



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΓΙΑ
ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΛΩΤΟΥ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ ΜΠΕΡΙΚΟΥ ΜΥΡΤΟΥΣ

ΦΛΩΡΙΝΑ
ΜΑΙΟΣ, 2024

Φύλλο εξέτασης

1. Επόπτης: Σοφιανίδης Άγγελος

Βαθμός:

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

2. Δεύτερος βαθμολογητής: Παπαδοπούλου Πηνελόπη

Βαθμός:

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

Γενικός βαθμός:-

Η συγγραφέας Μπερίκου Μυρτώ βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στις εργασίες τρίτων, όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

Περιεχόμενα

| | |
|--|-----------|
| Περίληψη | 5 |
| Λέξεις κλειδιά | 6 |
| Ακρωνύμια..... | 6 |
| Abstract..... | 7 |
| Keywords | 8 |
| Πρόλογος | 9 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΖΗΤΗΜΑΤΟΣ | 11 |
| 1.1. Η Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία (N-ET) και οι εφαρμογές της..... | 11 |
| 1.2. Εκπαιδευτική αξία της N-ET | 17 |
| 1.3. Εκπαιδευτική προσέγγιση εννοιών της N-ET στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.... | 19 |
| 1.4. Το φαινόμενο του λωτού..... | 22 |
| 1.5. Εκπαιδευτική αξιοποίηση του φαινομένου του λωτού στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση..... | 24 |
| 1.6. Αντιλήψεις του μαθητικού πληθυσμού για το φαινόμενο του λωτού | 34 |
| 1.7. Αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ) στις Φυσικές Επιστήμες | 35 |
| 1.8. Εκπαιδευτική αξιοποίηση των δωμάτων απόδρασης | 39 |
| 1.9. Σύνοψη εισαγωγής..... | 41 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ | 44 |
| 2.1 Στόχος της έρευνας | 44 |
| 2.2. Σχεδιασμός του εκπαιδευτικού υλικού για το φαινόμενο του λωτού | 44 |
| 2.3. Περιγραφή του εκπαιδευτικού υλικού | 47 |

| | |
|--|----|
| 2.4. Εργαλείο συλλογής δεδομένων..... | 65 |
| 2.5. Συμμετέχοντες στην έρευνα και διαδικασία συλλογής δεδομένων | 66 |
| 2.6. Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων..... | 66 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ | 69 |
| 3.1. Θέμα: Θετικά στοιχεία..... | 69 |
| 3.2. Θέμα: Δυσκολίες εφαρμογής | 75 |
| 3.3. Θέμα: Προτεινόμενες αλλαγές..... | 77 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 80 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 84 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ | 89 |
| Υλικό προς εκτύπωση | 89 |

Περίληψη

Η εισαγωγή περιεχομένου της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (N-ET) στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση αποτελεί πρόκληση. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για το φαινόμενο του λωτού, απευθυνόμενο σε μαθητές και μαθήτριες της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Το υλικό οργανώνεται στο πλαίσιο ενός δωμάτιο απόδρασης (escape room), συμπεριλαμβανομένων στοιχείων επαυξημένης πραγματικότητας.

Στη βιβλιογραφία που μελετήθηκε, εντοπίστηκε η εκπαιδευτική αξία της επαυξημένης πραγματικότητας και των δωματίων απόδρασης, ιδίως στις Φυσικές Επιστήμες, ενώ παράλληλα αναλύθηκε η N-ET και τα περιεχόμενα αυτής. Από τις πέντε Μεγάλες Ιδέες (M.I.) που προτείνονται, το εκπαιδευτικό υλικό που δημιουργήθηκε περιλαμβάνει τις α) «Μέγεθος και Κλίμακα», β) «Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος» και τα γ) «Όργανα παρατήρηση».

Στόχος της έρευνας αποτελεί η ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για το φαινόμενο του λωτού στο πλαίσιο δωματίων απόδρασης με στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας. Συμμετέχοντες της έρευνας αποτέλεσαν τέσσερις εκπαιδευτικοί οι οποίοι έχουν εκπαιδευτεί στα περιεχόμενα της N-ET και έχουν πολυετή διδακτική εμπειρία. Για τη συλλογή των δεδομένων, ερευνητικό εργαλείο αποτέλεσε ένα ερωτηματολόγιο ανοικτού τύπου για την εφαρμοσιμότητα του εκπαιδευτικού υλικού, το οποίο κλήθηκαν να απαντήσουν οι εκπαιδευτικοί

Από τα αποτελέσματα της έρευνας, με βάση τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών, φαίνεται ότι το εκπαιδευτικό υλικό είναι κατάλληλο για εφαρμογή στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ειδικότερα, οι εκπαιδευτικοί αναγνώρισαν τα θετικά στοιχεία του εκπαιδευτικού δωματίου απόδρασης και τη συνεισφορά των στοιχείων επαυξημένης

πραγματικότητας στο πλαίσιο αυτού. Ωστόσο, επισήμαναν ενδεχόμενες δυσκολίες εφαρμογή (π.χ. η οργάνωση του χώρου και του χρόνου) και πρότειναν αλλαγές προς βελτίωση του υλικού.

Λέξεις κλειδιά

Διδακτική Φυσικών Επιστημών, Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία, Δωμάτιο απόδρασης, Επαυξημένη πραγματικότητα, Φαινόμενο του λωτού.

Ακρωνύμια

| | |
|------|-----------------------------|
| ΕΠ | Επαυξημένη Πραγματικότητα |
| Μ.Ι. | Μεγάλες Ιδέες |
| Ν-ΕΤ | Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία |
| ΦΕ | Φυσικές Επιστήμες |

Abstract

Introducing nanoscience and nanotechnology (N-ST) content in primary education presents a significant challenge. This work focuses on designing, developing, and evaluating educational materials about the lotus effect, aimed at primary school students. These materials are presented within the context of an escape room, incorporating elements of augmented reality.

The literature review highlighted the educational value of augmented reality and escape rooms, particularly in the Natural Sciences, and provided an analysis of N-ST content. Out of the five proposed Big Ideas (BI), the educational materials developed include: a) "Size and Scale", b) "Properties Dependent on Size" and c) "Observation tools".

The aim of this research is to develop and evaluate educational materials on the lotus effect within an escape room context, enhanced with augmented reality elements. The participants in this study were four teachers, all trained in N-ST content with extensive teaching experience. Data were collected using an open-ended questionnaire that assessed the applicability of the educational materials.

The results, based on the teachers' responses, indicate that the educational materials are suitable for use in primary education. The teachers recognized the positive aspects of the educational escape room and the contribution of augmented reality elements. However, they also noted potential implementation challenges, such as organizing space and time, and suggested improvements to enhance the materials.

Keywords

Science education, Nanoscience-Nanotechnology, Escape room, Augmented reality,
Lotus effect.

Πρόλογος

Έμπνευση για τη δημιουργία του υλικού, αποτέλεσε μια εργασία εξαμήνου, στο πλαίσιο του μαθήματος «Ανοιχτά διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης» του 6^{ου} εξαμήνου, με διδάσκοντα τον Δρ. Γεώργιο Πείκο. Τότε, δημιουργήθηκε ένα παιχνίδι κρυμμένου θησαυρού, κατά το οποίο οι μαθητές και οι μαθήτριες αφού είχαν πραγματοποιήσει μια σειρά πειραματικών δραστηριοτήτων, χρησιμοποιούσαν τα δεδομένα που συνέλλεξαν για να λύσουν τους γρίφους του παιχνιδιού. Το περιεχόμενο και τότε αφορούσε τη Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία (N-ET). Η ιδέα αυτή εξελίχθηκε και εμπλουτίστηκε, δημιουργώντας έτσι ένα δωμάτιο απόδρασης με στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω στον διδάσκοντα του ΠΔΜ Δρ. Γεώργιο Πείκο. Αποτέλεσε έμπνευση από το τότε μάθημα έως και σήμερα. Ευχαριστώ για την ευκαιρία και την άμεση κινητοποίηση όταν έδειξα ενδιαφέρον για την συγγραφή της εργασίας. Η επιστημονική υποστήριξη και η καθοδήγηση που μου προσέφερε ήταν καταλυτική.

Θα ήθελα επίσης να μνημονεύσω την εκλιπούσα Καθηγήτρια Άννα Σπύρτου, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα θέμα που άπτεται των ενδιαφερόντων μου.

Ευχαριστώ θερμά επίσης τους επιβλέποντες καθηγητές, τον Δρ. Άγγελο Σοφιανίδη και την Καθηγήτρια και Κοσμήτορα ΣΚΑΕΠ του Π.Δ.Μ. Πηνελόπη Παπαδοπούλου, για την υποστήριξη τους κατά την εκπόνηση της εργασίας μου.

Πολύ σημαντική ήταν η συνεισφορά των τεσσάρων εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα, τους οποίους και ευχαριστώ.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την αδερφή μου, Χαρίκλεια Μπερίκου, η οποία έχοντας τελειώσει το Τμήμα Εσωτερικής Αρχιτεκτονικής του ΠΑΔΑ, συνείσφερε σημαντικά στις σχεδιαστικές μου ικανότητες για την απόδοση των αξονομετρικών σχεδίων του δωματίου απόδρασης και των επιπρόσθετων στοιχείων.

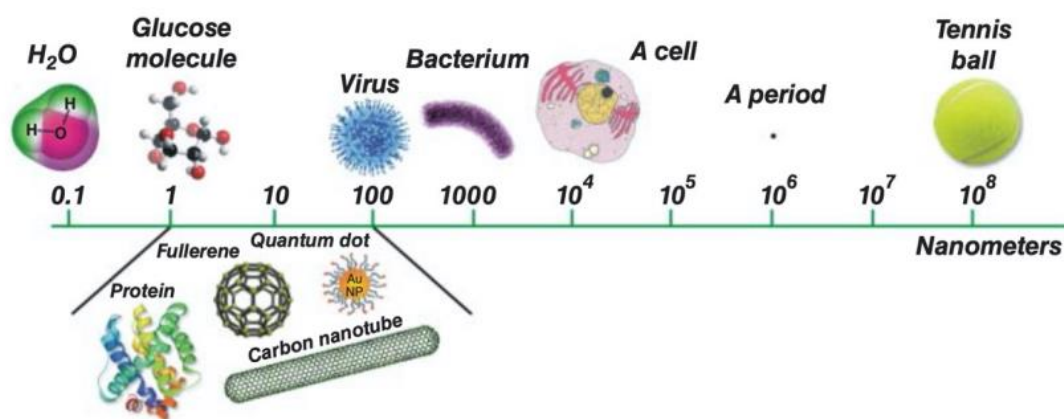
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΖΗΤΗΜΑΤΟΣ

1.1. Η Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία (N-ET) και οι εφαρμογές της

Η Νανοεπιστήμη και η Νανοτεχνολογία (N-ET) αποτελούν σύγχρονα διεπιστημονικά πεδία τελευταίας τεχνολογίας, που εστιάζουν στην ανακάλυψη υλικών τα οποία παρουσιάζουν νέες και μοναδικές ιδιότητες, που δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας σύγχρονων εφαρμογών, στα πλαίσια των μεγεθών της νανοκλίμακας. Τέτοιες εφαρμογές μπορούν να επηρεάσουν πολλαπλές πτυχές της καθημερινότητας μας και ένα ευρύ σύνολο επιστημονικών πεδίων. Η «υπόσχεση» της N-ET για ανάπτυξη μεγαλοπρεπών και επαναστατικών εφαρμογών, οδήγησε πολλούς επιστήμονες και ερευνητές σε βαρυσήμαντες δηλώσεις, οι οποίες υποστηρίζουν πως η N-ET αποτελεί την επόμενη βιομηχανική επανάσταση (Sobolev & Gutierrez, όπως αναφέρεται στο Πέικος, Γ., 2022).

Τα αντικείμενα με τα οποία απασχολείται η N-ET, υπάγονται στα πλαίσια της νανοκλίμακας, η οποία βρίσκεται μεταξύ ατομικής κλίμακας και μικροκλίμακας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.1. Κατά προσέγγιση η νανοκλίμακα έχει εύρος 1-100nm, έχοντας ορόσημα αντικείμενα τις πρωτεΐνες, τους ιούς, τα φουλερένια, τους νανοσωλήνες άνθρακα και το μόριο του DNA (Πέικος, Γ., 2022). Η αναλογία μεταξύ νανόμετρου και μέτρου είναι 1 προς 1 δισεκατομμύριο (10^{-9} m).

Ενώ τα αντικείμενα της μικροκλίμακας μελετώνται με τη χρήση οπτικού μικροσκοπίου, η ύλη στην νανοκλίμακα διερευνάται και προσεγγίζεται με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών μικροσκοπίων (Stevens κ.ά., 2009· Magana κ.ά., 2012). Τα ηλεκτρονικά μικροσκόπια προσφέρουν μεγαλύτερη ικανότητα διάκρισης, καλύτερη μεγέθυνση και μεγαλύτερο βάθος πεδίου σε σύγκριση με τα οπτικά μικροσκόπια (Τζαφλίδου & Λεοντίου, 1994).



Σχήμα 1.1. Κλίμακες μεγεθών (Kumar & Kumbhat, 2016, σ. 2)

Παρόλο που η Νανοεπιστήμη και η Νανοτεχνολογία θεωρούνται συχνά ταυτόσημοι όροι, μεταξύ τους εντοπίζονται διαφορές (Kumar & Kumbhat, 2016). Η σύγχυση των δύο αυτών όρων οδήγησε οργανισμούς διαφόρων χωρών καθώς και επιστήμονες, στη διατύπωση ξεχωριστών ορισμών για τις δύο έννοιες. Η μελέτη των ορισμών αυτών, όπως αναφέρονται στο Πέικος, Γ. (2022), κατέληξε στην διαπίστωση της ειδοποιούς διαφοράς των δυο εννοιών, η οποία αναλύεται ως εξής:

«Η Νανοεπιστήμη αφορά την μελέτη των αντικειμένων και των φαινομένων στην νανοκλίμακα ενώ η Νανοτεχνολογία τον χειρισμό της ύλης στην κλίμακα αυτή και την ανάπτυξη εφαρμογών». Στην παρούσα εργασία οι δύο αυτοί όροι θα χρησιμοποιούνται με το αρκτικόλεξο «N-ET» για λόγους συντομίας.

Ερευνώντας τις εφαρμογές της N-ET στην καθημερινή ζωή, ερχόμαστε αντιμέτωποι, πλέον με πληθώρα προϊόντων σε ένα μεγάλος εύρος επιστημονικών πεδίων. Με σκοπό να αναφέρουμε παραδείγματα εφαρμογών στους διάφορους τομείς, κατηγοριοποιήσαμε τις επερχόμενες αναφορές σε 4 κατηγορίες:

- 1) προϊόντα διατροφής και αθλητισμού,
- 2) προϊόντα τεχνολογίας και αυτοκίνησης,
- 3) προϊόντα ιατρικής και καλλωπισμού,

4) προϊόντα καθημερινής χρήσης

Προϊόντα διατροφής και αθλητισμού

Οι εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας απασχολούν άμεσα τον τομέα του αθλητισμού και της διατροφής. Ξεκινώντας από τον τομέα του αθλητισμού, χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής των μοναδικών ιδιοτήτων που προσφέρει η νανοτεχνολογία, αποτελεί η χρήση νανοσωλήνων άνθρακα σε ρακέτες τένις, σε μπαστούνια χόκεϋ, καθώς επίσης σε ποδήλατα και εξαρτήματα αυτών (Shalaby & Saad, 2020). Οι νανοσωλήνες άνθρακα έχουν μοναδικές μηχανικές ιδιότητες. Στο παράδειγμα χρήσης τους σε ρακέτες τένις παρατηρείται μείωση του βάρους της ρακέτας και ενίσχυση της προσφερόμενης δύναμης, ενώ στο παράδειγμα των ποδηλάτων παρατηρείται μεγαλύτερη αντοχή στον σκελετό και ομοίως μείωση βάρους.

Ακολούθως, μελετώντας τον τομέα της διατροφής και τη σχέση του με τη Νανοτεχνολογία, επικεντρωνόμαστε στα συμπληρώματα διατροφής. Καθώς τα είδη αυτών ποικίλουν, φυσικό επακόλουθο αποτελεί το μεγάλο εύρος των νανοϋλικών που χρησιμοποιούνται στην δημιουργία τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτών αποτελούν τα νανοσωματίδια χρυσού (gold nanoparticles), τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως σε υγρά, πόσιμα συμπληρώματα διατροφής και βιταμίνες. Στις διάφορες συσκευασίες προϊόντων (όπως αυτές αναφέρονται στη σελίδα [Nanodatabase](#)) η περιεκτικότητα νανοσωματιδίων χρυσού αναφέρεται ως ευεργετική τόσο για τις βασικές λειτουργίες του σώματος, όσο και για αναπλαστικές/αισθητικές βελτιώσεις.

Προϊόντα τεχνολογίας και αυτοκίνησης

Σε ό,τι αφορά τον τομέα της τεχνολογίας και της αυτοκίνησης, η Νανοτεχνολογία προσφέρει πρωτοποριακές δυνατότητες, γεγονός που έχει συντελέσει στη δημιουργία νέων εφαρμογών σε ένα μεγάλο εύρος ηλεκτρονικών συσκευών (κινητά τηλέφωνα,

ηλεκτρονικοί υπολογιστές και περιφερειακά αυτών) και προϊόντων αυτοκίνησης. Ειδικότερα για τις ηλεκτρονικές συσκευές νανοϋλικά όπως το πυρίτιο, το τιτάνιο και ο άνθρακας «χαρίζουν» στους επιστήμονες τις μοναδικές ιδιότητες που αυτά εμφανίζουν στην νανοκλίμακα, οι οποίες τους βοηθούν να εξελίξουν ήδη υπάρχοντα προϊόντα τεχνολογίας, όπως π.χ. τα τρανζίστορ των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Με τη βοήθεια της Νανοτεχνολογίας, οι ερευνητές κατάφεραν να μικρύνουν αισθητά το μέγεθος του τρανζίστορ (Taha et al., 2022).

Ακόμα ένας κλάδος που η Νανοτεχνολογία έχει συνδράμει καθοριστικά στην εξέλιξή του και στο άνοιγμα της αγοράς αυτού είναι ο κλάδος της αυτοκίνησης. Η Νανοτεχνολογία και οι εφαρμογές της, σε ένα γενικότερο πλαίσιο, οδήγησαν τις αυτοκινητοβιομηχανίες σε καινοτομίες υλικών, διαδικασίας κατασκευών καθώς επίσης και σε βελτιώσεις απόδοσης. Παράλληλα, οι νανο- επικαλύψεις που εφαρμόζονται στις επιφάνειες του αυτοκινήτου τις καθιστούν ανθεκτικές στις γρατσουνιές και πιο εύκολες στον καθαρισμό. Συνοπτικά η νανοτεχνολογία έχει συνεισφέρει στη δημιουργία ελαφρύτερων, ασφαλέστερων, πιο αποδοτικών καυσίμων και φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων (Coelho et al., 2012).

Προϊόντα ιατρικής και καλλωπισμού

Η Νανοτεχνολογία έχει βοηθήσει στην ανάπτυξη ευκαιριών για καινοτόμες εξελίξεις και βελτιώσεις ιατρικών και διαγνωστικών συσκευών και σκευασμάτων. Με τη Νανοτεχνολογία, οι επιστήμονες κατάφεραν να δημιουργήσουν βελτιωμένα διαγνωστικά εργαλεία, τα οποία διακρίνονται για την ακρίβειά τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου διαγνωστικού εργαλείου, το οποίο αποτελεί προϊόν νανοτεχνολογίας, αποτελούν τα rapid – test για την ανίχνευση του ιού SARS –

COVID19. Τα διαγνωστικά αυτά εργαλεία, περιέχουν νανοσωματίδια χρυσού, τα οποία λειτουργούν με αντισώματα ειδικά για τα αντιγόνα του ιού (Lyberopoulou et al., 2016).

Ερευνώντας παραϊατρικά/φαρμακευτικά προϊόντα αλλά και γενικότερα προϊόντα καλλωπισμού, γίνεται αντιληπτή η έντονη συνδρομή της Νανοτεχνολογίας και σε αυτούς τους τομείς. Οι εφαρμογές της σε αυτού του είδους τα προϊόντα, κατάφεραν να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητά, την σταθερότητα, την αίσθηση και την διάρκεια τους (Ferraris et al., 2021). Χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογών Νανοτεχνολογίας, όπως αυτά καταγράφονται στο [Nanodatabase](#), αποτελούν τα παρακάτω προϊόντα :

- Αντιηλιακές κρέμες: Οι εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας ποικίλλουν στο συγκεκριμένο είδος προϊόντων, καθώς ανάλογα τη βιομηχανία χρησιμοποιείται και διαφορετικό νανοϋλικό. Νανοϋλικά όπως τα νανοσωματίδια διοξειδίου του τιτανίου, οξειδίου του ψευδαργύρου, διοξειδίου πυριτίου, αποτελούν συστατικά αντιηλιακών κρεμών Νανοτεχνολογίας, τα οποία αυξάνουν το φάσμα προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία ενώ παράλληλα προσφέρουν διάφανη και απαλή υφή.
- Ενυδατικές και αντιγυραντικές κρέμες και οροί: Πολλά προϊόντα αντιγύρανσης και ενυδάτωσης ενσωματώνουν την νανοτεχνολογία και τις εφαρμογές της (Lohani et al., 2014)

Αξιοσημείωτη είναι η συνδρομή της Νανοτεχνολογίας στα προϊόντα αρωματοποιίας, θεραπειών ακμής, περιποίησης μαλλιών και περιποίησης νυχιών (Raj, et al., 2012).

Προϊόντα καθημερινής χρήσης

Χωρίς να κάνει την παρουσία της αντιληπτή, η Νανοτεχνολογία «συνοδεύει» την καθημερινότητά μας, σε πολλές πτυχές της. Εκτός όλων των παραπάνω κατηγοριών που αναλύσαμε, αξίζει να αναφερθούν ακόμα κάποια προϊόντα:

- Αποθήκευση/ συσκευασία τροφίμων: Η Νανοτεχνολογία χρησιμοποιείται στις συσκευασίες τροφίμων με αποτέλεσμα να παράγονται αντιμικροβιακές επιφάνειες και προϊόντα αποκλεισμού του οξυγόνου που επεκτείνουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων. Αυτές οι ιδιότητες αποδίδονται στη χρήση νανοϋλικών όπως ο άργυρος, ο άνθρακας και ο σίδηρος (Ashfaq et al., 2022).
- Ρουχισμός/ένδυση: Η Νανοτεχνολογία αξιοποιώντας το φαινόμενο του λωτού, επεκτάθηκε στις βιομηχανίες ένδυσης. Οι εφαρμογές της προσέφεραν νέες ευκαιρίες δημιουργίας υφασμάτων ανθεκτικών στους λεκέδες, στο τσαλάκωμα, ικανά να απομακρύνουν το νερό (αδιάβροχα) (Shah et al., 2022).

Σε αυτό το σημείο, σημαντικό είναι να σημειωθούν προβληματισμοί σχετικοί με την επικινδυνότητα της χρήσης και παρασκευής προϊόντων νανοτεχνολογίας, τόσο για τον άνθρωπο, όσο και για το περιβάλλον. Σαφώς τα οφέλη των εφαρμογών της είναι πολυπληθή, ωστόσο επιστημονικές έρευνες δεν παύουν να αναδεικνύουν ανησυχίες για επιπτώσεις, οι οποίες ίσως μακροπρόθεσμα, λόγω της νεότητας του κλάδου της Νανοτεχνολογίας. Μάλιστα, σε διαδικτυακή βάση καταγραφής προϊόντων Νανοτεχνολογίας ([Nanodatabase](#)), κάθε προϊόν συνοδεύεται από «εικονογραφήματα» τα οποία χρωματικά δείχνουν την επικινδυνότητα του προϊόντων ή αλλιώς τη «φιλικότητά» του προς τους παρασκευαστές, τους καταναλωτές και το περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένων των ζώων. Νανοϋλικά που απελευθερώνονται στο περιβάλλον,

είτε ηθελημένα είτε ακούσια, ενδεχομένως να έχουν άγνωστες οικολογικές συνέπειες και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

1.2. Εκπαιδευτική αξία της N-ET

Επιστήμονες, ερευνητές, σχεδιαστές προγραμμάτων σπουδών έχουν τονίσει ότι η ενσωμάτωση του περιεχομένου N-ET στην υποχρεωτική εκπαίδευση αποτελεί πρόκληση του 21^{ου} αιώνα ενώ παράλληλα υπόσχεται πολλαπλά οφέλη (Roco, 2003· Jones κ.ά., 2013· Blonder & Sakhnini, 2016). Μέχρι στιγμής, οι προσπάθειες ένταξης προγραμμάτων N-ET στο δημοτικό σχολείο δεν είναι εκτεταμένες, τόσο στον ελλαδικό εκπαιδευτικό χώρο όσο και στον διεθνή. Ωστόσο, , αναδεικνύουν την εκπαιδευτική αξία της N-ET, από τις πολύ μικρές ηλικίες του νηπιαγωγείου έως και την τριτοβάθμια εκπαίδευση. Με σκοπό λοιπόν να αναδείξουμε την εκπαιδευτική της αξία, θα προχωρήσουμε σε τμηματική ανάλυση των παρακάτω επιχειρημάτων (Spyrrou, A., Manou, L., & Peikos, G., 2021):

- I. Νανογραμματισμός
- II. Διεπιστημονική μάθηση
- III. Ενδιαφέρον και επαγγελματικές προοπτικές
- IV. Κριτική σκέψη και δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων
- V. Τεχνολογικό και επιστημονικό ενδιαφέρον

Νανογραμματισμός

Σύμφωνα με τον Laherto A., όπως αυτός αναφέρεται στο Πέικος, Γ.,(2022), οι μαθητές και οι μαθήτριες όλων των βαθμίδων σύντομα θα έχουν ανάγκη ένα είδος επιστημονικού γραμματισμού που θα εστιάζει στη N-ET, του νανογραμματισμού, για να λαμβάνουν αποφάσεις στην καθημερινότητά τους. Έτσι ορίζει εγγράμματους/εγγράμματες σε θέματα νανοκλίμακας τους μαθητές και τις μαθήτριες

που είναι ικανοί και ικανές να διατυπώσουν τη γνώμη τους υπεύθυνα και εμπειριστατωμένα στα διάφορα ζητήματα που αφορούν την καθημερινότητά τους, τα οποία υπάγονται παράλληλα στον τομέα της N-ET. Επιπλέον, οι μαθητές και οι μαθήτριες θεωρούνται ικανοί να αναπτύξουν συλλογιστικές δεξιότητες σχετικά με την εξισορρόπηση των κινδύνων και των οφελών των προϊόντων που χρησιμοποιούν στην καθημερινή τους ζωή, αφού θα είναι σε θέση να ερμηνεύουν τα διάφορα φαινόμενα της N-ET, χωρίς να διακατέχονται από εσφαλμένες αντιλήψεις.

Διεπιστημονική μάθηση

Η εκπαιδευτική προσέγγιση της N-ET ενέχει διεπιστημονικές προεκτάσεις. Η N-ET περιλαμβάνει έννοιες από τη φυσική, τη χημεία, τη βιολογία και τη μηχανική και τα μαθηματικά (Ghattas & Carver, 2012). Η ένταξη της ναυοτεχνολογίας γενικότερα στην εκπαίδευση και ειδικότερα στο δημοτικό σχολείο που ασχολούμαστε, ενθαρρύνει τους μαθητές και τις μαθήτριες να αναπτύξουν μια ολιστική κατανόηση της επιστήμης και της τεχνολογίας, γεγονός που δίνει ευκαιρία για την σύλληψη του «δυσνόητου» κόσμου της ναυοκλίμακας. Η συνύπαρξη και η γεφύρωση των διάφορων επιστημονικών πεδίων θεωρείται πως διευκολύνει την ικανότητα μαθητών και μαθητριών να κατανοούν εις βάθος τις σχέσεις μεταξύ εννοιών διαφορετικών πεδίων καθώς επίσης και των μεγάλων ιδεών της επιστήμης, που υπάγονται σε προβλήματα του κόσμου που ζουν και αντιλαμβάνονται (Mandrikas et al., 2020).

Ενδιαφέρον και επαγγελματικές προοπτικές

Αξιοσημείωτη συνεισφορά της εισαγωγής προγραμμάτων N-ET στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση αποτελεί η ανάπτυξη ενδιαφέροντος για την επιστήμη. Η ερμηνεία του σύγχρονου τεχνολογικού κόσμου είναι ικανή να αυξήσει το ενδιαφέρον του μαθητικού πληθυσμού για την επιστήμη καθώς όλοι οι μαθητές και όλες οι

μαθήτριες δύνανται να ασχοληθούν με εντυπωσιακά φαινόμενα και εφαρμογές, ακόμη και εκείνοι που πιστεύουν ότι οι επιδόσεις τους στις επιστήμες δεν είναι οι επιθυμητές (Mandrikas et al., 2020)

Αδιαμφισβήτητα, ο κλάδος της N-ET αναπτύσσεται και θα αναπτύσσεται ραγδαία για πολύ καιρό ακόμα. Εφόσον οι μαθητές και οι μαθήτριες του δημοτικού σχολείου αποτελούν το μελλοντικό εργατικό δυναμικό, η πρώιμη επαφή τους με τον πολλά υποσχόμενο τομέα της N-ET κρίνεται απαραίτητη. Η ένταξη προγραμμάτων της σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευση, θα συμβάλλει στην δημιουργία ευκαιριών πρώιμης επαφής μαθητών και μαθητριών, με τους διάφορους επαγγελματικούς κλάδους. Εκτός αυτού, η N-ET και οι εφαρμογές της, όπως έχουμε προαναφέρει, έχουν επιρροή και σε πολλούς ακόμα τομείς όπως αυτούς της υγείας και της τεχνολογίας. Σαφώς λοιπόν, οι επαγγελματικές ευκαιρίες είναι πολύ περισσότερες από αυτές που φανταζόμαστε.

1.3. Εκπαιδευτική προσέγγιση εννοιών της N-ET στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση προτείνεται να διδαχθούν οι ακόλουθες 5 Μεγάλες Ιδέες (M.I.) (Peikos et al.2022), ακολουθώντας ποιοτικές προσεγγίσεις:

M.I.1. Μέγεθος και Κλίμακα

M.I.2. Όργανα παρατήρησης

M.I.3. Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος

M.I.4. Εφαρμογές της N-ET

M.I.5. Μοντέλα και Μοντελοποίηση

Όπως προαναφέρθηκε, η διδασκαλία των 5 Μεγάλων Ιδεών στα πλαίσια της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης προσεγγίζεται ποιοτικά. Η ποιοτική προσέγγιση αυτή, έχει μελετηθεί και εφαρμοστεί επιτυχώς, στα πλαίσια άλλων διδακτικών προσεγγίσεων, με

περιεχόμενο τις φυσικές επιστήμες (Zouridis et al., 2021). Στην παρούσα εργασία, αξιοποιούνται δύο από τις πέντε Μεγάλες Ιδέες που μας προτείνει η βιβλιογραφία (Peikos et al.2022). Συνοπτικά, η κλίμακα νάνο προσεγγίζεται ποιοτικά με τη βοήθεια των οργάνων παρατήρησης. Αναφορικά με την πρώτη Μ.Ι. «Μέγεθος και Κλίμακα» η ποιοτική προσέγγιση αφορά την ταυτόχρονη ομαδοποίηση αντικειμένων σε μακρόκοσμο, μικρόκοσμο και νανόκοσμο, σε αντιστοιχία με τον κόσμο των ανθρώπων, τον κόσμο των κυττάρων και τον κόσμο των ιών. Κριτήριο διάκρισης των αντικειμένων στις 3 κλίμακες αποτελεί η δεύτερη Μ.Ι. «Όργανα παρατήρησης», καθώς το κατάλληλο όργανο παρατήρησης οδηγεί στη ταξινόμηση των αντικειμένων στου κόσμους.

Οι παραπάνω Μεγάλες Ιδέες αποτελούν σημαντική προϋπόθεση για να μπορέσουν οι μαθητές και οι μαθήτριες να κατανοήσουν τα διάφορα φαινόμενα της Ν-ΕΤ και τις εφαρμογές της. Με βάση αυτές, οι Peikos et al. (2022) ανέπτυξαν μια προτεινομένη διδακτική μαθησιακή ακολουθία, η οποία αποτελούταν από έξι ενότητες. Κατά τη διάρκεια των τριών πρώτων ενοτήτων, οι μαθητές και οι μαθήτριες εκφράζουν στα πλαίσια συζήτησης της αρχικές τους ιδέες για τα μη ορατά αντικείμενα. Στη συνέχεια μελετούν διάφορα αντικείμενα που ανήκουν σε μακρόκοσμο, μικρόκοσμο και νανόκοσμο και προσπαθούν να συλλέξουν πληροφορίες για αυτά, χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα όργανα παρατήρησης (γυμνό μάτι, οπτικό μικροσκόπιο και προσομοιωτή ηλεκτρονικού μικροσκοπίου). Αφού παρατηρήσουν τα αντικείμενα, ο εκπαιδευτικός εξηγεί στο μαθητικό πληθυσμό τα κριτήρια ομαδοποίησης των αντικειμένων στον εκάστοτε κόσμο, σημειώνοντας παράλληλα τον ρόλο των μοντέλων για την αναπαράσταση των αντικειμένων. Τέλος δημιουργούν μοντέλα για κάθε κόσμο, τα παρουσιάζουν στην τάξη ενώ παράλληλα ενθαρρύνονται να αναλογιστούν τις ενδεχομένως «αφηρημένες», αρχικές τους ιδέες για τα μη ορατά αντικείμενα.

Η τέταρτη ενότητα αφορά τις ιώσεις. Αρχικό στάδιο αυτής, αποτελεί η έκφραση ιδεών και απόψεων από τους μαθητές και τις μαθήτριες για τις ιώσεις. Στη συνέχεια, οι ίδιοι προχωρούν σε συλλογή πληροφοριών για τις ιώσεις, εξετάζοντας δεδομένα που τους παρέχονται μέσω μιας αφίσας, με τη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας. Αξιοποιώντας τις πληροφορίες αυτές, καλούνται να δημιουργήσουν μοντέλα για να περιγράψουν τις ιώσεις ενώ τέλος, ακολουθεί συζήτηση περί αρχικών αντιλήψεων και ενδεχόμενων αναθεωρήσεων.

Κατά την πέμπτη ενότητα, οι μαθητές και οι μαθήτριες σε αρχικό στάδιο έρχονται σε επαφή με το φαινόμενο του λωτού, παίζοντας «ποδοσφαιράκι νανοτεχνολογίας» και παρατηρώντας τη συμπεριφορά της σταγόνας νερού σε διάφορες υδρόφοβες επιφάνειες. Εκφράζουν τις αρχικές τους ιδέες τους και καλούνται να συλλέξουν πληροφορίες για τις νανοδομές των υπερυδρόφοβων επιφανειών, στον μακρόκοσμο και τον νανόκοσμο, αξιοποιώντας στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας. Πραγματοποιώντας όλες τις παραπάνω διαδικασίες καταλήγουν στη δημιουργία μοντέλων για το φαινόμενο του λωτού και αναστοχάζονται επί των αρχικών τους ιδεών.

Στην ίδια ενότητα, πραγματοποιούν ακόμα μια δραστηριότητα, η οποία αφορά τον ρόλο του αέρα στο φαινόμενο του λωτού. Η δραστηριότητα ξεκινά παρατηρώντας μια σταγόνα νερού, την ώρα που βρίσκεται στο χείλος μιας σύριγγας και στη συνέχεια κυλά. Έπειτα προχωρούν στη δημιουργία μοντέλων για την ερμηνεία του φαινομένου του λωτού, τα οποία θα εστιάζουν στις νανοδομές και τον ρόλο του αέρα. Τέλος, οι μαθητές και οι μαθήτριες παρουσιάζουν τα μοντέλα τους, συζητούν για τις αρχικές τους αντιλήψεις καθώς και για τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν κατά τη δημιουργία των μοντέλων.

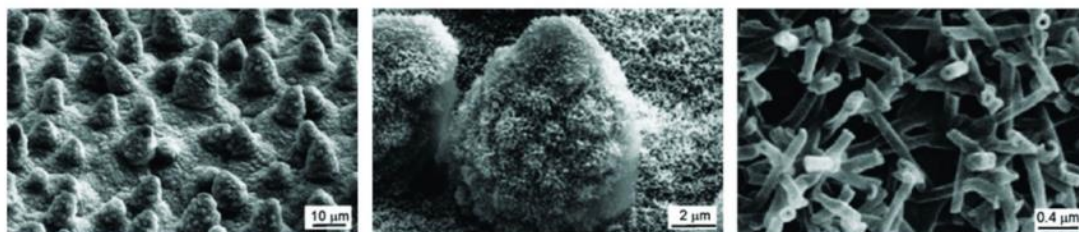
Η έκτη και τελευταία ενότητα της διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας, αφορά τα φίλτρα νερού Νανοτεχνολογίας. Οι μαθητές αρχικά παρακολουθούν ένα βίντεο, σχετικά με το πρόβλημα λειψυδρίας. Έπειτα καλούνται να εκφράσουν τις απόψεις τους σχετικά με τη λειτουργία των φίλτρων νερού Νανοτεχνολογίας. Μέσω βιωματικών δραστηριοτήτων που αφορούν τον καθαρισμό του νερού, προσπαθούν να καθαρίσουν λασπόνερα, χρησιμοποιώντας διαφόρων μεγεθών διατρήσεων. Στη συνέχεια, καλούνται να συλλέξουν πληροφορίες, χρησιμοποιώντας νανοφίλτρο νερού και έπειτα να εξηγήσουν το φαινόμενο δημιουργώντας μοντέλα. Τέλος, παρουσιάζουν τα μοντέλα και συζητούν για τυχόν αναθεωρήσεις των αρχικών τους σκέψεων για τον καθαρισμό νερού μέσω νανοφίλτρων.

1.4. Το φαινόμενο του λωτού

Σε πολλές περιπτώσεις, στη φύση παρατηρούνται φαινόμενα και ιδιότητες, εξήγηση των οποίων δίνεται από τη Ν-ΕΤ. Ένα από τα φαινόμενα αυτά, με το οποίο ασχολούμαστε στην παρούσα εργασία, αποτελεί το «φαινόμενο του λωτού». Ο όρος αυτός αφορά την υπερυδροφοβικότητα και την ιδιότητα του αυτοκαθαρισμού, που παρουσιάζουν ορισμένα φυτά, όπως ο ασιατικός λωτός, από όπου πήρε το όνομά του και το φαινόμενο. Στο φυτό αυτό παρατηρήθηκε ότι οι σταγόνες νερού κατά την επαφή τους με το φύλλο του, γίνονται σφαιρικές (υπερυδροφοβικότητα) ενώ κατά την κύλισή τους συμπαρασέρνουν τα σωματίδια βρωμιάς που υπάρχουν στην επιφάνεια του φύλλου (αυτοκαθαρισμός) (Πέικος, Γ., 2022).

Παρότι αντικρύζοντας το φύλλο του ασιατικού λωτού φαίνεται να είναι λείο, παρατηρώντας το στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο φανερώνεται μια δομή που έχει διπλή ιεραρχία στην επιφάνειά του. Σε πρώτο επίπεδο, η επιφάνεια του φύλλου καλύπτεται από προεξοχές που βρίσκονται σε διαστάσεις της μικροκλίμακας ενώ σε δεύτερο επίπεδο κάθε προεξοχή περιβάλλεται από εξογκώματα κηρωδών σωληνοειδών δομών.

Στις εικόνες που ακολουθούν στο Σχήμα 1.2. διακρίνονται οι μικροδομές (δύο πρώτες εικόνες) και οι νανοδομές (τρίτη εικόνα) στο φύλλο του ασιατικού λωτού, όπως φαίνονται με τη χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.



Σχήμα 1.2. Μικροδομές και νανοδομές του φύλλου του λωτού, όπως αυτές παρατηρούνται με τη χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου (Samaha κ.ά., 2012, σ. 19).

Ανάμεσα στις δομές της επιφάνειας του φύλλου και τη σταγόνα νερού, παγιδεύεται αέρας, ο οποίος συνεισφέρει στη μείωση της επαφής μεταξύ σταγόνας και επιφάνειας. Οι σταγόνες νερού που θα βρεθούν στην επιφάνεια του φύλλου του λωτού, στέκονται στις κορυφές των νανοεξογκωμάτων με αποτέλεσμα η επαφή τους με το φύλλο να είναι ελάχιστη.

Όπως προαναφέρθηκε, το φαινόμενο του λωτού αφορά την υπερυδροφοβικότητα και τον αυτοκαθαρισμό. Επιδιώκοντας αρχικά να εξηγήσουμε τον όρο της υπερυδροφοβικότητας, κρίνεται αναγκαία η αποσαφήνιση του όρου της διαβροχής, ως βασική παράμετρος του φαινομένου. Με τον όρο διαβροχή αναφερόμαστε την ιδιότητα μιας επιφάνειας να βρέχεται ή μη από κάποιο υγρό. Για να προσδιορίσουμε τη διαβροχή μια επιφάνειας, απαιτείται η μελέτη της γωνίας επαφής που σχηματίζεται κατά την αλληλεπίδραση υγρού και επιφάνειας (Μάνου, 2020). Η σχέση μεταξύ γωνίας επαφής και διαβροχής είναι αντιστρόφως ανάλογη, καθώς όσο αυξάνεται η γωνία επαφής τόσο μειώνεται η διαβροχή της επιφάνειας.

Αναφερόμενοι στον όρο του αυτοκαθαρισμού, μελετάμε τη γωνία κλίσης της επιφάνειας του λωτού. Γωνία κλίσης καθίσταται η γωνία μιας επιφάνειας κατά την οποία, η σταγόνα νερού που βρίσκεται επί των νανοεξογκωμάτων τίθεται σε κίνηση. Συνεπώς, η μικρή επιφάνεια επαφής των εκάστοτε σωματιδίων βρομιάς με την υπερυδρόφοβη επιφάνεια του φύλλου του λωτού δυσκολεύει την επαφή τους με αυτό, ενώ παράλληλα κατά την κύλιση της σταγόνας νερού, τα σωματίδια αυτά συμπαρασύρονται με αποτέλεσμα το φύλλο να αυτοκαθαρίζεται (Samaha et al., 2012).

1.5. Εκπαιδευτική αξιοποίηση του φαινομένου του λωτού στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Ερευνώντας διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία για την εκπαιδευτική αξιοποίηση τόσο του φαινομένου του λωτού όσο και γενικότερα της N-ET στο δημοτικό σχολείο, εντοπίζουμε ένα μικρό σύνολο ερευνών και εκπαιδευτικών προγραμμάτων που έχουν υλοποιηθεί. Ξεκινώντας από τη διεθνή βιβλιογραφία, παρουσιάζονται οι παρακάτω εκπαιδευτικές παρεμβάσεις:

Έρευνα των Chen , Lu & Sung (2012)

Οι Chen, Lu & Sung πραγματοποίησαν ένα ερευνητικό πρόγραμμα δύο ταχυτήτων, με σκοπό την σύγκριση της άμεσης διδασκαλίας και των βιωματικών μεθόδων διδασκαλίας. Αρχικά χώρισαν τους μαθητές και τις μαθήτριες σε δύο ομάδες, αυτή του ελέγχου και αυτή του πειραματισμού. Κατά το πρώτο στάδιο (160λεπτά), οι μαθητές και οι μαθήτριες και των δυο ομάδων διδάχθηκαν έννοιες της N-ET (φαινόμενα επιφάνειας, μεγέθους, νανόμετρο) μέσω οπτικοακουστικών μέσων (ταινίες, power point presentations , animation).

Κατά το δεύτερο στάδιο (120 λεπτά , στο οποίο συμμετείχαν μόνο οι μαθητές και οι μαθήτριες της πειραματικής ομάδας, πραγματοποιήθηκαν οι βιωματικές

δραστηριότητες οι οποίες αφορούσαν το φαινόμενο του λωτού, τα νανοσωματίδια, τις νανοκάψουλες και τους νανοσωλήνες άνθρακα. Σχετικά με το φαινόμενο του λωτού, οι μαθητές και οι μαθήτριες πραγματοποίησαν πειραματικές δραστηριότητες όπου παρατήρησαν τη συμπεριφορά του νερού και της σκόνης στο φύλλο του λωτού. Παράλληλα, οι μαθητές και οι μαθήτριες της ομάδας ελέγχου διδάχθηκαν τις ίδιες έννοιες με τον τρόπο και τα μέσα που εφαρμόστηκε στο πρώτο στάδιο.

Τρίτο και τελευταίο στάδιο αποτέλεσε η αξιολόγηση της δηλωτικής γνώσης των μαθητών και των μαθητριών και των δυο ομάδων, μέσω ενός γραπτού ερωτηματολογίου, 25 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής.

Οι ερευνητές λοιπόν, αξιοποιώντας τα αποτελέσματα της παραπάνω διαδικασίας αξιολόγησης, κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η βιομαθηματική μέθοδος μάθησης εξυπηρετούν καλύτερα τη διδασκαλία και τη βαθύτερη κατανόηση των φαινομένων της N-ET και συγκεκριμένα του φαινομένου του λωτού, το οποίο μελετά η παρούσα εργασία. Συγκεκριμένα, υπογραμμίζουν ότι η πειραματική ομάδα είχε περισσότερα μαθησιακά οφέλη συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου, μετά την εφαρμογή του δεύτερου σταδίου.

Νανο-δραστηριότητα των Blonder & Rap (2012)

Οι Blonder & Rap σχεδίασαν και εφάρμοσαν τη νανο-δραστηριότητα με τίτλο «It's a small world after all». Η δραστηριότητα αυτή αποτελούνταν από 6 υπό ενότητες, οι οποίες περιείχαν μικρο-δραστηριότητες. Στα πλαίσια λοιπόν ενός φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών, εφαρμόστηκε η δραστηριότητα , σε πολλαπλούς «γύρους» όπου στο σύνολό τους συμμετείχαν 400 μαθητές και μαθήτριες, ηλικίας εννέα έως δέκα ετών. Οι δραστηριότητες μέσω της παρακολούθησης βίντεο, της πραγματοποίησης πειραμάτων

αλλά και της κατασκευής μοντέλων, εστίαζε σε έννοιες της N-ET σχετικές με την καθημερινότητα των μαθητών και των μαθητριών.

Με σκοπό να εξετάσουν τη συμβολή της νανο-δραστηριότητας στην εξοικείωση των μαθητών και των μαθητριών με την N-ET και όσα αυτή περιλαμβάνει, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν τον «Προσωπικό Χάρτη Νοήματος», εργαλείο με το οποίο μπορούν να συγκρίνουν την κατανόηση της N-ET, πριν και μετά τη δραστηριότητα. Συμπέραναν λοιπόν, πως η πλειοψηφία των μαθητών και των μαθητριών μετά το πέρας της δραστηριότητας, κρίθηκε ικανότερη από πριν στα εξής:

- α) στο να διατυπώσει ορισμό για τη N-ET ή να εξηγήσει τον όρο,
- β) στην κατανόηση του ρόλου του μεγέθους και της κλίμακας,
- γ) στον εντοπισμό εφαρμογών της N-ET,
- δ) στην έκφραση στάσεων απέναντι στη Νανοτεχνολογία.

Κατασκευαστικό πρόγραμμα των Lin κ.ά. (2015)

Οι Lin κ.ά. (2015) πραγματοποίησαν μια έρευνα, στα πλαίσια ενός κατασκευαστικού προγράμματος, κατά την οποία διερεύνησαν κατά πόσο ένα πρόγραμμα Νανοτεχνολογίας για μαθητές δημοτικού μπορεί να ενισχύσει τις γνώσεις τους σε ό,τι αφορά τις έννοιες της N-ET. Το πρόγραμμα αυτό περιλάμβανε τέσσερις φάσεις, οι οποίες στο σύνολό τους διαρκούσαν 160 λεπτά. Κατά την πρώτη φάση πραγματοποιήθηκε μια εισαγωγή στην Νανοτεχνολογία, περιεχόμενο της οποίας αποτελούσε ο ορισμός, οι ιδιότητες, οι εφαρμογές της, τα φαινόμενά της στη φύση, τα νανοϋλικά και η νανοκλίμακα.

Κατά τη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκαν πειραματικές δραστηριότητες για το φαινόμενο του λωτού. Σε αυτές οι μαθητές και οι μαθήτριες με τη χρήση απλών υλικών

και μέσω των οποίων τους παρασχεθήσαν, πραγματοποιήσαν, παρατήρησαν και συνέκριναν δυο διαφορετικές πειραματικές διαδικασίες, που αφορούσαν το σχήμα και την κύλιση μιας σταγόνας νερού σε μια υδρόφοβη και μια υδρόφιλη επιφάνεια.

Κατά την τρίτη φάση, οι μαθητές και οι μαθήτριες επισκέφτηκαν μια έκθεση με περιεχόμενο τη Νανοτεχνολογία, ενώ έπειτα ακολούθησε ένα παιχνίδι ερωτήσεων και απαντήσεων.

Τέλος, κατά την τέταρτη φάση πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση της μάθησης των μαθητών και των μαθητριών, με τη χρήση ερωτηματολογίου (κλειστού τύπου) τόσο πριν όσο και μετά την εφαρμογή του προγράμματος. Τα αποτελέσματα από την συμπλήρωση αυτού του ερωτηματολογίου και την σύγκρισή του με το πριν και το μετά, φανερώνουν θετική αλλαγή σε ένα ποσοστό της τάξεως του 30% των μαθητών και των μαθητριών που συμμετείχαν, περίπου στις μισές εκ των ερωτήσεων.

Έρευνα των Saidi & Sigauke (2017)

Οι Saidi & Sigauke (2017) διερεύνησαν τα πιθανά μαθησιακά των εννοιών της N-ET, σε μαθητές και μαθήτριες χαμηλών οικονομικών και κοινωνικών στρωμάτων, στα πλαίσια μια επίσκεψης σε μουσείο επιστημών. Το μουσείο περιείχε εκθέματα τεσσάρων ειδών (σταθμοί, αφίσες, μοντέλα, νανο-προϊόντα), με θέμα τη N-ET. Το μουσείο επισκέφτηκαν 50 μαθητές και μαθήτριες ηλικίας 11 με 13 ετών ενώ στην έρευνα συμμετείχαν άλλοι 50, οι οποίοι δεν το επισκέφτηκαν (ομάδα ελέγχου).

Αφού ολοκλήρωσαν την επίσκεψή τους, τόσο οι μαθητές και οι μαθήτριες που βρέθηκαν στο μουσείο όσο και αυτοί που δεν το επισκέφτηκαν, συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο 20 ερωτήσεων που αφορούσαν ερωτήσεις ορισμών, εφαρμογών της N-ET κ.ά. Παράλληλα πάρθηκαν συνεντεύξεις από τους καθηγητές και τις καθηγήτριες που συνόδευαν τα παιδιά στην επίσκεψή τους στο μουσείο. Τα αποτελέσματα των

ερωτηματολογίων σε συνδυασμό με τις συνεντεύξεις των καθηγητών και των καθηγητριών φανέρωσαν την θετική επίδραση σε γνώση και διάθεση για μάθηση.

Έρευνα των Yu & Jen (2020)

Οι Yu & Jen (2020) πραγματοποίησαν ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για χαρισματικούς μαθητές της Ταϊβάν, περιεχόμενο του οποίου αποτελούσε το φαινόμενο του λωτού. Συνδέοντάς το με ΑΠ των ΦΕ της Ύδ και Ύτ τάξης (ζωικοί και φυτικοί οργανισμοί), πραγματοποίησαν μια σειρά δραστηριοτήτων. Οι μαθητές παρατήρησαν την συμπεριφορά της σταγόνας νερού σε διαφορετικές επιφάνειες καθώς επίσης παρατήρησαν τις νανοδομές υπερυδρόφοβων επιφανειών με τη βοήθεια φωτογραφιών υψηλής ανάλυσης ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. Συμπληρωματικά σε αυτές τις δραστηριότητες έδρασαν βίντεο και εικόνες καθώς επίσης και η προβολή παραδειγμάτων εφαρμογής του φαινομένου του λωτού στην καθημερινότητα.

Με σκοπό την αξιολόγηση μάθησης του φαινομένου του λωτού, οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν ένα ερωτηματολόγιο 10 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής, τόσο πριν όσο και μετά την διενέργεια του εκπαιδευτικού προγράμματος. Οι ερωτήσεις περιείχαν όρους νανογραμματισμού, απαραίτητους για την περιγραφή του φαινομένου του λωτού. Συγκρίνοντας λοιπόν το πριν και το μετά, τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τη σημαντική συμβολή του εκπαιδευτικού προγράμματος.

Οι παραπάνω έρευνες, αποτελούν τις έως τώρα διεθνής προσπάθειες ένταξης της N-ET στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Εντοπίζονται όμως παρόμοιες προσπάθειες στην ελληνική βιβλιογραφία;

Η ελληνική βιβλιογραφία που έχει συλλεχθεί από πρακτικά συνεδριών σχετικά με θέματα διδακτικής των φυσικών επιστημών, μας φανερώνει το ενδιαφέρον των ελληνικών ερευνητικών κοινοτήτων για την εκπαίδευση μαθητών και μαθητριών της

πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στη Ν-ΕΤ. Συνολικά έχουν εκπονηθεί 30 εργασίες οι οποίες αφορούν το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Στοχεύοντας στην ανάδειξη της εκπαιδευτικής αξιοποίησης του φαινομένου του λωτού θα αναφερθούμε συνοπτικά σε 15 από αυτές , όπως αναφέρονται κατά Πείκος, (2022, σ.61-70).

| Συγγραφείς | Περιεχόμενο |
|-------------------------------|---|
| (Πείκος , Μάνου , κ.ά., 2015) | Παρουσίαση εκπαιδευτικού υλικού για τις έννοιες της Ν-ΕΤ, για μαθητές της τελευταίας τάξης του δημοτικού σχολείου. Περιεχόμενό του μεταξύ άλλων αποτελούσε και το φαινόμενο του λωτού ενώ εφαρμόστηκαν πρακτικές όπως παρακολούθηση βίντεο και ταινιών, πειράματα παρατήρησης και εξήγηση φαινομένων με κατασκευή μοντέλων. |
| (Βελέντζας κ.ά., 2015) | Ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση διδακτικής ενότητας για την Ν-ΕΤ. Μεταξύ των συμμετεχόντων, 45 ήταν μαθητές δημοτικού σχολείου. Περιεχόμενο αποτελούσαν οι έννοιες τις Ν-ΕΤ. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν το ενδιαφέρον των μαθητών για το φαινόμενο του λωτού και τις δραστηριότητες που δημιουργήθηκαν στα πλαίσια αυτού. |
| (Αλεξόπουλος κ.ά., 2015) | Σχεδίαση επιστημονικών εκθεμάτων από μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. |

| | |
|-----------------------------|---|
| | Μεταξύ των εκθεμάτων που δημιούργησαν οι μαθητές και οι μαθήτριες του δημοτικού σχολείου, ένα αφορούσε τα υπερυδρόφοβα υλικά. |
| (Μάνου, Καζαής, κ.ά., 2015) | Παρουσίαση περιεχομένου και δραστηριοτήτων που εφαρμόστηκαν από 4 επιμορφωμένους εκπαιδευτικούς, στις δυο τελευταίες τάξεις του δημοτικού σχολείου, για τη διδασκαλία της Ν-ΕΤ. Οι δραστηριότητες περιλάμβαναν κατασκευή μοντέλων, προβολή και χρήση εκπαιδευτικού υλικού, κατασκευή αφίσας, στα πλαίσια της διερευνητικής μεθόδου jigsaw, εντός και εκτός σχολικού περιβάλλοντος . |
| (Δρογγίτη κ.ά., 2015) | Πραγματοποίηση διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας που ερευνά το ενδιαφέρον μαθητών και μαθητριών για το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ μετά το πέρας της. Χαρακτηριστικά αναφέρθηκε από τους μαθητές και τις μαθήτριες η φράση « Μου άρεσε το φαινόμενο του λωτού». |
| (Μάνου κ.ά., 2017) | Διδακτική μαθησιακή ακολουθία εφαρμοσμένη σε 4 εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, αποτέλεσμα της οποίας υπήρξε η ερμηνεία των διάφορων εννοιών της Ν-ΕΤ. |
| (Πέικος κ.ά., 2017) | Πραγματοποίηση διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας για την Ν-ΕΤ σε 22 μαθητές της τελευταίας τάξης του δημοτικού σχολείου. |

| | |
|--------------------------|--|
| | <p>Παράλληλα εφαρμόστηκε αξιολόγηση πριν και μετά την εφαρμογή της μαθησιακής ακολουθίας, η οποία φανέρωσε την ικανότητα των μαθητών να εξηγούν το φαινόμενο του λωτού με βάση τη νανοδομή της επιφάνειάς του.</p> |
| (Μαντρατζής κ.ά.,2017) | <p>Δημιουργία διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας, για μαθητές των δυο τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου, από 4 επιμορφωμένους στις έννοιες της N-ET εκπαιδευτικούς.</p> |
| (Κίζος κ.ά., 2017) | <p>Δημιουργία τριών διδακτικών μαθησιακών ακολουθιών, για μαθητές των δυο τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου, από τρεις διαφορετικούς επιμορφωμένους στις έννοιες της N-ET εκπαιδευτικούς.</p> |
| (Τζιώλη & Σπύρτου, 2017) | <p>Ανάπτυξη διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας στο Νηπιαγωγείο, η οποία μεταξύ άλλων εννοιών της N-ET περιλάμβανε και το φαινόμενο του λωτού . Μέσω ενός παραμυθιού που δημιουργήθηκε, οι μαθητές και οι μαθήτριες πραγματοποίησαν μια σειρά δραστηριοτήτων, παράλληλα με αυτό. Στο τέλος πραγματοποιήθηκε ένα θεατρικό δράμα με βάση τις έννοιες τις N-ET που περιείχε το παραμύθι.</p> |
| (Τζίμα & Πέικος , 2017) | <p>Ανάπτυξη και εφαρμογή δραστηριοτήτων για το φαινόμενο του λωτού, σε μαθητές και μαθήτριες των δύο τελευταίων τάξεων του δημοτικού</p> |

| | |
|-----------------------------|---|
| | <p>σχολείου. Οι δραστηριότητες περιλάμβαναν παρακολούθηση βίντεο, πειραματισμό με υπερυδροφοβα υλικά, χρήση σπρέι αδιαβροχοποίησης και συλλογή πληροφοριών για την δημιουργία μοντέλου εξήγησης του φαινομένου με υλικά επιλογής τους. Τέλος όλα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία ενός εκθέματος, το οποίο παρουσιάστηκε σε φεστιβάλ φυσικών επιστημών και τεχνολογίας .</p> |
| (Αλεξίου κ.ά., 2017) | <p>Παρουσίαση αρχικών αντιλήψεων μαθητών και μαθητριών για το φαινόμενο του λωτού και της σαύρας γκέκο. Ανάδειξη της ερμηνείας του φαινομένου του λωτού από τους μαθητές και τις μαθήτριες με βάση τα φυσικά χαρακτηριστικά των επιφανειών (αντίληψη και ερμηνεία με βάση τον «ορατό κόσμο»).</p> |
| (Μιχαηλίδη & Σταύρου, 2020) | <p>Μελέτη διττής προσέγγισης των εννοιών της N-ET η οποία περιλάμβανε δραστηριότητες εντός της τάξης και επισκέψεις σε Μουσείο επιστημών και Ερευνητικό κέντρο. Παράλληλη δημιουργία εκθεμάτων για έννοιες τις N-ET.</p> |
| (Μαντρατζής κ.ά., 2020) | <p>Πραγματοποίηση προγράμματος επιμόρφωσης δυο εκπαιδευτικών στα φαινόμενα της N-ET. Σε ό,τι αφορά το φαινόμενο του λωτού, οι εκπαιδευτικοί</p> |

| | |
|----------------------|--|
| | μετά το πέρας της επιμόρφωσης οι εκπαιδευτικοί προσέγγισαν τις έννοιες του φαινομένου του λωτού. |
| (Πετσίβα κ.ά., 2020) | Στα πλαίσια του προγράμματος ERASMUS + πραγματοποιήθηκαν δραστηριότητες για το φαινόμενο του λωτού σε επτά εκπαιδευτικούς τους πρωτοβάθμιας. Η εμπειρία τους ήταν θετική καθώς δήλωσαν ενδιαφέρον για την ένταξη των δραστηριοτήτων αυτών στη σχολική εκπαιδευτική διαδικασία. |

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αξιοποίησης του φαινομένου του λωτού στην εκπαιδευτική διαδικασία αποτελεί η διδακτική μαθησιακή ακολουθία που δημιούργησε η ερευνητική ομάδα των Peikos et al., (2022). οι μαθητές και οι μαθήτριες σε αρχικό στάδιο έρχονται σε επαφή με το φαινόμενο του λωτού, παίζοντας «ποδοσφαιράκι νανοτεχνολογίας». Σε αυτό η σταγόνα αναπαριστά την μπάλα, καθώς το σχήμα της είναι σφαιρικό λόγω της υπερυδρόφοβης επιφάνειας που χρησιμοποιήθηκε για γήπεδο. Έπειτα παρατηρούν τη συμπεριφορά της σταγόνας νερού σε διάφορες υδρόφοβες επιφάνειες και εκφράζουν τις ιδέες τους. Στη συνέχεια καλούνται να συλλέξουν πληροφορίες για τις νανοδομές των υπερυδρόφοβων επιφανειών, στον μακρόκοσμο και τον νανόκοσμο, αξιοποιώντας στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας. Προχωρούν στη δημιουργία μοντέλων και συζητούν στην τάξη για τις αρχικές τους ιδέες και τυχόν αναθεωρήσεις.

Στην ίδια ενότητα, πραγματοποιούν ακόμα μια δραστηριότητα, η οποία αφορά τον ρόλο του αέρα στο φαινόμενο του λωτού. Η δραστηριότητα ξεκινά παρατηρώντας μια σταγόνα νερού, την ώρα που βρίσκεται στο χείλος μιας σύριγγας και στη συνέχεια

κυλά. Οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν στο εξής ερώτημα: «Η επιφάνεια της σταγόνας είναι μεγαλύτερη όταν αυτή βρίσκεται στη σύριγγα, έτοιμη να πέσει ή όταν βρίσκεται στον αέρα»; Έπειτα προχωρούν στη δημιουργία μοντέλων για την ερμηνεία του φαινομένου του λωτού τα οποία θα εστιάζουν στις νανοδομές και τον ρόλο του αέρα. Τέλος, οι μαθητές και οι μαθήτριες παρουσιάζουν τα μοντέλα του, συζητούν για τις αρχικές τους αντιλήψεις καθώς και για τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν κατά τη δημιουργία των μοντέλων.

Συμπερασματικά λοιπόν, μπορούμε να αναφέρουμε ότι υπάρχουν προσπάθειες αξιοποίησης των εννοιών της N-ET στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στην πλειονότητα των προσπαθειών και των ερευνών συμπεριλαμβάνεται το φαινόμενο του λωτού, αποδεικνύοντας την αναγκαιότητα συμπερίληψής του στα σχολικά προγράμματα.

1.6. Αντιλήψεις του μαθητικού πληθυσμού για το φαινόμενο του λωτού

Αναδεικνύοντας στο προηγούμενο κεφάλαιο τις προσπάθειες ένταξης διδακτικών μαθησιακών ακολουθιών που εμπεριέχουν μεταξύ των εννοιών της N-ET και το φαινόμενο του λωτού, μπορούμε να αντιληφθούμε την δυσκολία κατανόησης τέτοιων «αφηρημένων» εννοιών ακόμη και από τους ίδιους του εκπαιδευτικούς. Συνεπώς, η σχεδίαση και η πραγματοποίηση τέτοιων διδακτικών παρεμβάσεων προϋποθέτει την εμπειριστατωμένη γνώση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές για το περιεχόμενο της N-ET. Συγκεκριμένα για το φαινόμενο του λωτού, ο μαθητικός πληθυσμός πριν οποιαδήποτε εκπαιδευτική παρέμβαση, φαίνεται να εξηγεί το φαινόμενο διακατεχόμενος από παρανοήσεις (Peikos et al.2023).

Οι παρανοήσεις για το φαινόμενο του λωτού προκύπτουν κατά τη προσπάθεια των μαθητών να εξηγήσουν το φαινόμενο με βάση τα ορατά χαρακτηριστικά των

αντικειμένων που λαμβάνουν μέρος δηλαδή του φύλλου και της σταγόνας . Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ερμηνεία μαθητών και μαθητριών των δυο τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου πριν από την εφαρμογή εκπαιδευτικής παρέμβασης, οι οποίοι αποδίδουν το σφαιρικό σχήμα της σταγόνας πάνω σε υπερυδρόφοβα φύλλα, στα μακροσκοπικά, χαρακτηριστικά του φύλλου (Αλεξίου κ.ά., 2017 Πέικος, Μάνου, κ.ά., 2015a). Για παράδειγμα συνδέουν την συμπεριφορά του νερού με το ότι επιφάνεια του φύλλου φαίνεται λεία . Ερευνητές υποστηρίζουν πως οι μαθητές και οι μαθήτριες έχουν διαμορφώσει αυτή την εναλλακτική ιδέα λόγω των καθημερινών εφαρμογών του φαινομένου του λωτού που συναντούν (π.χ. αδιάβροχα ρούχα) (Kubisch & Heyne, 2015).

1.7. Αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ) στις Φυσικές Επιστήμες

Η επαυξημένη πραγματικότητα (ΕΠ) μπορεί να συνεισφέρει στη διδασκαλία τόσο των εννοιών της Ν-ΕΤ όσο και γενικότερα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης, κάνοντας τις «αφηρημένες», σύνθετες έννοιες πιο προσιτές και ευκατανόητες για τους μαθητές και τις μαθήτριες. Η ΕΠ μπορεί να παρέχει στον μαθητικό πληθυσμό τρισδιάστατα μοντέλα πολύπλοκων φυσικών δομών, όπως αυτή του φύλλου του λωτού με αποτέλεσμα μαθητές και μαθήτριες να μπορούν να αλληλεπιδράσουν και να χειριστούν αυτά τα μοντέλα για να αποκτήσουν μια βαθύτερη κατανόηση των ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς τους. Αποτελεί συνδυασμό πραγματικού και εικονικού κόσμου, καθώς ορίζεται ως μια τεχνολογία που εμπλουτίζει τον πραγματικό κόσμο με ψηφιακά στοιχεία (τρειςδιάστατα μοντέλα, εικόνες, ήχο κ.ά.) (Pedaste, M., Mitt, G., & Jürivete, T., 2020). Οι μαθητές και οι μαθήτριες μπορούν να χρησιμοποιήσουν εργαλεία ΕΠ για να λύσουν προβλήματα, αλληλεπιδρώντας με εικονικά στοιχεία, ενθαρρύνοντας την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Ο συνδυασμός εικονικών και αντικειμένων του πραγματικού κόσμου,

παρέχοντας αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο και παρουσιάζοντας τρισδιάστατα αντικείμενα δημιουργεί μια διαφορετική μαθησιακή εμπειρία, πιο διασκεδαστική και ελκυστική, σε σχέση με τις παραδοσιακές μορφές μάθησης, λόγω του παιγνιώδη χαρακτήρα που έχει (Arıcı et al., 2019).

Ερευνητές που μελετούν τα αποτελέσματα αξιοποίησης της επαυξημένης πραγματικότητας μιλούν για πολλαπλά οφέλη αλλά παράλληλα και για περιορισμούς. Οι Pedaste, M., Mitt, G. & Jurivete (2020), πραγματοποιώντας βιβλιογραφική έρευνα, ανέδειξαν τα πλεονεκτήματα χρήσης της επαυξημένης πραγματικότητας σε διερευνητικά μαθησιακά περιβάλλοντα. Μάλιστα, σημείωσαν την πιθανή συμβολή της στον τομέα της γνώσης και της μεταγνώσης, στη δημιουργία κινήτρων μάθησης και συνεργασίας καθώς και στον συναισθηματικό τομέα.

Διδάσκοντας ΦΕ με τη χρήση ΕΠ, δημιουργούμε αυθεντικά περιβάλλοντα μάθησης πλαισιωμένα από ένα δυναμικά πλαισιωμένο εκπαιδευτικό σύστημα (Μπαζιάκου & Δημητρακοπούλου, 2021). Βασιζόμενοι στη μελέτη των Akçayir & Akçayir (2017), στους παρακάτω πίνακες αναδεικνύουμε μεταξύ άλλων, τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς της χρήσης ΕΠ στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, όπως αυτά παρουσιάζονται στη μελέτη των Μπαζιάκου & Δημητρακοπούλου, (2021, σ. 6):

| Κατηγορίες | Πλεονεκτήματα | Έρευνα |
|------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Γνωστικά | Μαθησιακά οφέλη | (Yoon et al., 2017) |
| | Μακροχρόνια απομνημόνευση γνώσεων | (Fidan & Tuncel, 2019) |
| | Καλύτερη κατανόηση του αντικειμένου | (Lindgren et al., 2016) |

| | | |
|----------------|---|---------------------------|
| Παιδαγωγικά | Αύξηση μαθησιακών κινήτρων | (Kamarainen et al., 2013) |
| | Ανάπτυξη δημιουργικής και κριτικής σκέψης | (Gnidovec et al., 2020) |
| | Ανάπτυξη της αυτό-αποτελεσματικότητας | (Chang & Hwang, 2018) |
| Αλληλεπίδρασης | Αύξηση αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον | (Chang et al., 2013) |
| | Ενίσχυση συνεργασίας μεταξύ μαθητών | (Chen & Liu, 2020) |
| Άλλα | Απεικόνιση μη ορατών εννοιών | (Yoon et al., 2017) |
| | Ενσωμάτωση σε αυθεντικές καταστάσεις | (Chang et al., 2013) |

| Κατηγορίες | Περιορισμοί | Έρευνες |
|--------------|---|---------------------|
| Γνωστικοί | Απόσπαση προσοχής από την ίδια την καινοτομία | (Georgiou & 2018) |
| Τεχνολογικοί | Επίδραση από φυσικούς παράγοντες | (Sahin & , 2020) |
| Άλλοι | Ανομοιόμορφο δείγμα ως προς τη χρήση | (Yoon et al., 2017) |

| | | |
|--|--|------------------|
| | τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας | |
| | Πρόβλημα με την στάση του σώματος | (Fidan & , 2019) |

Επιπλέον, οι Reikos, G., & Sofianidis, A. (2024), διερεύνησαν τις απόψεις των φοιτητών πρωτοβάθμιας και προσχολικής εκπαίδευσης σε σχέση με την ενσωμάτωση της ΕΠ στο πεδίο διδασκαλίας των ΦΕ, έπειτα από τη συμμετοχή τους σε μαθήματα του πανεπιστημίου, σχετικά με την διδασκαλία των ΦΕ σε τυπικά και μη τυπικά περιβάλλοντα. Αυτοί, ανέδειξαν την δυνατότητα ενίσχυσης της προσβασιμότητας και την ένταξη όλων των μαθητών και των μαθητριών στη μαθησιακή διαδικασία τη βοήθεια της ΕΠ. Παράλληλα, εντόπισαν πιθανές προκλήσεις ενώ αναφέρθηκαν στην ευχρηστία της εφαρμογής που χρησιμοποίησαν για τη δημιουργία υλικού με στοιχεία ΕΠ (ARTutor).

Για την επιτυχή εφαρμογή της ΕΠ στα διάφορα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, τα σχολεία και οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται πρόσβαση σε συσκευές με δυνατότητα χρήσης ΕΠ και σχετικές εφαρμογές. Ένας από τους σημαντικότερους λόγους που η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ευρέως αποτελεί το γεγονός ότι δεν απαιτεί ακριβό και εξελιγμένο εξοπλισμό, ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιείται εύκολα σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευση (Akçayır & Akçayır, 2017). Επιπλέον, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η παροχή εκπαίδευσης και η υποστήριξη των εκπαιδευτικών για να ενσωματώσουν αποτελεσματικά την επαυξημένη πραγματικότητα στο πρόγραμμα σπουδών και να δημιουργήσουν ουσιαστικές μαθησιακές εμπειρίες για τους μαθητές.

Από τα παραπάνω θεωρούμε ότι ο νανόκοσμος βρίσκεται μακριά από την αισθητηριακή αντίληψη. Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να αποτελέσει ένα από τα μέσα που θα γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ ορατού (μακρόκοσμος) και μη ορατού (νανόκοσμος) κόσμου. Ειδικότερα, τρισδιάστατα μοντέλα που αναπαριστούν αντικείμενα του νανόκοσμου μπορούν να αναπτυχθούν και να χρησιμοποιηθούν ως επαυξήσεις με τις οποίες οι μαθητές και οι μαθήτριες θα μπορέσουν να αλληλεπιδράσουν και να συλλέξουν πληροφορίες για το δομή τους. Έτσι, οι αφηρημένες έννοιες γίνονται πιο συγκεκριμένες και απτές και επιτυγχάνουν τη γεφύρωση αυτή και τους μαθησιακούς στόχους αντίστοιχα (Saidi & Sigauke, 2017). Σαφώς, η χρήση επαυξημένης, μπορεί να βοηθήσει τον μαθητικό πληθυσμό να προσεγγίσει έννοιες και φαινόμενα, όπως η περίπτωση των εννοιών και φαινομένων στην κλίμακα του νάνο, καθιστώντας τις προσβάσιμες.

Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκε η διαδικτυακή εφαρμογή δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων Tinkercad. Τα τρισδιάστατα μοντέλα που δημιουργήθηκαν εκεί, μεταφορτώθηκαν σε μορφή glb στην διαδικτυακή εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας, Blippar.

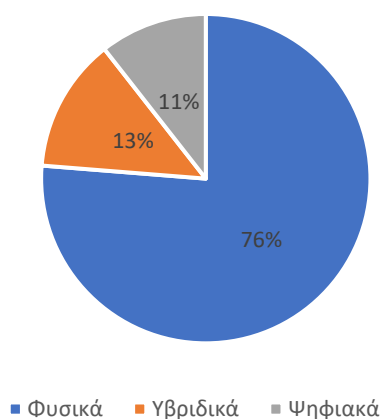
1.8. Εκπαιδευτική αξιοποίηση των δωμάτων απόδρασης

Λόγω της έντονης ανάγκης για εκπαιδευτικές καινοτομίες, η παραδοσιακή εκπαίδευση δίνει τη θέση της σε διδακτικές προσεγγίσεις που δημιουργούν δυνατά κίνητρα εμπλοκής στους μαθητές και τις μαθήτριες. Μια τέτοια προσέγγιση αποτελεί η μάθηση βασισμένη στο παιχνίδι (Game-based learning).

Η μάθηση με βάση το παιχνίδι, αφορά δραστηριότητες που περιλαμβάνουν στοιχεία παιχνιδιού για μαθησιακούς σκοπούς (Κόκκινος, 2023). Τα δωμάτια απόδρασης ή αλλιώς escape rooms, αποτελούν παιχνίδια ζωντανής δράσης, τα οποία

δύνανται να ενταχθούν σε μαθησιακές διαδικασίες. Ζωντανή δράση σημαίνει ότι οι παίκτες των δωματίων βρίσκονται σε άμεση αλληλεπίδραση με τον κόσμο του παιχνιδιού (Nicholson, 2018). Οργανώνονται στα πλαίσια των «live-action» και «team-based» παιχνιδιών ενώ περιλαμβάνουν διαδικασίες αναζήτησης στοιχείων και λύσης γρίφων, έχοντας συγκεκριμένους στόχους και υπο-στόχους σε ορισμένα χρονικά πλαίσια (Veldkamp et al., 2021). Οι παίκτες των δωματίων πρέπει να εργάζονται στα πλαίσια της ομάδας για να κερδίσουν

Από τα πρώτα βήματα σχεδιασμού τους, δημιουργήθηκαν για να εφαρμόζονται σε φυσικές, ψηφιακές ή μικτές πραγματικότητες (Fotaris & Mastoras, 2019). Στο σχήμα 1.8. παρουσιάζεται η κατανομή των τύπων δωματίων απόδρασης, σύμφωνα με τους Fotaris & Mastoras, (2019). Τα φυσικά δωμάτια απόδρασης αποτελούν την πλειοψηφία, καθώς η υλοποίησή τους περιλαμβάνει χαμηλό κόστος και ταχύτερο χρόνο ανάπτυξης (Friedrich et al., 2019).



1.8. Κατανομή τύπων δωματίου απόδρασης

Η δημιουργία των δωματίων απόδρασης χρονολογείται από το 2007 και τοποθετείται στην Ιαπωνία. Λίγα χρόνια μετά, εισήχθησαν στις ΗΠΑ, και βίωσαν ραγδαία αύξηση της δημοτικότητας τους (Martina & Göksen, 2022). Τα τελευταία χρόνια, λόγω αυτής της δημοτικότητάς στον τομέα της ψυχαγωγίας, τα δωμάτια απόδρασης έχουν αποτελέσει πεδίο ερευνών για την αξιοποίησή τους ως εργαλείο

μάθησης. Στόχος του μετασχηματισμού των δωματίων σε περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης αποτέλεσε η αύξηση των κινήτρων των μαθητών, η ενεργός συμμετοχή τους, η αυτορρυθμιζόμενη μάθηση καθώς επίσης η ανάπτυξη δεξιοτήτων συνεργασίας και επικοινωνίας (Zhang et al., 2018). Για να χαρακτηριστεί ωστόσο ένα δωμάτιο απόδρασης «εκπαιδευτικό», θα πρέπει να έχει δομηθεί υπολογίζοντας ισόποσα τις σχεδιαστικές πτυχές του παιχνιδιού και τις εκπαιδευτικές πτυχές του (Frederick & Reed 2021). Επιπλέον θα πρέπει να περιλαμβάνει έναν τουλάχιστον στόχο παιχνιδιού, ο οποίος θα εξυπηρετεί συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους μέσω ενός μηχανισμού παιχνιδιού στα πλαίσια παιδαγωγικής προσέγγισης (Veldkamp et al., 2020).

Έπειτα από βιβλιογραφική έρευνα των Fotaris & Mastoras, (2019), αναδείχθηκαν τα πολλαπλά οφέλη της ένταξης των δωματίων απόδρασης στην εκπαίδευση. Συγκεκριμένα, τα εκπαιδευτικά δωμάτια απόδρασης βρέθηκαν να προάγουν την εργασία σε ομάδες και τη συνεργασία καθώς επίσης να παράγουν υψηλά επίπεδα απόλαυσης και δέσμευσης. Χαρακτηρίστηκαν ως *«καινοτόμες, ενεργές, συνεργατικές και κονστрукτιβιστικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που μπορούν να διαμορφώσουν τη μάθηση πιο δυναμικά από τη συμβατική διδασκαλία»* (Fotaris & Mastoras, 2019, σ. 8). Παράλληλα σημειώθηκαν ενδεχόμενες δυσκολίες, σε ζητήματα που αφορούν την αξιολόγηση του βαθμού κατάκτησης της νέας γνώσης καθώς και τα χρονικά περιθώρια υλοποίησής τους.

1.9. Σύνοψη εισαγωγής

Παρακάτω συνοψίζονται βασικά στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην βιβλιογραφική επισκόπηση και αξιοποιούνται ακολούθως στο σχεδιασμό του δωματίου απόδρασης.

A) *Η Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία (N-ET) και οι εφαρμογές της.*

Οι πολυάριθμες εφαρμογές της N-ET στα πλαίσια της καθημερινής ζωής και μη, απασχολούν διάφορους βιομηχανικούς τομείς (ιατρική, αυτοκίνηση, τεχνολογία κ.ά.), οι οποίοι αξιοποιούν τα οφέλη των νέων ιδιοτήτων που αποκτούν τα υλικά σε αυτή την κλίμακα αλλά ταυτόχρονα αντιμετωπίζουν τις συνέπειες των πιθανών κινδύνων.

B) Εκπαιδευτική αξία της N-ET.

Σημειώνεται η ανάγκη για ένταξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων για περιεχόμενο της N-ET στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, έχοντας γνώμονα την ανάπτυξη του ναυογραμματισμού του μαθητικού πληθυσμού και του ενδιαφέροντος του για τις ΦΕ, την διεπιστημονική προσέγγιση και την ανάδειξη επαγγελματικών ευκαιριών.

Γ) Εκπαιδευτική προσέγγιση εννοιών της N-ET στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Με βάση τους Peikos et al. (2022), αναδεικνύονται 5 Μεγάλες Ιδέες της N-ET για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, οι οποίες προτείνεται να προσεγγίζονται ποιοτικά.

E) Εκπαιδευτική αξιοποίηση του φαινομένου του λωτού στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Στ) Αντιλήψεις μαθητικού πληθυσμού για το φαινόμενο του λωτού.

Οι μαθητές και μαθήτριες διακατέχονται από παρανοήσεις καθώς ερμηνεύουν το φαινόμενο βάσει «ορατών» χαρακτηριστικών των αντικειμένων που λαμβάνουν μέρος στο φαινόμενο.

Z) Αξιοποίηση της επαυξημένης Πραγματικότητας (EΠ) στις Φυσικές Επιστήμες.

Η αξιοποίηση της επαυξημένης πραγματικότητας στις φυσικές επιστήμες παρουσιάζει πολλαπλά οφέλη στην εκπαιδευτική διαδικασία, υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις προς αποφυγή πιθανών μη επιθυμητών αποτελεσμάτων.

Η) *Εκπαιδευτική αξιοποίηση των δωματίων απόδρασης (Escape rooms).*

Τα δωμάτια απόδρασης ως παιχνίδια δράσης, οργανώνονται σε συγκεκριμένα πλαίσια. Αντίστοιχα για να θεωρηθεί ένα δωμάτιο απόδρασης εργαλείο μάθησης, απαιτείται να πληροί συγκεκριμένες προϋποθέσεις και να μην αρκείται στον παιγνιώδη σχεδιασμό του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Στόχος της έρευνας

Στόχος της εργασίας αποτελεί η ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για το φαινόμενο του λωτού, με τη χρήση στοιχείων επαυξημένης πραγματικότητας. Το σύνολο του εκπαιδευτικού υλικού που δημιουργήθηκε, οργανώθηκε στα πλαίσια ενός δωματίου απόδρασης, με σκοπό να αναπτύξει παιγνιώδες ενδιαφέρον. Επιδιώκεται η κατάκτηση του επιστημονικού περιεχομένου για το φαινόμενο του λωτού, μέσω παιγνιδιών, δημιουργικών διαδικασιών και λύσεων γρίφων ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνται τρισδιάστατα μοντέλα που γεφυρώνουν το χάσμα μεταξύ ορατού και μη ορατού κόσμου.

Επιπλέον, προσεγγίζοντας κάθε σταθμό του δωματίου απόδρασης ξεχωριστά, επιδιώκουμε την επίτευξη τριών διαφορετικών στόχων:

Σταθμός 1: Ταξινόμηση αντικειμένων στον μακρόκοσμο, μικρόκοσμο και νανόκοσμο με βάση τα όργανα παρατήρησής τους. Αναγνώριση κατάλληλου οργάνου παρατήρησης ανάλογα με τον κόσμο που ανήκει το παρατηρούμενο αντικείμενο.

Σταθμός 2: Εξήγηση του φαινομένου του λωτού με αναφορά στα νανοεξογκώματα και στον αέρα.

Σταθμός 3: Σύγκριση μεγεθών.

2.2. Σχεδιασμός του εκπαιδευτικού υλικού για το φαινόμενο του λωτού

Με σκοπό την διερεύνηση του φαινομένου του λωτού καθώς και την ανάδειξη του ρόλου του αέρα σε αυτό, δημιουργήθηκε ένα δωμάτιο απόδρασης, με στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας. Το προτεινόμενο δωμάτιο απόδρασης οργανώθηκε στα πλαίσια της διαδοχικής δομής των πρότυπων δωματίων (sequential), με σκοπό την

εκπαιδευτική αξιοποίηση του, ως εργαλείο μάθησης (Κόκκινος, 2023). Η δομή αυτή αποτελεί μια από τις τέσσερις βασικές μορφές οργάνωσης γρίφων ενώ περιλαμβάνει διαδοχικές λύσεις αυτών (ο ένας γρίφος οδηγεί στον επόμενο έως ότου οι παίκτες φτάσουν στον τελικό γρίφο, έχοντας λύσει όλους τους προηγούμενους). Επιπλέον σημαντικά συστατικά στοιχεία του δωματίου αποτελούν οι πειραματικές διαδικασίες και τα στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας, στα πλαίσια της επίλυσης γρίφων. Οι Μ.Ι. που εξετάζονται ποιοτικά στα πλαίσια του δωματίου είναι οι «Μέγεθος και Κλίμακα», «Όργανα παρατήρησης» και «Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος».

Το δωμάτιο απόδρασης επιδιώκει σε πρώτο στάδιο να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών και των μαθητριών και να ενισχύσει το κίνητρο τους για εμπλοκή με το γνωστικό αντικείμενο. Σχεδιάστηκε λοιπόν, λαμβάνοντας υπόψιν στοιχεία όπως η πρόκληση, η φαντασία, η περιέργεια, το μυστήριο και η αγωνία. Οι μαθητές και οι μαθήτριες ως παίκτες του δωματίου γίνονται σε κάθε σταθμό αποδέκτες προκλήσεων (challenges), καθώς καλούνται να λύσουν τους διάφορους γρίφους και να επιτύχουν τους υπο-στόχους του παιχνιδιού για να οδηγηθούν στην τελική απόδραση. Κινητοποιούνται ταυτόχρονα με σκοπό τη λύση των γρίφων, υπό την «πίεση» του χρόνου και τον «φόβο» του αγνώστου για την επόμενη δοκιμασία. Παράλληλα, το στοιχείο της φαντασίας κυριαρχεί στο δωμάτιο, με τη συνδρομή της επαυξημένης πραγματικότητας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο σταθμός 3, στον οποίο οι παίκτες με τη βοήθεια της επαυξημένης πραγματικότητας βρίσκονται ανάμεσα στα νανοεξογκώματα ενός φύλλου λωτού, μεταφέροντας τους ίδιους στην κλίμακα νάνο. Στην προσέγγιση λοιπόν φαινομένων σαν αυτό, μη ορατών, δύσκολα προσεγγίσιμων ή κατανοητών, το στοιχείο της φαντασίας κατά τη δημιουργία εκπαιδευτικών συνθηκών, αποτελεί απαραίτητο για την παιγνιώδη εμπλοκή του μαθητικού πληθυσμού. Η ανώτατη χρονική διάρκεια του δωματίου υπολογίζεται στις 2 ώρες και 40 λεπτά, καθώς

η λύση των γρίφων και η επιτυχής ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων του κάθε σταθμού, εξαρτάται από τον ρυθμό της κάθε ομάδας.

Η επιλογή του δωματίου απόδρασης για τη διδασκαλία του φαινομένου του λωτού έχει επίκεντρο τον μαθητικό πληθυσμό, καθώς μαθητές και μαθήτριες αναλαμβάνουν την ευθύνη της πορείας τους προς τη μάθηση. Ο ρόλος του δασκάλου κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού αρκείται σε αυτόν του παρατηρητή, αντιπροσωπεύοντας τον ρόλο του Game Master στα εμπορικά δωμάτια απόδρασης (Kutzinet.al., 2021). Με τη χρήση της συνθηματικής λέξης «Νανο-βοήθεια», οι παίκτες έχουν το δικαίωμα να ζητήσουν βοήθεια από τον εκπαιδευτικό. Ωστόσο και στο αίτημα βοήθειας, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι υποστηρικτικός και σε πολύ μικρό βαθμό καθοδηγητικός σε περίπτωση ιδιαίτερου κολλήματος. Με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές και οι μαθήτριες αναπτύσσουν δεξιότητες αυτόνομης μάθησης, παρατήρησης, αναζήτησης στρατηγικών και λύσεων, αναγνώρισης, ανεξάρτητου συλλογισμού και ανάγνωσης (Whitton, 2018).

Το δωμάτιο απόδρασης σχεδιάστηκε με υλικά που το θέτουν εύκολα υλοποιήσιμο, στα πλαίσια της σχολικής πραγματικότητας. Εκτός των εκτυπώσιμων υλικών (όπως αυτά παρατίθενται στο παράρτημα), ο κάθε σταθμός του δωματίου απαιτεί τα ακόλουθα υλικά:

- Σταθμός 1: Τάμπλετ (μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε: LENOVO Tab 11), 1 κουτί, λουκέτο τριψήφιου συνδυασμού, τάμπλετ-ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, οπτικό μικροσκόπιο, δείγμα φυτικού κυττάρου, δείγμα ζωικού κυττάρου, πούπουλο, χάντρα.
- Σταθμός 2: Τάμπλετ, υλικά πειράματος (φύλλο μαρουλιού, φύλλο μπρόκολου, σταγονόμετρο, νερό, ύφασμα, νανοσπρέυ), φάκελος, φηγούρα νάνου, κορδέλα, μαύρα μπαλόνια, κολλητική ταινία, μπλε γκοφρέ χαρτί, πράσινο χαρτόνι.

Σταθμός 3: Τάμπλετ, 3 κουτιά, πλαστελίνη, γραφική ύλη (μολύβια, στυλό, γόμα, ξύστρα), καμπανάκι.

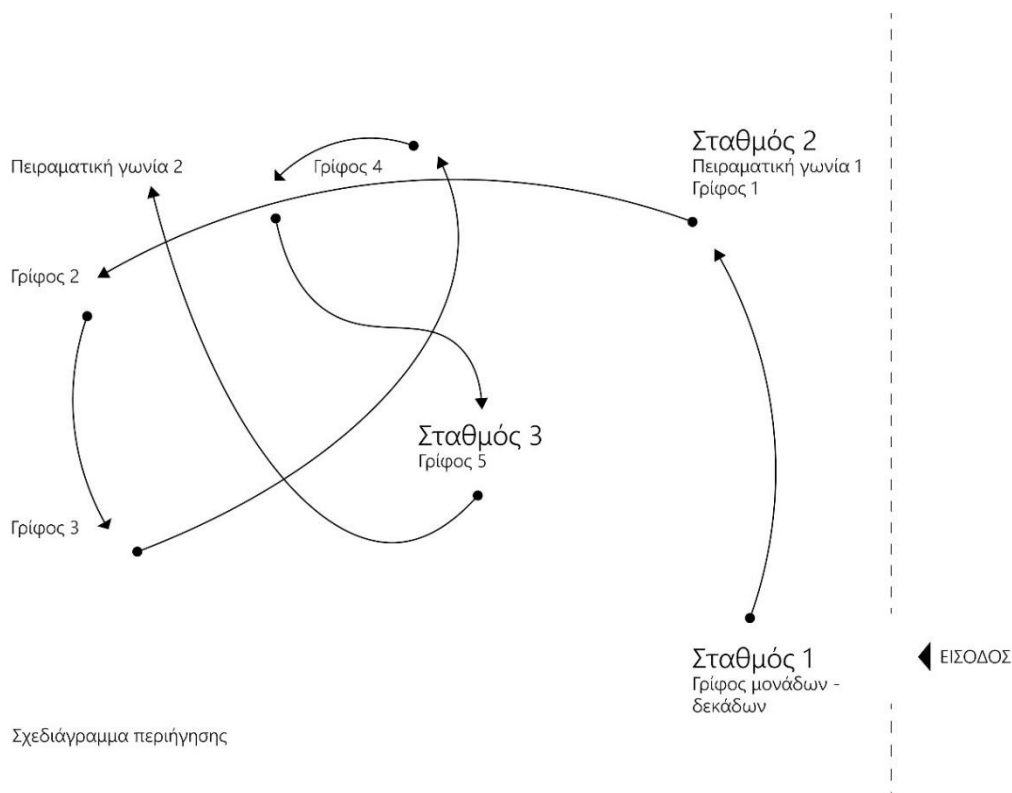
2.3. Περιγραφή του εκπαιδευτικού υλικού

Πριν το δωμάτιο

Πριν την είσοδο των μαθητών και των μαθητριών στο δωμάτιο, ο εκπαιδευτικός εξηγεί τους κανόνες του παιχνιδιού και το περιεχόμενό του. Παράλληλα τονίζει τη σημαντικότητα της συνεργασίας των παικτών και της ενεργούς συμμετοχής όλων.

Περιγραφή δωματίου

Στο Σχήμα 2.3.1. απεικονίζεται το σχεδιάγραμμα ροής του δωματίου απόδρασης. Με ποιον τρόπο δηλαδή κινούνται οι παίκτες, από γρίφο σε γρίφο και από σταθμό σε σταθμό για να επιτύχουν την απόδραση.



Σχήμα 2.3.1. Σχεδιάγραμμα ροής δωματίου απόδρασης

Σταθμός 1:

Οι παίκτες βρίσκονται έξω από την πόρτα του δωματίου όπου αντικρύζουν μια ταμπέλα που γράφει «Λωτοτόπια-Εισέρχστε με δική σας ευθύνη». Μόλις ανοίξουν την πόρτα βρίσκονται μπροστά σε ένα θρανίο το οποίο έχει ένα πλαστικοποιημένο Qr code, το οποίο τους μεταφέρει σε ένα περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας και ένα τάμπλετ. Μόλις σκανάρουν το Qr code οι μαθητές και οι μαθήτριες με την κάμερα του τάμπλετ, βρίσκονται περιτριγυρισμένοι από αμέτρητους λωτούς. Τότε λαμβάνουν ηχητικό μήνυμα από τον αρχηγό των λωτών! (Εισβάλατε στην χώρα μου χωρίς την άδειά μου! Καταδικάζεστε στην παντοτινή σας παραμονή). Πώς θα αποδράσουν οι παίκτες; Πρώτο στοιχείο που θα πρέπει να ανακαλύψουν είναι το «είδος» του τελικού κλειδιού που θα τους βοηθήσει να αποδράσουν από την λωτοτόπια. Κλειδί για την απόδραση αποτελεί η ταυτότητα (μακροσκοπική, νανοσκοπική) των λωτών. Πώς θα το ανακαλύψουν αυτό;

Προσπερνώντας το θρανίο οι παίκτες αντικρίζουν τον πρώτο σταθμό, όπως αυτός απεικονίζεται στο Σχήμα 2.3.2. Αυτός περιλαμβάνει ένα μικρό κουτί κλειδωμένο με λουκέτο συνδυασμού το οποίο για να ανοιχτεί πρέπει οι παίκτες να λύσουν τους επακόλουθους γρίφους. Μέσα στο κουτί βρίσκονται οι «πρότυπες» ταυτότητες με όλα τα απαραίτητα πεδία που θα πρέπει να συμπληρωθούν με το πέρας των δωματίων του escape. Σωστός συνδυασμός αποτελεί ο αριθμός των λωτών που αντικρίζουν οι παίκτες όταν σκανάρουν το Qr code. Οι λωτοί δεν αριθμούνται όμως!

Γρίφος δεκάδων: Δίπλα από το κουτί υπάρχει ένα «Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Χειρός»-tablet, ένα οπτικό μικροσκόπιο και η εικόνα ενός ανθρώπινου ματιού. Τα τρία αυτά αντικείμενα στη σειρά συνθέτουν μια μαθηματική πράξη. Το αποτέλεσμα αυτής είναι ο αριθμός των δεκάδων του συνδυασμού. Πώς θα το βρείτε;



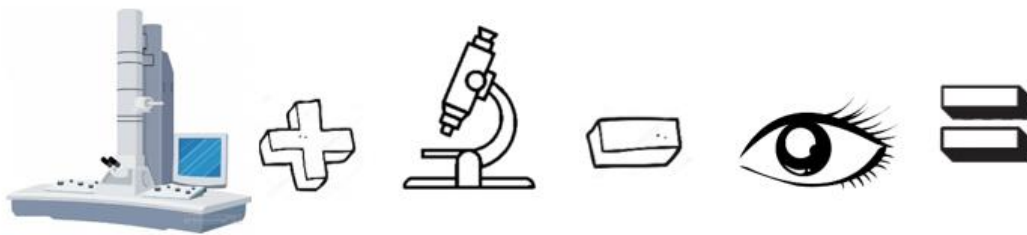
Σχήμα 2.3.2. Σταθμός 1

Συγκεντρώστε τα αντικείμενα από τη σακούλα που βρίσκεται δίπλα από τα αντικείμενα παρατήρησης. Πώς θα χρησιμοποιήσετε το κάθε όργανο παρατήρησης;

Το «Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Χειρός»-tablet αναπαριστά το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο με το οποίο μπορείτε να σκανάρετε τα αντικείμενα με τη βοήθεια του AR-Tutor (βρείτε την εφαρμογή στην αρχική σελίδα, σκανάρετε το Qr που βλέπετε δίπλα από την εικόνα του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και παρατηρήστε). Το οπτικό μικροσκόπιο αποτελείται από διάφορα μέρη, όπως αυτά παρουσιάζονται στην εικόνα δίπλα του. Για να παρατηρήσετε με αυτό, ξεκινάτε από τη μικρότερη μεγέθυνση και περιστρέφετε αργά το κοχλία κίνησης.

Έπειτα κολλήστε στον πίνακά, που βρίσκεται μπροστά σας, την κάθε εικόνα στο αντίστοιχο όργανο παρατήρησης. Στον πίνακα επίσης βλέπετε 3 διαφορετικούς κόσμους (1.Ο κόσμος των ιών, 2.Ο κόσμος των κυττάρων, 3.Ο κόσμος των ανθρώπων). Ποιον κόσμο παρατηρείτε με το κάθε όργανο; Κολλήστε τον κάθε κόσμο στο αντίστοιχο όργανο.

Στο Σχήμα 2.3.2. απεικονίζεται η μαθηματική πράξη που ενώνει τα όργανα παρατήρησης ενώ στο Σχήμα 2.3.3. απεικονίζεται ο πίνακας που οι παίκτες καλούνται να τοποθετήσουν τα αντικείμενα στο αντίστοιχο όργανο παρατήρησης και έπειτα να αναγνωρίσουν τον κόσμο που ανήκουν.



Σχήμα 2.3.3. Μαθηματική πράξη οργάνων παρατήρησης



Σχήμα 2.3.4. Πίνακας γρίφου δεκάδων

Αντικείμενα που αντιστοιχούν στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο = 2 → Ιοι

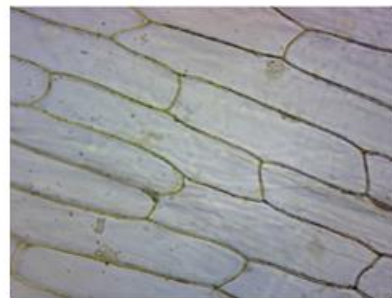
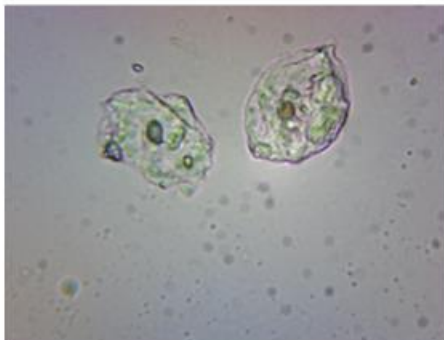
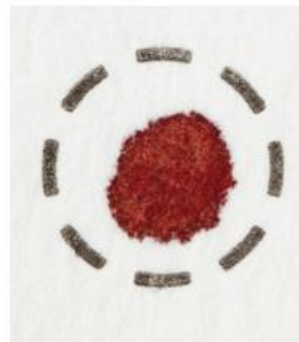
Αντικείμενα που αντιστοιχούν στο απλό μικροσκόπιο = 2 → Ζωικό κύτταρο, φυτικό κύτταρο.

Αντικείμενα που αντιστοιχούν στο ανθρώπινο μάτι = 2 → Χάντρα, πούπουλο.

Απάντηση του γρίφου είναι ο αριθμός 2

Γρίφος μονάδων: Άμα με βάλετε στον σωστό κόσμο και με γυρίσετε ανάποδα, σχηματίζω έναν αριθμό. Προσθέστε τους αριθμούς και των δύο κόσμων και θα με βρείτε!

Οι παίκτες αντικρύζουν τις εικόνες όπως απεικονίζονται στο Σχήμα 2.3.4. οι οποίες αφορούν τα αντικείμενα που παρατήρησαν προηγουμένως.



2.3.5. Απεικόνιση αντικειμένων που παρατηρήθηκαν

Παράλληλα έχουν μπροστά τους 3 χαρτόνια μικρά, όπως αυτά απεικονίζονται στο Σχήμα 2.3.6. Το ένα αφορά τον νανόκοσμο, το άλλο τον μικρόκοσμο και το άλλο τον

μακρόκοσμο, όπου θα τοποθετήσουν τις αντίστοιχες εικόνες. Μόλις σιγουρευτούν για την ταξινόμιά τους, τοποθετούν τις εικόνες στον αντίστοιχο κόσμο, τις αναποδογυρίζουν και προσπαθούν να σχηματίσουν έναν αριθμό, με τις γραμμές που εμφανίζονται (τύπου παζλ). Όταν σχηματίσουν και στους 3 κόσμους από έναν αριθμό (5, 1 και 3), προχωρούν στην πρόσθεσή τους και καταλήγουν στον αριθμό 9, ως απάντηση για τον γρίφο των δεκάδων.



2.3.7. Πίνακες γρίφου μονάδων

Αφού λοιπόν λύσουν τον γρίφο των δεκάδων και των μονάδων, δοκιμάζουν τους ενδεχόμενους συνδυασμούς, καθώς δεν έχουν στοιχεία για τις εκατοντάδες. Δοκιμάζοντας όλους τους αριθμούς και κρατώντας παράλληλα σταθερές τις μονάδες και τις δεκάδες, οι παίκτες καταφέρνουν να ξεκλειδώσουν το κουτί, όταν ο συνδυασμός είναι ο αριθμός «429». Έτσι, βρίσκουν τις «κενές» ταυτότητες μαζί με έναν πάπυρο οδηγίων, ο οποίος γράφει:

«Για να αποδράσετε από εδώ πρέπει να μοιάζετε με λωτό. Την ταυτότητά τους φτιάξτε στο λεπτό για να ξεγελάσετε τον αρχηγό. Μόνο η συμπλήρωση αυτών θα σας

οδηγήσει στο φευγικό. Μαζέψτε στοιχεία πολλά, πριν ο χρόνος σας κάνει φτερά. Ψάξε την πειραματική γωνιά για να δεις με νανοσκοπική ματιά»!

Ο πρώτος σταθμός επιδιώκεται να υλοποιηθεί στο χρονικό πλαίσιο των 40 λεπτών, περίπου όσο μια διδακτική ώρα. Κατά τη διάρκεια αυτού, το χρονόμετρο που υπάρχει στο δωμάτιο μετράει αντίστροφα σε αυτόν τον χρόνο.

Σταθμός 2: Αφού οι παίκτες έχουν στα χέρια τους τις πρότυπες ταυτότητες, συνεχίζουν την εξερεύνηση στο δωμάτιο απόδρασης, με σκοπό να συλλέξουν τις απαραίτητες πληροφορίες για τη δημιουργία των ταυτοτήτων. Προχωρώντας λοιπόν, βρίσκουν την πειραματική γωνιά1, όπως αυτή απεικονίζεται στο Σχήμα 2.3.8., η οποία αποτελείται από έναν πάγκο εργασίας που περιλαμβάνει όλα τα μέσα που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των πειραμάτων που θα ακολουθήσουν. Οι παίκτες θα πρέπει να πραγματοποιήσουν μια σειρά πειραματικών δραστηριοτήτων, κατά τις οποίες θα συλλέγουν δεδομένα, με σκοπό τη λύση των γρίφων που θα ακολουθήσουν. Υλικά των πειραματικών δραστηριοτήτων αποτελούν τα εξής: φύλλα μαρουλιού, φύλλα μπρόκολου-τα οποία παραλληλίζονται με του λωτού-, συμβατικό ύφασμα, νανο-ύφασμα, σταγονόμετρο, δοχείο με νερό, τον πίνακα που απεικονίζεται στο Σχήμα 2.3.9., γραφική ύλη για την συμπλήρωσή του καθώς και ένα φύλλο οδηγιών το οποίο γράφει:

«Βήμα 1^ο: Ρίξτε με το σταγονόμετρο λίγες σταγόνες νερό σε κάθε υλικό. Βήμα 2^ο: Παρατηρείστε το σχήμα της σταγόνας. Βήμα 3^ο: Παρατηρείστε πώς αυτή κινείται κατά την κλίση του κάθε υλικού. Βήμα 4^ο: Σημειώστε στο πινακάκι τα δεδομένα που συλλέξατε από το κάθε υλικό. Βήμα 5^ο: Μόλις είστε έτοιμοι αναζητείστε γύρω σας έναν φάκελο και διαβάστε το περιεχόμενό του».



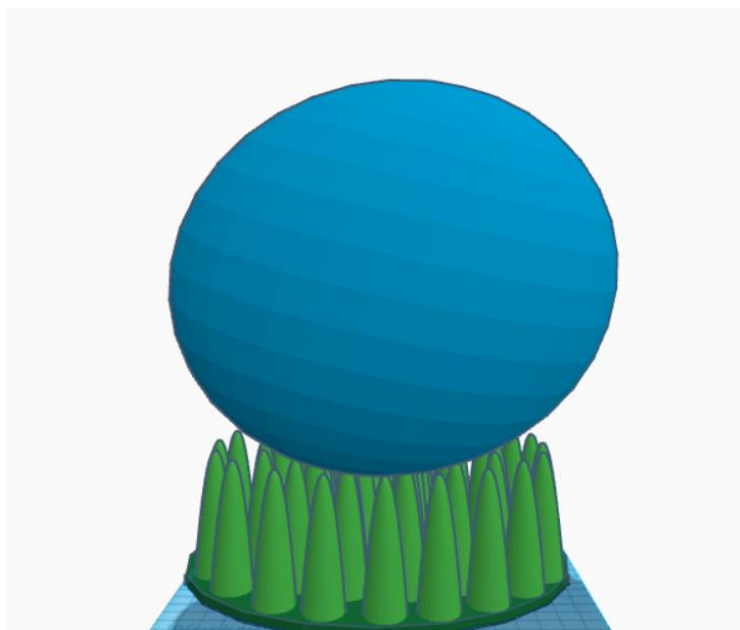
Σχήμα 2.3.8. Πειραματική γωνία 1

| ΥΛΙΚΟ | ΣΧΗΜΑ ΣΤΑΓΟΝΑΣ | ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΑΓΟΝΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΛΙΣΗ |
|-------|-------------------|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Σχήμα 2.3.9. Πίνακας καταγραφής δεδομένων πειραματικών διαδικασιών

Μόλις ολοκληρώσουν τις πειραματικές διαδικασίες, οι παίκτες βρίσκουν τον φάκελο ο οποίος περιέχει το εναρκτήριο μήνυμα για το παιχνίδι των γρίφων, ένα Qr code καθώς επίσης και τον πρώτο γρίφο.

Σκανάροντας το ένα Qr code βλέπουν το πρώτο τρισδιάστατο μοντέλο, όπως αυτό απεικονίζεται στο Σχήμα 2.3.10., το οποίο δείχνει τα νανοεξογκώματα και τη σταγόνα νερού σφαιρική από πάνω τους.



Σχήμα 2.3.10. Τρισδιάστατο μοντέλο

Εναρκτήριο μήνυμα: «Το παιχνίδι των γρίφων ξεκινά! Χρησιμοποίησε όσα δεδομένα συνέλλεξες και βρες τα στοιχεία με τη σειρά. Όμως μην ξεχνάς τον τελικό σκοπό, κράτα τις πληροφορίες που βρίσκεις σε κάθε σταθμό, για το φευγικό»!

Πρώτος γρίφος: «Έχω σταγόνα σφαιρική, καθόλου εύκολη να απορροφηθεί. Η κρυψώνα μου ξεκινά από το δεύτερο μου γράμμα. Είμαι το φύλλο _____; Ψάξτε την κρυψώνα με το επόμενο στοιχείο, αξιοποιώντας το δεύτερο γράμμα μου»!

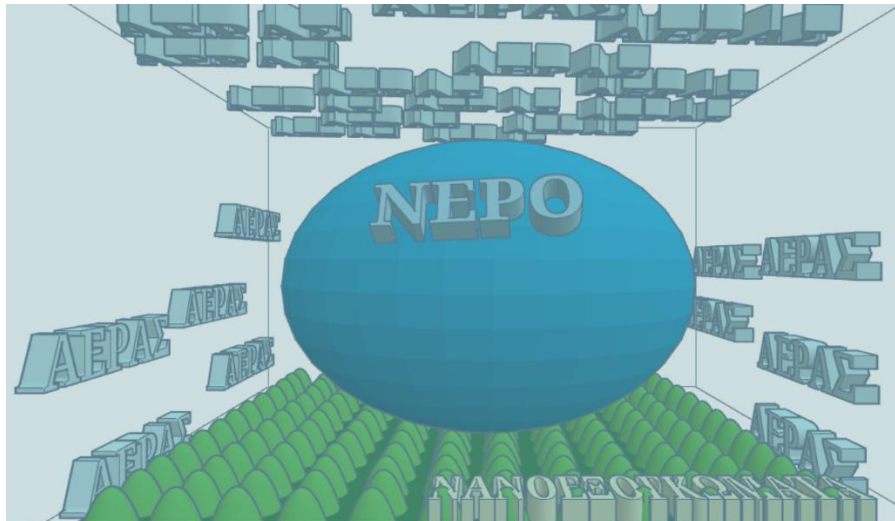
Η απάντηση είναι το φύλλο μπρόκολου. Οι παίκτες λοιπόν, πρέπει να απαντήσουν σωστά, να αξιοποιήσουν το γράμμα π, να σκεφτούν την πιθανή κρυψώνα και να βρουν τον επόμενο γρίφο, ο οποίος θα βρίσκεται στο παράθυρο!

Δεύτερος γρίφος: «Υφασμα πολυτελείας, υψηλής δεξιοτεχνίας. Με ψέκασαν με ένα σπρί και η σταγόνα πάντα ρέει. Είμαι το _____-ύφασμα! Το επόμενο στοιχείο είναι στη φιγούρα που μου μοιάζει!»!

Η απάντηση είναι Νάνο- ύφασμα. Ο επόμενος κρύβεται σε μια φιγούρα νάνου.

Μαζί με το 2^ο γρίφο οι παίκτες συλλέγουν πληροφορίες για την νανοσκοπική ματιά του λωτού. Έτσι τους δίνεται ένα QR code όπου προβάλλεται ένα τρισδιάστατο μοντέλο του φύλλου του λωτού, όπως αυτό απεικονίζεται στο Σχήμα 2.3.11., το οποίο αναδεικνύει τα στοιχεία που λαμβάνουν μέρος στο φαινόμενο (νερό, αέρας, νανοεξογκώματα).

Παράλληλα οι παίκτες εντοπίζουν τις εξής πληροφορίες: «Οι επιστήμονες παρατήρησαν κάτι μυστήριο στο φύλλο του μπρόκολου όπως και εσείς. Όταν το νερό πέφτει πάνω τους γίνεται σφαιρικό και κυλάει. Έτσι ονόμασαν το φαινόμενο αυτό «φαινόμενο του λωτού», γιατί το παρατήρησαν πρώτα στο φύλλο του λωτού. Έπειτα ανακάλυψαν πως η επιφάνεια του φύλλου του λωτού είναι καλυμμένη με εξογκώματα σε μέγεθος νάνο, τα οποία ονομάζουμε νανοεξογκώματα. Τα νανοεξογκώματα δεν επιτρέπουν στις σταγόνες και στα βρώμικα σωματίδια να μπου ανάμεσά τους. Χάρη αυτών, τα φύλλα αυτά μένουν καθαρά και στεγνά».



Σχήμα 2.3.11. Τρισδιάστατο μοντέλο

Τρίτος γρίφος: «Τοποθέτησε σωστά, τα μέλη που παρατήρησες πριν λίγα λεπτά! Ποιο στοιχείο από εμάς μπορεί να τοποθετηθεί ξανά και ξανά; Μπορεί να έχει ρόλο κρυφό αλλά ταυτόχρονα πολύ σημαντικό, για να κρατά το φύλλο στεγνό! Το επόμενο στοιχείο θα το βρείτε στο μοναδικό κοινό γράμμα, ανάμεσα σε εμάς τους τρεις! Προσανατολιστείτε προς τα εκεί που το στοιχείο αυτό θεωρείται ότι επικρατεί!»

Η απάντηση του γρίφου είναι ο αέρας ενώ το επόμενο στοιχείο κρύβεται στο γράμμα «ε» που είναι το κοινό γράμμα μεταξύ των λέξεων «αέρας», «νερό» και «νανοεξογκώματα». Το γράμμα «ε» βρίσκεται κρεμασμένο σε ένα ψηλό σημείο και οι παίκτες θα πρέπει να προσανατολίσουν το βλέμμα τους προς τα πάνω, επηρεασμένοι από το στοιχείο του «αέρα».

Τέταρτος γρίφος: «Οι σταγόνες μας ποτίζουν, τα ίχνη τους πάνω μας αφήνουν. Φαίνεται μας αγαπούν πολύ, αφού η επαφή μας είναι ιδιαίτερα στενή! Είμαστε το φύλλο _____ και το απλό _____. Τα κοινά μας γράμματα συνθέτουν την αρχή ενός χρώματος. Ψάξτε στα σημεία του δωματίου αντικείμενα με αυτό το χρώμα για να βρείτε το τελευταίο στοιχείο!»

Οι απαντήσεις είναι «φύλλο μαρουλιού» και «απλό ύφασμα». Κοινά τους γράμματα το «μ», το «α» και το «υ» τα οποία στη σειρά συνθέτουν την αρχή του μαύρου χρώματος. Το παιχνίδι των γρίφων καταλήγει στο τελευταίο στοιχείο το οποίο βρίσκεται σε πολλά μαύρα μπαλόνια.

Κοιτώντας γύρω τους οι παίκτες θα εντοπίσουν πολλά μαύρα μπαλόνια μαζεμένα σε μια μεριά του δωματίου, όπως αυτά απεικονίζονται στο Σχήμα 2.3.12. Αυτά αναπαριστούν τα νανοεξογκώματα ενώ ακριβώς από πάνω τους υπάρχει ένα μπλε μπαλόνι με νερό, το οποίο αναπαριστά τη σταγόνα νερού. Οι παίκτες θα πρέπει να σκάσουν όλα τα μπαλόνια για να βρουν τα τελευταία στοιχεία για το φαινόμενο του λωτού. Όταν σπάσουν όλα τα μπαλόνια, το μπλε μπαλόνι θα σκάσει με τη βοήθεια μιας πινέζας που θα κρύβεται στην επιφάνεια, αναδεικνύοντας τον ρόλο των νανοεξογκωμάτων.



Σχήμα 2.3.12. Φυσικό μοντέλο αναπαράστασης φαινομένου

Ο δεύτερος σταθμός επιδιώκεται να πραγματοποιηθεί στο χρονικό πλαίσιο της μίας ώρας. Το χρονόμετρο που υπάρχει στο δωμάτιο απόδρασης μετράει αντίστροφα σε αυτόν το χρόνο.

Σταθμός 3: Αφού λοιπόν σπάσουν όλα τα μπαλόνια, οι παίκτες συνδέοντας τα κομμάτια που βρίσκουν, έχουν στα χέρια τους Qr code και ένα χαρτί το οποίο γράφει:

«Μόλις εισπνεύσατε φίλτρο μαγικό και ήρθατε στον κόσμο τον ναυοσκοπικό. Κάτω από το γιγάντιο φύλλο λωτού κοιτάζετε και το Qr code σκανάρετε. Δείτε τις δομές διαφορετικά, μιας και βλέπετε με ναυοσκοπική ματιά. Λύστε τον 1ο γρίφο, που βρίσκεται κάτω από το φύλλο και φτάστε ένα βήμα πριν την απόδραση. Μην ξεχνάτε κάθε πληροφορία να κρατάτε»!

Οι παίκτες λοιπόν, βρίσκουν το γιγάντιο φύλλο λωτού και σκανάρουν το Qr code. Εκεί παρατηρούν τις ναυοδομές του φύλλου του λωτού και την συμπεριφορά της σταγόνας κατά το φαινόμενο του λωτού. Παίρνουν στα χέρια τους τον πρώτο γρίφο ενώ παράλληλα παρατηρούν.

1^{ος} γρίφος: «Κοιτάζετε ψηλά και θα με δείτε! Μπορείτε να συγκρίνετε το μέγεθός μου με αυτό των ναυοεξογκωμάτων; Το μαθηματικό σύμβολο που συνδέει τα μεγέθη μας, θα σας δείξει τη μεριά του δωματίου που θα πρέπει να κινηθείτε. Αρκούν τόσα βήματα, όσες και οι συλλαβές μου προς τη μεριά αυτή, για να βρείτε τον επόμενο γρίφο».

_____ > ναυοεξογκώματα

_____ < ναυοεξογκώματα

_____ = ναυοεξογκώματα

Οι παίκτες αφού στρέψουν το τάμπλετ προς τα πάνω θα εντοπίσουν τη σταγόνα νερού. Παρατηρώντας την και συγκρίνοντάς την με τα νανοεξογκώματα, θα οδηγηθούν στο γεγονός που αναδεικνύει το μέγεθος της σταγόνας νερού μεγαλύτερο από αυτό των νανοεξογκωμάτων. Έτσι σταγόνα νερού > νανοεξογκώματα. Το σύμβολο οδηγεί τους παίκτες να κινηθούν προς τα δεξιά, ενώ τα βήματα που πρέπει να κάνω είναι 5 καθώς θα μετρήσουν τις συλλαβές από τη «σταγόνα νερού». Τόσο πέντε βήματα αριστερά τους, όσο και μπροστά τους και δεξιά τους, υπάρχει από ένα μαύρο κουτί. Το κουτί προς τα δεξιά περιέχει το μήνυμα για την τελευταία δράση πριν την απόδραση, ενώ τα άλλα περιέχουν τα υλικά που θα χρειαστούν για την πραγματοποίηση αυτής.

Μήνυμα: «Ανοίξτε τα άλλα δυο μαύρα κουτιά και συγκεντρώστε στην 2^η πειραματική γωνιά όλα όσα αυτά περιέχουν. Η ώρα της απόδρασης πλησιάζει! Χρησιμοποιήστε όλα τα υλικά που συγκεντρώθηκαν από τα κουτιά, για τη δημιουργία των ταυτοτήτων! Μην ξεχαστείτε! Αξιοποιήστε όλα τα στοιχεία του δωματίου και βιαστείτε»!

Οι παίκτες έχοντας συλλέξει όλα τα στοιχεία για το φαινόμενο του λωτού, φτάνουν στο τέλος του δωματίου απόδρασης. Τα δυο μαύρα κουτιά περιέχουν γραφική ύλη και είδη χειροτεχνίας προκειμένου να δημιουργηθούν οι ταυτότητες. Όταν ολοκληρώσουν τις δημιουργίες τους καλούνται να χτυπήσουν το καμπανάκι που υπάρχει στην πόρτα που εισήλθαν στο δωμάτιο. Τότε ο εκπαιδευτικός-game master έχοντας το σήμα του «λωτο-συνοριοφύλακα» ελέγχει τις ταυτότητες και επιτρέπει την επιτυχή απόδραση εφόσον κρίνει την δημιουργία τους επιτυχή!

Ο τρίτος και τελευταίος σταθμός, επιδιώκεται να υλοποιηθεί στο χρονικό πλαίσιο της μία ώρας. Το χρονόμετρο που υπάρχει στο δωμάτιο απόδρασης ρυθμίζεται να μετρά αντίστροφα σε αυτόν τον χρόνο.

Στα σχήματα 2.3.13. έως και 2.3.20. παρουσιάζεται η τρισδιάστατη αναπαράσταση, σχεδιασμένη στο Sketch up, για το πώς θα μπορούσε να οργανωθεί ο χώρος των δωματίων απόδρασης



2.3.13. Αξονομετρικό δωματίου απόδρασης 1



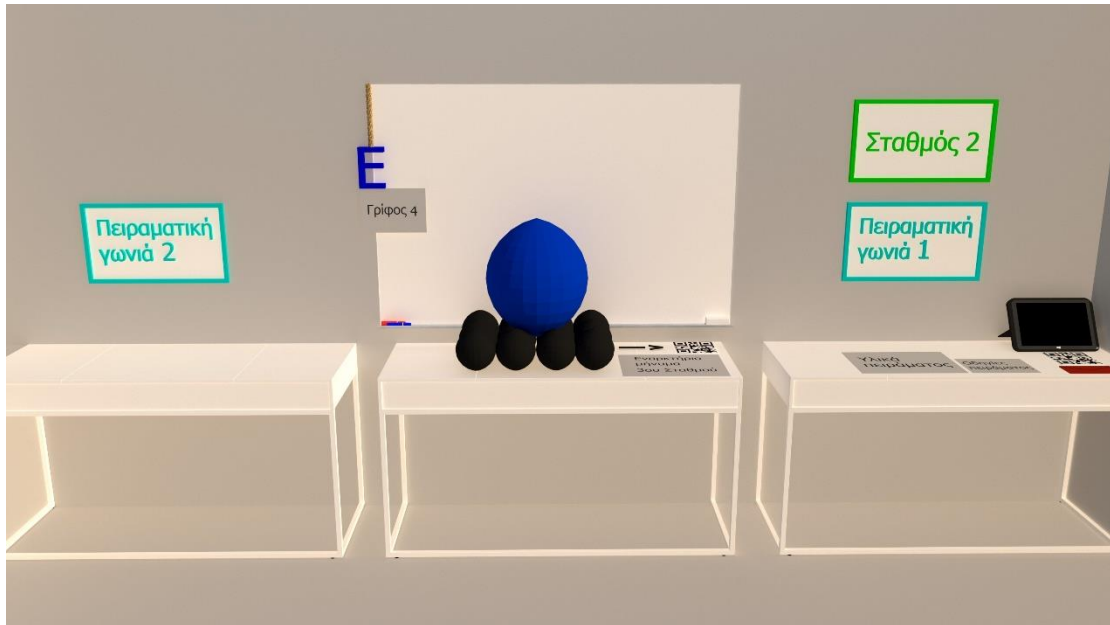
2.3.14. Αξονομετρικό δωματίου απόδρασης 2



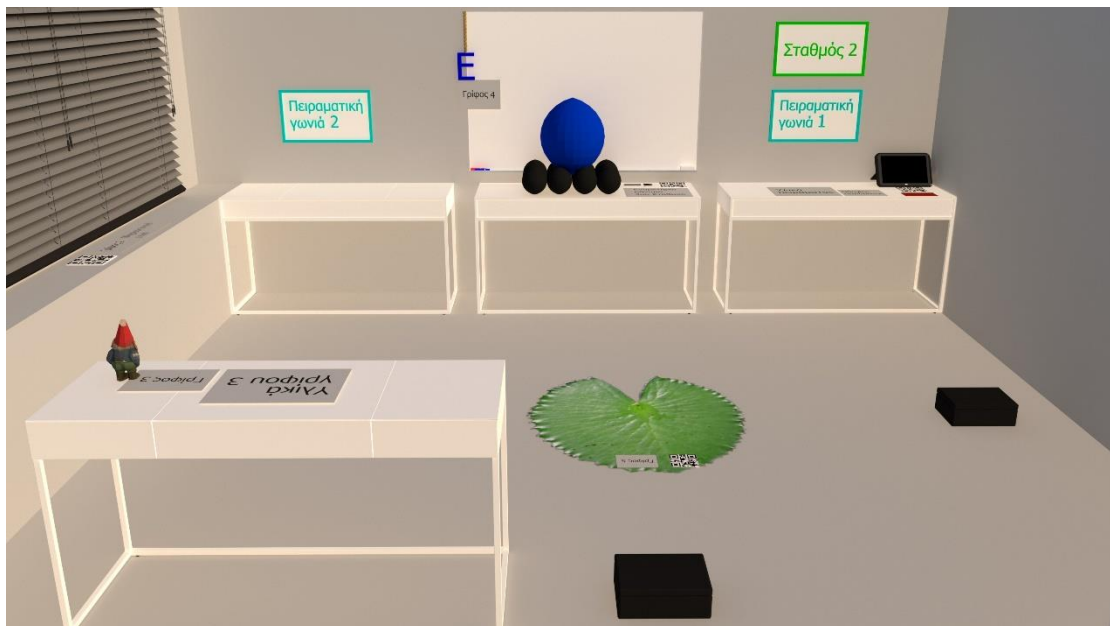
2.3.15. Κάτοψη δωματίου απόδρασης



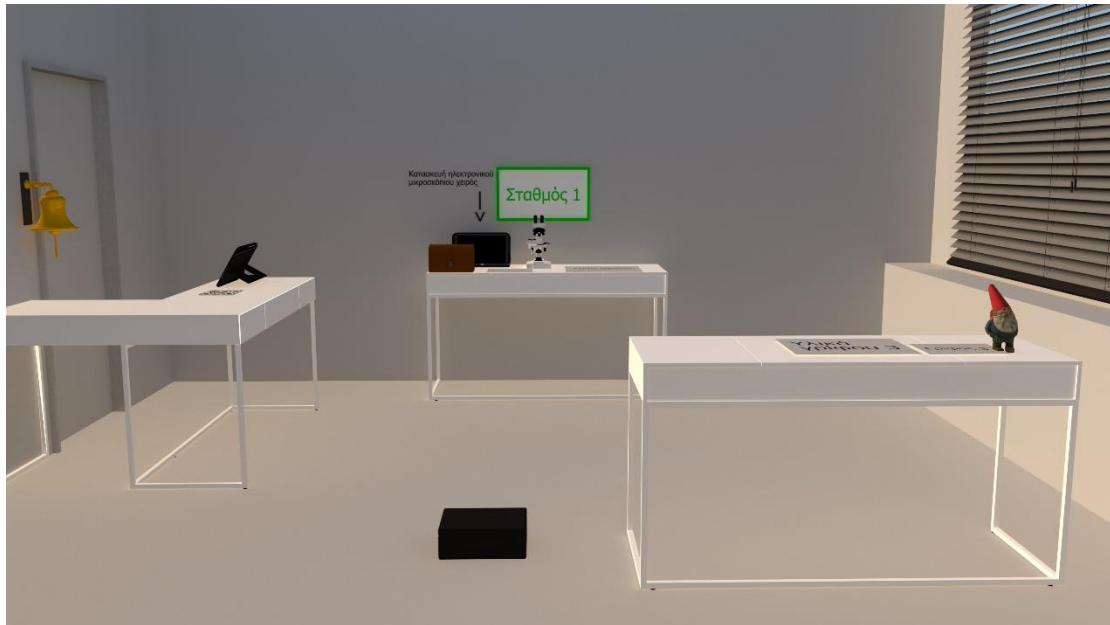
2.3.16. Υπόδειγμα δομής εισόδου και πρώτου σταθμού



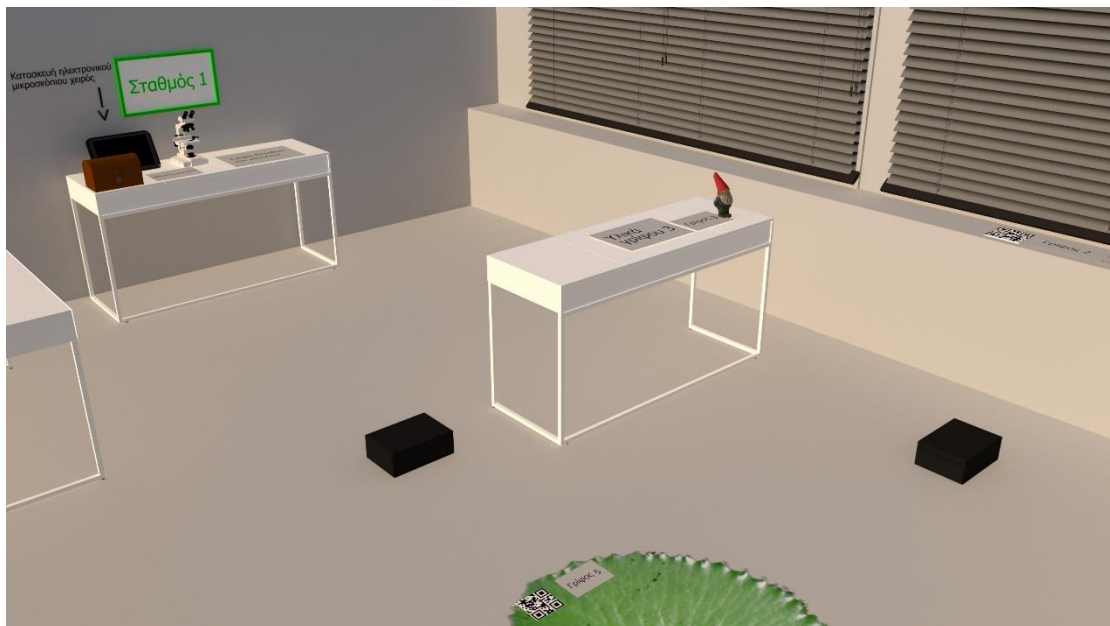
2.3.17. Υπόδειγμα δομής δωματίου απόδρασης



2.3.18. Υπόδειγμα δομής δωματίου απόδρασης



2.3.19. Υπόδειγμα δομής δωματίου απόδρασης



2.3.20. Υπόδειγμα δομής δωματίου απόδρασης

2.4. Εργαλείο συλλογής δεδομένων

Εργαλείο συλλογής δεδομένων για την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού που σχεδιάστηκε, αποτέλεσε ένα γραπτό ερωτηματολόγιο σε ηλεκτρονική μορφή (google forms). Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε 8 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Στον πίνακα 2.4.1. παρουσιάζονται τα ερωτήματα του ερωτηματολογίου.

| |
|---|
| Ερώτημα |
| Χρόνια προϋπηρεσίας: |
| Θεωρείτε κατάλληλο το δωμάτιο απόδρασης για την παιγνιώδη εμπλοκή του μαθητικού πληθυσμού με το φαινόμενο του λωτού; Να εξηγήσετε τη σκέψη σας. |
| Θεωρείτε ότι οι μαθητές μπορούν να προσεγγίσουν το φαινόμενο του λωτού με τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας; Να εξηγήσετε την σκέψη σας. |
| Θεωρείτε ότι είναι υλοποιήσιμο το εκπαιδευτικό υλικό με τη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας; Να εξηγήσετε τη σκέψη σας. |
| Ποιο/α στοιχεία του εκπαιδευτικού υλικού θεωρείτε πως μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές/τριες να προσεγγίσουν το φαινόμενο του λωτού; |

| |
|--|
| <p>Το εκπαιδευτικό υλικό που προτείνεται θεωρείται ότι είναι ελκυστικό για τον μαθητικό πληθυσμό; Να εξηγήσετε τη σκέψη σας.</p> |
| <p>Τι θα αλλάζατε στο εκπαιδευτικό υλικό;</p> |

Πίνακας 2.4.1. Ερωτήματα

2.5. Συμμετέχοντες στην έρευνα και διαδικασία συλλογής δεδομένων

Στην έρευνα συμμετείχαν τέσσερις εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης οι οποίοι είχαν εμπειρία και γνώση σχετική με το περιεχόμενο της N-ET, καθώς ήταν κάτοχοι μεταπτυχιακού στη διδακτική των ΦΕ και είχαν εκπονήσει μεταπτυχιακές εργασίες σχετικές με την εκπαίδευση στη N-ET.

Για τη συλλογή των δεδομένων δημιουργήθηκε ένα βίντεο (<https://youtu.be/Dd1MIeXDcIE>), στο οποίο παρουσιάζεται η χρήση του εκπαιδευτικού υλικού. Στο εργαστήριο Φυσικής του Π.Τ.Δ.Ε. τοποθετήθηκαν οι σταθμοί του δωματίου απόδρασης μαζί με όλα τα εκπαιδευτικά υλικά και βιντεοσκοπήθηκε η χρήση τους από τη συγγραφέα της εργασίας. Το βίντεο που δημιουργήθηκε, συνοδευόμενο από κείμενο στο οποίο παρουσιαζόταν το εκπαιδευτικό υλικό στάλθηκε με email στους εκπαιδευτικούς οι οποίοι κλήθηκαν να το μελετήσουν και έπειτα να απαντήσουν στο ερωτηματολόγιο

2.6. Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων είναι ποιοτική και συγκεκριμένα ακολουθήθηκε η θεματική ανάλυση. Αυτή συνίσταται στη συστηματική αναγνώριση, οργάνωση και κατανόηση συνεχόμενων μοτίβων όμοιου νοήματος (θέματα) στο πλαίσιο ενός συνόλου δεδομένων (Braun & Clarke 2012). Ο/Η

ερευνητής/ερευνήτρια εντοπίζει τα διάφορα μοτίβα νοήματος και έπειτα εστιάζει σε εκείνα που αφορούν το θέμα που διερευνάει και τα ερευνητικά ερωτήματα/στόχους της έρευνας που έχει θέσει, τα οποία αποτελούν οδηγό κατά τη διαδικασία ανάλυσης. Είναι μια ευέλικτη μέθοδος που επιτρέπει στον ερευνητή να επικεντρωθεί στα δεδομένα με πολλούς διαφορετικούς τρόπους.

Η θεματική ανάλυση κατά τους Braun και Clarke (2012), υλοποιείται σε έξι στάδια:

Στάδιο 1^ο: Εξοικείωση με τα δεδομένα

Στάδιο 2^ο: Δημιουργία αρχικών κωδίκων

Στάδιο 3^ο: Αναζήτηση θεμάτων

Στάδιο 4^ο: Αναθεώρηση πιθανών θεμάτων

Στάδιο 5^ο: Ορισμός και ονομασία θεμάτων

Στάδιο 6^ο: Σύνταξη της έκθεσης

Κατά το πρώτο στάδιο της θεματικής ανάλυσης, συγκεντρώθηκαν όλα τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους εκπαιδευτικούς και μελετήθηκαν διεξοδικά, ανά εκπαιδευτικό και ανά ερώτημα. Στη συνέχεια και αφού υπήρξε εξοικείωση με τα δεδομένα, η ανάλυση πέρασε στο δεύτερο στάδιο, το οποίο αφορά τη δημιουργία αρχικών κωδίκων. Οι κώδικες περιγράφουν περιεκτικά το περιεχόμενο των δεδομένων και αποτελούν το «δομικό» στοιχείο για την παραγωγή θεμάτων σε επόμενο στάδιο.

Κατά το τρίτο στάδιο ξεκίνησε η διαμόρφωση της ανάλυσης, καθώς πραγματοποιήθηκε η μετάβαση από τους κώδικες στα θέματα. Η αναζήτηση θεμάτων αφορά μια ενεργή διαδικασία, η οποία δεν περιορίζεται στην ανακάλυψη πιθανών θεμάτων αλλά στην δημιουργία αυτών. Έτσι, έχοντας στη διάθεση μας τα δεδομένα

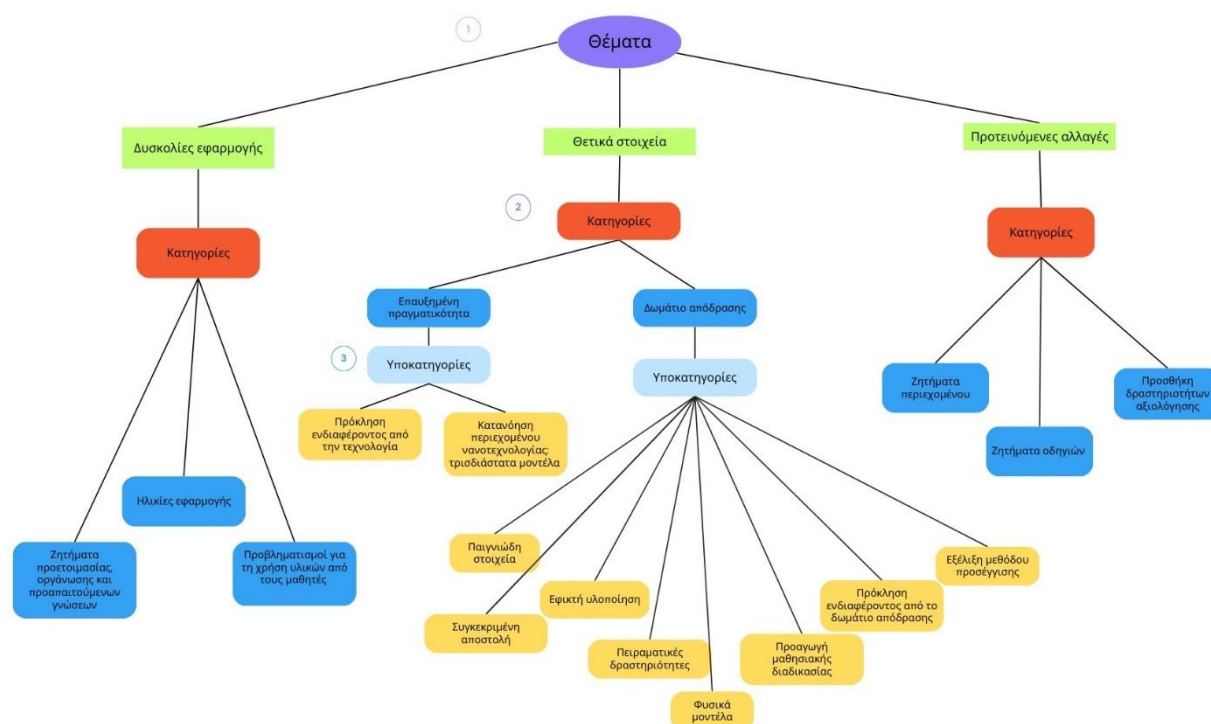
δημιουργούμε θέματα, τα οποία συλλαμβάνουν κάτι σημαντικό σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα και αντιπροσωπεύουν ικανοποιητικά το σύνολο των δεδομένων (Braun & Clarke, 2006). Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει παράλληλα, τον επανέλεγχο των κωδικοποιημένων δεδομένων για την εύρεση κοινών ή επικαλυπτόμενων σημείων μεταξύ κωδικών.

Στο πλαίσιο του τέταρτου σταδίου, πραγματοποιήθηκε η αναθεώρηση των προτεινόμενων θεμάτων που αναζητήθηκαν στο προηγούμενο στάδιο. Αφορά μια διαδικασία αναδρομική, η οποία περιλαμβάνει την επανεξέταση των ενδεχόμενων θεμάτων, σε σχέση με τα κωδικοποιημένα δεδομένα και το σύνολο αυτών.

Το πέμπτο στάδιο περιλαμβάνει τον ορισμό και την ονομασία των τελικών θεμάτων της ανάλυσης. Αποτελεί μια εις βάθος αναλυτική εργασία, η οποία κρίνεται κρίσιμη για τη διαμόρφωση της τελικής ανάλυσης. Συχνά συγχέεται με το έκτο και τελευταίο στάδιο καθώς είναι ένα βήμα πριν την τελική παρουσίαση κάθε θέματος. Σύμφωνα με τα στάδια της θεματικής ανάλυσης, οι απαντήσεις του δείγματός μας αναλύθηκαν σε υποκατηγορίες (κωδικούς), κατηγορίες και θέματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μελέτης θα παρουσιαστούν βάσει των θεμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση των ποιοτικών δεδομένων. Το πρώτο θέμα αφορά τα «Θετικά στοιχεία» του εκπαιδευτικού υλικού και περιλαμβάνει δύο κατηγορίες και οκτώ υποκατηγορίες. Το δεύτερο θέμα, περιέχει τις «Δυσκολίες εφαρμογής» και περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες. Τέλος, το τρίτο θέμα αφορά τις «Προτεινόμενες αλλαγές» και περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες. Στο Σχήμα 3.1. παρουσιάζονται τα θέματα, οι κατηγορίες και οι υποκατηγορίες που αναδείχθηκαν από την ανάλυση των δεδομένων.



Σχήμα 3.1. Σχηματική απεικόνιση θεματικής ανάλυσης

3.1. Θέμα: Θετικά στοιχεία

Το πρώτο θέμα που δημιουργήθηκε, αφορά τα θετικά στοιχεία που εντόπισαν οι εκπαιδευτικοί στο εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε. Πιο συγκεκριμένα,

αναφέρθηκαν σε δεδομένα που αφορούσαν την εκπαιδευτική προσέγγιση και το σύνολο του δωματίου, ενώ εστίασαν και στα στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας. Τα δεδομένα αυτά, επιμερίστηκαν σε δύο κατηγορίες, οι οποίες με τη σειρά τους επιμερίζονται σε δυο και οκτώ υποκατηγορίες αντιστοίχως:

I. Κατηγορία: Επαυξημένη πραγματικότητα

Η πρώτη κατηγορία συγκεντρώνει όλα τα θετικά στοιχεία που συλλέχθηκαν από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών και αφορούν την επαυξημένη πραγματικότητα. Στο πλαίσιο αυτής, δημιουργήθηκαν δυο ξεχωριστοί κωδικοί:

α) Υποκατηγορία: Πρόκληση ενδιαφέροντος από την τεχνολογία

Οι ερωτώμενοι εκπαιδευτικοί ανέφεραν την εξοικείωση των μαθητών με την τεχνολογία και τη χρήση της, ως στοιχεία που μπορούν να συμβάλλουν στην υλοποίηση του δωματίου απόδρασης και στην επίτευξη των στόχων που ορίστηκαν, με τη βοήθεια της επαυξημένης πραγματικότητας. Επιπλέον, ανέφεραν την χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας στην καθημερινότητα των μαθητών και των μαθητριών, στα διάφορα παιχνίδια:

Εκπαιδευτικός 1: «...Ναι, οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με αυτού του είδους την τεχνολογία».

Εκπαιδευτικός 2: «...Είναι ελκυστικό διότι γίνεται χρήση της τεχνολογίας που την αποζητά σήμερα ο μαθητής αλλά δίνονται και απαντήσεις σε ερωτήματα που ακούει από παντού στην καθημερινή του ζωή».

Εκπαιδευτικός 4: «...Ειδικότερα στις ημέρες μας που η επαυξημένη πραγματικότητα έχει θέση σχεδόν σε όλα τα παιχνίδια, τις κινητές συσκευές κτλ. Τα παιδιά είναι εξοικειωμένα».

β) Υποκατηγορία: Κατανόηση περιεχομένου νανοτεχνολογίας: τρισδιάστατα μοντέλα

Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί σημείωσαν τη συμβολή των τρισδιάστατων μοντέλων στην κατανόηση του περιεχομένου της νανοτεχνολογίας και του φαινομένου του λωτού. Αναλυτικότερα, δυο εκπαιδευτικοί ανέδειξαν τη συνεισφορά του τρισδιάστατου μοντέλου, όπου οι μαθητές και οι μαθήτριες τοποθετούνται πάνω στο φύλλο λωτού και βρίσκονται ανάμεσα από τα νανοεξογκώματα, στην κατανόηση του φαινομένου.

Εκπαιδευτικός 1: «...Μπορούν να προσεγγίσουν την νανοκλιμακα και να "δουν" την δομή του φύλλου καθώς και τη λειτουργία του, ευχάριστα και εύκολα».

Εκπαιδευτικός 1: «...Η τοποθέτηση του κάθε παίκτη πάνω στο φύλλο ανάμεσα στα εξογκώματα και η οπτική διάκριση μεγέθους εξογκωμάτων και σταγόνας νερού».

Εκπαιδευτικός 2: «...Αν μπορούσα να ξεχωρίσω δυο μοντέλα προσέγγισης και κατανόησης του φαινομένου, τα πλέον κατατοπιστικά για τους μαθητές, θα ήταν...με κορυφαίο το τελευταίο μοντέλο Ε.Π. όπου μπαίνουμε ανάμεσα στις νανοπροεξοχές με τη σταγόνα του νερού πάνω μας. Αυτό παρουσιάζει όλη την ουσία της σουπερ-Υδροφοβικότητας».

II.Κατηγορία: Δωμάτιο απόδρασης

Η δεύτερη κατηγορία συγκεντρώνει όλα τα θετικά στοιχεία που συλλέχθηκαν από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών και αφορούν το δωμάτιο απόδρασης και το περιεχόμενό του. Στο πλαίσιο αυτής, δημιουργήθηκαν οκτώ ξεχωριστοί κωδικοί:

α) Υποκατηγορία: Παιγνιώδη στοιχεία

Οι εκπαιδευτικοί σημείωσαν ως θετικά στοιχεία του δωματίου, αυτά που έχουν παιγνιώδη χαρακτήρα. Συγκεκριμένα αναφέρθηκαν στην αβίαστη εμπλοκή μαθητών και μαθητριών με το περιεχόμενο του δωματίου, λόγω του ελκυστικού χαρακτήρα που έχει στα πλαίσια της μορφής παιχνιδιού:

Εκπαιδευτικός 2: «...Ναι, το θεωρώ κατάλληλο γιατί εμπλέκει τους μαθητές με αυτό τον παιγνιώδη τρόπο σε διαδικασίες μάθησης. Και αφού έχει τον χαρακτήρα παιχνιδιού, ο μαθητής είναι δεχτικός και πρόθυμος».

Εκπαιδευτικό 4: «...Είναι ελκυστικό διότι εμπεριέχει παιχνίδι».

β) Υποκατηγορία: Συγκεκριμένη αποστολή

Οι εκπαιδευτικοί εντόπισαν τη θετική συμβολή του δωματίου απόδρασης ως εργαλείο μάθησης. Συγκεκριμένα, αναφέρθηκε ότι στο πλαίσιο που ορίζει το δωμάτιο απόδρασης, υπάρχει συγκεκριμένη αποστολή που ο μαθητικός πληθυσμός καλείται να φέρει εις πέρας. Αυτή η συνθήκη υποστηρίζεται ότι μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές και τις μαθήτριες να συνεργαστούν οικειοθελώς:

Εκπαιδευτικός 3: «...Έχουν μια αποστολή να φέρουν εις πέρας, συνήθως εμφανίζουν ομαδικότητα σε τέτοιου είδους δραστηριότητες».

γ) Υποκατηγορία: Εφικτή υλοποίηση

Ακόμη ένα θετικό στοιχείο, που αναδείχθηκε από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών, αποτελεί ο βαθμός υλοποίησης του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε. Στο σύνολό τους υποστήριξαν ότι το δωμάτιο απόδρασης μπορεί να υλοποιηθεί. Δύο εκπαιδευτικοί ανέδειξαν την δυνατότητα υλοποίησης του δωματίου ως έχει:

Εκπαιδευτικός 1: «...μπορεί να υλοποιηθεί μέσα σε μια σχολική αίθουσα χωρίς να χρειάζεται να υπάρχουν υλικά και τεχνολογία εξειδικευμένα».

Εκπαιδευτικός 2: «...Και βέβαια είναι υλοποιήσιμο το υλικό».

δ) Υποκατηγορία: Πειραματικές δραστηριότητες

Οι εκπαιδευτικοί αναγνώρισαν ακόμα ένα θετικό στοιχείο του δωματίου, το οποίο αφορά το σύνολο των πειραματικών δραστηριοτήτων που αυτό περιλαμβάνει. Πιο συγκεκριμένα, δυο εκπαιδευτικοί τις εντάσσουν μεταξύ των βασικότερων στοιχείων του εκπαιδευτικού υλικού που συμβάλλουν στην κατανόηση του φαινομένου του λωτού:

Εκπαιδευτικός 3: «...Κυρίως οι πειραματικές διαδικασίες».

Εκπαιδευτικός 4: «...Πολλά,...το πείραμα...».

ε) Υποκατηγορία : Φυσικά μοντέλα

Θετικό στοιχείο του εκπαιδευτικού υλικού σύμφωνα με τους/τις εκπαιδευτικούς, αποτέλεσε το φυσικό μοντέλο αναπαράστασης του φαινομένου (μοντέλο με τα μπαλόνια). Το μοντέλο θεωρήθηκε ελκυστικό και ξεχώρισε μεταξύ των στοιχείων του δωματίου:

Εκπαιδευτικός 2: «...Αν μπορούσα να ξεχωρίσω δυο μοντέλα προσέγγισης και κατανόησης του φαινομένου, τα πλέον κατατοπιστικά για τους μαθητές, θα ήταν το μοντέλο με τα μαύρο μπαλόνια και το μπλε, όπου φαίνεται η συμβολή των Νανοεξογκωμάτων στο φαινόμενο του λωτού».

Εκπαιδευτικός 4: «...Είναι ελκυστικό διότι εμπεριέχει..., μοντελοποίηση».

στ) Υποκατηγορία: Προαγωγή της μαθησιακής διαδικασίας

Επιπλέον, αναδείχθηκε η συμβολή του εκπαιδευτικού υλικού στο πλαίσιο της μαθησιακής διαδικασίας. Αναλυτικότερα, ένας εκπαιδευτικός υποστήριξε πως το υλικό προάγει τις διαδικασίες μάθησης, γεγονός που θεωρεί ο ίδιος αναγκαίο:

Εκπαιδευτικός 2: «...Και βέβαια είναι υλοποιήσιμο το υλικό...Από τη στιγμή που προάγει τη μαθησιακή διδασκαλία είναι ένα βήμα προς τα εμπρός. Πρέπει να γίνει αυτό το βήμα».

ζ) Υποκατηγορία: Πρόκληση ενδιαφέροντος από το δωμάτιο απόδρασης

Οι εκπαιδευτικοί μεταξύ άλλων σημείωσαν την πρόκληση ενδιαφέροντος στο μαθητικό πληθυσμό από το ίδιο το δωμάτιο απόδρασης και το περιεχόμενό αυτού. Χαρακτηριστικά μια εκπαιδευτικός ανέφερε ότι σημαντικό ρόλο στην εμπλοκή μαθητών και μαθητριών με το δωμάτιο απόδρασης διαδραμάτισε η εξοικείωση τους με αυτό, καθώς υπάγεται στα πλαίσια των ενδιαφερόντων τους. Παράλληλα, μια ακόμη εκπαιδευτικός αναφέρθηκε σε διάφορα στοιχεία του δωματίου απόδρασης, κρίνοντάς τα θετικά:

Εκπαιδευτικός 3: «...οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με δωμάτια απόδρασης και τους αρέσουν αρκετά», «...Ελκυστικό είναι σίγουρα μια και άπτεται των ενδιαφερόντων των μαθητών»

Εκπαιδευτικός 4: «...Πολλά, οι εικόνες,...,η ανάγνωση των πληροφοριών, οι λέξεις».

η) Υποκατηγορία: Εξέλιξη της διδακτικής μεθόδου προσέγγισης της N-ET

Ένα επιπλέον θετικό στοιχείο που ανέδειξαν οι ερωτώμενοι εκπαιδευτικοί, αφορά την εξέλιξη της διδακτικής μεθόδου προσέγγισης της N-ET. Πιο συγκεκριμένα, ένας

εκπαιδευτικός ανέφερε ότι το εκπαιδευτικό υλικό προσεγγίζει το φαινόμενο του λωτού με πιο εντυπωσιακό και ολοκληρωμένο τρόπο, εξελίσσοντάς την προσέγγιση του φαινομένου σε σχέση με τα εκπαιδευτικά υλικά που έχουν αναπτυχθεί έως τώρα:

Εκπαιδευτικός 2: «...Σίγουρα μπορούν γιατί ξεπερνά τις προηγούμενες μεθόδους προσέγγισης των φαινομένων. Έχουμε πιο σύνθετη προσέγγιση του φαινομένου με πιο εντυπωσιακό τρόπο κάτι που αρέσει τους μαθητές».

3.2. Θέμα: Δυσκολίες εφαρμογής

Το δεύτερο θέμα που δημιουργήθηκε αφορά τις ενδεχόμενες δυσκολίες που μπορεί να εμφανιστούν κατά την οργάνωση και την πραγματοποίηση του εκπαιδευτικού υλικού. Οι εκπαιδευτικοί έπειτα από ερώτηση τους για τον βαθμό υλοποίησης του εκπαιδευτικού υλικού, εξέφρασαν προβληματισμούς και σημείωσαν πιθανές δυσκολίες και σημεία που χρειάζονται προσοχή. Τα δεδομένα αυτά, αναλύθηκαν σε τρεις ξεχωριστές κατηγορίες.

I. Κατηγορία: Ηλικίες εφαρμογής

Οι εκπαιδευτικοί εξέφρασαν τους ενδιασμούς τους για την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σε μικρότερες τάξεις του δημοτικού σχολείου, επισημαίνοντας πως θεωρούν το δωμάτιο απόδρασης υλοποιήσιμο κυρίως στις μεγαλύτερες τάξεις:

Εκπαιδευτικός 3: «...Είναι υλοποιήσιμο κυρίως σε παιδιά των δύο μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού».

II. Κατηγορία: Ζητήματα προετοιμασίας, οργάνωσης και προαπαιτούμενων γνώσεων

Ακόμα μια κατηγορία ενδεχόμενων δυσκολιών εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού, που ανέδειξε η ομάδα των ερωτώμενων εκπαιδευτικών, αποτελεί το σύνολο

των προϋποθέσεων προετοιμασίας, οργάνωσης και προαπαιτούμενων γνώσεων. Αναλυτικότερα, οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι το δωμάτιο απόδρασης δύναται να εφαρμοστεί έπειτα από σωστή προετοιμασία του μαθητικού πληθυσμού, κατάλληλη οργάνωση του χώρου και του χρόνου καθώς επίσης σημειώνεται η ανάγκη για ανάπτυξη προαπαιτούμενων γνώσεων, ιδίως στο αντικείμενο κατανόησης των τριών κόσμων (νανόκοσμος, μικρόκοσμος, μακρόκοσμος):

Εκπαιδευτικός 3: «...φτάνει να έχει γίνει προσέγγιση της έννοιας της NET και των τριών κόσμων νωρίτερα με στόχο τη δημιουργία προϋπάρχουσων γνώσεων μια και αυτές απαιτούνται στο συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό».

Εκπαιδευτικός 4: «...να ενταχθεί στο μάθημα έπειτα από σωστή προετοιμασία, οργάνωση χώρου και χρόνου όπως και γνώση των πρότερων ιδεών».

III. Κατηγορία: Προβληματισμοί για τη χρήση υλικών από τους μαθητές

Μια τρίτη κατηγορία του θέματος που αφορά τις δυσκολίες εφαρμογής, περιλαμβάνει προβληματισμούς για θέματα συμπερίληψης και αποπροσανατολισμού μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ένας/μια εξέφρασε την ανησυχία του, για το φυσικό τρισδιάστατο μοντέλο με τα μπαλόνια. Η ανησυχία του/της αφορά τον ενδεχόμενο αποπροσανατολισμό των μαθητών/μαθητριών λόγω πιθανού φόβου στο άκουσμα του σπασίματος των μπαλονιών:

Εκπαιδευτικός 1: «...με προβληματίζει το σπάσιμο των μπαλονιών γιατί αρκετοί μαθητές μικρότερης ηλικίας φοβούνται στο άκουσμα του θορύβου καθώς επίσης κάποιοι μαθητές εμφανίζουν αισθητηριακό θέμα κατά την επαφή τους με τα μπαλόνια».

Ο/Η ίδιος/ίδια εκπαιδευτικός ανέφερε επίσης ως εμπόδιο τον πιθανό αυθορμητισμό των μαθητών και των μαθητριών κατά το σπάσιμο των μπαλονιών που απαιτεί η λύση του γρίφου:

Εκπαιδευτικός 1: «...ίσως δημιουργήσει αναστάτωση καθώς θα προσπαθούν να τα σκάσουν (σίγουρα με τα πόδια)».

3.3. Θέμα: Προτεινόμενες αλλαγές

Το τρίτο και τελευταίο θέμα που δημιουργήθηκε περιλαμβάνει όλες τις προτεινόμενες, από τους εκπαιδευτικούς, αλλαγές για την βελτίωση του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε. Τα δεδομένα αυτά ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες.

I. Κατηγορία: Ζητήματα περιεχομένου

Η πρώτη κατηγορία του τρίτου θέματος περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία του εκπαιδευτικού υλικού που αφορούν προτάσεις αλλαγής σε ζητήματα περιεχομένου της N-ET αλλά και του εκπαιδευτικού υλικού. Αναλυτικότερα, οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν πως θα ελάττωναν το πλήθος των πληροφοριών του δωματίου:

Εκπαιδευτικός 3: «...τα δωμάτια εάν μπορούσαν να έχουν λιγότερες πληροφορίες από άλλα στοιχεία».

Εκπαιδευτικός 4: «...Θα πρότεινα ένα δωμάτιο με λιγότερο περιεχόμενο από άλλα πρόσθετα στοιχεία και με περισσότερο μυστήριο».

Ακόμη ένας εκπαιδευτικός, πρότεινε ως πρόσθετο στοιχείο στην ανάδειξη της διαφοράς μεγεθών ανάμεσα στη σταγόνα νερού και την απόσταση μεταξύ νανοεξογκωμάτων. Στο ίδιο μοντέλο, μια εκπαιδευτικός πρότεινε την προσθήκη ενός ακόμα τρισδιάστατου μοντέλου, πριν οι μαθητές και οι μαθήτριες τοποθετηθούν πάνω στο φύλλο και μεταξύ νανοεξογκωμάτων:

Εκπαιδευτικός 2: «...Θα πρόσθετα ότι σίγουρα είναι μεγαλύτερη από τα Νανοεξογκώματα αλλά μας ενδιαφέρει ότι τη δεδομένη στιγμή είναι μεγαλύτερη από την απόσταση μεταξύ των Νανοεξογκωμάτων με αποτέλεσμα να παραμένει ψηλά».

Εκπαιδευτικός 1: «...Θα ήθελα να δω πρώτα το φύλλο με τις σταγόνες νερού και μετά να βρεθούν πάνω του».

Επιπλέον, μια εκπαιδευτικός ανέφερε τον προβληματισμό της για την απόδοση των χρωμάτων με τα οποία αναπαραστάθηκαν οι νανοδομές του φύλλου του λωτού δεδομένου ότι οι εικόνες από ηλεκτρονικά μικροσκόπια είναι ασπρόμαυρες :

Εκπαιδευτικός 4: «...Θα ήθελα να σας ρωτήσω γιατί στη μοντελοποίηση τα νανοεξογκώματα τα δείχνετε σε πράσινο και όχι σε γκριζό χρώμα...Μήπως πρέπει να αλλάξετε το χρώμα...»

II. Κατηγορία: Ζητήματα οδηγιών

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει αλλαγές που πρότειναν οι εκπαιδευτικοί και αφορούν τις οδηγίες που δίνονταν στους διάφορους σταθμούς για τη λύση των γρίφων και τη χρήση υλικών. Συγκεκριμένα, ένας εκπαιδευτικός αναφέρθηκε στον γρίφο δεκάδων-μονάδων του πρώτου σταθμού και πρότεινε να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή με σκοπό την αποφυγή του αποπροσανατολισμού των μαθητών και των μαθητριών:

Εκπαιδευτικός 2: «...Ίσως θα θέλει λίγο προσοχή στον γρίφο δεκάδων-μονάδων, ώστε να καταλάβουν ακριβώς τι ζητάμε, για να κρατήσουμε αυξημένο το ενδιαφέρον και τη συμμετοχή των μαθητών καθ' όλη τη διάρκεια της παρουσίασης».

Ταυτόχρονα, μια ακόμη εκπαιδευτικός, στο πλαίσιο του ίδιο σταθμού, πρότεινε μια διαφορετική προσέγγιση για την εύρεση των εκατοντάδων:

Εκπαιδευτικός 3: «...Θα έκανα λίγο πιο συγκεκριμένη την εύρεση των εκατοντάδων φροντίζοντας να την εντάξω μέσα στο πλαίσιο του νανόκοσμου. π.χ. βρίσκω το όργανο παρατήρησης του νανόκοσμου και ανακαλύπτω τον αριθμό που αυτό κρύβει στο πλάι του. ή οτιδήποτε άλλο».

III. Κατηγορία: Προσθήκη δραστηριοτήτων αξιολόγησης

Η τρίτη κατηγορία δημιουργήθηκε έπειτα από πρόταση μιας εκπαιδευτικού, για εμπλουτισμό του εκπαιδευτικού υλικού με μια ακόμη δραστηριότητα αξιολόγησης. Συγκεκριμένα η εκπαιδευτικός αναφέρθηκε στο τρισδιάστατο μοντέλο με τα μπαλόνια και πρότεινε τη δημιουργία υπομνήματος από τους μαθητές και τις μαθήτριες με σκοπό την αξιολόγηση του βαθμού κατανόησης του φαινομένου:

Εκπαιδευτικός 3: «...θα ζητούσα από τους μαθητές, όταν φτάσουν στο μοντέλο των νανοπροεξοχών, να δημιουργήσουν ένα υπόμνημα για να γίνει έλεγχος από τον εκπαιδευτικό αν έχουν καταλάβει το φαινόμενο».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία αυτή παρουσιάζει την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού, με τη συμβολή στοιχείων επαυξημένης πραγματικότητας, στο πλαίσιο ενός δωματίου απόδρασης. Το υλικό αυτό που αναπτύχθηκε και στη συνέχεια αξιολογήθηκε από εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, μας επιτρέπει να οδηγηθούμε σε συμπεράσματα για την έρευνά μας. Από την θεματική ανάλυση των δεδομένων αναδείχθηκαν τρία θέματα, τα οποία αφορούν τα θετικά στοιχεία του υλικού, τις ενδεχόμενες δυσκολίες εφαρμογής του καθώς επίσης και προτεινόμενες αλλαγές προς καλυτέρευση αυτού.

Οι εκπαιδευτικοί αναφέρθηκαν στα πολλαπλά θετικά στοιχεία που εντόπισαν στο υλικό και αφορούσαν τόσο το δωμάτιο απόδρασης όσο και την επαυξημένη πραγματικότητα. Ξεκινώντας από το δωμάτιο απόδρασης, οι εκπαιδευτικοί σημείωσαν τη συνεισφορά της παιγνιώδους φύσης του στη δημιουργία κινήτρων μάθησης και ευχάριστων πλαισίων αυτόνομης εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ανάλογα αποτελέσματα συναντάμε και στη βιβλιογραφία, καθώς τα δωμάτια απόδρασης συμβάλουν στη αυτόνομη μάθηση, την δημιουργία κινήτρων και την παιχνιδοποίηση αυτής (Κόκκινος, 2023).

Επιπλέον, αναδείχθηκε η δημιουργία συνθηκών συνεργασίας και η ανάπτυξη ομαδικότητας. Η ανάγκη των παικτών του δωματίου απόδρασης, να συνεργαστούν με στόχο να φέρουν εις πέρας μια συγκεκριμένη αποστολή που τους ορίζει το δωμάτιο, σε ένα περιβάλλον διασκεδαστικό αλλά ταυτόχρονα χρονικά πιεσμένο, συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επικοινωνίας και συνεργασίας. Αναφορές για αυτά τα θετικά στοιχεία του δωματίου συναντώνται και στη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, η ανάπτυξη δεξιοτήτων συνεργασίας και επικοινωνίας κατά τους Zhang et al., (2018), αποτελεί δομικό στοιχείο του μετασχηματισμού των δωματίων απόδρασης σε περιβάλλοντα

μάθησης. Με αυτόν τον τρόπο, προσεγγίζεται μια εξελιγμένη μέθοδος προσέγγισης του φαινομένου του λωτού που ασχολούμαστε, η οποία οδηγεί στην κατανόησή του.

Παράλληλα, η έρευνα ανέδειξε την δυνατότητα υλοποίησης του υλικού στα σχολικά πλαίσια, χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες ή την ανάγκη εξειδικευμένων μέσων και υλικών, γεγονός που αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Friedrich et al., 2019).

Σε ό,τι αφορά την επαυξημένη πραγματικότητα, οι εκπαιδευτικοί αναφέρθηκαν στη συνεισφορά των τρισδιάστατων μοντέλων για την κατανόηση του φαινομένου του λωτού. Τα τρισδιάστατα μοντέλα σύμφωνα με τους εκπαιδευτικούς, συνέβαλαν στην βαθύτερη και πληρέστερη κατανόηση του φαινομένου μέσα από δυο Μ.Ι., το «Μέγεθος των αντικειμένων» και τις «Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος: το φαινόμενο του λωτού». Επιπρόσθετα, υποστηρίχθηκε η δυναμική ανάπτυξη ενδιαφέροντος και εμπλοκής στη μαθησιακή διαδικασία, λόγω της χρήσης ΕΠ. Οι «ψηφιακά ιθαγενείς» μαθητές και μαθήτριες είναι πλέον εξοικειωμένοι με τα τεχνολογικά μέσα και τη χρήση τους, αφού καταλαμβάνουν μεγάλο κομμάτι της καθημερινής τους ζωής. Τα στοιχεία αυτά έρχονται να επιβεβαιώσουν την βιβλιογραφία καθώς η αξιοποίηση της επαυξημένης πραγματικότητας στα εκπαιδευτικά πλαίσια περιλαμβάνει ένα σύνολο θετικών στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα στην έρευνα των Μπαζιάκου & Δημητρακοπούλου, 2021, αναδείχθηκε η θετική επίδραση της επαυξημένης πραγματικότητας στην καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου μάθησης (Lindgren et al., 2016) και στην ανάπτυξη κινήτρων (Kamarainen et al., 2013).

Μεταξύ των θετικών στοιχείων, οι εκπαιδευτικοί εξέφρασαν και μερικούς προβληματισμούς, οι οποίοι αφορούσαν ζητήματα εφαρμογής. Συγκεκριμένα, αμφιλεγόμενο ζήτημα αποτέλεσε το ηλικιακό φάσμα εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε. Εκφράστηκαν δυο αντικρουόμενες απόψεις επί του θέματος,

καθώς μια εκπαιδευτικός υποστήριξε την δυνατότητα εφαρμογής του υλικού ακόμα και στις πιο μικρές τάξεις του δημοτικού σχολείου, ενώ μια άλλη εκπαιδευτικός σημείωσε τον περιορισμό εφαρμογής του στις μεγαλύτερες τάξεις. Με βάση τη βιβλιογραφία, θα μπορούσαν και οι δυο απόψεις να αιτιολογηθούν. Οι εκπαιδευτικές παρεμβάσεις που αναφέρονται στη βιβλιογραφία εξετάζουν την συμβολή της ΕΠ σε διάφορες ηλικιακές ομάδες, μεταξύ αυτών και οι ηλικίες 7 έως 12 ετών. Ωστόσο οι προβληματισμοί για την αξιοποίηση της ΕΠ σε μικρότερες ηλικίες είναι λογικοί, καθώς η ΕΠ αξιοποιήθηκε για την προσέγγιση του φαινομένου του λωτού με αναφορά σε αιτίες όπως η ναυοδομή της επιφάνειας και ο εγκλωβισμένος αέρας, κάτι που προτείνεται για μαθητές ΣΤ τάξης του δημοτικού σχολείου (Peikos et al. 2022).

Ακόμη, πεδίο προβληματισμού αποτέλεσαν τα διάφορα ζητήματα προετοιμασία, οργάνωσης χώρου και χρόνου καθώς επίσης και η ανάγκη προαπαιτούμενων γνώσεων για την καλύτερη αξιοποίηση του υλικού και την επίτευξη των στόχων που ορίστηκαν.

Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί πρότειναν αλλαγές προς βελτίωση του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε, εστιάζοντας στο περιεχόμενο, τις οδηγίες και την αξιολόγηση. Αναλυτικότερα, αναφέρθηκαν στον εμπλουτισμό του δωματίου με περισσότερα στοιχεία μυστηρίου και παράλληλα στην μείωση του γνωστικού περιεχομένου που περιλαμβάνει. Σε ό,τι αφορά τις οδηγίες, οι εκπαιδευτικοί ανέδειξαν την σημαντικότητα της διατύπωσης των οδηγιών που θα κληθούν οι μαθητές και οι μαθήτριες να ακολουθήσουν, ειδικά στο πλαίσιο του δωματίου απόδρασης που αποζητάμε το αμείωτο ενδιαφέρον των συμμετεχόντων. Επιπρόσθετα, τονίστηκε η ανάγκη για ένταξη περισσότερων δραστηριοτήτων αξιολόγησης στα ενδιάμεσα στάδια του δωματίου. Η ανάγκη αυτή σημειώνεται ως ζήτημα περιορισμού της χρήσης των δωματίων απόδρασης στη βιβλιογραφία, σε συνδυασμό με τα ζητήματα χρόνου και εφαρμογής (Fotaris & Mastoras, 2019).

Ολοκληρώνοντας την συγγραφή της παρούσας εργασίας, θεωρούμε άξιο να αναφερθούν στοιχεία περιορισμού τις έρευνας και προτεινόμενες αλλαγές για μελλοντικός ερευνητές. Τα στοιχεία έπειτα από την αξιολόγηση των εκπαιδευτικών είναι ενθαρρυντικά, για την ένταξη των δωματίων απόδρασης και της επαυξημένης πραγματικότητα στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής πραγματικότητας, ωστόσο το δείγμα είναι μικρό. Για τον λόγο αυτό δεν μπορούν να εξαχθούν γενικά συμπεράσματα.

Μελλοντικά, εξαιρετική συνθήκη έρευνας θα αποτελούσε ο συνδυασμός αξιολόγησης του υλικού, τόσο από μαθητές και μαθήτριες, όσο και από εκπαιδευτικούς. Αμφότεροι θα μπορούσαν να εμπλακούν στην παιγνιώδη διαδικασία απόδρασης και να εξετάσουν με αυτόν τον τρόπο τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα, φυσικά με διαφορετικά εργαλεία αξιολόγησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κόκκινος, Α. Δ. (2023). *Τα δωμάτια απόδρασης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση STEM* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
- Μάνου, Λ. (2020). *Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικών μαθησιακών σειρών για την εκπαίδευση εκπαιδευτικών στη νανοτεχνολογία* (Doctoral dissertation, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας).
- Μπαζιάκου, Α., & Δημητρακοπούλου, Α. (2021). Επισκόπηση ερευνών αξιοποίησης εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας σε δραστηριότητες με Φυσικές Επιστήμες. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 209-216.
- Πέικος, Γ. (2022). *Φαινόμενα και έννοιες στην κλίμακα του νάνο: θέματα μάθησης και διδασκαλίας στο Δημοτικό Σχολείο* (Doctoral dissertation, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας).
- Τζαφλίδου, Μ., & Λεοντίου, Γ. (1994). *Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιατρική σχολή.
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational research review*, 20, 1-11.
- Arıcı, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647.
- Ashfaq, A., Khursheed, N., Fatima, S., Anjum, Z., & Younis, K. (2022). Application of nanotechnology in food packaging: Pros and Cons. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100270.

- Braun, V., & Clarke, V. (2012). *Thematic analysis*. American Psychological Association.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77-101.
- Coelho, M. C., Torrao, G., & Emami, N. (2012). Nanotechnology in automotive industry: research strategy and trends for the future—small objects, big impacts. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 12(8), 6621-6630.
- Ferraris, C., Rimicci, C., Garelli, S., Ugazio, E., & Battaglia, L. (2021). Nanosystems in cosmetic products: A brief overview of functional, market, regulatory and safety concerns. *Pharmaceutics*, 13(9), 1408.
- Friedrich, C., Teaford, H., Taubenheim, A., Boland, P., & Sick, B. (2019). Escaping the professional silo: an escape room implemented in an interprofessional education curriculum. *Journal of interprofessional care*, 33(5), 573-575.
- Fotaris, P., & Mastoras, T. (2019, October). Escape rooms for learning: A systematic review. *In Proceedings of the European Conference on Games Based Learning* (pp. 235-243)
- Ghattas, N. I., & Carver, J. S. (2012). Integrating nanotechnology into school education: A review of the literature. *Research in Science & Technological Education*, 30(3), 271-284.
- Kumar, N., & Kumbhat, S. (2016). *Essentials in nanoscience and nanotechnology*. John Wiley & Sons.
- Kutzin, J. M., Sanders, J. E., & Strother, C. G. (2021). Transitioning Escape Rooms to a Virtual Environment. *Simulation & Gaming*, 52(6), 796– 806.
<https://doi.org/10.1177/10468781211035171>

- Laherto, A. (2010). An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. *Science Education International*, 21(3), 160-175.
- Lohani, A., Verma, A., Joshi, H., Yadav, N., & Karki, N. (2014). Nanotechnology-based cosmeceuticals. *International Scholarly Research Notices*, 2014.
- Lyberopoulou, A., Efstathopoulos, E. P., & Gazouli, M. (2016). Nanotechnology-based rapid diagnostic tests. *Proof Concepts Rapid Diagn. Tests Technol*, 7, 89-105.
- Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2020). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science & Technological Education*, 38(4), 377-395.
- Martina, R. A., & Göksen, S. (2022). Developing educational escape rooms for experiential entrepreneurship education. *Entrepreneurship Education and Pedagogy*, 5(3), 449-471
- Nicholson, S. (2018). Creating engaging escape rooms for the classroom. *Childhood Education*, 94(1), 44-49
- Pedaste, M., Mitt, G., & Jürivete, T. (2020). What is the effect of using mobile augmented reality in K12 inquiry-based learning?. *Education Sciences*, 10(4), 94
- Peikos, G., & Sofianidis, A. (2024). What Is the Future of Augmented Reality in Science Teaching and Learning? An Exploratory Study on Primary and Pre-School Teacher Students' Views. *Education Sciences*, 14(5), 480.
- Peikos, G., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D., & Papadopoulou, P. (2022). A teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology content at primary school level: evaluation of students' learning. *International Journal of Science Education*, 44(12), 1932-1957.

- Peikos, G., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D., & Papadopoulou, P. (2023). Nanoscale science and technology education: primary school students' preconceptions of the lotus effect and the concept of size. *Research in Science & Technological Education*, 41(1), 89-106.
- Raj, S., Jose, S., Sumod, U. S., & Sabitha, M. (2012). Nanotechnology in cosmetics: Opportunities and challenges. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 4(3), 186.
- Saidi, T., & Sigauke, E. (2017). The use of museum based science centres to expose primary school students in developing countries to abstract and complex concepts of nanoscience and nanotechnology. *Journal of Science Education and Technology*, 26(5), 470–480. <https://doi.org/10.1007/s10956-017-9692-2>
- Samaha, M. A., Tafreshi, H. V., & Gad-el-Hak, M. (2012). Superhydrophobic surfaces: From the lotus leaf to the submarine. *Comptes Rendus Mécanique*, 340(1–2), 18–34. <https://doi.org/10.1016/j.crme.2011.11.002>
- Shalaby, M. N., & Saad, M. M. (2020). Advanced material engineering and nanotechnology for improving sports performance and equipment. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(10), 2314-2322.
- Shah, M. A., Pirzada, B. M., Price, G., Shibiru, A. L., & Qurashi, A. (2022). Applications of nanotechnology in smart textile industry: A critical review. *Journal of Advanced Research*, 38, 55-75
- Spyrtou, A., Manou, L., & Peikos, G. (2021). Educational significance of nanoscience–nanotechnology: Primary school teachers' and students' voices after a training program. *Education Sciences*, 11(11), 724.
- Stevens, S., Sutherland, L., & Krajcik, J. S. (2009). The big ideas of nanoscale science & engineering: a guidebook for secondary teachers. NSTA Press.

- Taha, T. B., Barzinjy, A. A., Hussain, F. H. S., & Nurtayeva, T. (2022). Nanotechnology and computer science: Trends and advances. *Memories-Materials, Devices, Circuits and Systems*, 2, 100011.
- Veldkamp, A., Daemen, J., Teekens, S., Koelewijn, S., Knippels, M. C. P., & van Joolingen, W. R. (2020). Escape boxes: Bringing escape room experience into the classroom. *British Journal of Educational Technology*, 51(4), 1220-1239.
- Veldkamp, A., Knippels, M. C. P., & van Joolingen, W. R. (2021, March). Beyond the early adopters: Escape rooms in science education. In *Frontiers in Education* (Vol. 6, p. 622860). Frontiers Media SA.
- Whitton, N. (2018). Playful learning: tools, techniques, and tactics. *Research in Learning Technology*. 26(1), 2035-2047.
- Zoupidis, A., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D., & Kariotoglou, P. (2021). Teaching and learning floating and sinking: Didactic transformation in a density-based approach. *Fluids*, 6(4), 158. <https://doi.org/10.3390/fluids6040158>
- Zhang, X. C., Lee, H., Rodriguez, C., Rudner, J., Chan, T. M., & Papanagnou, D. (2018). Trapped as a group, escape as a team: applying gamification to incorporate team-building skills through an 'escape room' experience. *Cureus*, 10(3).



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΓΩΝΙΑ 1



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΓΩΝΙΑ 2





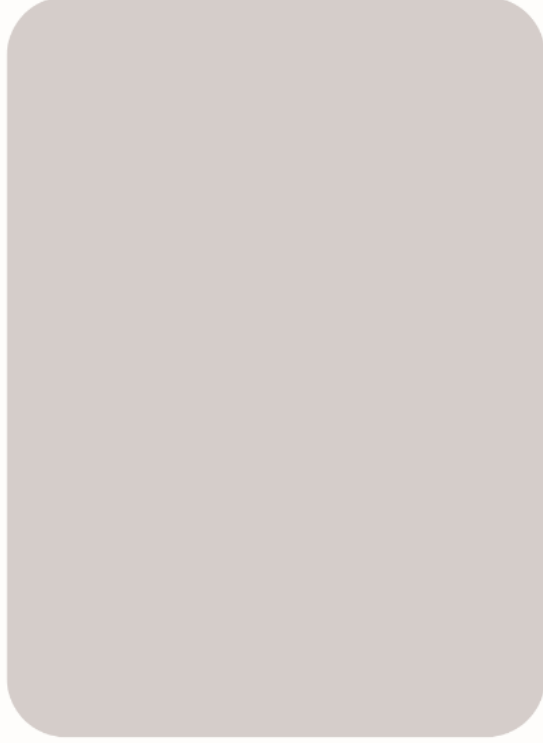
ΛΩΤΟΤΟΠΙΑΝΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ
ΑΡΧΗΓΕΙΟ ΛΩΤΩΝ



ΔΕΛΤΙΟ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗΣ
ΤΑΥΤΟΤΗΤΑΣ



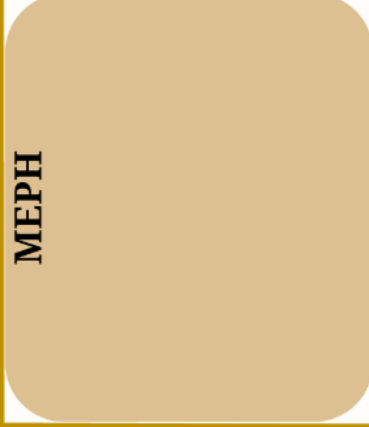
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ



ΥΠΟΓΡΑΦΗ



ΜΕΡΗ



ΧΡΩΜΑΤΑ



ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ
ΣΤΟ ΝΕΡΟ





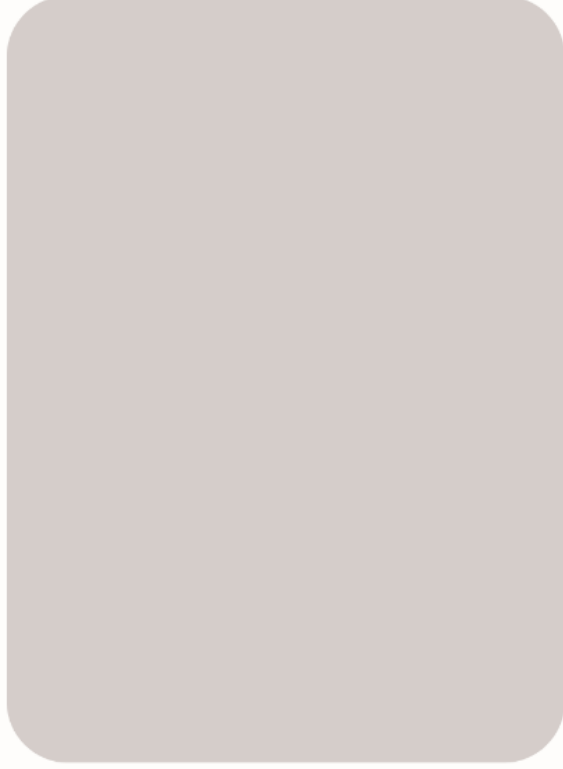
ΛΩΤΟΤΟΠΙΑΝΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ
ΑΡΧΗΓΕΙΟ ΛΩΤΩΝ



ΔΕΛΤΙΟ ΝΑΝΟΣΚΟΠΙΚΗΣ
ΤΑΥΤΟΤΗΤΑΣ



ΠΩΣ ΜΟΙΑΖΕΙ ΤΟ ΦΥΛΛΟ ΜΟΥ ΣΤΟΝ
ΝΑΝΟΚΟΣΜΟ



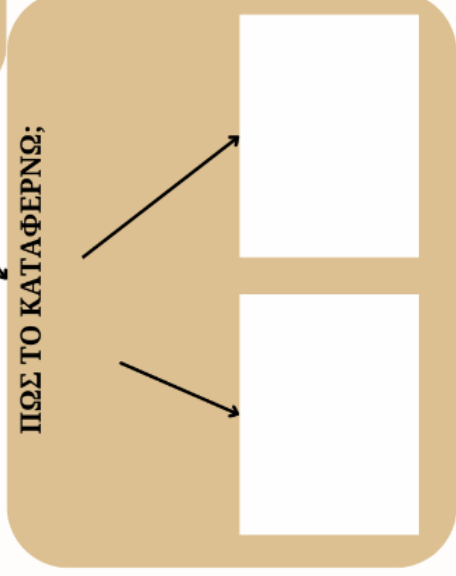
ΥΠΟΓΡΑΦΗ

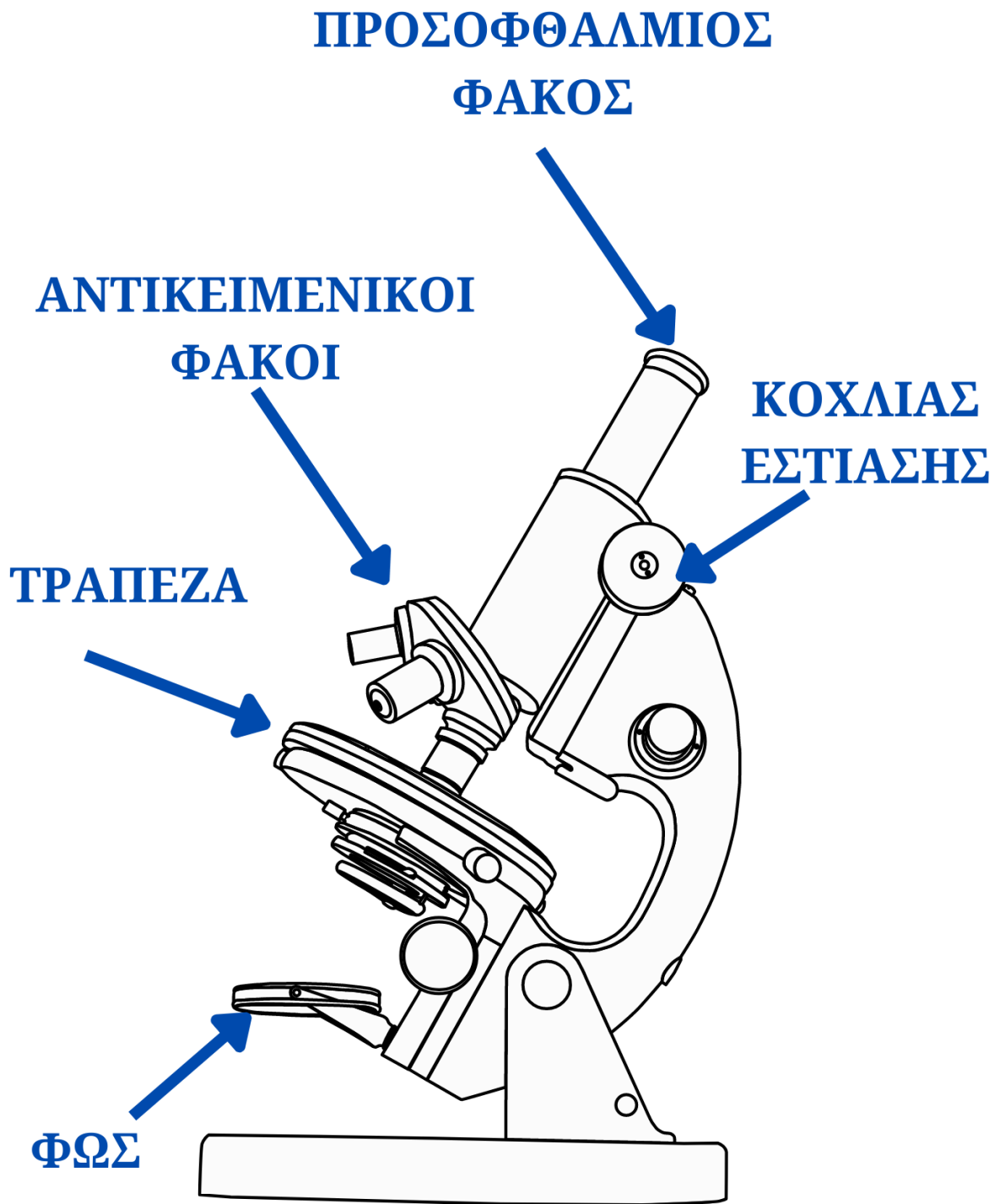


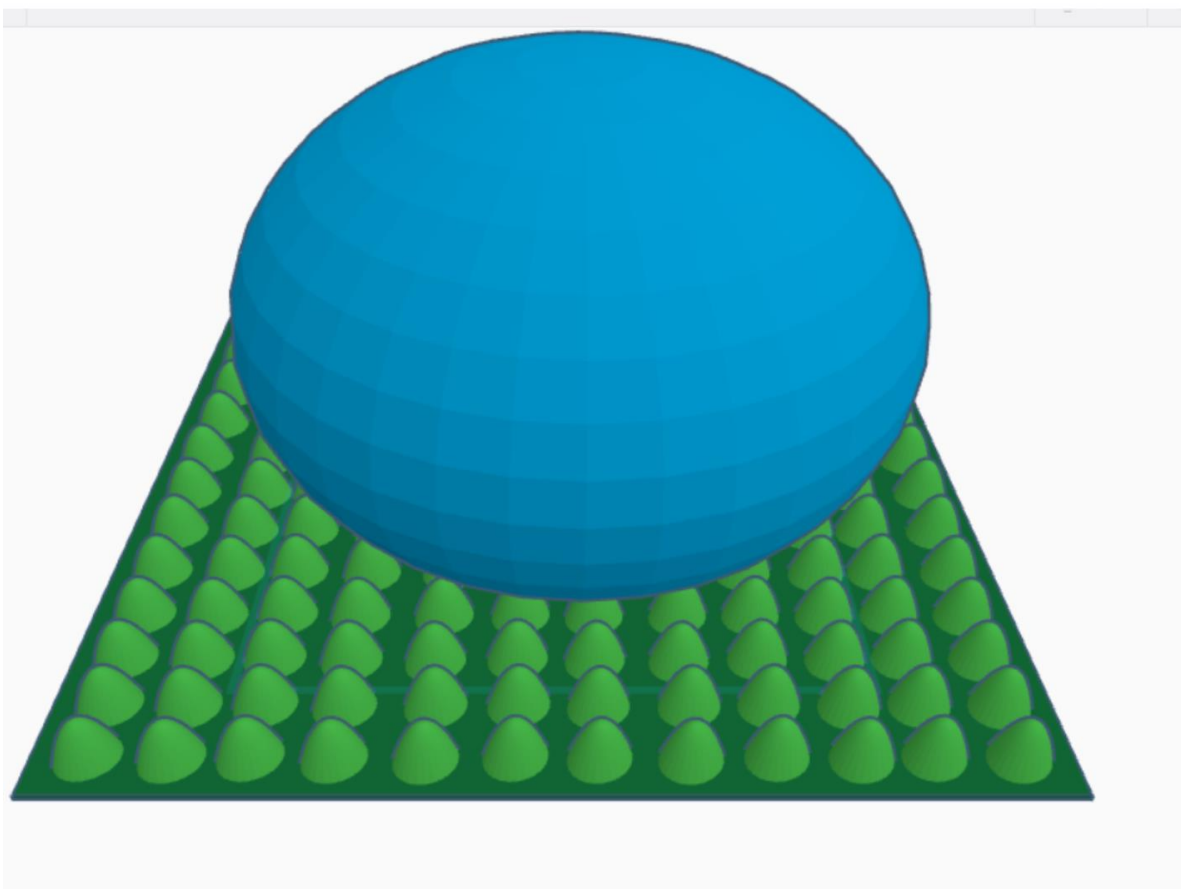
ΟΡΓΑΝΟ ΓΙΑ ΝΑ ΜΕ ΔΟΥΝ
ΣΤΟΝ ΝΑΝΟΚΟΣΜΟ

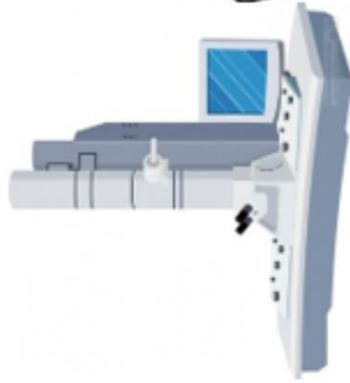
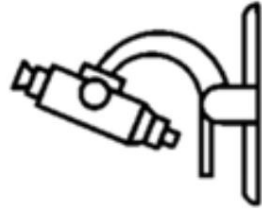
ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η
ΥΠΕΡΔΥΝΑΜΗ ΜΟΥ;

ΠΩΣ ΤΟ ΚΑΤΑΦΕΡΝΩ;









ΝΕΡΟ

ΑΕΡΑΣ

ΦΥΛΛΟ ΛΩΤΟΥ

ΝΑΝΟΕΞΟΓΚΩΜΑΤΑ

Έχω σταγόνα σφαιρική, καθόλου εύκολη να απορροφηθεί. Η κρυψώνα μου ξεκινά από το δεύτερο μου γράμμα. Είμαι το φύλλο_____; Ψάξτε την κρυψώνα με το επόμενο στοιχείο, αξιοποιώντας το δεύτερο γράμμα μου!

Ύφασμα πολυτελείας, υψηλής δεξιοτεχνίας. Με ψέκασαν με ένα σπρέι και η σταγόνα πάντα ρέει. Είμαι το _____-ύφασμα! Το επόμενο στοιχείο είναι στη φιγούρα που μου μοιάζει!

Τοποθέτησε σωστά, τα μέλη που παρατήρησες πριν λίγα λεπτά! Ποιο στοιχείο από εμάς μπορεί να τοποθετηθεί ξανά και ξανά; Μπορεί να έχει ρόλο κρυφό αλλά ταυτόχρονα πολύ σημαντικό, για να κρατά το φύλλο στεγνό! Το επόμενο στοιχείο θα το βρείτε στο μοναδικό κοινό γράμμα, ανάμεσα σε εμάς τους τρεις! Προσανατολιστείτε προς τα εκεί που το στοιχείο αυτό θεωρείται ότι επικρατεί!

Οι σταγόνες μας ποτίζουν, τα ίχνη τους πάνω μας αφήνουν. Φαίνεται μας αγαπούν πολύ, αφού η επαφή μας είναι ιδιαίτερα στενή! Είμαστε το φύλλο _____ και το απλό _____ . Τα κοινά μας γράμματα συνθέτουν την αρχή ενός χρώματος. Ψάξτε στα σημεία του δωματίου αντικείμενα με αυτό το χρώμα για να βρείτε το τελευταίο στοιχείο!

Μόλις εισπνεύσατε φίλτρο μαγικό και ήρθατε στον κόσμο τον νανοσκοπικό. Κάτω από το γιγάντιο φύλλο λωτού κοιτάξτε και το Qr code σκανάρετε. Δείτε τις δομές διαφορετικά, μιας και βλέπετε με νανοσκοπική ματιά. Λύστε τον 1ο γρίφο, που βρίσκεται κάτω από το φύλλο και φτάστε ένα βήμα πριν την απόδραση. Μην ξεχνάτε κάθε πληροφορία να κρατάτε!

Κοιτάξτε ψηλά και θα με δείτε! Μπορείτε να συγκρίνετε το μέγεθός μου με αυτό των νανοεξογκωμάτων; Το μαθηματικό σύμβολο που συνδέει τα μεγέθη μας, θα σας δείξει τη μεριά του δωματίου που θα πρέπει να κινηθείτε. Αρκούν τόσα βήματα, όσες και οι συλλαβές μου προς τη μεριά αυτή, για να βρείτε τον επόμενο γρίφο!

_____ > νανοεξογκώματα

_____ < νανοεξογκώματα

_____ = νανοεξογκώματα



Δίπλα από το σεντούκι υπάρχει ένα «Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Χειρός»-tablet, ένα οπτικό μικροσκόπιο και η εικόνα ενός ανθρώπινου ματιού. Τα τρία αυτά αντικείμενα στη σειρά συνθέτουν μια μαθηματική πράξη. Το αποτέλεσμα αυτής είναι ο αριθμός των δεκάδων του συνδυασμού.



- Πώς θα το βρείτε;

Συγκεντρώστε τα αντικείμενα από τη σακούλα που βρίσκεται δίπλα από τα αντικείμενα παρατήρησης.



- Πώς θα χρησιμοποιήσετε το κάθε όργανο παρατήρησης;

Το «Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Χειρός»-tablet αναπαριστά το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο με το οποίο μπορείτε να σκανάρετε τα αντικείμενα με τη βοήθεια του AR-Tutor (βρείτε την εφαρμογή στην αρχική σελίδα, σκανάρετε το Qr που βλέπετε δίπλα από την εικόνα του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και παρατηρήστε). Το οπτικό μικροσκόπιο αποτελείται από διάφορα μέρη, όπως αυτά παρουσιάζονται στην εικόνα δίπλα του. Για να παρατηρήσετε με αυτό, ξεκινήστε από τη μικρότερη μεγέθυνση και περιστρέψτε αργά το κοχλία εστίασης.

Έπειτα κολλήστε στον πίνακά, που βρίσκεται μπροστά σας, την κάθε εικόνα στο αντίστοιχο όργανο παρατήρησης. Στον πίνακα επιπλέον βλέπετε 3 διαφορετικούς κόσμους (1.0 κόσμος των ιών, 2.0 κόσμος των κυττάρων, 3.0 μακρόκοσμος).



- Ποιον κόσμο παρατηρείτε με το κάθε όργανο;

Κολλήστε τον κάθε κόσμο στο αντίστοιχο όργανο.

Ανοίξτε τα άλλα δυο μαύρα κουτιά και συγκεντρώστε στην 2η πειραματική γωνιά όλα όσα αυτά περιέχουν. Η ώρα της απόδρασης πλησιάζει! Χρησιμοποιείστε όλα τα υλικά που συγκεντρώθηκαν από τα κουτιά, για τη δημιουργία των ταυτοτήτων! Μην ξεχαστείτε! Αξιοποιήστε όλα τα στοιχεία του δωματίου και βιαστείτε!

Άμα με βάλετε στον σωστό κόσμο και με γυρίσετε ανάποδα, σχηματίζω έναν αριθμό. Προσθέστε τους αριθμούς και των δύο κόσμων και θα με βρείτε!

Για να αποδράσετε από εδώ πρέπει να μοιάζετε με λωτό. Την ταυτότητά τους φτιάξτε στο λεπτό για να ξεγελάσετε τον αρχηγό. Μόνο η συμπλήρωση αυτών θα σας οδηγήσει στο φευγιό. Μαζέψτε στοιχεία πολλά, πριν ο χρόνος σας κάνει φτερά. Ψάξε την πειραματική γωνιά για να δεις με νανοσκοπική ματιά»!

ΦΥΛΛΟ ΟΔΗΓΙΩΝ

Βήμα 1ο: Ρίξτε με το σταγονόμετρο λίγες σταγόνες νερό σε κάθε υλικό.

Βήμα 2ο: Παρατηρείστε το σχήμα της σταγόνας.

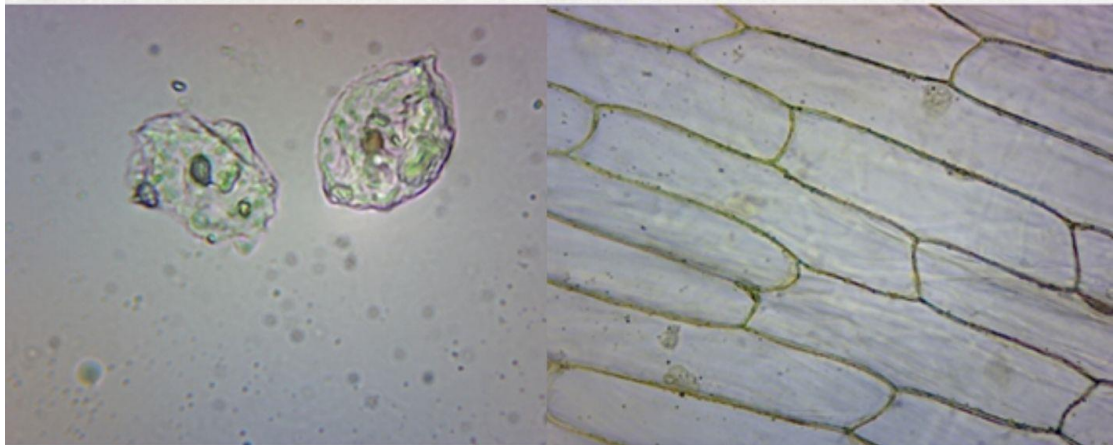
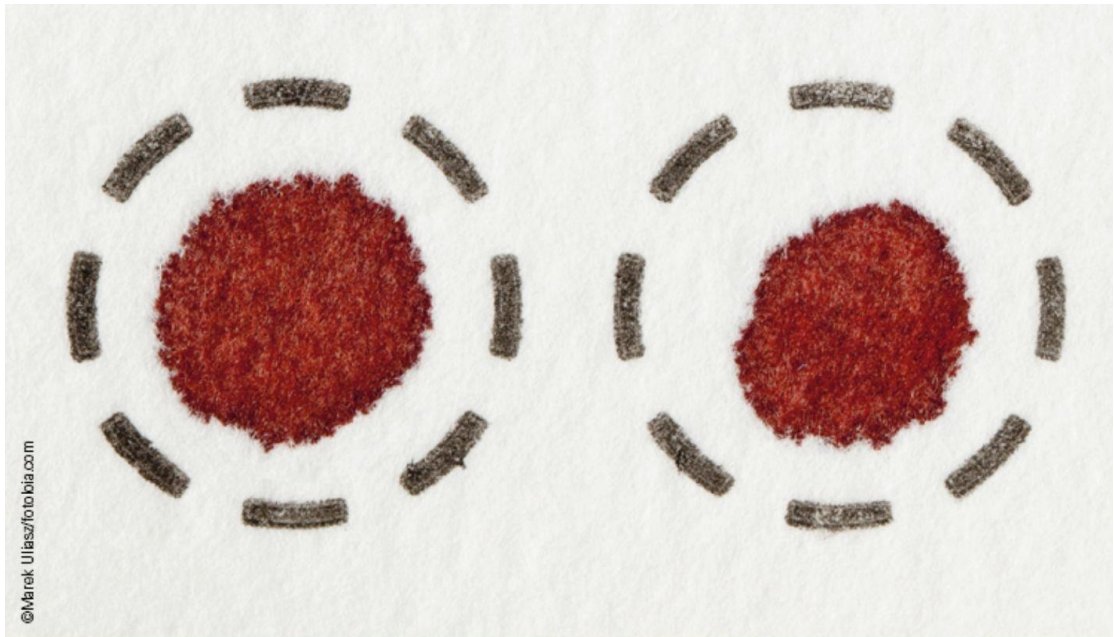
Βήμα 3ο: Παρατηρείστε πώς αυτή κινείται κατά την κλίση του κάθε υλικού.

Βήμα 4ο: Σημειώστε στο πινακάκι τα δεδομένα που συλλέξατε από το κάθε υλικό.

Βήμα 5ο: Μόλις είστε έτοιμοι αναζητείστε γύρω σας έναν φάκελο και διαβάστε το περιεχόμενό του

Το παιχνίδι των γρίφων ξεκινά! Χρησιμοποίησε όσα δεδομένα συνέλλεξες και βρες τα στοιχεία με τη σειρά. Όμως μην ξεχνάς τον τελικό σκοπό, κράτα τις πληροφορίες που βρίσκεις σε κάθε σταθμό, για το φευγιό!

Εκτόπωση μπρος πίσω:



5

4

3