύουν το διάλογο ανάμεσα στα μέλη της ομάδας, να δίνουν άμεση ανατροφοδότηση, να καθοδηγούν τους μαθητές/μαθήτριες, να εστιάζουν την προσοχή τους στο πρόβλημα προς επίλυση και να εμπεριέχουν στοιχεία παιχνιδοποίησης. Επίσης, οι έρευνες σχετικά με τη ΣΕΜ έδειξαν ότι είναι μία δύσκολη δεξιότητα και ο συνδυασμός της ρητής διδασκαλίας χωρίς τη διεξαγωγή πειραμάτων και η άμεση ανατροφοδότηση δίνουν τα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Στην παρούσα μελέτη επιλέγεται η διδασκαλία της ΣΕΜ χωρίς ταυτόχρονη εκτέλεση πειράματος από τους μαθητές/μαθήτριες καθώς ο χειρισμός των τάμπλετ για την παρακολούθηση του ΠΠ μέσω της εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας metaverse κρίνεται ότι θα αποτελούσε ένα επιπλέον παράγοντα γνωστικής υπερφόρτωσης.

3. Μεθοδολογία

Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν 4 μαθητές/μαθήτριες στην Α' τάξη Λυκείου που χωρίστηκαν σε δύο διμελείς ομάδες εκτός σχολικού ωραρίου στα πλαίσια ενός Science Club.

Αναπτύχθηκαν 5 φύλλα εργασίας που μελετούν την επίδραση 2 ανεξάρτητων μεταβλητών σε μία εξαρτημένη μεταβλητή. Όλα τα φύλλα εργασίας έχουν παρόμοια δομή με το 4^ο ΦΕ που παρουσιάζεται στο παράρτημα και ξεκινούν με μία σύντομη ιστορία με ένα πρόβλημα

καθημερινότητας. Υπάρχουν δύο προβλήματα που είναι γενικών γνώσεων (το 1^ο και το 3^ο) και τρία (2^ο, 4^ο και 5^ο) που αφορούν τη Φυσική. Για παράδειγμα, στο ΦΕ που παρουσιάζεται στο Παράρτημα, δυο αδελφές καλούνται να επιλέξουν πως επιδρά το πάχος του σύρματος (1η ανεξάρτητη μεταβλητή) και ο αριθμός των σπειρών (2η ανεξάρτητη μεταβλητή) στη σκληρότητα του ελατηρίου (εξαρτημένη μεταβλητή). Σύμφωνα με την ιστορία, οι δυο αδελφές για να αποφανθούν, αγόρασαν 4 ελατήρια, ένα από κάθε τύπο (λεπτό σύρμα με λίγες σπείρες, λεπτό σύρμα με πολλές σπείρες, παχύ σύρμα με λίγες σπείρες, παχύ σύρμα με πολλές σπείρες). Οι μαθητές/μαθήτριες καλούνται να εφαρμόσουν τη ΣΕΜ μέσα από 6 ερωτήσεις: Παρουσιάζονται σχηματικά οι 4 καταστάσεις των δυο ανεξάρτητων μεταβλητών (πολλές-λίγες σπείρες, λεπτό-παχύ σύρμα του ελατηρίου) και οι μαθητές/μαθήτριες καλούνται να προσδιορίσουν ποιες παράμετροι αλλάζουν σε κάθε κατάσταση & ποιο θα είναι το προβλεπόμενο αποτέλεσμα (ερωτήσεις 1 & 2). Στη συνέχεια, καλούνται να συμπληρώσουν τον Πίνακα αλήθειας για τις συγκρίσεις των 6 διαφορετικών πιθανών καταστάσεων (ερώτηση 3) και να αποφανθούν ποιες από τις παραπάνω συγκρίσεις θα δώσουν έγκυρο αποτέλεσμα σχετικά με την 1η ανεξάρτητη μεταβλητή (αριθμός σπειρών του ελατηρίου - ερώτηση 4), σχετικά με τη 2η ανεξάρτητη μεταβλητή (πάχος του σύρματος του ελατηρίου - ερώτηση 5) και ποιες συγκρίσεις δεν θα δώσουν έγκυρο αποτέλεσμα (ερώτηση 6).

Το πρώτο φύλλο εργασίας (ΦΕ) ήταν το διαγνωστικό και συμπληρωνόταν ατομικά από τους μαθητές/μαθήτριες ενώ στη συνέχεια ακολούθησε συζήτηση των απαντήσεων των μαθητών. Στο 2ο ΦΕ ελέγχθηκε η επίδραση της συζήτησης με τους μαθητές/μαθήτριες στο 3ο και 4ο ΦΕ ενσωματώθηκαν οι ΠΠ και στο 5ο και τελικό ΦΕ αξιολογήθηκε η παρέμβαση.

Οι ΠΠ στα ΦΕ ήταν δύο: Η Νεφέλη και ο Οδυσσέας. Η «Νεφέλη» έδινε οδηγίες δίνοντας έμφαση στη διαδικασία της ΣΕΜ χωρίς να αναφέρεται στις συγκεκριμένες μεταβλητές του κάθε προβλήματος, δηλαδή ήταν κοινή και στο 3^ο και 4ο ΦΕ ενώ ο «Οδυσσέας» αναφερόταν στο συγκεκριμένο πρόβλημα του κάθε ΦΕ και στην καθοδήγησή του έκανε αναφορές στις συγκεκριμένες μεταβλητές του προβλήματος. Για παράδειγμα, σε όλα τα ΦΕ η ερώτηση 4 ζητούσε από τους μαθητές/μαθήτριες να επιλέξουν τις δύο κατάλληλες συγκρίσεις για την επίδραση μίας ανεξάρτητης μεταβλητής αλλά και να προσδιορίσουν ποια σύγκριση από αυτές τις δύο θα επέλεγαν να πραγματοποιήσουν και γιατί. Η «Νεφέλη» έλεγε: «Αν αλλάζει μόνο μία παράμετρος, τότε η σύγκριση είναι έγκυρη και μπορούμε να βγάλουμε συμπέρασμα. Αν αλλάζουν δύο ή περισσότερες παράμετροι, τότε η σύγκριση δεν επιτρέπει να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα. Η καλύτερη σύγκριση θα είναι εκείνη όπου θα φαίνεται καθαρά και με μεγάλη διαφορά η επίδραση σε αυτό που μετράμε. Συζητήστε μεταξύ σας.» Στην ίδια ερώτηση ο «Οδυσσέας» έλεγε: «Για να είναι έγκυρη η σύγκριση πρέπει να αλλάζει μόνο μία μεταβλητή: ή ο αριθμός των σπειρών ή το πάχος του σύρματος. Η επίδραση του αριθμού των σπειρών στην επιμήκυνση φαίνεται από δύο συγκρίσεις. Η μία σύγκριση είναι με λεπτό σύρμα και η άλλη είναι με παχύ σύρμα. Ποια σύγκριση θα προτεινάτε για να φαίνεται καλύτερα η διαφορά στην επιμήκυνση ανάμεσα στις δύο συγκρίσεις; Συζητήστε μεταξύ σας»

Στην παρέμβαση, στο 3^ο ΦΕ, Η «Νεφέλη» καθοδηγούσε την ομάδα Α κι ο «Οδυσσέας» την ομάδα Β ενώ στο 4^ο ΦΕ αντίστροφα - η «Νεφέλη» την ομάδα Β κι ο «Οδυσσέας» την Α.

Ο έλεγχος των μεταβλητών εξετάστηκε με ατομικά έργα μέσω των ΦΕ και στις δύο ανεξάρτητες μεταβλητές. Η ΣΕΜ αξιολογήθηκε στην απόρριψη των μη έγκυρων συγκρίσεων και στον προσδιορισμό των έγκυρων συγκρίσεων. Επιπλέον στα ΦΕ που εφαρμόστηκαν υπήρχε μία επιπλέον ερώτηση σε σύγκριση με τα συνήθη τεστ της ΣΕΜ, καθώς προέκυπταν δύο έγκυρες συγκρίσεις όπου οι μαθητές/μαθήτριες έπρεπε να επιλέξουν τη μία από τις δύο έγκυρες συγκρίσεις λόγω ενός περιορισμού που είχε τεθεί στην αρχική ιστορία. Η αξιολόγηση περιλάμβανε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής καθώς και ανάπτυξη κειμένου όπου οι μαθητές/μαθήτριες κλήθηκαν να αιτιολογήσουν τις επιλογές τους.

Για την κατάταξη των απαντήσεων αναπτύχθηκαν ρουμπρίκες για την αξιολόγηση της κάθε συνιστώσας της ΣΕΜ ξεχωριστά. Πιο συγκεκριμένα για την αξιολόγηση της απόρριψης των μη έγκυρων συγκρίσεων και τον προσδιορισμό των έγκυρων μετρήσεων η ρουμπρίκα αξιολόγησης ήταν μία τετραβάθμια (0, 1, 2, και 3) όπου το 0 αντιστοιχούσε σε Καμία ή

Λανθασμένη απάντηση, το 1 σε Μία Σωστή επιλογή με μερικώς ορθή αιτιολόγηση, το 2 με Δύο Σωστές Επιλογές με ατελής/όχι πλήρης αιτιολόγηση και το 3 με Δύο Σωστές επιλογές με πλήρη αιτιολόγηση.

Για την τελική επιλογή της μίας εκ των δύο έγκυρων συγκρίσεων οι μαθητές/μαθήτριες βαθμολογήθηκαν ως ακολούθως: το 0 αντιστοιχούσε σε καμία ή άστοχη απάντηση, το 1 σε Λάθος ή ελλιπείς προκείμενες προτάσεις που δεν οδηγούν σε συμπέρασμα, το 2 σε λάθος συλλογισμό αλλά με διατύπωση συμπεράσματος, το 3 σε Έγκυρο συμπέρασμα αλλά ελλιπής αιτιολόγηση ενώ το 4 αντιστοιχούσε σε Ορθές και πλήρεις προκείμενες προτάσεις – Έγκυρο και πλήρες συμπέρασμα.

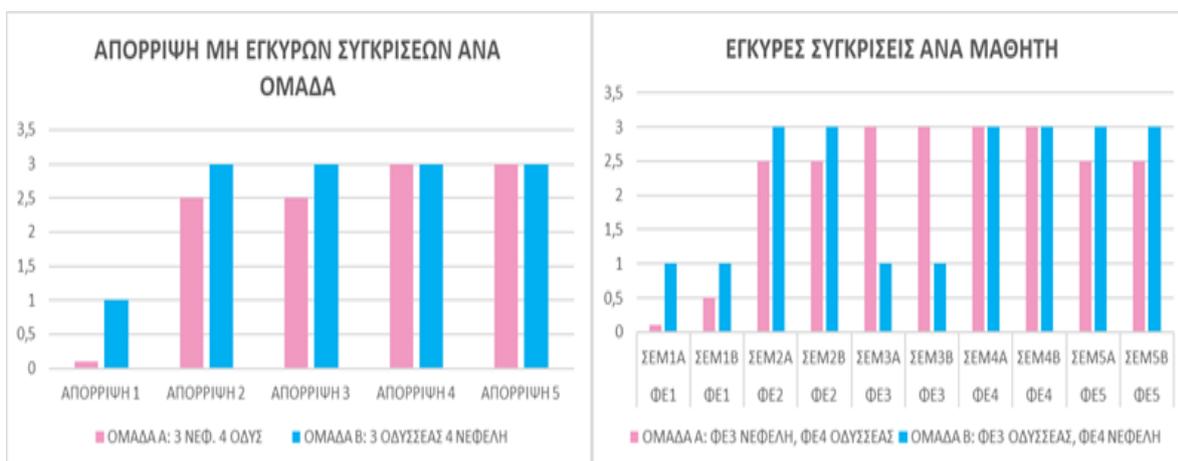
Για την αποδοχή των ΠΠ χορηγήθηκε το ερωτηματολόγιο Post-Study System Usability Questionnaire (Lewis, 1992) που μεταφράστηκε στα ελληνικά από τους Katsanos et al. (2021) αφού έγιναν οι απαραίτητες τροποποιήσεις. Επίσης, η αποδοχή ελέγχθηκε με το φύλλο παρατήρησης που αναπτύχθηκε από τους Lane & Harris (2015), το οποίο συμπληρώθηκε κατά τη διάρκεια της παρέμβασης ανά τακτά χρονικά διαστήματα (3 λεπτά). Οι ενέργειες των μαθητών/μαθητριών (συμπλήρωση ΦΕ, αλληλεπίδραση με τους ΠΠ, συζήτηση, ενασχόληση με το κινητό κ.τ.λ.) κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: στην ενεργή εμπλοκή και στην μη ενεργή εμπλοκή). Στο τέλος της παρέμβασης, ακολούθησαν συνεντεύξεις των μαθητών/μαθητριών σχετικά με τη διαδικασία.

Αξιζει να αναφερθεί ότι η εφαρμογή των 5 ΦΕ εφαρμόστηκε δια ζώσης παρά το γεγονός ότι η ενσωμάτωση των ΦΕ πραγματοποιήθηκε στην e-Class και ως έγγραφο που θα μπορούσε να εκτυπωθεί αλλά και ως διαδραστική Άσκηση όπου οι μαθητές/μαθήτριες υποβάλλουν τις απαντήσεις τους ηλεκτρονικά. Κρίθηκε όμως σκόπιμο στην πιλοτική εφαρμογή οι μαθητές/μαθήτριες να διεκπεραιώσουν τις δραστηριότητες παρουσία της εκπαιδευτικού, καθώς ήταν επιθυμητό να παρακολουθούνται οι εκπαιδευόμενοι/εκπαιδευόμενες κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας και με αυτόν τον τρόπο να υπάρχει μεγαλύτερη αξιοπιστία αναφορικά με το βαθμό της ενεργού εμπλοκής τους.

4. Αποτελέσματα

Η εφαρμογή της ΣΕΜ από τους μαθητές/μαθήτριες.

Στο Σχήμα 1 παριστάνεται η εξέλιξη στην απόρριψη των μη έγκυρων συγκρίσεων καθώς και στον προσδιορισμό των έγκυρων συγκρίσεων. Η βαθμολογία της απόρριψης προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας των μελών της κάθε ομάδας. Παρατηρείται ότι σε αυτή τη συνιστώσα του ελέγχου των μεταβλητών οι μαθητές/μαθήτριες βελτιώνονται πολύ γρήγορα και διακρίνουν ορθά τις μη έγκυρες συγκρίσεις.

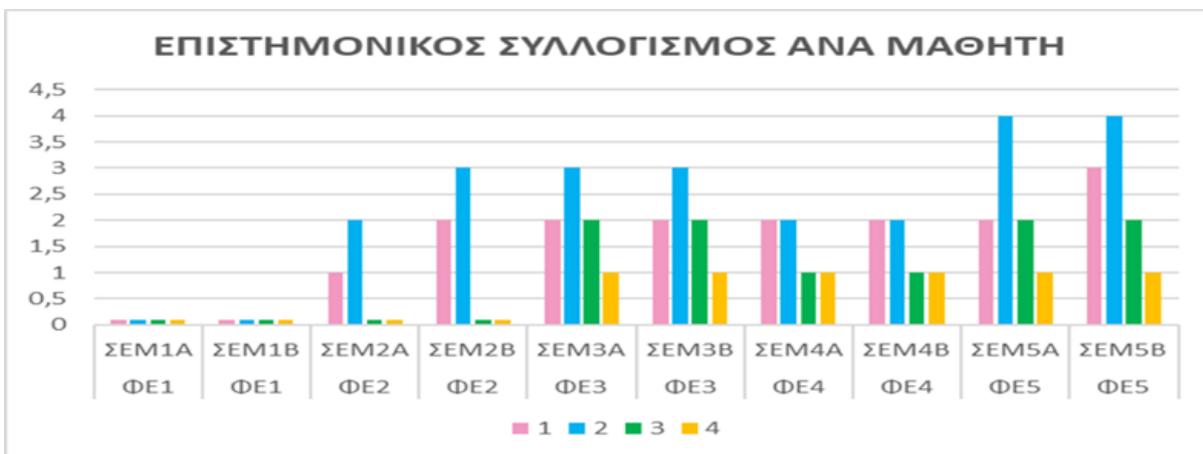


Σχήμα 1: Η εξέλιξη στη ΣΕΜ – Αριστερά η βαθμολογία στην απόρριψη μη έγκυρων συγκρίσεων ανά ομάδα – Δεξιά η βαθμολογία στον προσδιορισμό έγκυρων συγκρίσεων ανά μαθητή

Για παράδειγμα μία μαθήτρια (#1) δηλώνει στο ΦΕ2 «Τα πειράματα 1-4 και 2-3 δεν θα οδηγήσουν σε σίγουρα αποτελέσματα διότι αλλάζουν πολλά». Η συγκεκριμένη μαθήτρια αρχίζει να αντιλαμβάνεται το γεγονός ότι όταν αλλάζουν πολλά δε μπορούμε να συνάγουμε ασφαλή συμπεράσματα, αλλά δεν αντιστοιχεί το *πολλά* σε μεταβλητές, δεν το προσδιορίζει με σαφήνεια. Απαντάει με πλήρη σαφήνεια στο 4^ο ΦΕ. Στη συνιστώσα του προσδιορισμού των έγκυρων συγκρίσεων οι μαθητές/μαθήτριες βελτιώνονται αλλά με αργότερο ρυθμό και η βαθμολογία παρουσιάζει με μεγαλύτερη διακύμανση.

Η εξέλιξη του συλλογισμού των μαθητών/μαθητριών σχετικά με τη ΣΕΜ

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέλιξη του συλλογισμού των μαθητών/μαθητριών όταν κλήθηκαν να καταγράψουν τους λόγους για τους οποίους θα επέλεγαν την μία από τις δύο έγκυρες συγκρίσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Παρατηρείται ότι οι μαθητές/μαθήτριες αρχικά αδυνατούν να αιτιολογήσουν την τελική επιλογή μίας από τις δύο έγκυρες συγκρίσεις ή δεν προσδιορίζουν κάποια επιλογή ως καταλληλότερη. Στο τέλος της παρέμβασης όμως, ένας μαθητής (#2) αιτιολογεί πλήρως την ορθή επιλογή του (παραθέτοντας «Πώς επηρεάζει η μάζα φαίνεται από τα πειράματα 1-3 και 2-4. Τα πειράματα 1-3 έχουν την ίδια δύναμη που ασκείται κι αλλάζει η μάζα. Έτσι καταλαβαίνουμε την επιρροή της στην επιτάχυνση. Επίσης λόγω της μικρής δύναμης που ασκείται έχουμε μεγάλο χρόνο κίνησης όπου βοηθάει στη βιντεοσκόπηση λόγω του μικρού πάγκου. Ενώ τα πειράματα 2-4 θα έχουν μικρό χρόνο λόγω της μεγάλης δύναμης»). Ο συνεργάτης του (#1) επιλέγει την ορθή απάντηση αλλά στην απόπειρα της αιτιολόγησης δεν είναι πλήρως ορθές οι προτάσεις του «Οι συγκρίσεις για τη μάζα είναι οι 1-3 και 2-4. Τα δύο αδέρφια πρέπει να συγκρίνουν τα 1-3 για να παρατηρήσουν πως το μικρό βάρος δυσκολεύει την επιτάχυνση του σώματος από ότι στο 2-4 με πιο μεγάλο βάρος». Στη δεύτερη ομάδα, ο ένας μαθητής (#4) απλά επιλέγει τη σωστή απάντηση αλλά δεν γράφει το συλλογισμό του ενώ άλλος μαθητής (#3) διατυπώνει συμπέρασμα αλλά με λάθος συλλογισμό.



Σχήμα 2: Η εξέλιξη του επιστημονικού συλλογισμού για κάθε μαθητή στα ΦΕ

Οι απόψεις των μαθητών/μαθητριών για την ευχρηστία των ΠΠ.

Η καταγραφή των ενεργειών των μαθητών/μαθητριών κατά τη διάρκεια της παρέμβασης έδειξε ότι οι μαθητές/μαθήτριες διατηρούν την προσοχή τους εστιασμένη στη δραστηριότητα κι εμπλέκονται ενεργά. Επισημαίνονται κάποιες διαφοροποιήσεις στα ΦΕ χωρίς ΠΠ και με ΠΠ. Στα ΦΕ με τους ΠΠ, οι μαθητές/μαθήτριες μειώνουν τη διάρκεια της ανάγνωσης των ΦΕ και αυτόν το χρόνο τον αντικαθιστούν με την αλληλεπίδραση με τους ΠΠ και με τη συζήτηση ανάμεσα στα μέλη.

Επίσης, οι μαθητές/μαθήτριες βρήκαν εύχρηστη την εφαρμογή metaverse και δεν αντιμετώπισαν δυσκολίες κατά τη χρήση της. Όλοι οι μαθητές/μαθήτριες ανεξαιρέτως δήλωσαν ότι τους άρεσε πολύ που συνεργάστηκαν και θα ήθελαν να εφαρμόζεται συχνά αυτή η μέθοδος στην τάξη. Η ενθάρρυνση του διαλόγου από τους ΠΠ βοήθησε τους

μαθητές/μαθήτριες καθώς όλοι δήλωσαν ότι επωφελήθηκαν από το συνεργάτη τους διότι (#3) «*συμπλήρωνε τις γνώσεις του*». Μια μαθήτρια επισημαίνει ότι μαθησιακό όφελος υπήρχε ειδικά στην περίπτωση διαφωνίας μεταξύ των μελών της ομάδας καθώς «*φώτιζε κι άλλες πλευρές... κι έπρεπε να σκεφτείς τρόπους να τον πείσεις*» (#2) . Οι μαθητές/μαθήτριες δήλωσαν ότι οι οδηγίες των ΠΠ μοιάζουν να μην είναι τόσο κατανοητές. Οι ΠΠ ήταν με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένοι ώστε να μην υποδεικνύουν τη σωστή απάντηση αλλά να προωθούν τη συζήτηση κάνοντας ερωτήσεις και αυτό τους δημιουργούσε ανασφάλεια. Σε ερώτηση γιατί θεωρείς ότι δεν σε βοήθησε τόσο ο ΠΠ μία μαθήτρια απάντησε: (#2) «*Ακόμα και μετά τις οδηγίες του ΠΠ ... δεν ήμουν σίγουρη ότι απάντησα το σωστό, ...ήθελα να μου λέει τη σωστή απάντηση*» Πάντως, αξίζει να αναφερθεί ότι η συγκεκριμένη μαθήτρια ενώ δεν ήταν σίγουρη για την απάντηση ήταν η μαθήτρια που στο τελικό ΦΕ απάντησε ορθά δίνοντας μια πλήρη αιτιολογημένη απάντηση. Επιπλέον, οι μαθητές/μαθήτριες δήλωσαν ότι θα προτιμούσαν να ρωτάνε τον ΠΠ παρά τον εκπαιδευτικό γιατί «*.. δεν ντρέπομαι*» (μαθητές/μαθήτριες #2, 4#).

5. Συμπεράσματα

Εφαρμόστηκαν 5 ΦΕ που εξέταζαν τη ΣΕΜ σε 4 μαθητές/μαθήτριες που σχημάτισαν διμελείς ομάδες της Α' Λυκείου. Είχαν αναπτυχθεί δύο ΠΠ με την εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας *metaverse*, ο Οδυσσέας που έδινε συγκεκριμένες οδηγίες για την απάντηση του ΦΕ και η Νεφέλη που έδινε οδηγίες με αναφορές στη διαδικασία του ελέγχου των μεταβλητών. Η κάθε ομάδα καθοδηγήθηκε και από τους 2 ΠΠ εναλλάξ στο 3^ο και 4^ο ΦΕ.

Από τις γραπτές απαντήσεις των μαθητών /μαθητριών βρέθηκε ότι οι μαθητές/μαθήτριες βελτιώθηκαν στη ΣΕΜ. Πιο γρήγορα βελτιώνονται στην απόρριψη των μη έγκυρων συγκρίσεων και στη συνέχεια βελτιώνονται στον προσδιορισμό των έγκυρων συγκρίσεων. Παράλληλα, οι μαθητές/μαθήτριες ανέπτυξαν τον επιστημονικό τους συλλογισμό. Αυτό το εύρημα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς ο επιστημονικός συλλογισμός έχει βρεθεί ότι έχει μακροπρόθεσμα μαθησιακά οφέλη (Bao et al., 2009).

Σε επόμενο στάδιο θα εισαχθούν περισσότερα στοιχεία παιχνιδοποίησης, θα μπορούσε να δημιουργηθεί μία διαβάθμιση καθοδήγησης ή ακόμα και μια συγκριτική μελέτη ανάμεσα στη συνεργατική μάθηση χωρίς ΠΠ και με ΠΠ. Επίσης, θα ήταν ενδιαφέρουσα μία σύγκριση ανάμεσα στους ΠΠ και να διερευνηθεί ποιος από τους δύο προσφέρει καλύτερη υποβοήθηση ανάλογα με τα είδη κινήτρων ή μάθησης των μαθητών/μαθητριών.

6. Βιβλιογραφία

- Δημητριάδης, Σ. (2015). *Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτικό λογισμικό*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. ISBN: 978-960-603-097-0. <http://dx.doi.org/10.57713/kallipos-665>
- Ζουπίδης, Α., Στράγγας, Α και Καριώτογλου, Π. (2018) Η επίδραση της ρητής διδασκαλίας της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών στην κατανόηση της μεθόδου από φοιτήτριες Νηπιαγωγούς. Στο Μ. Καλογιαννάκης (Επιμ.) *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Προκλήσεις και Προοπτικές*, Gutenberg. ISBN: 978-960-01-1927-5
- Alonso-Mencía, E. M., Alario-Hoyos, C., Maldonado-Mahauad, J., Estévez-Ayres, I., Pérez-Sanagustín, M., & Delgado Kloos, C. (2019). *Self-regulated learning in MOOCs: Lessons learned from a literature review: Educational Review*, 72 (3). <https://doi.org/10.1080/00131911.2019.1566208>
- Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., Liu Q., Ding L., Cui L., Luo Y., Wang Y., Li L., & Wu, N. (2009). Learning and scientific reasoning. *Science*, 323(5914), 586-597. <https://doi.org/10.1126/science.1167740>
- Barkley, E. F., Major, C. H., & Cross, K. P. (2014). *Collaborative learning techniques: A handbook for college faculty*. John Wiley & Sons. ISBN: 938-0-7879-5518-2
- Bendou, K., Megder, E., & Cherkaoui, C. (2017). Animated pedagogical agents to assist learners and to keep them motivated on Online Learning Environments (LMS or MOOC). *International Journal of Computer Applications*, 168(6), 46-53. <https://doi.org/10.5120/ijca2017914477>

- Boudreaux, A., Shaffer, P. S., Heron, P. R., & McDermott, L. C. (2008). Student understanding of control of variables: Deciding whether or not a variable influences the behavior of a system. *American Journal of Physics*, 76(2), 163-170. <https://doi.org/10.1119/1.2805235>
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child development*, 70(5), 1098-1120. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00081>
- Chen, C., Sonnert, G., Sadler, P. M., Sasselov, D. D., Fredericks, C., & Malan, D. J. (2020). Going over the cliff: MOOC dropout behavior at chapter transition. *Distance Education*, 41(1), 6-25. <https://doi.org/10.1080/01587919.2020.1724772>
- Daradoumis, T., Bassi, R., Xhafa, F., & Caballé, S. (2013). A review on massive e-learning (MOOC) design, delivery and assessment. Στο 2013 Eighth International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet computing (σ. 208-213). IEEE. <https://doi.org/10.1109/3PGCIC.2013.37>
- Dean, D. Jr., & Kuhn, D. (2007). Direct instruction vs. discovery: The long view. *Science Education*, 91(3), 384-397. <https://doi.org/10.1002/sce.20194>
- El Mhouti, A., Nasseh, A., Erradi, M., & Vasqu ez, J. M. (2016). Using cloud computing and a multi-agents system to improve collaborative e-learning in LMS. Στο 11th International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications (SITA) (σ. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SITA.2016.7772304>
- Erlina, N., Susantini, E., Wasis, Wicaksono, I., & Pandiangan, P. (2018). The Effectiveness of Evidence-Based Reasoning in Inquiry-Based Physics Teaching to Increase Students' Scientific Reasoning. *Journal of Baltic Science Education*, 17(6), 972-985. <http://oaji.net/articles/2017/987-1544860279.pdf>
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological science*, 15(10), 661-667. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x>
- Katsanos, C., Tselios, N., & Liapis, A. (2021). PSSUQ-GR: A First Step Towards Standardization of the Post-Study System Usability Questionnaire in Greek. Στο CHI Greece 2021: 1st International Conference of the ACM Greek SIGCHI Chapter (σ. 1-6). <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3489410.3489433>
- Koutsakas, P., Chorozidis, G., Karamatsouki, A., & Karagiannidis, C. (2020). Research trends in K-12 MOOCs: A review of the published literature. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 21(3), 285-303. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v21i3.4650>
- Lane, E. S., & Harris, S. E. (2015). A new tool for measuring student behavioral engagement in large university classes. *Journal of College Science Teaching*, 44(6), 83-91. https://cwsei.ubc.ca/sites/default/files/cwsei/outcomes/SEIresearch/Lane-Harris_Meas-Engagement_JCST2015.pdf
- Lewis, J. R. (1992). Psychometric evaluation of the post-study system usability questionnaire: The PSSUQ. Στο *Proceedings of the human factors society annual meeting* 36(16), σ. 1259-1260). Sage CA: Los Angeles, CA: Sage Publications. <https://doi.org/10.1177/154193129203601617>
- Lorch, R. F. Jr., Lorch, E. P., Calderhead, W. J., Dunlap, E. E., Hodell, E. C., & Freer, B. D. (2010). Learning the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms: Contributions of explicit instruction and experimentation. *Journal of Educational Psychology*, 102(1), 90. <https://doi.org/10.1037/a0029514>
- Martha, A. S. D., & Santoso, H. B. (2019). The design and impact of the pedagogical agent: A systematic literature review. *Journal of Educators Online*, 16(1), <https://doi.org/10.9743/jeo.2019.16.1.8>
- Pedaste, M., M aeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli C. C., Zacharia Z. N., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Psycharis, S., Chalatzoglidis, G., & Kalogiannakis, M. (2013). Moodle as a learning environment in promoting conceptual understanding for secondary school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 9(1), 11-21. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2013.912a>
- Rice, M. F., Lowenthal P. R., & Woodley, X. (2020). Distance education across critical theoretical landscapes: touchstones for quality research and teaching. *Distance Education*, 41(3), 319-325.

- <https://doi.org/10.1080/01587919.2020.1790091>
- Schroeder, N. L., & Adesope, O. O. (2014). A systematic review of pedagogical agents' persona, motivation, and cognitive load implications for learners. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(3), 229-251. <https://doi.org/10.1080/15391523.2014.888265>
- Sofianidis, A. (2022). Why Do Students Prefer Augmented Reality: A Mixed-Method Study on Preschool Teacher Students' Perceptions on Self-Assessment AR Quizzes in Science Education. *Education Sciences*, 12(5), 329. <https://doi.org/10.3390/educsci12050329>
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J., & Härtig, H. (2016). *The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy*. *International Journal of Science Education*, 38(2), 216–237. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1137651>
- Tairab, H. H. (2016). Assessing Students' Understanding of Control of Variables across Three Grade Levels and Gender. *International Education Studies*, 9(1), 44-54. <https://doi.org/10.5539/ies.v9n1p44>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κλείσε την πόρτα, θα μπουν κουνούπια !

Δύο αδελφές, η Μαρκέλα και η Ναταλία, αγαπούν την ελευθερία του εξοχικού τους το καλοκαίρι διότι μπαινοβγαίνουν ελεύθερα στον κήπο τους. Το μόνο ενοχλητικό είναι τα κουνούπια. Υπάρχει ξεχωριστή πόρτα με σίτα που αποτρέπει τα έντομα να μπουν μέσα στο σπίτι αλλά πολλές φορές ξεχνάνε να την κλείσουν. Έτσι λοιπόν σκέφτονται να στερεώσουν το ένα άκρο του ελατηρίου στον τοίχο και το άλλο άκρο στην πόρτα της σίτας, έτσι ώστε το ελατήριο να επιμηκύνεται κάθε φορά που θα ανοίγει η πόρτα. Με αυτόν τον τρόπο, λόγω της δύναμης του ελατηρίου η πόρτα θα κλείνει αυτόματα ακόμα κι αν ξεχνούν να την κλείσουν. Επίσης, θέλουν η πόρτα να κλείνει μαλακά για να μην ακούγεται μεγάλος θόρυβος.

Πηγαίνουν σε ένα κατάστημα, και ο μαγαζάτορας τους λέει ότι όλα τα ελατήρια είναι από το ίδιο υλικό αλλά έχει μακριά ή κοντά ελατήρια με μικρό ή μεγαλύτερο πάχος σύρματος. Οι δύο αδελφές δεν γνωρίζουν τη διαφορά, και ο μαγαζάτορας τους λέει ότι όσο αυξάνει το **πάχος του σύρματος** από το οποίο είναι φτιαγμένο το ελατήριο τόσο αυξάνεται η **σκληρότητα**¹, ενώ όσο περισσότερες σπείρες έχει ένα ελατήριο τόσο **μαλακότερο**² είναι. Τα κορίτσια δεν πολύ-κατάλαβαν ΤΙ τους έλεγε για τη σκληρότητα, και έτσι αποφάσισαν να το ψάξουν μόνες τους, ώστε να διαπιστώσουν ποιο ελατήριο θα είναι πιο κατάλληλο για να το τοποθετήσουν στην πόρτα της σίτας. Αγόρασαν 4 ελατήρια (ένα από κάθε τύπο), και για να διερευνήσουν τη σκληρότητα τους, σχεδίασαν 4 πειράματα. Σε κάθε πείραμα κρεμούν από το κάθε ένα ελατήριο **το ίδιο βάράκι** και **συγκρίνουν την επιμήκυνση που προκαλεί**.



Στην προσπάθεια να λύσετε αυτό το πρόβλημα δεν είστε μόνες/μόνοι!
Σκανάρατε το QR για να έχετε δίπλα σας τη Νεφέλη, τη βοηθό σας !

Ερώτηση 1

Σε **ΤΙ** διαφέρουν τα 4 ελατήρια που αγόρασαν οι δύο αδελφές δηλαδή ποιες παραμέτρους θα **αλλάζουν σκόπιμα** στα ελατήρια που αγόρασαν;

.....

.....

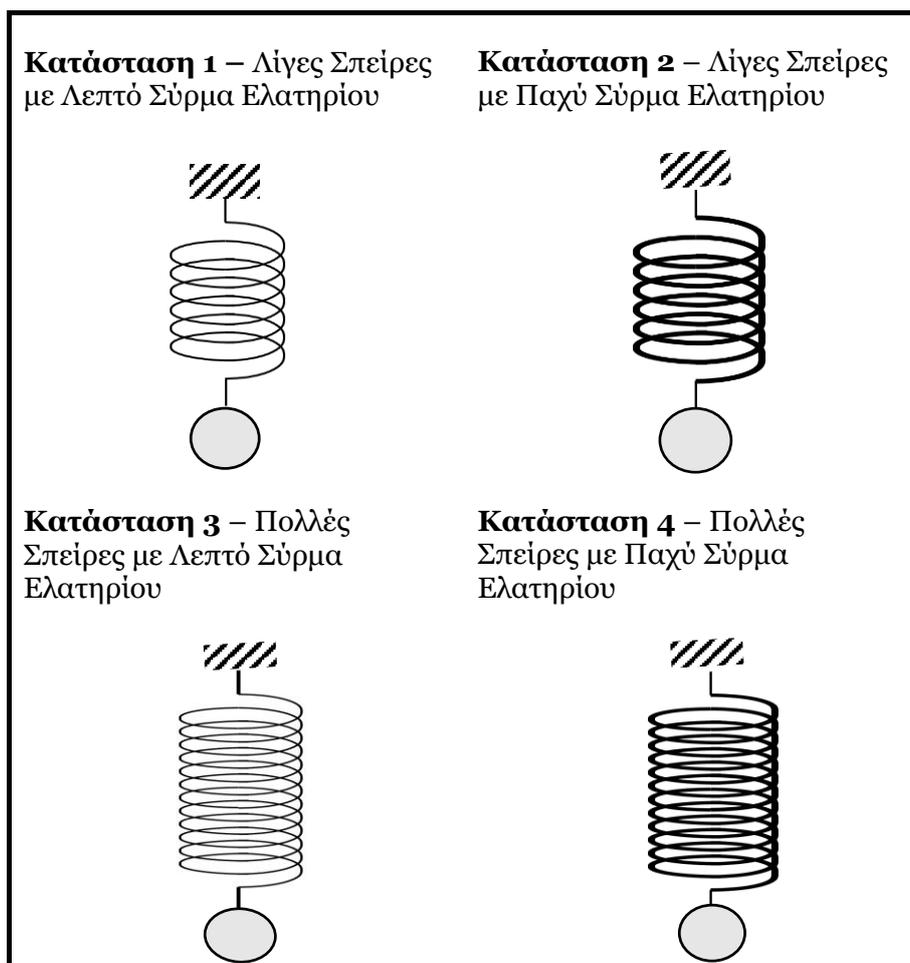
.....

.....

¹ Ένα ελατήριο έχει μεγάλη σκληρότητα όταν χρειάζεται να βάλουμε μεγάλη δύναμη για να επιμηκυνθεί δηλαδή παραμορφώνεται δύσκολα.

² Τα μαλακά ελατήρια παραμορφώνονται εύκολα, δηλαδή δε χρειάζεται να βάλουμε μεγάλη δύναμη για να επιμηκυνθούν

Στο ακόλουθο σχήμα φαίνονται οι δοκιμές που σχεδίασαν οι δύο αδελφές.



Ερώτηση 2

Στον ακόλουθο πίνακα 1

- A. Να προσδιορίσετε **τις παραμέτρους** που αλλάζουν σκόπιμα οι δύο αδελφές.
 B. Να συμπληρώσετε για κάθε πείραμα **τις τιμές των παραμέτρων που αλλάζουν** και
 Γ. Να συμπληρώσετε ποιο θα είναι **το αποτέλεσμα** που θα μετρούν οι δύο αδελφές.

Πίνακας 1

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ			
	ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3
Ποια Κατάσταση;	1 ^η Παράμετρος (Ποια;)	2 ^η Παράμετρος (Ποια;)	Ποιο το αποτέλεσμα ?
Κατάσταση 1			
Κατάσταση 2			
Κατάσταση 3			
Κατάσταση 4			

Ερώτηση 3

Να συμπληρώσετε τον πίνακα 2

Πίνακας 2

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΤΡΕΠΤΩΝ ΣΥΓΚΡΙΣΕΩΝ						
ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7
Ποιο ζεύγος καταστάσεων συγκρίνετε;	Τιμή της 1ης παραμέτρου για το κάθε πείραμα ΠΟΙΑ;	Τιμή της 2ης παραμέτρου για το κάθε πείραμα ΠΟΙΑ;	Επιτρέπεται η σύγκριση;	Τι κρατάω σταθερό (ΙΔΙΟ) σε κάθε πείραμα;	Τι αλλάζω;	Τι μπορώ να ΜΕΤΡΗΣΩ αν επιτρέπεται η σύγκριση;

Ερώτηση 4

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα 2, ποιες καταστάσεις πρέπει να συγκρίνουν οι δύο αδελφές για να ελέγξουν πώς επηρεάζεται η σκληρότητα ενός ελατηρίου από **τον αριθμό των σπειρών του**; Σε ποια σύγκριση θα φαίνεται καλύτερα το αποτέλεσμα; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας

- A. Τα αδέρφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 1 και 2
- B. Τα αδέρφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 1 και 3
- Γ. Τα αδέρφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 2 και 4
- Δ. Τα αδέρφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 3 και 4

.....

.....

.....

.....

Ερώτηση 5

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα 2, ποιες καταστάσεις πρέπει να συγκρίνουν οι δύο αδελφές για να ελέγξουν πώς επηρεάζεται η σκληρότητα ενός ελατηρίου από το **πάχος** του σύρματος από το οποίο είναι φτιαγμένο το ελατήριο; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας

A. Τα αδέρφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 1 και 2

B. Τα αδέρφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 1 και 3

Γ. Τα αδέρφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 2 και 4

Δ. Τα αδέρφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 3 και 4

.....

.....

.....

.....

.....

Ερώτηση 6

Η σύγκριση ποιων καταστάσεων **δεν** θα οδηγήσει τις δύο αδελφές να βγάλουν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τον τρόπο που επηρεάζει το μήκος του ελατηρίου ή η διατομή του σύρματος τη σκληρότητα του ελατηρίου; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας

.....

.....

.....

.....

.....