ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΦΛΩΡΙΝΑΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΤΙΤΛΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

«Προσεγγίζοντας διερευνητικά φαινόμενα της κλίμακας του Νάνο στο Δημοτικό Σχολείο»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ ΣΑΚΕΛΛΑΡΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑΣ

ΦΛΩΡΙΝΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2016

Σε εκείνον που δεν γνώρισα ποτέ,

μα πήρα το όμορφο όνομά του……

Φύλλο Εξέτασης

1. Επόπτης:_____

Βαθμός: _____

Υπογραφή: Ημερομηνία:

2. Δεύτερος Βαθμολογητής: _____

Βαθμός: _____

Υπογραφή: Ημερομηνία:

Γενικός Βαθμός: -_____

Ο/η συγγραφέας ……. 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:

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 6

ABSTRACT 7

ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ 8

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 9

1.1. Νανοεπιστήμη και Νανοτεχνολογία 9

1.2. Ιστορία της Νανοτεχνολογίας 11

1.3. Οι κλίμακες 12

1.4. Η Φύση και η Τεχνολογία στην Κλίμακα του Νάνο: Η περίπτωση της Σαύρας Gecko (Σαμιαμίδι) 14

1.5. Οι δομές των ποδιών της Gecko και οι Διαμοριακές Δυνάμεις 15

1.6. Η Εισαγωγή της N-ET στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση 20

1.7. Διερευνητικές Προσεγγίσεις για τη Διδασκαλία της N-ET στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση 24

1.8. Συμπεράσματα 32

2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ 33

2.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ 33

2.1.1. Το «NanoLeap Project» 33

2.1.2. Διερεύνηση: ο κύκλος του «Engineering Design Process» 39

2.1.3. Οι «Μεγάλες Ιδέες» του περιεχομένου της N-ET 39

2.1.4. Οι Ιδέες των Μαθητών για το φαινόμενο της Gecko 40

2.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ 41

2.2.1. Συνάντηση 1η: «Ιχνογραφώντας τον Spiderman και την Gecko» 42

2.2.2. Συνάντηση 2η: «Πρώτη προσέγγιση με τα Μοντέλα» 43

2.2.3. Συνάντηση 3η: «Μελέτη της δομής εντόμων και ζώων με εικόνες μικροσκοπίου» . 46

2.2.4. Συνάντηση 4η: «Πειραματισμός Ι με τις βεντούζες» 49

2.2.5. Συνάντηση 5η: «Πειραματισμός ΙΙ με τις βεντούζες & το πόδι της Gecko στον Νανόκοσμο» 52

2.2.6. Συνάντηση 6η: «Μελέτη της επιφάνειας επαφής με επεξεργασία βίντεο» & «Οι επιστήμονες εμπνέονται από την Gecko» 63

2.2.7. Συνάντηση 7η: «Πιθανές λύσεις Ι για την κατασκευή του μοντέλου» 72

2.2.8. Συνάντηση 8η: «Πιθανές λύσεις ΙΙ για την κατασκευή του μοντέλου και ο 1ος πειραματισμός» 74

2.2.9. Συνάντηση 9η έως 12η: «Κατασκευή μοντέλων της σαύρας Gecko και του χεριού του Spiderman» 76

2.2.10. Συνάντηση 13η: «Προετοιμασία για το 4ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ» 81

2.2.11. Συνάντηση 14η: «Ημέρα του 4ου Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ» 83

3. ΜΕΘΟΔΟΣ 85

3.1. Περιβάλλον Μάθησης και Διδασκαλίας 85

3.2. Μέσα και Διαδικασία Συλλογής Δεδομένων 86

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 87

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ 108

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 110

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 114

7.1. Το αρχικό και τελικό ιχνογράφημα 114

7.2. Τα αρχικά ιχνογραφήματα των Μαθητών (pre) 116

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία περιγράφουμε την εισαγωγή ενός σύγχρονου επιστημονικού πεδίου σε μαθητές Δημοτικού σχολείου της περιοχής της Φλώρινας, αυτό της Νανοεπιστήμης/Νανοτεχνολογίας. Συγκεκριμένα, επικεντρωνόμαστε στο να παρουσιάσουμε στους μαθητές το φαινόμενο της σαύρας Γκέκο, η οποία έχει την ικανότητα να σκαρφαλώνει στους τοίχους, «αψηφώντας» τη βαρύτητα, εξαιτίας της νανοδομής που υπάρχει στο πέλμα της. Στην αρχή, παρουσιάζουμε ιστορικά στοιχεία και βασικά σημεία της Νανοεπιστήμης και της Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ), και δικαιολογούμε την αναγκαιότητα εισαγωγής της Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε τους βασικούς άξονες στους οποίους βασίστηκε ο σχεδιασμός του εκπαιδευτικού υλικού. Έπειτα, αναλύουμε και περιγράφουμε λεπτομερώς, την πιλοτική εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού στη Στ’ τάξη του Πειραματικού σχολείου Φλώρινας. Τέλος, αξιολογούμε την εφαρμοσιμότητα του εκπαιδευτικού υλικού, τα αποτελέσματα της εφαρμογής και καταγράφουμε κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Διερεύνηση, Νανοεπιστήμη/Νανοτεχνολογία, σαύρα Gecko (σαμιαμίδι), πρωτοβάθμια εκπαίδευση*

ABSTRACT

In the present study, we describe the introduction of a modern scientific topic to primary students in the area of Florina town, that of Nanoscience /Nanotechnology. Especially, we focus on the study of the gecko lizard, whose ability to climb on the walls «defying» gravity is due to the fact of the nanoscale hierarchical structure of the lizard feet. At the beginning, we present some historical facts and important landmarks about this modern content, in order to provide a justification for the educational significance of this subject. Subsequently, we outline the basic principles that we were counted on, in order to design and well as to develop the educational material that we incorporated so to succeed the learning goals. In great detail, we describe the pilot learning environment of the module with a rich photographic material. At the end, we discuss about the evaluation and applicability of the module based on the research results and we provide some implications for further research.

Keywords: *Inquiry, Nanoscience/Nanotechnology, Gecko, primary education*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η πτυχιακή αυτή εργασία αποτελεί την κορύφωση των σπουδών μου στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας και πιο συγκεκριμένα στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης της Φλώρινας. Πρόκειται για μια ερευνητική εργασία, όπου σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε πιλοτικά εκπαιδευτικό υλικό, σχετικό με τη διερευνητική προσέγγιση φαινομένων της Νανοκλίμακας στο Δημοτικό Σχολείο. Αφορμή για την ενασχόλησή μου, με ένα θέμα σχετικό με την Νανοτεχνολογία, αποτέλεσε η παρακολούθηση μιας ενδιαφέρουσας παρουσίασης του επαναστατικού αυτού κόσμου, κατά το πρώτο έτος των σπουδών μου, στα πλαίσια του εργαστηριακού μαθήματος «Οι έννοιες της Φυσικής και οι αναπαραστάσεις τους».

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κυρία Άννα Σπύρτου, που με την πολύτιμη βοήθειά της, κατάφερα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία. Την ευχαριστώ επίσης, για τις γνώσεις που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστώ μαζί της και να μελετήσω έναν νέο και «επαναστατικό» κόσμο, τον Νανόκοσμο.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο Διδάκτορα Λεωνίδα Μάνου, για την αμέριστη βοήθειά του και την παροχή των γνώσεων του, πάνω στο εξειδικευμένο θέμα της Νανοτεχνολογίας, καθώς αφιέρωσε προσωπικό χρόνο για την καθοδήγησή μου.

Πάνω απ’ όλα, ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου, για όλα όσα μου έχει προσφέρει κατά τη διάρκεια της ζωής μου και για την ευκαιρία που μου έδωσε να πραγματοποιήσω το μεγάλο μου όνειρο, να σπουδάσω στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Τέλος, ευχαριστώ τους καλούς μου φίλους, έναν έναν ξεχωριστά για την κατανόηση, τη στήριξη αλλά και τη συμπαράσταση που έδειξαν όλους αυτούς τους μήνες σε αυτό το δύσκολο έργο.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Νανοεπιστήμη και Νανοτεχνολογία

Η Νανοτεχνολογία (Nanotechnology) και Νανοεπιστήμη (N-ET)[1] είναι ένας διεπιστημονικός κλάδος που συνδυάζει επιστήμες όπως η φυσική, η χημεία, η επιστήμη των υλικών και οι μηχανικές επιστήμες και σχετίζεται με την επιστήμη, τη μηχανική και την τεχνολογία στη νανοκλίμακα, δηλαδή στην κλίμακα διαστάσεων από 1 έως 100 νανόμετρα (nm).[2] Το πρόθεμα «νάνο» προέρχεται από την ελληνική λέξη νάνος και σημαίνει 10^{-9}m δηλαδή 0,000000001m. Ένα νανόμετρο (nm) ισούται με ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου, είναι δηλαδή δεκάδες χιλιάδες φορές μικρότερο από το πάχος μιας ανθρώπινης τρίχας.[3] Στόχος είναι η σύνθεση νανοσωματιδίων και νανοϋλικών τα οποία παρουσιάζουν νέες ιδιότητες που είναι συνάρτηση των διαστάσεών τους.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (http://nn.physics.auth.gr/) θα μπορούσαμε να πούμε ότι η N-ET αναφέρεται ή περιλαμβάνει τα παρακάτω:

- Ανάπτυξη Έρευνας και Τεχνολογίας στο ατομικό, μοριακό και μακρομοριακό επίπεδο σε κλίμακα μεγέθους από 1 έως 100 nm.
- Ανάπτυξη και χρήση κατασκευών, συσκευών και συστημάτων που έχουν μοναδικές ιδιότητες και λειτουργίες εξ' αιτίας του πολύ μικρού τους μεγέθους.
- Ικανότητα ρύθμισης και χειρισμού της ύλης στην ατομική κλίμακα.
- Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω με βάσει τις αρχές της Φυσικής, τους νόμους της Χημείας και Βιολογίας για την παραγωγή διατάξεων και συστημάτων στη νανοκλίμακα.

Στη Νανοκλίμακα αποκαλύπτονται διαφορετικές και συχνά καταπληκτικές ιδιότητες της ύλης και είναι δυσδιάκριτα τα όρια μεταξύ των καθιερωμένων επιστημών και των τεχνικών κλάδων. Ένα υλικό στη μακροκλίμακα μπορεί να έχει ιδιότητες (π.χ. οπτικές, μηχανικές, ηλεκτρικές κτλ) οι οποίες θα είναι πολύ διαφορετικές στη νανοκλίμακα. Ως εκ τούτου, ο χαρακτήρας της νανοτεχνολογίας είναι άκρως διεπιστημονικός (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2007). Αν και μόλις τα τελευταία 30 με 40

---

[1] Στην παρούσα εργασία, για συντομία όταν αναφερόμαστε στους όρους Νανοεπιστήμη και Νανοτεχνολογία ως σύνολο, θα χρησιμοποιούμε τη συντομογραφία N-ET.

χρόνια, αναπτύχθηκαν τα απαραίτητα εργαλεία για την προσέγγιση της νανοκλίμακας και την εξέλιξη της Ν-ΕΤ, παρ' όλα αυτά η χρήση νανοσωματιδίων είναι γνωστή από την αρχαιότητα. Αν και δεν γνώριζαν τότε τα φυσικά φαινόμενα για να το ερμηνεύσουν, χρησιμοποιούσαν ωστόσο νανοσωματίδια χρυσού ένθετα σε γυαλί για να αλλάξουν τις οπτικές ιδιότητες υλικών, όπως για παράδειγμα στο κύπελλο του Λυκούργου τον 4ο αιώνα π.Χ που βρέθηκε, και ανάλογα με τη γωνία που πέφτει το φως πάνω του αλλάζει το χρώμα του[4]. Στη Νανοκλίμακα αποκαλύπτονται διαφορετικές και συχνά καταπληκτικές ιδιότητες της ύλης. Τα όρια μεταξύ των καθιερωμένων επιστημών και των τεχνικών κλάδων είναι δυσδιάκριτα.

Εικόνα 1: Το κύπελλο του Λυκούργου και η μοναδική ικανότητα να «αλλάζει χρώμα»
Πηγή: http://ellinondiktyo.blogspot.gr/2014/07/blog-post_11.html

1.2. Ιστορία της Νανοτεχνολογίας

Αν και η ιδέα ότι όλη η ύλη φτιάχνεται τελικά από πολύ μικρά και αδιαίρετα άτομα, είχε ξεκινήσει από τον αρχαίο φιλόσοφο Δημόκριτο, εντούτοις ο John Dalton ήταν αυτός που έδειξε ότι τα άτομα πρέπει να υπάρχουν. Σε Συνέδριο της Φιλοσοφικής Εταιρίας του Μάντσεστερ, στις 21 Οκτωβρίου του 1803, ανακοίνωσε την Ατομική του Θεωρία, ξεκινώντας μια επανάσταση. Ο Dalton με την θεωρία του, υποστήριξε ότι η ύλη αποτελείται από άτομα. Τα άτομα ενός συγκεκριμένου στοιχείου είναι ίδια σε μέγεθος, μάζα, και άλλες ιδιότητες. Ενώ, άτομα διαφορετικών στοιχείων διαφέρουν σε μέγεθος, μάζα, και άλλες ιδιότητες. Είναι αδιαίρετα (α + τέμνω, δηλαδή δεν τέμνεται -δεν κόβεται- σε μικρότερα σωματίδια) και δεν καταστρέφονται και συνδυάζονται σε απλές ακέραιες αναλογίες (Smith, 1856).

Τελικά, ο Dalton επέστρεψε στη θεωρία του Δημόκριτου χρησιμοποιώντας ακόμη και την ίδια λέξη για να περιγράψει το μικρότερο σωματίδιο της ύλης «άτομο». Έτσι, αν ληφθεί υπόψην ότι η Ν-ΕΤ σχετίζεται με τη δυνατότητα να βλέπουμε και να διαχειριζόμαστε τα άτομα και τα μόρια, ο Dalton μπορεί να θεωρηθεί σαν ο πατέρας της Ν-ΕΤ.

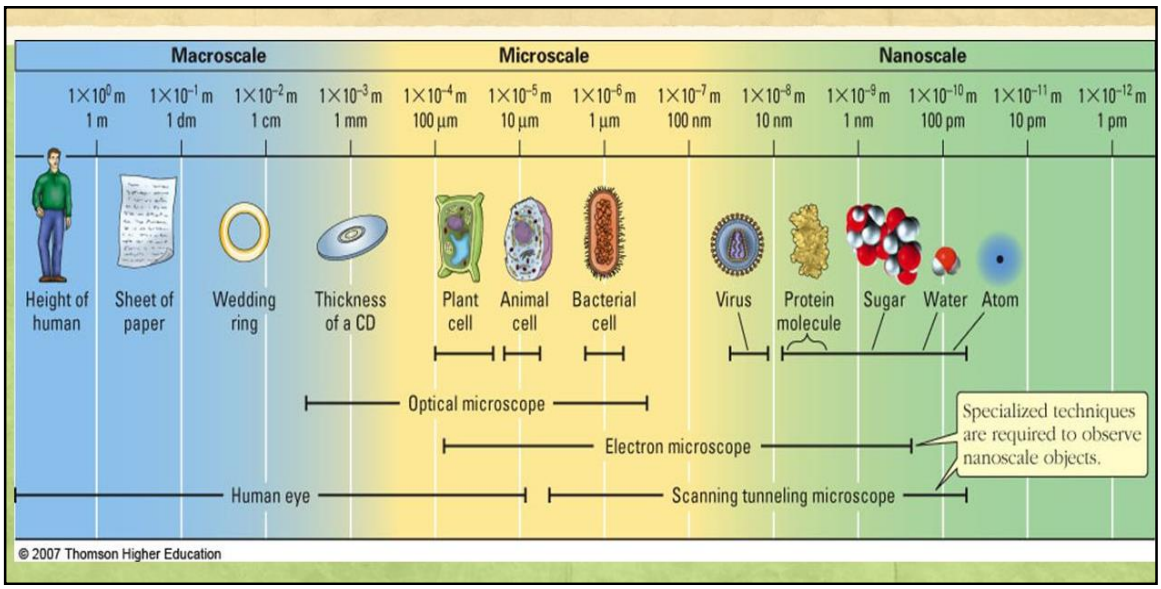
Αν και το πεδίο της Ν-ΕΤ άρχισε να αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια, οι δυνατότητές της είχαν αρχίσει να γίνονται εμφανείς από την εποχή του φυσικού Richard Feynman. «There's Plenty of Room at the Bottom» δηλαδή «Υπάρχει άφθονος χώρος στο κάτω μέρος», είναι ο τίτλος της ομιλίας του Feynman που πραγματοποιήθηκε στις 29 Δεκεμβρίου του 1959, η οποία εκείνη την εποχή πέρασε απαρατήρητη.

Ο Feynmann (1959) πίστευε ότι δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο, πέρα της έλλειψης πειραματικών εργαλειών, για την διάταξη και μεταχείριση της ύλης σε μοριακό και ατομικό επίπεδο, αφού άλλωστε οι νόμοι της φυσικής δεν θέτουν κανένα τέτοιο περιορισμό. Η ανάγκη για επανασχεδιασμό των πειραμάτων αναπτύχθηκε καθώς πλησιάζουμε τη νανοκλίμακα. Εκεί, η βαρύτητα γίνεται λιγότερο σημαντική ενώ οι δυνάμεις Van der Waals και η επιφανειακή τάση διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως «bottom-up approach» δηλαδή «προσέγγιση από κάτω προς τα επάνω» κατά την οποία δημιουργούμε διατάξεις χρησιμοποιώντας τα άτομα, σε αντιδιαστολή με την «top -down approach» δηλαδή, προσέγγιση «από πάνω προς τα κάτω» στην οποία η κατασκευή στηρίζεται σε μεθόδους κοπής και χάραξης.

1.3. Οι κλίμακες

Σύμφωνα με τον Stevens, Sutherland & Krajcik (2009) είναι συχνά χρήσιμο να διαιρούμε τον τεράστιο αριθμό των μεγεθών των αντικειμένων που μελετήθηκαν στην επιστήμη, σε πολλές διαφορετικές κλίμακες ή «κόσμους». Τα «εργαλεία» που απαιτούνται για να παρατηρούν και να μετρούν φαινόμενα αλλά και τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για να εξηγήσουν τη συμπεριφορά της ύλης, χαρακτηρίζουν κάθε ένα από αυτούς τους κόσμους.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, μπορούμε να διακρίνουμε 4 «κλίμακες» ή «κόσμους» την μακροκλίμακα, την μικροκλίμακα, την νανοκλίμακα και την ατομική κλίμακα (Stevens et al., 2009) Οι διαιρέσεις των κόσμων είναι κάπως αυθαίρετες και δεν θα πρέπει να θεωρούνται απόλυτα οριοθετημένες.



Εικόνα 2: Σχήμα όπου φαίνονται οι τρεις κλίμακες του φυσικού κόσμου: Ο Μακρόκοσμος, ο Μικρόκοσμος και ο Νανόκοσμος.

Πηγή: Thomson Higher Education.

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2 τα αντικείμενα «τοποθετούνται» σε κάθε κόσμο ανάλογα με το εργαλείο που μπορούμε να τα δούμε και σύμφωνα με το μέγεθος τους. Για παράδειγμα, τα αντικείμενα με μέγεθος από 10^{-9} έως 10^{-7}m (1 έως 100 nm), μπορούμε να τα δούμε με ειδικά εργαλεία, τα ηλεκτρονικά μικροσκόπια σάρωσης (Εικόνα 3), τα λεγόμενα Scanning Electron Microscope. Στον Πίνακα 1 συνοψίζουμε τους 4 Κόσμους (έχουμε προσθέσει και τον ατομικό κόσμο που βρίσκεται πιο «κάτω» από τον νανόκοσμο), τα «εργαλεία» με τα οποία βλέπουμε τον καθένα και το μέγεθος των αντικειμένων σε κάθε κόσμο.

Εικόνα 3: Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM).

Πηγή: http://binoculas.net/scanning-electron-microscope-transmission/

Πίνακας 1

ΟΙ «ΚΟΣΜΟΙ»	ΠΩΣ ΤΟΥΣ ΒΛΕΠΟΥΜΕ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ
Μακρόκοσμος	Με γυμνό μάτι	**>**10^{-4} m ή 100 μm
Μικρόκοσμος	Με οπτικό μικροσκόπιο ή μεγεθυντικό φακό	10^{-7} έως 10^{-4} m
Νανόκοσμος	Με ηλεκτρονικά μικροσκόπια	10^{-9} έως 10^{-7}m, ή 1 έως 100 nm
Ατομική κλίμακα		**<**1 nm

1.4. Η Φύση και η Τεχνολογία στην Κλίμακα του Νάνο: Η περίπτωση της Σαύρας Gecko (Σαμιαμίδι)

Η ίδια η φύση εδώ και τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια, εφηύρε σπουδαίες λύσεις ώστε να προσδώσει περίεργες και μοναδικές ιδιότητες και ικανότητες στα φυτά και τα ζώα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2007). Αξίζει να αναφερθεί ότι η φύση είναι ειδική στην κατασκευή δομών νανοκλίμακας. Συνεπώς, οι επιστήμονες παρατηρούν τη φύση έτσι ώστε να τους δώσει ιδέες και να εμπνευστούν. Στην περίπτωση που οι επιστήμονες αντιγράφουν τη φύση τότε μιλάμε για Βιομίμιση (Biomimicry)[5] ή Βιοέμπνευση (Bioinspiration).

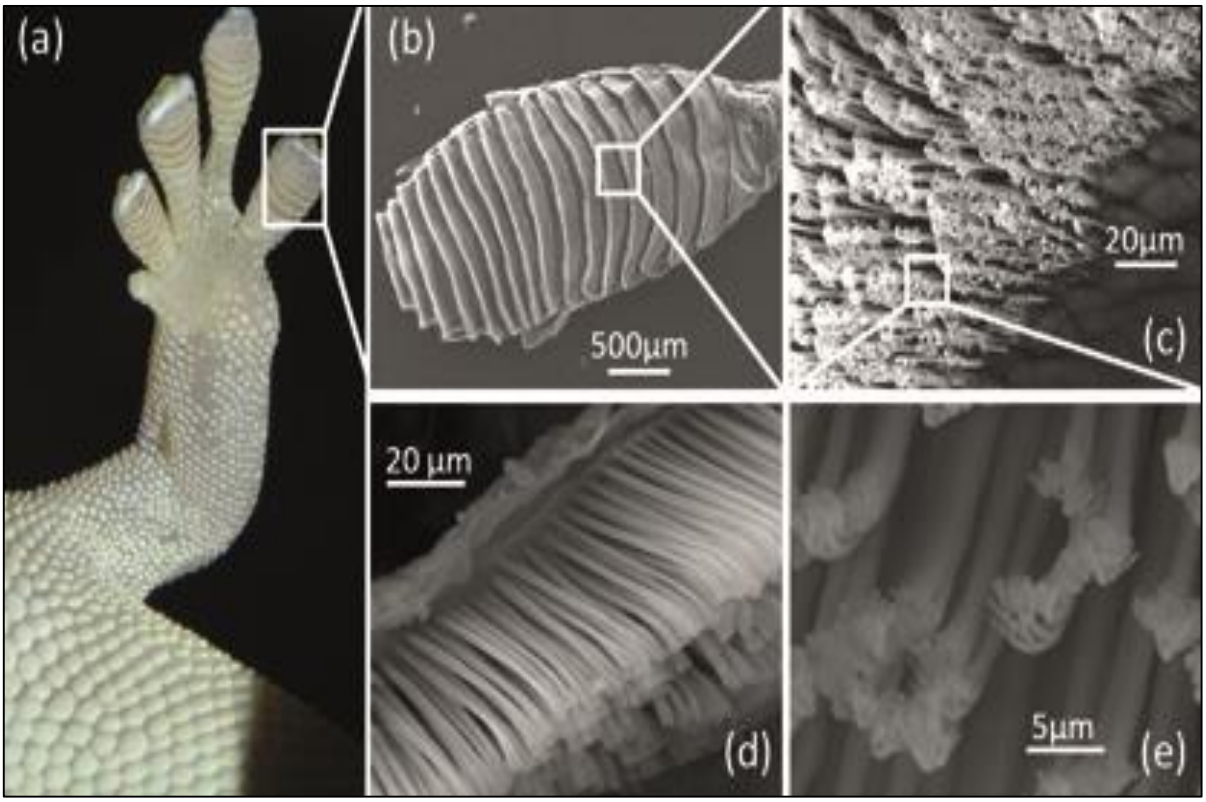
Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν, η ικανότητα της σαύρας Gecko, του σκαθαριού, της μύγας αλλά και της αράχνης, να «κολλάνε» στους τοίχους. Αυτή η ικανότητα, οφείλεται στα νανοτριχίδια που έχουν στα πόδια τους. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Μεταλλογνωσίας Max-Planck, στην Στουτγκάρδη, όσο βαρύτερο είναι το ζώο, τόσο λεπτότερα και πολυπληθέστερα είναι αυτά τα νανοτριχίδια. Ακόμη, τα όμορφα χρώματα σε κάποιες πεταλούδες και σκόρους οφείλονται στην ύπαρξη νανοδομών στα φτερά τους. Τέλος, η νανοδομή του ράμφους ενός Toucan συνέβαλε στον σχεδιασμό πολύ ελαφριών συστατικών για τα αεροσκάφη (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2007). Με αυτά τα παραδείγματα φαίνεται, ότι σε μεγάλο μέρος της φύσης υπάρχει η N-ET.

Ο αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος και επιστήμονας Αριστοτέλης, εδώ και περίπου δυο χιλιάδες χρόνια έχει αναφερθεί στην ιδιαίτερη ικανότητα της σαύρας Gecko. Πιο συγκεκριμένα, ο Αριστοτέλης (όπως μεταφράζει ο Thompson, 1910) στο βιβλίο του με τίτλο: «Η Ιστορία των Ζώων» αναφέρει ότι *«Ο δρυοκολάπτης δεν κάθεται οκλαδόν στο έδαφος, αλλά χτυπάει με το ράμφος του, τους φλοιούς των δέντρων για να εμφανίσει και να βγάλει από μέσα τα σκουλήκια και τις σκνίπες και τα γλείφει με τη γλώσσα του, η οποία είναι μεγάλη και επίπεδη. Μπορεί να τρέχει πάνω κάτω σε ένα δέντρο προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, ακόμη και με το κεφάλι προς τα κάτω, όπως κάνει και η σαύρα Gecko»* (Thompson, 1910). Η σαύρα Gecko ή αλλιώς το σαμιαμίδι, έχει την περίεργη ικανότητα να περπατά σε σχεδόν κάθε επιφάνεια (λεία, τραχιά ή γυάλινη) ακόμη και να κρέμεται με το ένα πόδι από το ταβάνι. Μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα μπορεί να «κολλήσει» και να «ξεκολλήσει» τα πόδια της και να καλύψει μια μεγάλη απόσταση. Καθώς περπατάει δεν αφήνει καμία κολλώδη ουσία ούτε έχει κάποιου είδους βεντούζα στα πόδια της. Αυτή η ικανότητα μελετάται στο πεδίο της N-ET και η απάντηση κρύβεται στα δάχτυλα των ποδιών της Gecko.

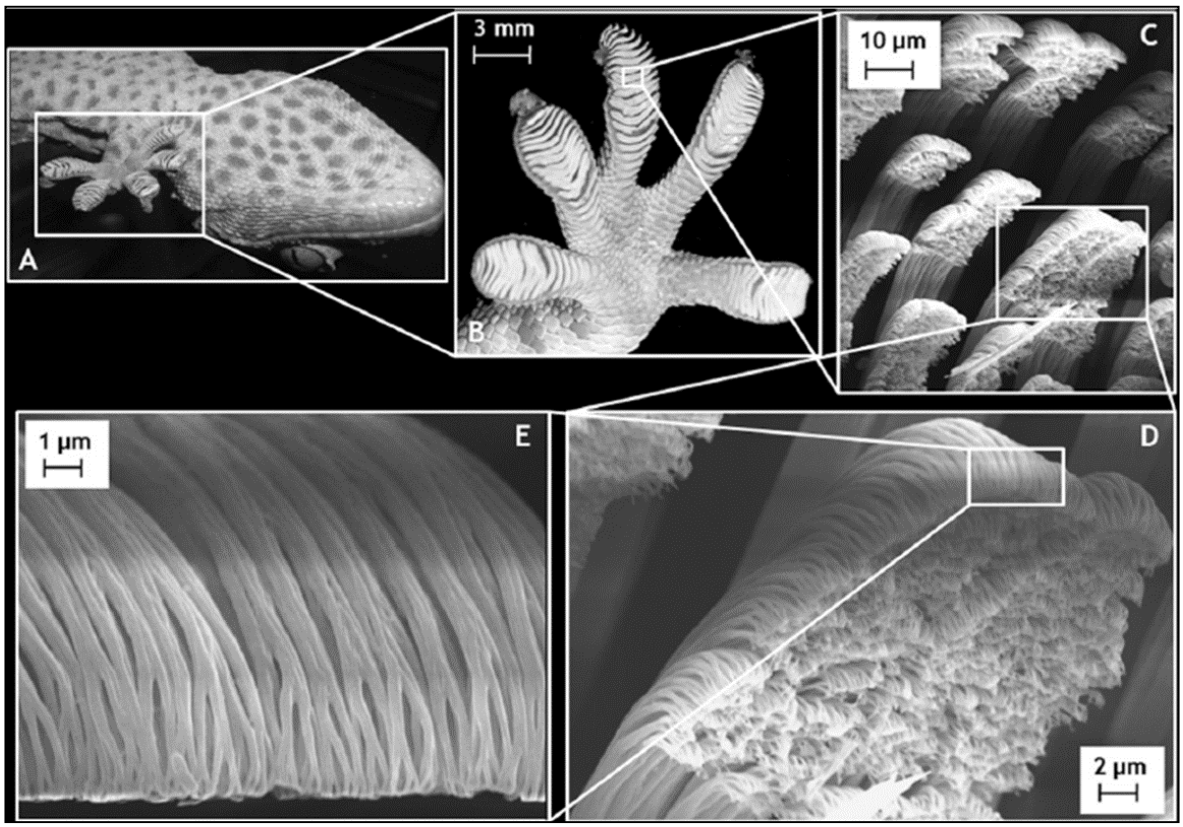
1.5. Οι δομές των ποδιών της Gecko και οι Διαμοριακές Δυνάμεις

Όπως αναφέραμε, το πόδι της Gecko δεν έχει καμία κολλητική ουσία. Αν κάποιος αγγίξει την πατούσα της θα αισθανθεί κάτι μαλακό και ομαλό αλλά όχι κολλώδες.[6] Κάθε δάχτυλο της σαύρας, αποτελείται από εκατοντάδες ζώνες που ονομάζονται «lamellae». Σε κάθε «lamellae» υπάρχουν εκατομμύρια τριχίδια από κερατίνη που λέγονται «setae» και είναι σε πάχος 10 φορές λεπτότερα από την ανθρώπινη τρίχα. Τα «setae» υπολογίζονται σε 5000 ανά mm^2. Αν κοιτάξουμε και πιο βαθιά, με την βοήθεια ενός μικροσκοπίου, θα δούμε ότι στο τέλος κάθε τριχιδίου (seta) υπάρχουν δομές που μοιάζουν με σπάτουλες «spatulae» και έχουν μήκος 0,2 – 0,5 μm.[7] Για ευκολία θα τις ονομάζουμε «νανότριχες». Κάθε «seta» έχει μήκος 100 μm και διάμετρο περίπου 5 μm. υπάρχουν περίπου μισό εκατομμύριο από αυτά στο πόδι της Gecko.[6]

Στις Εικόνες 4 και 5, περιγράφεται η δομή του ποδιού της σαύρας Gecko στον μακρόκοσμο, στον μικρόσκοσμο και στον νανόκοσμο.



Εικόνα 4: Η δομή του ποδιού της σαύρας Gecko. Στην (a) διακρίνουμε τα μαξιλαράκια «pads» που έχει σε κάθε δάχτυλο της, στο (b) τα «lamellae», στο (c) το κάτω μέρος, στο (d) την πλευρική όψη και στο (e) την «spatulae».
Πηγή: http://cdn.zmescience.com/wp-content/uploads/2016/01/24535004__original.jpg



Εικόνα 5: Η δομή του ποδιού της σαύρας Gecko μέσα από σταδιακές μεγεθύνσεις. Στο (A) το πόδι της Gecko στον μακρόκοσμο. Στο (B) διακρίνονται τα «lamellae» σε μεγέθυνση 3mm και στο (C) τα «setae» σε μεγέθυνση 10μm, στον μικρόκοσμο. Στο (D) το «seta» σε μεγέθυνση 1μm και στο (E) το «spatulae» σε μεγέθυνση 2μm, στον νανόκοσμο.

Πηγή: http://www.ph.unito.it/dfs/solid/RICERCA/Bioinspired/Bioinspired_index.html

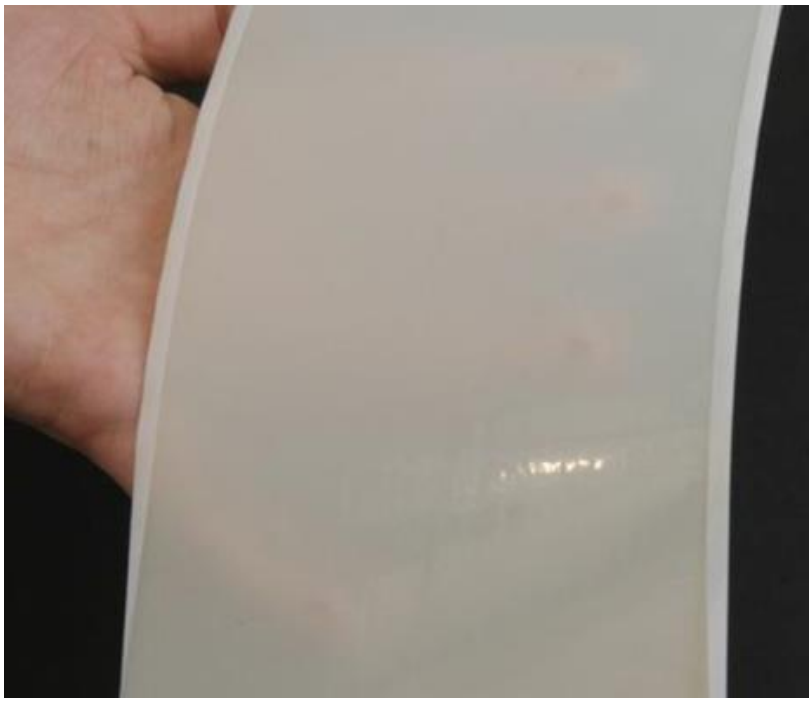
Στην περίπτωση που τα δάχτυλα της Gecko είχαν κάποια κολλητική ουσία ή κάποια βεντούζα θα της ήταν δύσκολο να περπατήσει ή να τρέξει πολύ γρήγορα. Θα ήταν αρκετά δύσκολο και χρονοβόρο να τραβήξει τα πόδιά της από την επιφάνεια. Ο καθηγητής Robert Full του Πανεπιστημίου Berkeley, στην Καλιφόρνια, ανακάλυψε ότι η πρόσφυση οφειλόταν στις Διαμοριακές Δυνάμεις Van der Waals, που δημιουργούνται μεταξύ των «νανότριχων» και της επιφάνειας επαφής. (Autumn et al. 2002 & [2]). Οι δυνάμεις λέγονται διαμοριακές καθώς δημιουργούνται από την επαγόμενη πόλωση των μορίων. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αδύναμες και αμελητέες, όμως στην κλίμακα του μικρόκοσμο και του νανόκοσμου, οι Van der Waals, γίνονται πολύ σημαντικές. Στην περίπτωση των ποδιών της Gecko, οι «νανότριχες» είναι τόσο μικρές και έρχεται τόσο κοντά στην επιφάνεια του τοίχου, όπου μια ελκτική δύναμη Van der Waals, περίπου 0,4μN αναπτύσσεται μεταξύ ποδιού και επιφάνειας. Ενώ φαινομενικά είναι ασήμαντος ο αριθμός, η συνολική δύναμη των εκατομμυρίων «νανοτριχίδιων» που υπάρχουν στο ένα μόνο πόδι της σαύρας παράγει μια δύναμη πρόσφυσης περίπου 10N.[8]

Μια ακόμη ιδιαιτερότητα που παρατηρούμε στην Gecko είναι η ικανότητά της για αυτοκαθαρισμό (Autumn et al., 2008, European Commission, 2012, Stark, 2012, Mengüç, 2014 & Cutkosky, 2015). Ακόμη και αν περπατήσει πάνω σε μια επιφάνεια καλυμμένη με χώμα, βρωμιά ή άμμο τα πόδια της θα παραμείνουν καθαρά, δηλαδή αυτοκαθαρίζονται. Και η προσκόλληση της δεν βρίσκεται σε κίνδυνο.[9] Συνεπώς τα πόδια της Gecko χαρακτηρίζονται από σούπερ υδροφοβικότητα (Liu et al., 2012) (Εικόνα 6).

Εικόνα 6: Το υδρόφοβο πόδι της σαύρας Gecko. Φαίνεται ότι η σφαιρική σταγόνα του νερού στέκεται πάνω στις «νανότριχες».

Πηγή: http://jeb.biologists.org/content/215/17/3080

Μελετώντας όλα αυτά τα στοιχεία, οι επιστήμονες και οι μηχανικοί, κατασκευάσουν πολλά προϊόντα τα οποία μιμούνται την ικανότητα της σαύρας. Πριν μερικά χρόνια, το 2003, στο Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ, ο Geim και οι συνάδελφοί του κατάφεραν να δημιουργήσουν ένα συνθετικό υλικό, το οποίο μιμείται τα πόδια της σαύρας και λέγεται «gecko tape» (Εικόνα 7) [10] Μέσω της βιομίμησης στο Πανεπιστήμιο Stanford των ΗΠΑ, ο καθηγητής Sangbae Kim κατασκεύασε ένα ρομπότ τα πόδια του οποίου έχουν παρόμοια δομή αλλά και ικανότητα με τη σαύρα Gecko. Το ρομπότ αυτό ονομάστηκε «Stickybot» και μοιάζει εκπληκτικά με αυτή. Στην Εικόνα 8 φαίνεται το ρομπότ να σκαρφαλώνει σε μια γυάλινη επιφάνεια.



Εικόνα 7: Η Gecko tape

Πηγή: http://www.instituteofmaking.org.uk/materials-library/material/gecko-tape#gallery-window

Εικόνα 8: Το ρομπότ «Stickybot» που «κολλάει» στο γυαλί και τους τοίχους όπως η σαύρα Gecko.

Πηγή: http://www.yalosabes.com/stickybot-el-robot-lagartija.html

Κατά παρόμοιο τρόπο πάλι στο ίδιο πανεπιστημιακό ίδρυμα των ΗΠΑ, ένας απόφοιτος φοιτητής ο Hawkes εμπνευσμένος από τη Gecko δημιούργησε ένα συγκολλητικό υλικό που μπορεί να σχηματίσει ισχυρό δεσμό με λείες επιφάνειες και να «ξεκολλάει» με ελάχιστη προσπάθεια.[9] Στην Εικόνα 9 φαίνεται ο φοιτητής να σκαρφαλώνει σε μια γυάλινη επιφάνεια.

Εικόνα 9: Οι ερευνητές σκαρφαλώνουν σαν τον Spiderman.

Πηγή: *http://www.gizmodo.co.uk/2016/01/engineers-have-created-real-spider-man-gloves-for-climbing-up-walls/*

Τα προϊόντα που αναφέρθηκαν παραπάνω έχουν ακόμη μέλλον για να εισαχθούν στην αγορά καθώς έχουν υψηλό κόστος και κακή αντοχή. Όμως είναι επαναστατικό το γεγονός ότι ένα προϊόν που «εκμεταλλεύεται» τις διαμοριακές δυνάμεις- Van Der Waals- θα μπορούσε να βρει λύση σε πολλά προβλήματα. Μια «gecko tape» θα μπορούσε να βρει εφαρμογή στις μπότες του αστροναύτη, έτσι ώστε να μπορεί να περιφέρεται έξω από το σκάφος του χωρίς να είναι δεμένος με πολλά καλώδια.[10]

1.6. Η Εισαγωγή της Ν-ΕΤ στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική έρευνα των Πέικος, Μάνου και Σπύρτου (2015) η εισαγωγή της Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση θεωρείται αναγκαία. Τα επιχειρήματα εστιάζονται στην ανάγκη, οι μαθητές να μάθουν για τα σύγχρονα επιτεύγματα της επιστήμης και τεχνολογίας που ήδη αρχίζει να επηρεάζει σημαντικούς τομείς της κοινωνικής τους ζωής, στην εξήγηση φαινομένων του φυσικού κόσμου, στην εξασφάλιση εργατικού δυναμικού που θα εργαστεί στη Ν-ΕΤ και στην ανάγκη να καταστούν (Stevens et al., 2009) «νανο-εγγράμματοι» πολίτες (Laherto, 2010) συμμετέχοντας σε συζητήσεις που να βασίζονται σε επιστημονικά θέματα αλλά να είναι και σχετικά με την καθημερινή ζωή.

Συγκεκριμένα, υπάρχουν πολλοί τομείς, όπου η Ν-ΕΤ θα μπορούσε να έχει βασικό αντίκτυπο στην καθημερινότητα, όπως η θεραπεία του καρκίνου, η δημιουργία ταχύτερων υπολογιστών κ.α. Επιπλέον, η νανο-ηλεκτρονική έχει δώσει τη δυνατότητα για την μικρογράφηση ηλεκτρονικών gadgets.[11] Γίνεται αντιληπτό ότι η Ν-ΕΤ συμβάλει στην βελτίωση της καινοτομίας, στη βιομηχανική παραγωγή αλλά και στην παραγωγή νέων και καινοτόμων προϊόντων. Πολλά υλικά που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή, είναι κατασκευασμένα με βάση τις προδιαγραφές της Ν-ΕΤ και αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα των πολλαπλών χρήσεων της νανοεπιστήμης.

Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί ότι η Νανοτεχνολογία υπάρχει στη Φύση και είναι υπεύθυνη για πολλές περίεργες ιδιότητες αλλά και ικανότητες ζώων. Ένα τέτοιο ζώο είναι το σαμιαμίδι (σαύρα Gecko) και με την ικανότητα του θα ασχοληθούμε στην παρούσα πτυχιακή εργασία. Ακόμη, χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το φαινόμενο του λωτού. Τα φύλλα του λωτού έχουν την ικανότητα να είναι υδροφοβικά και αυτοκαθαριζόμενα.

Μέσα στα επόμενα χρόνια, αναμένεται ότι η Ν-ΕΤ θα συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση πολλών παγκόσμιων προβλημάτων. Για τον λόγο αυτό κρίνεται έντονη η ανάγκη για τη δημιουργία πολλών «νανο-εγγράμματων» πολιτών και ανθρώπινου εργατικού δυναμικού, εκπαιδευμένου στο συγκεκριμένο τεχνολογικό και επιστημονικό πεδίο. Σύμφωνα με τους Roco και Bainbridge (2001), μέχρι το 2020 εκτιμάται ότι η οι εισφορές από τις πωλήσεις των προϊόντων που βασίζονται στη νανοτεχνολογία θα συνεισφέρει 1 τρισεκατομμύριο δολάρια τον χρόνο σε παγκόσμια κλίμακα. Το γεγονός αυτό θα οδηγήσει σε έντονη ανάγκη για μηχανικούς, επιστήμονες αλλά και ανθρώπινο δυναμικό στους τομείς των Ν-ΕΤ.

Τα παραπάνω επιχειρήματα, δικαιολογούν την αναγκαιότητα εισαγωγής της Ν-ΕΤ στα προγράμματα σπουδών όχι μόνο της ακαδημαϊκής αλλά και της υποχρεωτικής εκπαίδευσης.

Ήδη για την υποχρεωτική εκπαίδευση στην Αμερική, υπάρχουν μαθήματα και δραστηριότητες για τους μαθητές που αφορούν την Νανοτεχνολογία. Οι Jones, Falvo, Taylor & Broadwell (2007) έγραψαν ένα βιβλίο με δραστηριότητες γύρω από την Νανοκλίμακα και την Νανοεπιστήμη που αναφέρεται σε παιδιά ηλικίας 11 έως 18 χρονών. Το βιβλίο έχει σαν εισαγωγικό ερώτημα «Αν θα μπορούσατε να φτιάξετε κάτι από το μηδέν τι θα ήταν αυτό;» κεντρίζοντας έτσι, το ενδιαφέρον των μαθητών. Περιέχει δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί κυρίως για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να διδαχθούν τις μοναδικές ιδιότητες και συμπεριφορές των υλικών στη νανοκλίμακα. Οι δραστηριότητες έχουν σχεδιαστεί με βάση την καθοδηγούμενη διερεύνηση και όπου είναι δυνατόν χρησιμοποιείται και η ανοιχτή διερεύνηση. Το βιβλίο αποτελεί ένα έναυσμα που θα κεντρίσει το ενδιαφέρον των μαθητών για να ψάξουν και να μάθουν περισσότερα.

Τόσο η Αμερική όσο και η Αυστραλία, ενσωμάτωσαν τη διδασκαλία της Ν-ΕΤ στα ήδη Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης τους. Σε αυτές τις δυο περιπτώσεις δεν βρέθηκε κάποιο υλικό που να ανταποκρίνεται στα δεδομένα της τυπικής πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η βιβλιογραφία περιγράφει άτυπες πηγές μάθησης όπως τα μουσεία φυσικών επιστημών, τα φεστιβάλ, τα κέντρα επιστήμης και το διαδίκτυο που στόχο έχουν να ενημερώσουν και να εκπαιδεύσουν τους πολίτες σε θέματα της Ν-ΕΤ. Τέτοια προγράμματα όπως το «NanoYou», «Nanodays», «Nanototouch», «Time for Nano», «Nisenet» και μουσεία όπως το «Science Museum of London», αναφέρονται μεν σε παιδιά άνω των 11 ετών, αλλά γίνονται στα πλαίσια της μη τυπικής εκπαίδευσης (Πέικος, Μάνου & Σπύρτου, 2015).

Στην Ελλάδα, υπάρχει ένα έργο με τίτλο: «Quantum Spin-Off» και ασχολείται με την περιοχή της Νανοεπιστήμης. Έχει δημιουργηθεί ένας οδηγός για τους εκπαιδευτικούς που έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια αυτού του έργου, από 10 εταίρους από 4 διαφορετικές Ευρωπαϊκές χώρες (Βέλγιο, Ελβετία, Ελλάδα και Εσθονία). Αφορά μαθητές Λυκείου, Τεχνολογικής ή Θετικής Κατεύθυνσης και έχει ως στόχο να φέρει σε επαφή τους μαθητές με ερευνητές και εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο της Ν-ΕΤ. Στα πλαίσια του προγράμματος οι μαθητές επεξεργάζονται επιστημονικά άρθρα, μαθαίνουν βασικές έννοιες της νανοτεχνολογίας και στη συνέχεια επισκέπτονται ένα

εργαστήριο έρευνας αλλά και μια επιχείρηση που δραστηριοποιείται στον χώρο της νανοτεχνολογίας. Έπειτα, καλούνται να δημιουργήσουν μια εικονική spin-off εταιρία και να ετοιμάσουν ένα φυλλάδιο που θα αποτελέσει τη βάση για την τελική τους παρουσίαση.[12]

Γενικά, οι πιο πολλές δημοσιευμένες εργασίες αφορούν τη μελέτη εισαγωγής της Ν-ΕΤ στη Β/θμια Εκπαίδευση. Λίγες είναι οι έρευνες που επικεντρώνονται στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Ωστόσο, εξειδικεύοντας στο Ελληνικό Δημοτικό σχολείο, τα τελευταία χρόνια καταβάλλεται μία συστηματική προσπάθεια εκπαίδευσης των μαθητών (Πέικος, Μάνου & Σπύρτου, 2015). Στη συγκεκριμένη έρευνα, το εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε βασίστηκε στις λεγόμενες «Μεγάλες Ιδέες». Αυτές είναι κεντρικές έννοιες με τις οποίες υποστηρίζεται ότι μπορεί να γίνει κατανοητό το επιστημονικό πεδίο της Ν-ΕΤ. Μία σύντομη περιγραφή τους ακολουθεί παρακάτω Stevens, Sutherland και Krajcik (2009):

1) **Μέγεθος και κλίμακα (Size and Scale):** Παράγοντες που σχετίζονται με το μέγεθος και την γεωμετρία (π.χ. μέγεθος, κλίμακα, σχήμα, διαστάσεις) βοηθούν να περιγραφεί το υλικό και να προβλεφθεί η συμπεριφορά του.
2) **Δομή της ύλης (Structure of Matter):** Ο τρόπος με τον οποίο τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους επηρεάζει την συμπεριφορά των υλικών (π.χ. διαμάντι, νανοσωλήνες άνθρακα).
3) **Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις (Forces and Interactions):** Όλες οι αλληλεπιδράσεις μπορούν να περιγραφούν από πολλαπλούς τύπους δυνάμεων, αλλά η σχετική επίδραση κάθε τύπου αλλάζει με την κλίμακα. Στην μακροκλίμακα υπερισχύει η βαρύτητα, στην νανοκλίμακα η ηλεκτρομαγνητική και στην υποατομική κλίμακα η πυρηνική.
4) **Κβαντικά φαινόμενα (Quantum Effects):** Στις πάρα πολύ μικρές διαστάσεις η ύλη συμπεριφέρεται σαν σωματίδιο και σαν κύμα. Για να εξηγήσουμε την κυματική φύση της ύλης απαιτείται η κβαντική μηχανική.
5) **Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος (Size-Dependent Properties):** Οι ιδιότητες κάθε υλικού μεταβάλλονται ανάλογα με το μέγεθός του και την κλίμακα στην οποία βρίσκεται. Τέτοιες ιδιότητες μπορεί να είναι οι χημικές, οι φυσικές, οι ηλεκτρικές και οι μηχανικές. Καθώς ένα υλικό αγγίζει την νανοκλίμακα εμφανίζει τελείως διαφορετικές ιδιότητες από αυτές που έχει στην μακροκλίμακα. Για παράδειγμα ο

χρυσός στην νανοκλίμακα μπορεί να έχει κόκκινο (25nm), πράσινο (50nm) ή πορτοκαλί χρώμα (100nm).

6) **Αυτό-οργάνωση (Self-Assembly):** Κάτω από κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες κάποια υλικά μπορούν να δημιουργήσουν οργανωμένες δομές χωρίς καμία παρέμβαση από το εξωτερικό περιβάλλον.

7) **Όργανα και μετρήσεις (Tools and Instrumentation):** Τα διάφορα όργανα πειραματικών ελέγχων κατέχουν αξιόλογη θέση στην εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας. Για την κατανόηση των ιδιαίτερων φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στην νανοκλίμακα, η ανακάλυψη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου συνέβαλε ουσιαστικά.

8) **Μοντέλα και προσομοιώσεις (Models and Simulations):** Τα μοντέλα και οι προσομοιώσεις βοηθούν τους επιστήμονες να οπτικοποιήσουν, να προβλέψουν, να υποθέσουν αλλά και να εξηγήσουν την δομή, τις ιδιότητες και την συμπεριφορά ενός φαινομένου ή μιας έννοιας. Επειδή η νανοκλίμακα χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα και το υπερβολικά μικρό μέγεθος των νανοσωματιδίων η χρήση μοντέλων και προσομοιώσεων κρίνεται απαραίτητη.

9) **Επιστήμη, Τεχνολογία και Κοινωνία (Science, Technology and Society-STS):** Τα επιτεύγματα της N-ET αναμένεται να επηρεάσουν θετικά αλλά και αρνητικά την ζωή των ανθρώπων της εκάστοτε κοινωνίας. Οι καινοτόμες λύσεις για την αντιμετώπιση του μολυσμένου πόσιμου νερού, η επαναστατική θεραπεία κατά του καρκίνου αλλά και η λύση στην αποθήκευση και μεταφορά της ενέργειες είναι μερικές από τις ενέργειες που θα μας επηρεάσουν θετικά. Ποτέ όμως δεν πρέπει να ξεχνάμε τους κινδύνους που μπορεί να κρύβουν τα νέα επαναστατικά νανοπροϊόντα. Πρέπει να γίνει σωστή διαχείριση έτσι ώστε να απειληθεί το φυσικό περιβάλλον.

1.7. Διερευνητικές Προσεγγίσεις για τη Διδασκαλία της Ν-ΕΤ στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση

Α. Το «NanoLeap Project» και μια Πιλοτική Εφαρμογή στην Ελλάδα

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, βασίζεται σε μια προγενέστερη εφαρμογή με τίτλο: «NanoLeap into New Science: Exploring the Mystery of the Gecko» που πραγματοποιήθηκε σε σχολεία της Β/θμιας Εκπαίδευσης, των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Πρόκειται για ένα Project που απευθυνόταν σε μαθητές αλλά και εκπαιδευτικούς της Δευτεροβάθμιας και είχε σαν στόχο να μελετήσουν την ικανότητα της Gecko να «κολλάει» στον τοίχο. Επικεντρωνόταν περισσότερο στις Διαμοριακές Δυνάμεις -Van der Wals-. Το project είχε διάρκεια τριών εβδομάδων, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2007-2008 και αποτελούταν από μια σειρά 8 μαθημάτων.

Ο σχεδιασμός των μαθημάτων βασίστηκε στο μοντέλο της διερεύνησης «5Ε», δηλαδή στο **Ε**ngage (Εμπλέκομαι), **Ε**xplore (Εξερευνώ), **Ε**xplain (Εξηγώ), **Ε**laborate (Επεξεργάζομαι) και **Ε**valuate (Εκτιμώ).[13] Στον Πίνακα 2 συνοψίζουμε το διερευνητικό μοντέλο «5Ε» και την λειτουργία του κάθε «Ε».

Πίνακας 2: Το μοντέλο διερεύνησης «5Ε»

Πηγή: http://bscs.org/bscs-5e-instructional-model

Μοντέλο Διερεύνησης «5Ε»	Περιγραφή
Εμπλέκομαι	Γίνονται κάποιες συνδέσεις με τις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών και τι μπορούν να επιτύχουν.
Εξερευνώ	Οι μαθητές συμμετέχουν σε μια δραστηριότητα που να διευκολύνει την εννοιολογική αλλαγή.
Εξηγώ	Οι μαθητές εξηγούν ένα φαινόμενο.
Επεξεργάζομαι	Οι μαθητές κατανοούν το φαινόμενο και εμβαθύνουν μέσα από νέες εμπειρίες.
Εκτιμώ	Οι μαθητές αξιολογούν την κατανόηση τους για το φαινόμενο.

Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 2 το επίκεντρο της διδασκαλίας και όλων των εργασιών είναι ο ίδιος ο μαθητής, όπως συμβαίνει άλλωστε σε κάθε διερευνητικό μοντέλο. Οι μαθητές συλλέγουν τις πληροφορίες, καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους, διατυπώνουν υποθέσεις και εξάγουν συμπεράσματα. Στον Πίνακα 3, συνοψίζουμε τους τίτλους από τη σειρά των 8 μαθημάτων, καθώς και τη σύνδεσή τους με το μοντέλο της διερεύνησης «5Ε».

Πίνακας 3: Η σειρά των 8 μαθημάτων του «NanoLeap Project».

Πηγή: http://www2.mcrel.org/nanoleap/ps/PS_ExploringMysteryGecko_SJ.pdf

«5E»	Lesson Title
Engage	Lesson 1: How Can a Gecko Walk on a Ceiling?
Explore	Lesson 2: What Do We Mean When We Speak About Surfaces in Contact?
Explore/Explain	Lesson 3: What Are Your Ideas About Small Sizes?
Explain/Elaborate	Lesson 4: What Do We Learn When We Look More Closely?
Explore	Lesson 5: What Types of Forces Can Hold Objects Together?
Explore/Explain	Lesson 6: How MUCH Force Is Needed to Make an Object Stick?
Elaborate	Lesson 7: How Do We Measure Forces at the Nanoscale Level? Why Is Merely Looking not Enough?
Evaluate	Lesson 8: How Can a Gecko on a Ceiling?

Μελετώντας τη βιβλιογραφία, υπάρχουν ελάχιστες αναφορές για τις διερευνητικές προσεγγίσεις της διδασκαλίας της Ν-ΕΤ στο Ελληνικό Δημοτικό Σχολείο. Οι Πέικος, Μάνου & Σπύρτου (2015), ήταν αυτοί που πρώτοι σχεδίασαν και ανέπτυξαν εκπαιδευτικό υλικό για τη διδασκαλία της Ν-ΕΤ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα. Η εφαρμογή του υλικού, πραγματοποιήθηκε στην ευρύτερη περιοχή της Φλώρινας κατά το ακαδημαϊκό έτος 2012-2013 και ήταν πιλοτική. Οι μαθητές μέσα από διερευνητικές προσεγγίσεις και κατάλληλη καθοδήγηση ενεπλάκησαν σε συγκεκριμένες δραστηριότητες, δημιούργησαν μοντέλα αναπαράστασης και κατανόησαν τις σύγχρονες εξελίξεις της Ν-ΕΤ. Οι ερευνητές λαμβάνοντας υπ' όψιν τις αρχικές ιδέες των μαθητών για την νανοτεχνολογία αλλά και τα ενδιαφέροντα τους, ανέπτυξαν εκπαιδευτικό υλικό διάρκειας 5 διδακτικών δίωρων. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται τα παραπάνω διδακτικά δίωρα:

Πίνακας 4: Τα διδακτικά δίωρα του εκπαιδευτικού υλικού

Δίωρο	Τίτλος
1ο δίωρο	«Εισαγωγή στο Νάνο»
2ο & 3ο δίωρο	«Από τον μακρόκοσμο στον νανόκοσμο»
4ο δίωρο	«Νάνο - Φύση - Τεχνολογία»
5ο δίωρο	«Αλλαγή ιδιοτήτων στη νανοκλίμακα» & «Καθαρισμός νερού μέσω νανοτεχνολογίας»

Το 1ο διδακτικό δίωρο αφορούσε εισαγωγικές δραστηριότητες στο Νάνο, συλλογή αντικειμένων με λαβίδες, παρακολούθηση και επεξεργασία εκπαιδευτικού animation βίντεο και πίνακα ταξινόμησης. Στο 2ο και 3ο διδακτικό δίωρο, το εκπαιδευτικό υλικό αποτελούνταν από πολυτροπική αφίσα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, εικόνες αντικειμένων σε μικρόκοσμο και νανόκοσμο, μοντέλα του μακρόσκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου, αφίσα ταξινόμησης και εκπαιδευτικά βίντεο σε Animation. Στο 4ο διδακτικό δίωρο, οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με τον τρίπτυχο Νάνο-Φύση-Τεχνολογία. Το εκπαιδευτικό υλικό περιείχε διάφορες πειραματικές δραστηριότητες (υδρόφοβα και υδρόφιλα υλικά), πολυτροπική αφίσα (νανοδομές της φύσης και τεχνολογικά προϊόντα και φαινόμενο του λωτού), βίντεο (φαινόμενο του λωτού και Gecko), μοντέλα (φαινόμενο του λωτού και Gecko) και εικόνες (ποδιών της Gecko και δέρμα καρχαρία). Τέλος, το 5ο διδακτικό δίωρο αποτελούταν από εκπαιδευτικό υλικό με εικόνες ανθρώπων οι οποίοι πίνουν μη πόσιμο νερό, βίντεο με νανόφιλτρο, μοντέλο νανόφιλτρου και πειραματικές δραστηριότητες. Τέτοια πειράματα για τις ιδιότητες με αναβράζοντα δισκία, για τις ιδιότητες με φελιζόλ και τέλος ο πειραματισμός με υλικά για τον καθαρισμό του νερού.

Όπως γίνεται αντιληπτό, το εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες. Στο εκπαιδευτικό υλικό που δόθηκε έτοιμο από τον εκπαιδευτικό στους μαθητές και σε εκείνο που κατασκεύασαν οι ίδιοι οι μαθητές μέσω των διερευνητικών διαδικασιών.

Σαν συμπέρασμα, από την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού από τον Πέικο προκύπτει ότι έγινε εκτεταμένη χρήση των μοντέλων. Σύμφωνα με την Χαλκιά (2010), τα μοντέλα αποτελούν βασικά εργαλεία μάθησης και διδασκαλίας στις φυσικές επιστήμες. Ακόμη, αξίζει να σημειωθεί ότι το μοντέλο είναι η αναπαράσταση ενός στόχου, που μπορεί να είναι ένα αντικείμενο, μια έννοια, μια διαδικασία ή ένα φαινόμενο (Van Driel and Verloop, 1999). Το 2002 ο Parkinson χώρισε τα μοντέλα σε τέσσερα είδη: Μοντέλα κλίμακας, Αναλογικά μοντέλα, Μαθηματικά μοντέλα και Θεωρητικά μοντέλα.

Εκτός από τη χρήση μοντέλων/μοντελοποίηση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί και άλλες νέες και καινοτόμες πρακτικές. Σύμφωνα με τη Χαλκιά (2010), ο εκπαιδευτικός δεν διδάσκει ποτέ με τυχαίο τρόπο πόσο μάλλον τις φυσικές επιστήμες, καθώς λαμβάνει υπ’ όψιν του διάφορους παράγοντες και αναπτύσσει σχέδια μαθήματος, που να ανταποκρίνονται στις ικανότητες των μαθητών του. Συνεπώς, σύμφωνα με την ηλικία και το μαθητικό υπόβαθρο ο εκπαιδευτικός

δημιουργεί μια σειρά από πλάνα και σχέδια μαθήματος. Σε αυτό το γεγονός συμβάλλει ο σχεδιασμός των διδασκαλιών με την βοήθεια της ανακαλυπτικής μάθησης ή αλλιώς της διερεύνησης (Inquiry). Σε αυτή την περίπτωση, ο εκπαιδευτικός δίνει τις πληροφορίες και ο μαθητής μόνος του χτίζει τον τοίχο της γνώσης, προβληματίζεται και ενεργεί (Τριλλιανός, 2008). Η διερεύνηση αποτελεί μια σχετικά νέα μέθοδο διδασκαλίας για τα ελληνικά δεδομένα, όμως στο εξωτερικό έχει τις ρίζες του από τις αρχές του 20ου αιώνα και βασίζεται στις ιδέες του Dewey (Χαλκιά, 2010). Μέσω της ανακαλυπτικής - διερευνητικής μεθόδου οι μαθητές είναι το επίκεντρο, θέτουν ερωτήματα, προβλέπουν, ελέγχουν, παρατηρούν, ερμηνεύουν και δημιουργούν μοντέλα. Αντίθετα, ο εκπαιδευτικός έχει καθοδηγητικό ρόλο και παρεμβαίνει όποτε χρειαστεί (Γκοτζαρίδης, 2009).

Χαρακτηριστική είναι το παλιό ρητό του Benjamin Franklin: «Tell me and I forget, teach me and I may remember, involve me and I learn». Το τελευταίο σημείο, υποδηλώνει ότι η ενεργός συμμετοχή των μαθητών και η ενθάρρυνσή τους να εμπλακούν θα τους βοηθήσουν να μάθουν και να κατανοήσουν σε βάθος.[14] Η Εικόνα 10 αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της διερευνητικής μεθόδου.

Νέα δεδομένα έρχονται στο προσκήνιο, μετά τον πανευρωπαϊκό διαγωνισμό που αφορούσε μαθητές ηλικίας 11-18 ετών που συνδιοργανώθηκε από το ευρωπαϊκό έργο «NanoDiode» και την Ευρωπαϊκή Ένωση Ομοσπονδιών Δημοσιογράφων Επιστήμης «EUSJA».[15] Καθώς στον πανευρωπαϊκό διαγωνισμό, πήραν μέρος μαθητές από Δημοτικά Σχολεία της Ελλάδας (Αμμοχώρι και Βαρικό Φλώρινας, Ηράκλειο Κρήτης, Εκπαιδευτήρια Αναγέννηση και Ι.Μ. Παναγιωτόπουλος), Γυμνάσια της Ελλάδας (Γυμνάσιο Ζωγράφου και Γρεβενών) και από σχολεία της Ισπανίας, της Τουρκίας και της Ουγγαρίας. Οι συμμετοχές έδειξαν, ότι στον διαγωνισμό πήραν μέρος περισσότερα ελληνικά σχολεία και κυρίως της Α/βάθμιας εκπαίδευσης δείχνοντας ότι πλέον η Ν-ΕΤ αρχίζει να εισχωρεί άτυπα στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Η πρωτιά των Δημοτικών Σχολείων Αμμοχωρίου και Βαρικού της Φλώρινας, έδειξε την επιτυχημένη συμβολή του εκπαιδευτικού υλικού που δημιουργήθηκε και αναφέρθηκε παραπάνω.

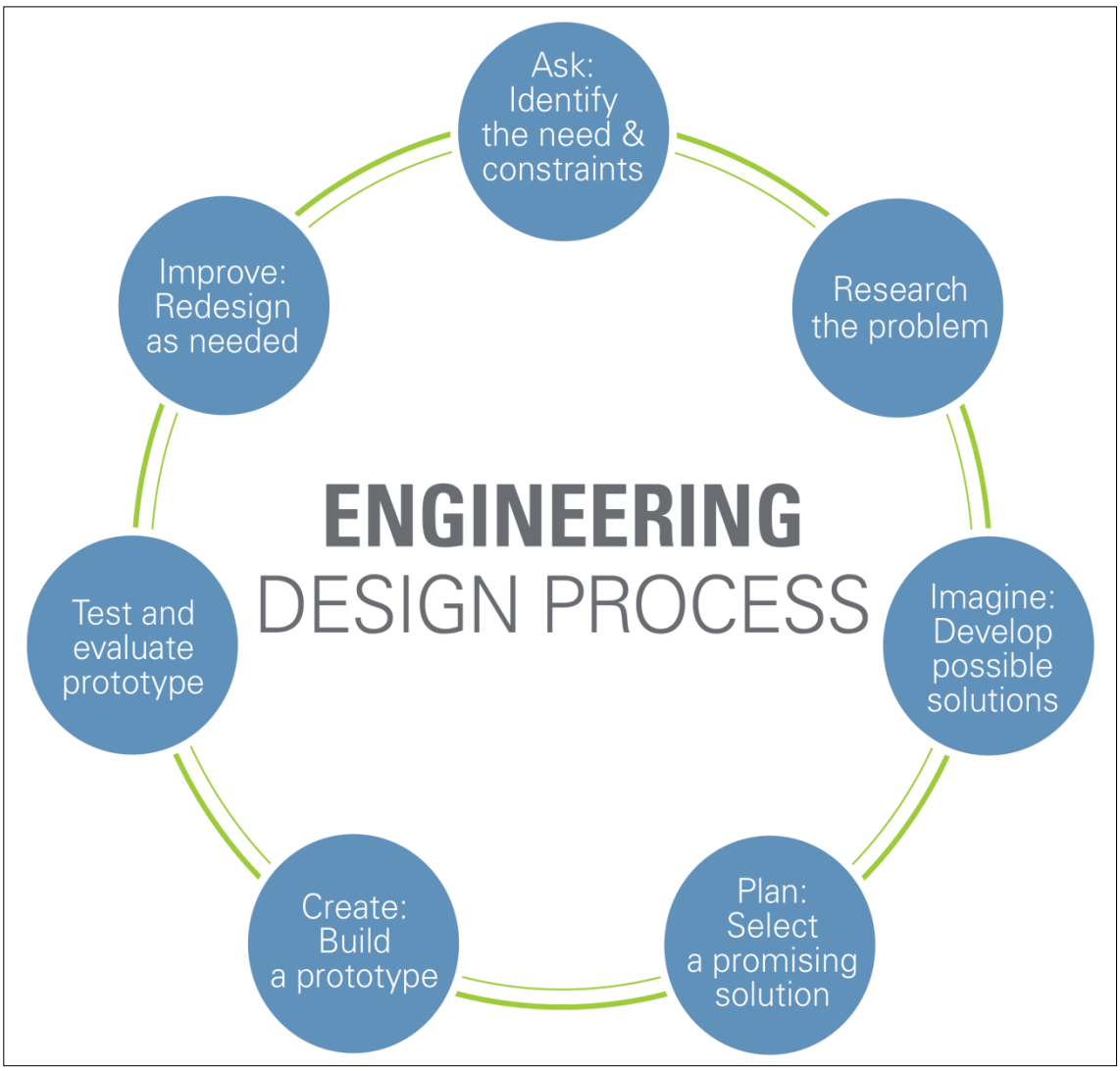
Εικόνα 10: Αντιπροσωπευτικό σκίτσο για την Διερευνητική Μέθοδο.

Πηγή: Sutman, F., X., Schmuckler, J., S. & Woodfield, J., D., (2008). The Science Quest-Using Inquiry/Discovery to Enhance Student Learning. JOSSEY-BASS, San Francisco.

Β. Διαδικασία Μηχανικού Σχεδιασμού (Engineering Design Process)

Η διαδικασία μηχανικού σχεδιασμού είναι μια σειρά από 7 βήματα, τα οποία ακολουθούν ομάδες ανθρώπων ή οι επιστήμονες (μηχανικοί) για να επιλύσουν ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Η διαδικασία σχεδιασμού είναι κυκλική, γεγονός που σημαίνει ότι οι μηχανικοί επαναλαμβάνουν τα βήματα όσες φορές χρειαστεί, μέχρι να επιτύχουν το καλύτερο αποτέλεσμα.

Δύο είναι τα βασικά στοιχεία της διαδικασίας σχεδιασμού: η ομαδική εργασία και ο σχεδιασμός. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να ακολουθήσουν τα βήματα της διαδικασίας του σχεδιασμού. Στην Εικόνα 11 φαίνονται τα βήματα του μηχανικού σχεδιασμού.



Εικόνα 11: Τα βήματα του κύκλου του μηχανικού σχεδιασμού (Engineering Design Process).
Πηγή: https://www.teachengineering.org/engrdesignprocess.php

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5, η διαδικασία του μηχανικού σχεδιασμού περιλαμβάνει 7 βασικά βήματα. Παρακάτω θα ακολουθήσει μια ανάλυση αυτών των βημάτων.

Πίνακας 5: Τα βήματα του μηχανικού σχεδιασμού (Engineering Design Process).
Πηγή: https://www.teachengineering.org/engrdesignprocess.php

Βήματα Μηχανικού Σχεδιασμού	
1. Ask: Identify the Need & Constraints	**1. Ρωτώ: Προσδιορισμός της ανάγκης και περιορισμοί.**
2. Research the Problem	**2. Έρευνα του προβλήματος.**
3. Imagine: Develop Possible Solutions	**3. Φανταστείτε: Ανάπτυξη πιθανών λύσεων.**
4. Plan: Select a Promising Solution	**4. Σχεδιάζω: Επιλογή μιας πολλά υποσχόμενης λύσης.**
5. Create: Build a Prototype	**5. Κατασκευάζω ένα πρωτότυπο.**
6. Test and Evaluate Prototype	**6. Έλεγχος και αξιολόγηση του πρωτότυπου.**
7. Improve: Redesign as Needed	**7. Βελτίωση: Επανασχεδιασμός όπου απαιτείται.**

1. Ζητάω: Προσδιορισμός ανάγκης και περιορισμοί

Οι μηχανικοί κάνουν κριτικές ερωτήσεις, σχετικά με το τι θέλουν να δημιουργήσουν, άλλοτε είναι ένας ουρανοξύστης, μια βόλτα σε ένα πάρκο ψυχαγωγίας, ή ένα «έξυπνο» τηλέφωνο. Οι ερωτήσεις αυτές περιλαμβάνουν:

- «Ποιό είναι το πρόβλημα που πρέπει να λυθεί»;
- «Τι θέλουμε να σχεδιάσουμε»;
- «Για ποιόν το θέλουμε»;
- «Τι θέλουμε να επιτύχουμε»;
- «Ποιοί είναι οι περιορισμοί και τα όρια»;
- «Ποιός είναι ο τελικός μας στόχος»;

2. Έρευνα του προβλήματος

Σε αυτό το βήμα οι μηχανικοί μιλούν με ανθρώπους από πολλά διαφορετικά υπόβαθρα και ειδικότητες για να τους βοηθήσουν με την έρευνα. Ερευνούν τα προϊόντα ή τις λύσεις που υπάρχουν ήδη, ή τις τεχνολογίες που μπορούν να είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες τους.

3. Φανταστείτε: Ανάπτυξη Πιθανών λύσεων

Σε αυτό το βήμα πραγματοποιείται από την μεριά των μηχανικών καταιγισμός ιδεών. Εργάζονται σε ομάδες για να σκεφτούν όσο το δυνατόν περισσότερες λύσεις. Μένουν επικεντρωμένοι στο βασικό πρόβλημα και πραγματοποιούν πολλές συζητήσεις. Για να επιτευχθεί ένας καλός και σωστός σχεδιασμός όλα έχουν να κάνουν με την ικανότητα συνεργασίας των μελών της ομάδας.

4. Επιλογή μιας πολλά υποσχόμενης λύσης

Αυτό το βήμα είναι και το πιο δύσκολο! Οι μηχανικοί επανεξετάζουν τις ανάγκες, τους περιορισμούς και την διαδικασία της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο 2^{ο} βήμα. Έπειτα, συγκρίνουν τις καλύτερες ιδέες τους και επιλέγουν μια λύση-ιδέα. Τέλος, φτιάχνουν ένα σχέδιο και προχωρούν με γνώμονα αυτό.

5. Κατασκευάζω ένα πρωτότυπο

Με την δημιουργία του πρωτότυπου οι ιδέες γίνονται πραγματικότητα. Οι πρώιμες εκδόσεις της λύσης βοηθούν την ομάδα των μηχανικών να ελέγξουν αν ο σχεδιασμός ικανοποιεί τους αρχικούς τους στόχους. Τα μέλη της ομάδας πιέζουν τους εαυτούς τους για δημιουργικότητα, φαντασία και την καλύτερη σχεδίαση.

6. Έλεγχος και Αξιολόγηση του πρωτότυπου

Σε αυτό το σημείο τα μέλη της ομάδας αναρωτιούνται αν τελικά αυτό που δημιούργησαν λειτουργεί και βοηθάει για την επίλυση της ανάγκης του 1^{ου} βήματος. Αναλύουν και συζητούν για το τι λειτουργεί και τι όχι και να θα μπορούσαν να κάνουν κάτι για να το βελτιώσουν.

7. Βελτίωση: Επανασχεδιασμός όπως απαιτείται

Σε αυτό το βήμα οι μηχανικοί συζητούν πως μπορούν να βελτιώσουν την λύση τους. κάνουν αναθεωρήσεις, σχεδιάζουν νέα σχέδια. Επαναλαμβάνουν το σχέδιο για να κάνουν το προϊόν τους όσο καλύτερο μπορεί να γίνει. [16]

Οι μαθητές όταν επιλύουν προβλήματα σύμφωνα με τον κύκλο του Engineering Design Process, αποκομίζουν αρκετά οφέλη. Πιο συγκεκριμένα, μαθαίνουν να εργάζονται σε ομάδες και να συζητούν για να επιλύσουν ένα πρόβλημα. Δεν λαμβάνουν μόνοι τους τις αποφάσεις αλλά όλοι μαζί συλλογικά. Αφού η διαδικασία είναι κυκλική, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία για αναστοχασμό της όλης διαδικασίας.

1.8. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με την παραπάνω βιβλιογραφική έρευνα προκύπτει πως η εισαγωγή της Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση είναι αναγκαία. Η Νανοτεχνολογία έχει χαρακτηριστεί ως η επόμενη «βιομηχανική επανάσταση» της σύγχρονης εποχής μας. Οι εφαρμογές και τα προϊόντα αυξάνονται συνεχώς κάτι που θα επιφέρει αλλαγές στη ζωή όλων μας (Jones et al., 2013). [17] Συνεπώς, η εισαγωγή της Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση είναι πλέον αναγκαία. Σύμφωνα με τους Πέικος, Μάνου & Σπύρτου (2015) η εκπαιδευτική έρευνα καθίσταται απαραίτητη στο πεδίο της νανοτεχνολογίας για την ανάπτυξη σχετικών αναλυτικών προγραμμάτων, μαθημάτων αλλά και για την προετοιμασία του εργατικού δυναμικού. Η ανάπτυξη σχετικών αναλυτικών προγραμμάτων προϋποθέτει την ύπαρξη πιλοτικών εφαρμογών και τη μελέτη των ιδεών των μαθητών πάνω σε θέμα της Ν-ΕΤ. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική επισκόπηση των Πέικος, Παπαδοπούλου & Σπύρτου (2015), δεν έχουν δημοσιευθεί έρευνες για την τυπική εκπαίδευση σχετικά με τις ιδέες των μαθητών για την Ν-ΕΤ στο Δημοτικό Σχολείο. Για τον λόγο αυτό, η έρευνα των Πέικος, Παπαδοπούλου και Σπύρτου θα αποτελέσει το πρώτο επίσημο εγχείρημα για την καταγραφή των ιδεών σχετικά με το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ. Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, με άξονα τις ιδέες των μαθητών, αφορούν χώρες κυρίως του εξωτερικού και πιο συγκεκριμένα τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και άτομα άνω των 18 ετών (Lee, Scheufele & Lewenstein, 2005; Leinonen & Kivisaari, 2010). Τα αποτελέσματα προέρχονται κυρίως από την ανάλυση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων σε άτυπα περιβάλλοντα μάθησης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010).

Στην Αμερική όχι μόνο οι μαθητές έχουν έρθει ήδη σε επαφή με τον επαναστατικό κόσμο της Ν-ΕΤ, αλλά έχουν δημιουργηθεί μαθήματα και σχετικές δραστηριότητες που προσεγγίζουν τα φαινόμενα διερευνητικά. Οι ίδιοι μαθητές εμπλέκονται στη διδασκαλία και κατανοούν σε μεγαλύτερο βαθμό. Σύμφωνα με τα παραπάνω, κρίνεται απαραίτητο και οι μαθητές στην Ελλάδα να διδαχθούν για τον νέο και επαναστατικό Νανόκοσμο.

2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

2.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Ο σχεδιασμός του εκπαιδευτικού υλικού βασίστηκε κατά κύριο λόγο στους παρακάτω άξονες:

- το NanoLeap Project,
- τον Κύκλο του Μηχανικού σχεδιασμού: «Engineering Design Process»,
- τις Μεγάλες Ιδέες καθώς και
- τις Ιδέες των μαθητών.

Το περιεχόμενο του υλικού των παρεμβάσεων, δημιουργήθηκε σύμφωνα με τους παραπάνω 4 άξονες. Υπήρχε συνεχής ανανέωση του υλικού καθώς βασικός σκοπός ήταν το υλικό να ανταποκρίνεται στα ενδιαφέροντα και τις γνώσεις των μαθητών. Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή του περιεχομένου των 4 αξόνων, που αποτέλεσαν βασικό οδηγό για τη δημιουργία του εκπαιδευτικού υλικού.

2.1.1. Το «NanoLeap Project»

Κάθε μάθημα που υπάρχει στο «NanoLeap Project» είχε και συγκεκριμένο στόχο. Ακολουθεί μια περιγραφή των βασικών στόχων του κάθε μαθήματος του «NanoLeap Project» το οποίο εφαρμόστηκε στην Αμερική. Πιο συγκεκριμένα, στο 1^{ο} μάθημα οι μαθητές πρέπει να παρατηρήσουν πως το πόδι της σαύρας αλληλεπιδρά με τις επιφάνειες. Η παρατήρηση και η ερμηνεία θα γίνει μέσα από διάφορες εικόνες και θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στη βαρύτητα. Με αυτό τον τρόπο μελετάται το ενδιαφέρον των μαθητών για τη συγκεκριμένη ικανότητα.

Το 2^{ο} μάθημα, είχε σαν στόχο οι μαθητές να συγκρίνουν διερευνητικά το ποσοστό της επιφάνειας επαφής με τον συνολικό χώρο. Αυτό υλοποιήθηκε μέσω ενός πειράματος με τη βοήθεια διαφορετικών τύπων παπουτσιών με μεγαλύτερη ή μικρότερη σόλα. Πειραματικά βρήκαν ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την επιφάνεια επαφής μεταξύ δυο αντικειμένων.

Στη συνέχεια, το 3^{ο} μάθημα στόχευε στο να μελετηθούν οι ιδέες των μαθητών για τα μεγέθη στη νανοκλίμακα. Οι μαθητές κατά τη διάρκεια του 3^{ου} μαθήματος, εκτίμησαν και ταξινόμησαν «αντικείμενα» με βάση το μέγεθός τους στη νανοκλίμακα. Ακόμη,

στόχος του 3ου μαθήματος είναι να κατανοήσουν, ότι δεν μπορούν να δουν τα «αντικείμενα» με γυμνό μάτι. Έτσι ήρθαν σε επαφή με τον ορατό και τον αόρατο κόσμο. Γενικά, όλες οι δραστηριότητες και το εποπτικό υλικό του 3ου μαθήματος, είναι βασισμένα στη Μεγάλη Ιδέα με τίτλο: «Μέγεθος και κλίμακα» (Stevens et al. 2009). Τέλος, με την ολοκλήρωση του 3ου μαθήματος, επιχειρείται οι μαθητές να καταστούν ικανοί να περιγράφουν τεχνολογικές εφαρμογές για τη Ν-ΕΤ καθώς και θετικές και αρνητικές επιπτώσεις.

Έπειτα, το 4ο μάθημα έχει σαν στόχο οι μαθητές να κατανοήσουν πως το μέγεθος και η κλίμακα σχετίζονται. Αρχικά, φαντάζονται και ζωγραφίζουν τον εαυτό τους στο 1/10 του κανονικού τους ύψους. Με τον τρόπο αυτό, αποσκοπούμε στη νοητική μετάβαση από το μακρόκοσμο στον νανόκοσμο. Στη συνέχεια, οι μαθητές κάνουν προβλέψεις για το πως μπορεί να είναι το πόδι της Gecko και η επιφάνεια επαφής (τοίχος), στη νανοκλίμακα. Οι προβλέψεις πραγματοποιούνται με τη βοήθεια ιχνογραφημάτων και λέξεων, καθώς παρατηρούν διάφορες εικόνες. Μέσω διερευνητικών ενεργειών και συζήτησης με τον εκπαιδευτικό, οι μαθητές επιχειρήθηκε να κατανοήσουν πως είναι η πατούσα της Gecko στη νανοκλίμακα και να την περιγράψουν με επιστημονικούς όρους. Τέλος, στόχος αποτελεί οι μαθητές να κατανοήσουν τη χρησιμότητα των ειδικών εργαλείων (ηλεκτρονικά μικροσκόπια σάρωσης) για την παρατήρηση «αντικειμένων» στη νανοκλίμακα.

Στη συνέχεια, το 5ο μάθημα του Project στοχεύει στην εξήγηση του φαινομένου προσεγγίζοντας τις Διαμοριακές Δυνάμεις, καθώς απευθύνεται στην Β/θμια εκπαίδευση. Μέσω μιας δραστηριότητας, όπου οι μαθητές έχουν στη διάθεσή τους διάφορα αντικείμενα (μαγνήτες, ξύλο, πλαστικό, χαρτί, βεντούζες) πρέπει να εκτιμήσουν ποια από αυτά «κολλάνε» μεταξύ τους και με ποιον τρόπο (προσδιορισμός δυνάμεων). Οι μαθητές εργάζονται ομαδικά, προβλέπουν, εξερευνούν και εξηγούν τις διαφορετικές μεθόδους με τις οποίες δυο αντικείμενα «κολλάνε» μεταξύ τους. Στη συνέχεια, οι μαθητές σύνδεσαν τα αποτελέσματα τους με το παράδειγμα της σαύρας Gecko και προσπάθησαν να εξηγήσουν την ικανότητα της προσκόλλησης.

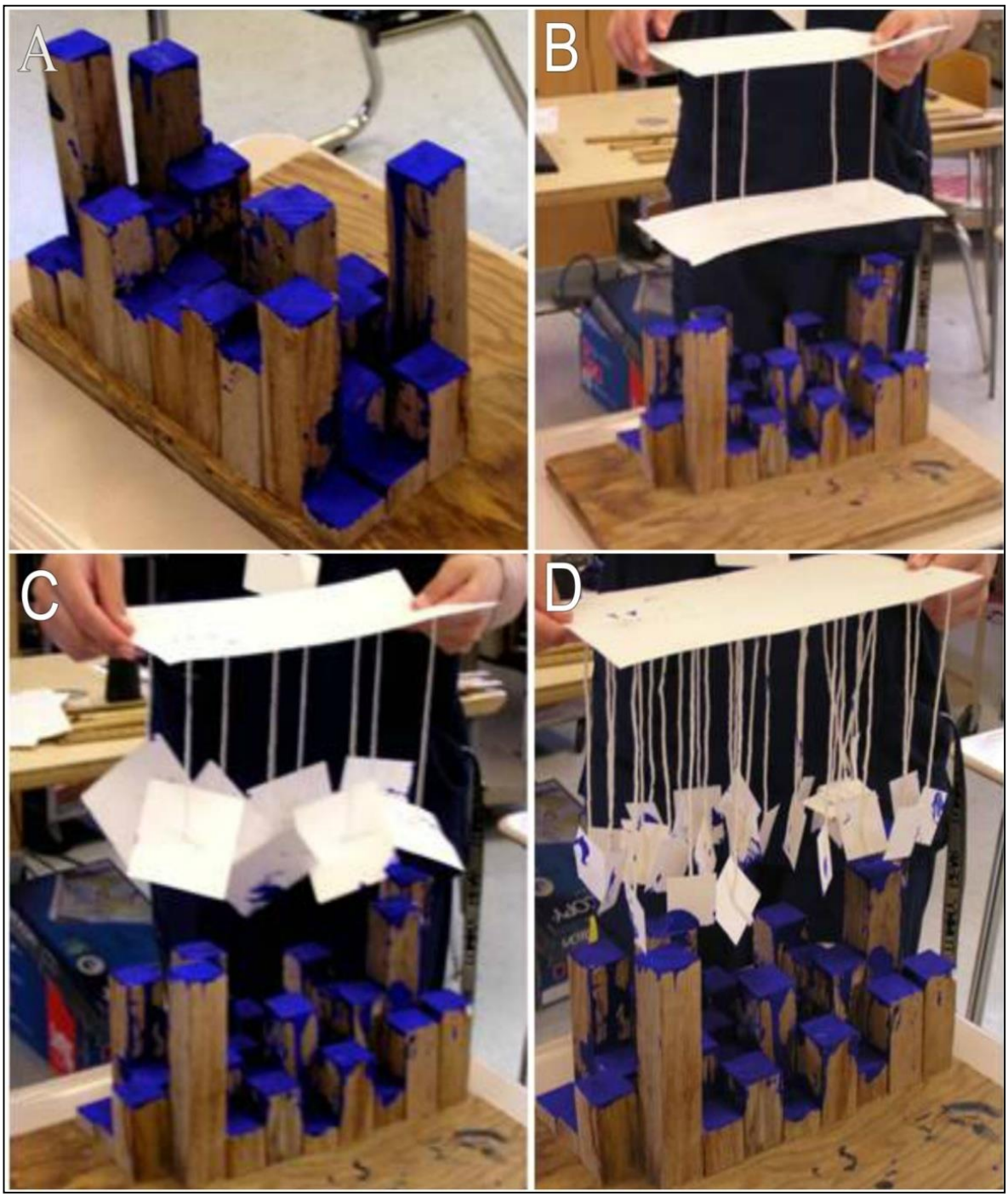
Το 6ο μάθημα, έχει σαν στόχο οι μαθητές να εξηγήσουν την ικανότητα της προσκόλλησης της Gecko με τη βοήθεια των δυνάμεων. Πιο συγκεκριμένα, όταν η συνολική δύναμη που ασκείται στη σαύρα είναι μηδέν (0) τότε αυτή «κολλάει» στον τοίχο. Ακόμη, μέσω της ομαδοσυνεργατικής μεθόδου οι μαθητές ερεύνησαν, πόσοι τύποι επιφανειών, όπου η σαύρα «κολλάει», υπάρχουν. Οι πειραματικές δραστηριότητες

ήταν όλες σχετικές με τις δυνάμεις, κάτι που προϋποθέτει ανώτερες γνώσεις και για αυτό ανταποκρίνεται σε μαθητές της Β/θμιας εκπαίδευσης.

Αρχικός στόχος του 7ου μαθήματος, είναι οι μαθητές να προσεγγίσουν το φαινόμενο μετρώντας τις δυνάμεις. Ακόμη, ασχολούνται και με τα «εργαλεία» που χρησιμοποιούμε για να κάνουμε διάφορες μετρήσεις στη Νανοκλίμακα. Βασικός στόχος του συγκεκριμένου μαθήματος ήταν η μοντελοποίηση. Αρχικά μοντελοποίησαν ένα μικροσκόπιο ατομικής δύναμης (Atomic Force Microscope). Στη συνέχεια, ένα μοντέλο τοίχου (Εικόνα 12A) και ένα μοντέλο τριχιδίου από ξύλα, για να δουν τι συμβαίνει όταν η σαύρα ακουμπάει στον τοίχο. Πάνω στα κομμάτια του ξύλου τοποθέτησαν χρωματιστή μπογιά και η μοντελοποίηση είχε 3 στάδια. Στο 1ο στάδιο, αναπαράστησαν με ένα ενιαίο κομμάτι χαρτιού, τη μια τρίχα από το πόδι της Gecko και την τοποθέτησαν πάνω στα βαμμένα ξύλα. Όσα σημεία ακουμπούν στην μπογιά βάφονται (Εικόνα 12B). Στο 2ο στάδιο, το ίδιο ενιαίο κομμάτι χαρτιού κόπηκε σε μικρότερα κομμάτια (τριχίδιο) και ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία (Εικόνα 12C). Στο 3ο και τελευταίο στάδιο, τα χαρτάκια κόπηκαν σε ακόμη μικρότερα κομμάτια (σπάτουλες) και ομοίως, τα τοποθέτησαν στον βαμμένο ξύλινο τοίχο (Εικόνα 12D). Μέσω του συγκεκριμένου μοντέλου αποδεικνύεται πως όσες περισσότερες επιφάνειες επαφής υπάρχουν, τόσο μεγαλύτερη είναι η προσκόλληση. Στην Εικόνα 12, συνοψίζεται το μοντέλο που περιγράφηκε παραπάνω.

Τέλος, στο 8Ο και τελευταίο μάθημα οι μαθητές επιχείρησαν να εξηγήσουν την προσκόλληση της Gecko σε διάφορες επιφάνειες, μέσω των Ηλεκτρικών Δυνάμεων. Οι μαθητές παρατηρούν τη δομή της τρίχας στον Νανόκοσμο, με τη χρήση ειδικού οργάνου, του Ηλεκτρονικού Μικροσκοπίου. Βασικός στόχος, είναι η εξήγηση του φαινομένου με τις Ηλεκτρικές Δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ ποδιού και επιφάνειας (τοίχος). Στη συνέχεια, ζωγραφίζουν τη δομή της τρίχας στον Νανόκοσμο.

Όπως γίνεται αντιληπτό, στα μαθήματα 5, 6, 7 και 8 το φαινόμενο της προσκόλλησης της Gecko, προσεγγίζεται με τη βοήθεια των δυνάμεων αφού το Project απευθύνεται σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στον Πίνακα 6, συνοψίζουμε τα βασικά σημεία κάθε μαθήματος του «NanoLeap Project» και όσων ειπώθηκαν παραπάνω.



Εικόνα 12: Μοντέλο τοίχου και τρίχας Gecko, σύμφωνα με το «NanoLeap Project».
Πηγή: http://www2.mcrel.org/nanoleap/ps/PS_ExploringMysteryGecko_SJ.pdf

Πίνακας 6: Βασικά σημεία «NanoLeap Project»

Πηγή: http://www2.mcrel.org/nanoleap/ps/PS_ExploringMysteryGecko_SJ.pdf

Τίτλος μαθήματος[2]	Κόσμος	Κυρίαρχη Δύναμη	Εργαλεία
1. How Can a Gecko Walk on a Ceiling?	**Ορατός**	**Βαρύτητα**	**Μάτια**
2. What Do We Mean When We Speak About Surfaces in Contact?	**Ορατός**	**Βαρύτητα**	**Μάτια**
3. What Are Your Ideas About Small Sizes?	**Ορατός/Αόρατος**	**Varies (Διάφορες)**	**Μάτια και όργανα**
4. What Do We Learn When We Look More Closely?	**Αόρατος**	**Extremely Small & Large in Number *(Αριθμητικά μικρές και πολλές σε αριθμό)***	**Μικροσκόπιο σάρωσης**
5. What Types of Forces Can Hold Objects Together?	**Ορατός/Αόρατος**	**Βαρύτητα**	**Μάτια και χέρια**
6. How MUCH Force Is Needed to Make an Object Stick?	**Ορατός**	**Βαρύτητα και πρόσφυση**	**Κανταράκια ζύγισης**
7. How Do We Measure Forces at the Nanoscale Level? Why Is Merely Looking not Enough?	**Ορατός και Αόρατος**	**Extremely Small & Large in Number *(Αριθμητικά μικρές και πολλές σε αριθμό)***	**Atomic Force Microscope**
8. How Can a Gecko on a Ceiling?	**Ορατός και Αόρατος**	**Ηλεκτρικές Δυνάμεις**	**Atomic Force Microscope**

Το εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας, όπως προαναφέρθηκε βασίστηκε στο «NanoLeap Project». Όμως από τα 8 μαθήματα που περιλαμβάνει το Project, έμπνευση αποτέλεσαν τα 5 χωρίς όμως να γίνει αντιγραφή των δραστηριοτήτων. Το Project λειτούργησε σαν αφόρμηση για τη δημιουργία διάφορων δραστηριοτήτων έτσι ώστε οι μαθητές να προσεγγίσουν διερευνητικά την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο. Το υλικό ανανεωνόταν συνεχώς και συμβάδιζε με τα ενδιαφέροντα των μαθητών.

[2] Διατηρήθηκε η αγγλική ονομασία, για να μην «αλλοιωθεί» το νόημα κατά τη μετάφραση.

Πιο συγκεκριμένα, τα μαθήματα στα οποία βασίστηκε το υλικό είναι αυτά με αριθμό: 1, 2, 3, 4 και 8. Στον σχεδιασμό του εκπαιδευτικού υλικού, κατά κύριο λόγο κρατήθηκε η βασική ιδέα του εκάστοτε μαθήματος και δημιουργήθηκαν νέες δραστηριότητες σύμφωνα με τις ιδέες και τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών.

Σύμφωνα με το 1ο μάθημα, οι μαθητές κινητοποιήθηκαν και αύξησαν το ενδιαφέρον τους για να εξερευνήσουν την ικανότητα της Gecko (σαμιαμίδι) να «κολλάει» στον τοίχο αλλά και την ικανότητα του Spiderman να κάνει το ίδιο.

Μέσα από τα ιχνογραφήματα προσπαθούν να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν αυτή την περίεργη ικανότητα. Ο βασικός στόχος του μαθήματος παραμένει ο ίδιος, αλλάζει όμως ο τρόπος εξερεύνησης. Η βασική ιδέα των μαθητών για την προσκόλληση της σαύρας είναι η ύπαρξη βεντούζας στα δάχτυλα των ποδιών της. Τέλος, οι μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες έρχονται σε επαφή με τα μοντέλα καθώς ζητείται από αυτούς να αναπαραστήσουν, το πόδι του Spiderman στη Νανοκλίμακα και να εξηγήσουν την ικανότητα του να σκαρφαλώνει στις γυάλινες επιφάνειες.

Στη συνέχεια, και ακολουθώντας την δομή του 3ου και 4ου μαθήματος του Project, επιχειρήθηκε να αναδειχθούν οι ιδέες των μαθητών γύρω από το φαινόμενο. Σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε το εκπαιδευτικό υλικό με τη μορφή των pre-questionnaire, που αποτελούταν από δύο ερωτήσεις. Μέσω του ερωτηματολογίου, μελετήθηκαν οι ιδέες των παιδιών για το μέγεθος και την κλίμακα. Ακόμη, οι μαθητές μελέτησαν εικόνες από διάφορα έντομα στον μικρόκοσμο και πραγματοποίησαν προβλέψεις.

Έπειτα και σύμφωνα με το 2ο μάθημα, οι μαθητές θα αντιληφθούν την επιφάνεια επαφής και πως αυτή παίζει ρόλο στην ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο και το ταβάνι. Οι μαθητές μέσω μιας σειράς πειραμάτων θα οδηγηθούν στην κατάρριψη της αρχικής τους ιδέας, δηλαδή ότι η προσκόλληση της Gecko οφείλεται στην ύπαρξη βεντούζας στα πόδια της. Τη νέα γνώση, θα ενισχύσει η επεξεργασία εκπαιδευτικού υλικού με την μορφή βίντεο.

Με τη βοήθεια του 8ου μαθήματος, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τη δομή του ποδιού της Gecko στον Νανόκοσμο. Στόχος είναι να μπορούν οι μαθητές να εξηγούν το φαινόμενο προσεγγίζοντας την έννοια της επιφάνειας επαφής. Εν τέλει, οι μαθητές θα κατασκευάσουν μοντέλο Σαύρας Gecko και τοίχου για να εξηγούν το φαινόμενο όχι με τις δυνάμεις αλλά με την επιφάνεια επαφής.

Όπως γίνεται αντιληπτό, στον σχεδιασμό και την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού δεν ακολουθήθηκε η σειρά των μαθημάτων όπως παρουσιάζονται στο «NanoLeap Project». Πραγματοποιήθηκε, επιλογή βασικών σημείων τα οποία προσαρμόστηκαν στην ηλικία και τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών. Αυτός είναι και ο λόγος, που δεν επιλέχθηκε να προσεγγίσουμε την ικανότητα της Gecko μέσω των δυνάμεων γιατί απευθυνόμαστε σε μαθητές της Α/θμιας Εκπαίδευσης. Η εξήγηση του φαινομένου μέσω των δυνάμεων (5^{ο}, 6^{ο} και 7^{ο} μάθημα) θα δυσκόλευε τους μικρούς μαθητές. Έτσι, έγινε επιλογή να προσεγγιστεί μέσω της επιφάνειας επαφής. Πιο συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια επαφής του ποδιού της σαύρας με τον τοίχο, τόσο ισχυρότερη είναι η προσκόλληση.

2.1.2. Διερεύνηση: ο κύκλος του «Engineering Design Process»

Επίσης, το εκπαιδευτικό υλικό δημιουργήθηκε με βάση τον κύκλο μηχανικού σχεδιασμού: «Engineering Design Process». Αποτελείται από μια κυκλική διαδικασία που στόχο έχει τη συνεργασία των μαθητών σε ομάδες και τον σχεδιασμό. Για να επιλυθεί ένα πρόβλημα, σχεδιάζονται οι ενέργειες και τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν. Με τον τρόπο αυτό, δεν ξεφεύγουμε από τον στόχο μας και υπάρχει συνεχής ανατροφοδότηση.

Στην περίπτωση της παρούσας έρευνας, στοχεύουμε να εργαστούμε σύμφωνα με τα βήματα του κύκλου και να φτάσουμε μέχρι και το 5^{ο} βήμα (Create: Build a prototype). Θα ακολουθηθούν τα προβλεπόμενα βήματα, έτσι ώστε τελικά να μπορέσουμε να εξηγήσουμε την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο και σε γυάλινες επιφάνειες. Μέσω συνεχής συνεργασίας των ομάδων και σχεδιασμού των βημάτων μας θα εξηγήσουμε το περίεργο φαινόμενο της προσκόλλησης της Gecko στον τοίχο. Το βασικό μας ερώτημα θα είναι: «Πώς μπορώ να γίνω σαν τον αγαπημένο μου Spiderman»;

2.1.3. Οι «Μεγάλες Ιδέες» του περιεχομένου της Ν-ΕΤ

Ο σχεδιασμός του υλικού, που θα αποτελέσει το μέσο για τη διερευνητική προσέγγιση της προσκόλλησης της σαύρας Gecko, βασίστηκε σε κάποιες από τις Μεγάλες Ιδέες του Stevens (Stevens, Sutherland και Krajcik, 2009).

Πιο συγκεκριμένα, το υλικό μας επικεντρώθηκε στις δυο από τις εννέα Μεγάλες Ιδέες: «Μέγεθος και κλίμακα» και «Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος». Μας ενδιαφέρει οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με τις έννοιες «Μέγεθος και Κλίμακα» και

να κατανοήσουν τις διαφορές που υπάρχουν ανάλογα με την Κλίμακα στην οποία βρισκόμαστε. Συγκεκριμένα για τη σαύρα Gecko, σημαντικός διδακτικός στόχος ήταν να κατανοήσουν οι μαθητές ότι εξαιτίας του μεγέθους των νανοτριχών της σαύρας δημιουργείται επιφάνειας επαφής η οποία ευνοεί την ισχυρή προσκόλληση της στον τοίχο.

Οι μαθητές, θα αντιληφθούν τον νέο και επαναστατικό κόσμο και θα γνωρίσουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Θα επεξεργαστούν το εκπαιδευτικό υλικό και θα αντιληφθούν τη σχέση της N-ET με την ικανότητα της σαύρας να περπατάει και να σκαρφαλώνει σε γυάλινα κτήρια και ταβάνια.

2.1.4. Οι Ιδέες των Μαθητών για το φαινόμενο της Gecko

Οι ιδέες των μαθητών καθώς και οι προϋπάρχουσες γνώσεις τους, αποτελούν ορόσημο για τη δημιουργία κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού. Υπήρξε συνεχής σχεδιασμός με βάση τις ιδέες των μαθητών. Ειδικότερα λάβαμε υπόψη μας τις απαντήσεις των μαθητών που καταγράφηκαν στο εργαλείο συλλογής δεδομένων, δηλαδή στο pre-ιχνογράφημα (Βλέπε επόμενη ενότητα και Παράρτημα)

Επίσης, στο βίντεο με τίτλο: *«How Do Geckos Stick To Walls - The Royal Institution Christmas Lecture 2010, preview - BBC Four»* φάνηκε πως εναλλακτική ιδέα των μαθητών ήταν η βεντούζα. Με αφορμή αυτό το βίντεο δημιουργήθηκε το εκπαιδευτικό μας υλικό που περιλάμβανε πειραματισμό με επιφάνειες που κολλάει μια βεντούζα, εικόνες των ποδιών χταποδιού από ηλεκτρονικό αλλά και οπτικό μικροσκόπιο, εικόνες της σαύρας στους διάφορους κόσμους (**Πηγή Βίντεο:** https://www.youtube.com/watch?v=B4ps2O-4ot0).

2.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Το εκπαιδευτικό υλικό που δημιουργήθηκε, εφαρμόστηκε πιλοτικά σε μαθητές και μαθήτριες της Στ' τάξης σε δημοτικό σχολείο της Φλώρινας. Στον Πίνακα 6, συνοψίζουμε το θέμα και το περιεχόμενο της κάθε διδακτικής συνάντησης που πραγματοποιήθηκε, στα πλαίσια της παρέμβασης της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας. Η κάθε συνάντηση είχε έναν βασικό επιδιωκόμενο στόχο που έπρεπε να επιτευχθεί.

Πίνακας 7: Θέμα και περιεχόμενο κάθε διδακτικής συνάντησης

Συνάντηση	Τίτλος διδακτικής συνάντησης
Συνάντηση 1η	«Ιχνογραφώντας τον Spiderman και την Gecko»
Συνάντηση 2η	«Πρώτη προσέγγιση με τα Μοντέλα»
Συνάντηση 3η	«Μελέτη της δομής εντόμων και ζώων με εικόνες μικροσκοπίου»
Συνάντηση 4η	«Πειραματισμός Ι με τις βεντούζες»
Συνάντηση 5η	«Πειραματισμός ΙΙ με τις βεντούζες & Το πόδι της Gecko στον Νανόκοσμο»
Συνάντηση 6η	«Μελέτη της επιφάνειας επαφής με επεξεργασία βίντεο» & «Οι επιστήμονες εμπνέονται από την Gecko»
Συνάντηση 7η	«Πιθανές λύσεις Ι για την κατασκευή του μοντέλου»
Συνάντηση 8η	«Πιθανές λύσεις ΙΙ για την κατασκευή του μοντέλου & ο 1ος πειραματισμός»
Συνάντηση 9η έως 12η	«Κατασκευή μοντέλων της σαύρας Gecko και το χέρι του Spiderman»
Συνάντηση 13η	«Προετοιμασία για το 4ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ»
Συνάντηση 14η	«Ημέρα του 4ου Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ»

2.2.1. Συνάντηση 1η: «Ιχνογραφώντας τον Spiderman και την Gecko»

Γενικός στόχος συνάντησης: *Ανίχνευση αρχικής ιδέας μαθητών σχετικά με την προσκόλληση της Gecko και του Spiderman στον τοίχο.*
Να κεντρίσουμε το ενδιαφέρον των μαθητών.

Η πρώτη συνάντηση πραγματοποιήθηκε τον Δεκέμβριου του 2015, στη Στ' τάξη Σχολείου της Φλώρινας. Η ομάδα ήταν 12 μαθητές από αυτούς οι 5 ήταν αγόρια (Α) και οι υπόλοιποι 7 ήταν κορίτσια (Κ). Στην αρχή, πραγματοποιήθηκε γενική συζήτηση γύρω από τα ενδιαφέροντα αλλά και τις απόψεις των μαθητών για το Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ. Από τα 12 παιδιά, τα 10 είχαν παρακολουθήσει το Φεστιβάλ και τους άρεσε η διαδικασία ενώ τα 2 (1Α και 1Κ) κράτησαν ουδέτερη στάση. Το μεγαλύτερο μέρος των μαθητών είχε θετική άποψη για τις φυσικές επιστήμες. Γνωστοποιήθηκε στους μαθητές πως σε όλες τις συναντήσεις τους, θα ασχοληθούν με τον νέο και επαναστατικό κόσμο, τον Νανόκοσμο. Το συγκεκριμένο τμήμα το προηγούμενο σχολικό έτος, είχε διδαχθεί το εκπαιδευτικό υλικό των 5 διδακτικών δίωρων που σχεδιάστηκε σε προηγούμενη έρευνα (Πέικος Μάνου & Σπύρτου, 2015). Συνεπώς, κατείχαν τις βάσεις για τον Νανόκοσμο και όλα αυτά δεν θα τους ήταν άγνωστα.

Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους μαθητές να συμπληρώσουν το αρχικό pre-ιχνογράφημα. Αυτό περιέχει δύο ερωτήσεις (Βλέπε Παράρτημα) όπου οι μαθητές, πρέπει να ζωγραφίσουν και να περιγράψουν με λέξεις πως πιστεύουν ότι η σαύρα Gecko (σαμιαμίδι) αλλά και ο Spiderman, «κολλάνε» στον τοίχο. Μέσω του ιχνογραφήματος, ανιχνεύθηκαν οι ιδέες των μαθητών για την περίεργη ικανότητα της σαύρας αλλά και του αγαπημένου ήρωα, να περπατούν ανάποδα στο ταβάνι αψηφώντας τη βαρύτητα.

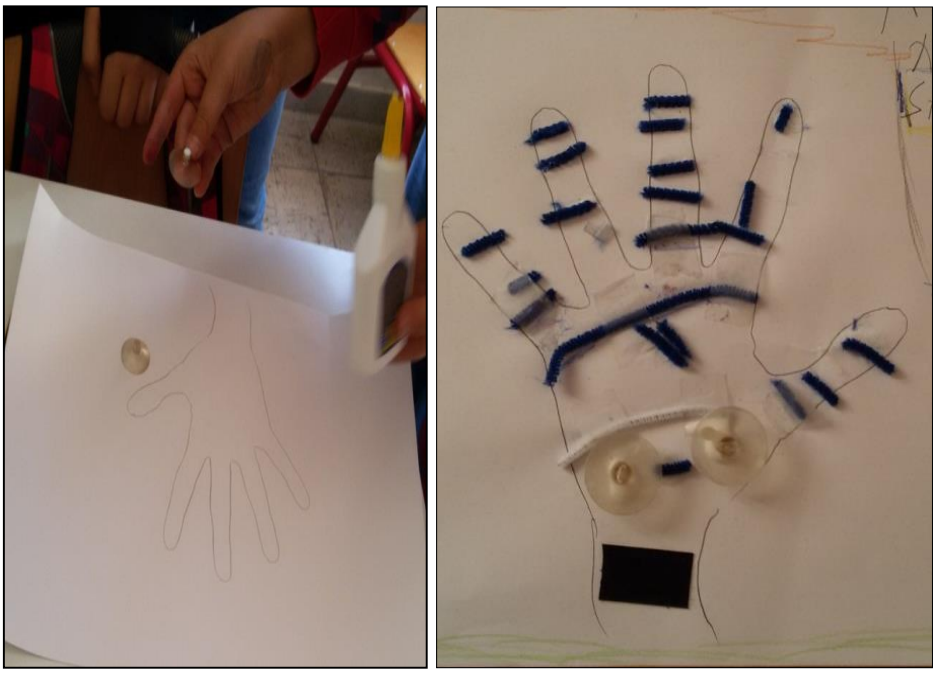
Οι απαντήσεις των παιδιών κυμάνθηκαν κυρίως, γύρω από την άποψη πως και το σαμιαμίδι και ο Spiderman, έχουν στα χέρια τους βεντούζες. Αναλυτικά περιγράφουμε τα αποτελέσματα στο Κεφάλαιο των Αποτελεσμάτων (Βλέπε Αποτελέσματα, **Εικόνα 13** και **Πίνακας 8**).

2.2.2. Συνάντηση 2η: «Πρώτη προσέγγιση με τα Μοντέλα»

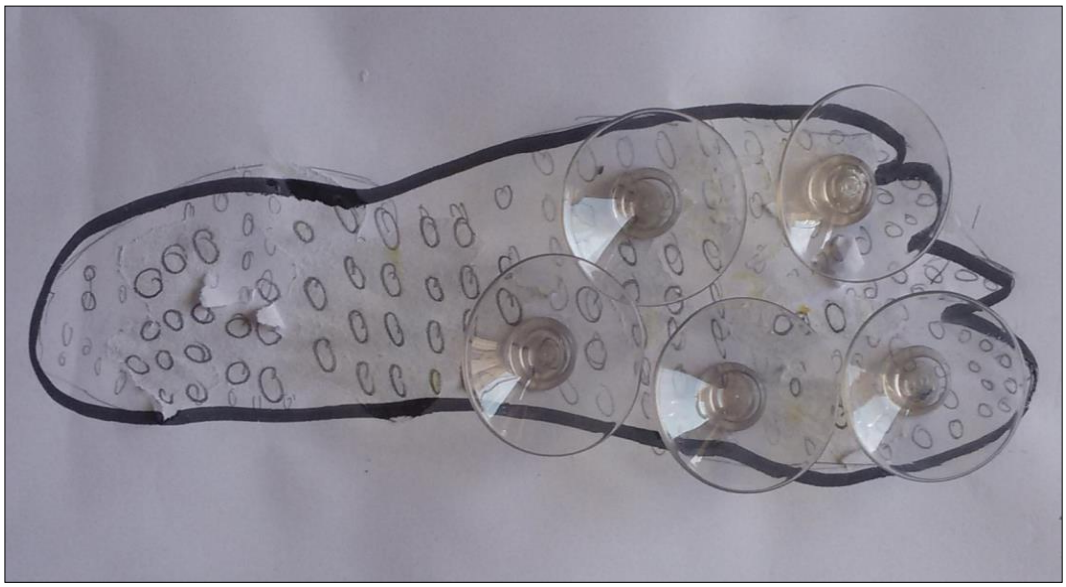
Επιδιωκόμενος μαθησιακός στόχος: *Οι ίδιοι οι μαθητές, διερευνητικά να κατασκευάσουν μοντέλα ποδιού της σαύρας ή του Spiderman.*

Στη δεύτερη συνάντηση πραγματοποιήθηκε σχετική συζήτηση που είχε σχέση με την προηγούμενη φορά. Πιο συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τους μαθητές να πουν τι θυμούνται από την πρώτη συνάντηση και να σχολιάσουν τα ιχνογραφήματα τους. Ο κάθε μαθητής έγραψε στον πίνακα την απάντηση που είχε δώσει στο ιχνογράφημα της πρώτης συνάντησης.

Στη συνέχεια, οι μαθητές χωρίστηκαν σε 4 ομάδες και μέσω της διερευνητικής διαδικασίας κατασκεύασαν μοντέλα χεριού και ποδιού του αγαπημένου Spiderman ή της σαύρα Gecko. Σε ένα κουτί βρήκαν διάφορα υλικά (χαρτόνια, μαρκαδόρους, ξυλομπογιές, ψαλίδια, καρφάκια, κόλλα, σελοτέιπ, βεντούζες, αυτοκόλλητο Velcro) τα οποία αξιοποίησαν για να κατασκευάσουν τα ομαδικά μοντέλα. Η κάθε ομάδα πήρε όποια και όσα υλικά ήθελε από το κουτί. Οι μαθητές καθ’ όλη τη διάρκεια, έλεγαν ότι αυτά που κατασκευάζουν είναι μοντέλα του χεριού/ποδιού του Spiderman και της Gecko. Και ότι τα μοντέλα είναι αναπαραστάσεις και όχι το πραγματικό χέρι/πόδι. Συνεπώς γνώριζαν για τη διαδικασία της μοντελοποίησης. Συνεργάστηκαν ομαδικά και χωρίς κανένα απρόοπτο γεγονός. Στις Εικόνες 15α, 15β, 15γ και 15δ παρουσιάζονται τα μοντέλα που κατασκεύασαν οι 4 ομάδες.

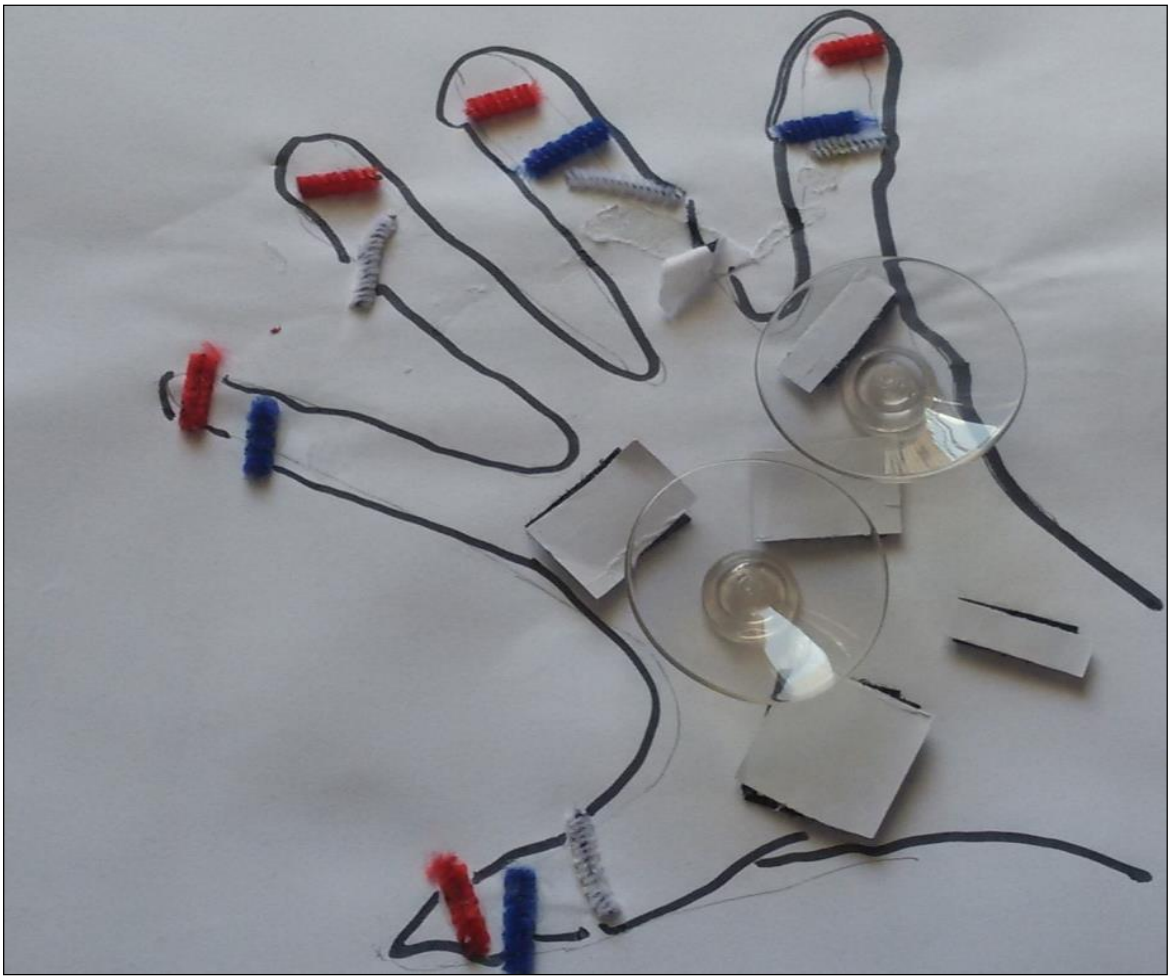


Εικόνα 15α: Μοντέλο χεριού Spiderman πρώτης ομάδας.



Εκόνα 15β: Μοντέλο ποδιού σαύρας δεύτερης ομάδας

Εικόνα 15γ: Μοντέλο πατούσας Spiderman τρίτης ομάδας.



Εικόνα 15δ: Μοντέλο χεριού Spiderman τέταρτης ομάδας.

Όπως φαίνεται και από τις παραπάνω εικόνες, οι ομάδες στήριξαν την κατασκευή των μοντέλων τους στις αρχικές τους ιδέες, δηλαδή στην ύπαρξη βεντούζας στα πόδια της σαύρας και το χέρι του Spiderman. Λόγω έλλειψης βεντούζας, η τρίτη ομάδα χρησιμοποίησε χρωματιστό σύρμα.

2.2.3. Συνάντηση 3η: «Μελέτη της δομής εντόμων και ζώων με εικόνες μικροσκοπίου»

Επιδιωκόμενος μαθησιακός στόχος: *Οι μαθητές να μελετήσουν εικόνες διάφορων εντόμων και ζώων από το μικροσκόπιο και να βγάλουν ένα πρώτο συμπέρασμα Για την ικανότητα της Gecko να «κολλάει» σε ταβάνια και να αψηφάει τη βαρύτητα.*

Στην αρχή, πραγματοποιήθηκε συζήτηση για την προηγούμενη συνάντηση και οι μαθητές ερωτήθηκαν αν είχαν κάποια απορία. Στη συνέχεια, οι μαθητές παρακολούθησαν μια παρουσίαση μέσω power point, με τον Ορατό και τον Αόρατο κόσμο και διάφορες εικόνες εντόμων από το μικροσκόπιο. Στην Εικόνα 16, παρουσιάζεται το στιγμιότυπο από το power point με τους δυο «κόσμους».

Εικόνα 16: Χαρακτηριστικά Ορατού και Αόρατου κόσμου

Πραγματοποιήθηκε σχετική συζήτηση για τον Μακρόκοσμο και τον Μικρόκοσμο. Οι μαθητές μόνοι τους διαπίστωσαν ότι, τα μικροσκόπια είναι σημαντικά εργαλεία που μας βοηθούν να δούμε αντικείμενα που δεν μπορούμε να δούμε με γυμνό μάτι. Στη συνέχεια, προβλήθηκε το εκπαιδευτικό υλικό με μορφή βίντεο. Τα δυο βίντεο έδειχναν τις τρίχες που έχουν τα πόδια της μύγας και της αράχνης, μέσω σταδιακών μεγεθύνσεων στο μικροσκόπιο. Παράλληλα με την προβολή, πραγματοποιήθηκε συζήτηση για το τι περίεργο παρατηρούν. Οι μαθητές έπρεπε να διαπιστώσουν πως μέσω του οπτικού

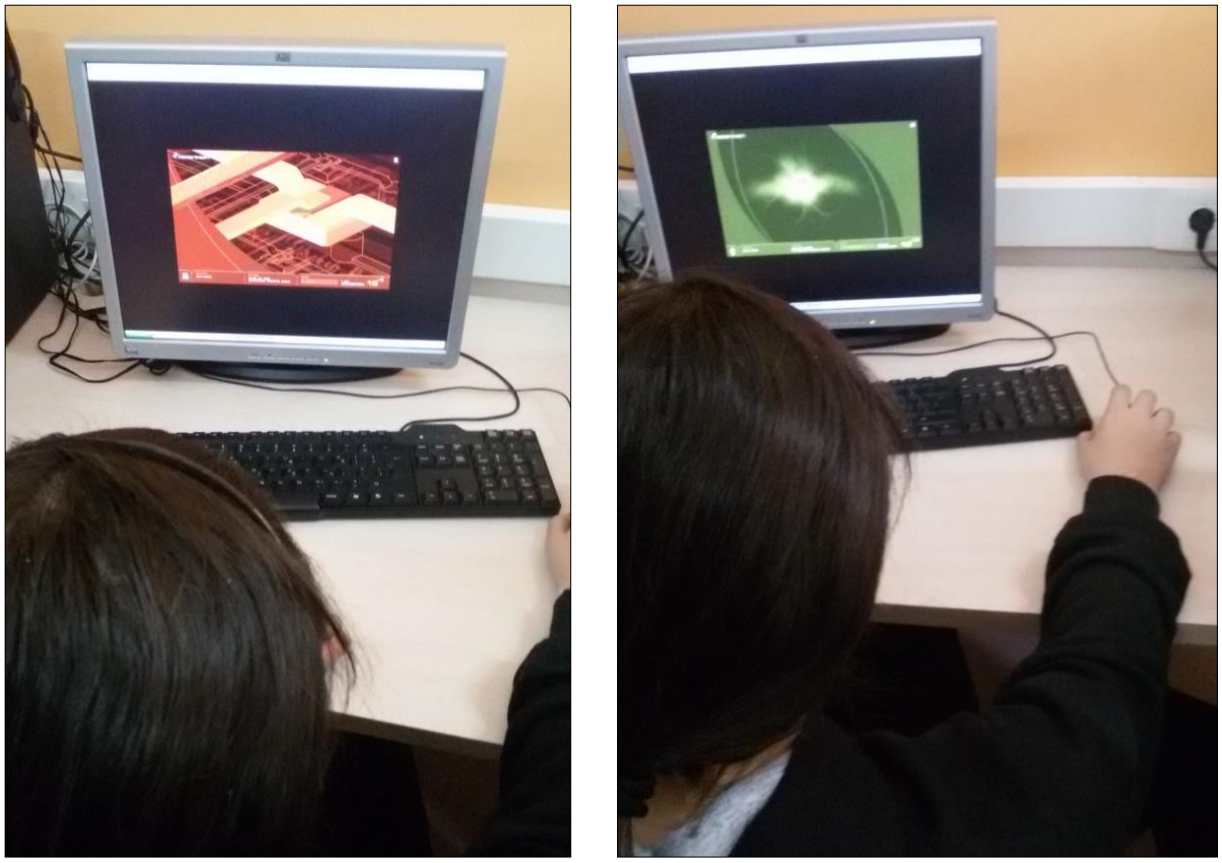
μικροσκοπίου τα πόδια της μύγας και της αράχνης έχουν τρίχες. Έτσι, οι μαθητές ορθά ξεκίνησαν να λένε πως το πόδι τόσο της μύγας όσο και της αράχνης, έχει πολλές τρίχες και είναι λίγο αηδιαστικό. Συμπέραναν, ότι τις τρίχες δεν θα μπορούσαν να τις δούν αν δεν υπήρχαν τα μικροσκόπια. Ακόμη, διαπίστωσαν ορθά πως το πόδι της αράχνης είχε λιγότερες τρίχες από αυτό, της μύγας.

Στη συνέχεια, οι μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες παρατήρησαν εικόνες οπτικού μικροσκοπίου, διαφόρων εντόμων (Βλέπε Παράρτημα για το power point). Τέτοια έντομα ήταν: το σκαθάρι, το μυρμήγκι, η αράχνη και η σαύρα Gecko. Ακολούθησε παράλληλη συζήτηση για το πως είναι τα πόδια κάθε εντόμου. Οι μαθητές έπρεπε να παρατηρήσουν και να βρουν τις ομοιότητες που έχουν αυτά τα ζώα. Πιο συγκεκριμένα, έπρεπε να διαπιστώσουν τα έντομα έχουν δαγκάνες και τρίχες. Έτσι, οι ομάδες διερευνητικά, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα πόδια όλων αυτών των εντόμων έχουν τρίχες. Συνοπτικά:

- **Σκαθάρι:** 6 ποδαράκια. Τρίχες. Δαγκάνες. Στην εικόνα F φαίνεται κάτι σαν βεντούζες.
- **Μυρμήγκι:** Τρίχες και δαγκάνες.
- **Σαλιγκάρι:** Αφήνει σάλιο και έχει δαγκάνες. Και επέμεναν ότι το σάλιο έχει κάποια σημασία.
- **Σαύρα Gecko:** Ενώ στην εικόνα από το οπτικό μικροσκόπιο οι μαθητές είδαν ότι το πόδι της σαύρας έχει τρίχες, θυμήθηκαν πως στην 1^{η} συνάντηση είχαν πει ότι έχει βεντούζες (αρχική τους ιδέα). Και εκεί άρχισαν να αναρωτιούνται τελικά αν όντως έχει βεντούζες ή τρίχες… Κάποιο παιδί μάλιστα είπε: *«Ίσως αν βλέπαμε πιο κοντά το πόδι της σαύρας, να μπορούσαμε να βγάλουμε ένα καλύτερο συμπέρασμα».* Και συνέχισαν να λένε: *«Με το οπτικό μικροσκόπιο δεν θα μπορούμε να δούμε τόσο κοντά. Άρα χρειαζόμαστε ένα πιο ισχυρό μικροσκόπιο».* Και κάποια μαθήτρια ανέφερε: *«Αυτό το ισχυρό μικροσκόπιο λέγεται ηλεκτρονικό μικροσκόπιο».* Σε αυτό το σημείο, η μαθήτρια ρωτήθηκε αν γνωρίζει κάτι για το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και απάντησε: *«Είναι πολύ μεγάλο…. Βασικά είναι τεράστιο. Και σίγουρα θα είναι πολύ ακριβό και για αυτό δεν έχουμε ένα τέτοιο στην Ελλάδα, ίσως μόνο στα Πανεπιστήμια».* Όλοι μαζί αποφάσισαν ότι αν δεν κοιτάξουν με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο δεν θα μπορέσουν να έχουν μια πιο ξεκάθαρη άποψη, για το μυστικό της σαύρας και του αγαπημένου Spiderman.

Μετά την παρουσίαση και τη συζήτηση, κάθε παιδί κατέγραψε σε μια κόλλα χαρτί ότι θυμόταν σχετικά με τις ομοιότητες και τις διαφορές που έχουν τα πόδια των παραπάνω εντόμων (Βλέπε Αποτελέσματα, Πίνακας 9, Εικόνες 17α, 15β, 15γ, 15δ και 15ε).

Στο τέλος της ώρας και καθώς οι μαθητές βρίσκονταν στην αίθουσα της πληροφορικής, περιηγηθήκαν στο παρακάτω site: http://www.nanoreisen.de/ που είχε σταδιακές μεγεθύνσεις. Σε αυτό το site, τα παιδιά μπορούσαν να επιλέξουν ανάμεσα σε ένα αυτοκίνητο, έναν άνθρωπο και ένα πεζοδρόμιο και με τη βοήθεια των σταδιακών μεγεθύνσεων (μικροσκόπιο οπτικό και ηλεκτρονικό) να δούνε σε βάθος ένα αντικείμενο. Έτσι, οι μαθητές κατάλαβαν ακόμη καλύτερα την χρησιμότητα και την αξία του οπτικού και του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. Στην **Εικόνα 18**, φαίνεται η περιήγηση των μαθητών στο site.



Εικόνα 18: Περιήγηση στο site: http://www.nanoreisen.de/

2.2.4. Συνάντηση 4η: «Πειραματισμός Ι με τις βεντούζες»

Επιδιωκόμενος μαθησιακός στόχος: *Οι μαθητές να πειραματιστούν με βεντούζες και διερευνητικά να ανακαλύψουν σε ποιες επιφάνειες κολλάνε οι βεντούζες.*

Στην τέταρτη συνάντηση, πραγματοποιήθηκε μια ολιγόλεπτη συζήτηση σχετικά με τις εικόνες που είχαν προβληθεί την προηγούμενη φορά. Στη συνέχεια και με αφορμή την αρχική ιδέα των μαθητών, περί ύπαρξης βεντουζών στα πόδια της σαύρας Gecko, τέθηκε το ερώτημα: *«Ποιά ζώα ξέρετε που έχουν βεντούζες;».* Οι μαθητές, άρχισαν να κατονομάζουν διάφορα ζώα όπως το χταπόδι και το καλαμάρι. Στη συνέχεια, χωρισμένοι σε 3 ομάδες, επεξεργάστηκαν εικόνες από τα πλοκάμια του χταποδιού στο οπτικό μικροσκόπιο. Παρακάτω παρουσιάζονται οι εικόνες που βρήκαν και επεξεργάστηκαν οι μαθητές (**Εικόνα 19α & 19β**)

Εικόνα 19α και 19β: Βεντούζες χταποδιού από οπτικό μικροσκόπιο.

Πηγή: http://ww2.odu.edu/~ibartol/Courses2.shtml

Πηγή: https://www.flickr.com/photos/stevenmaciejewski/4806270661

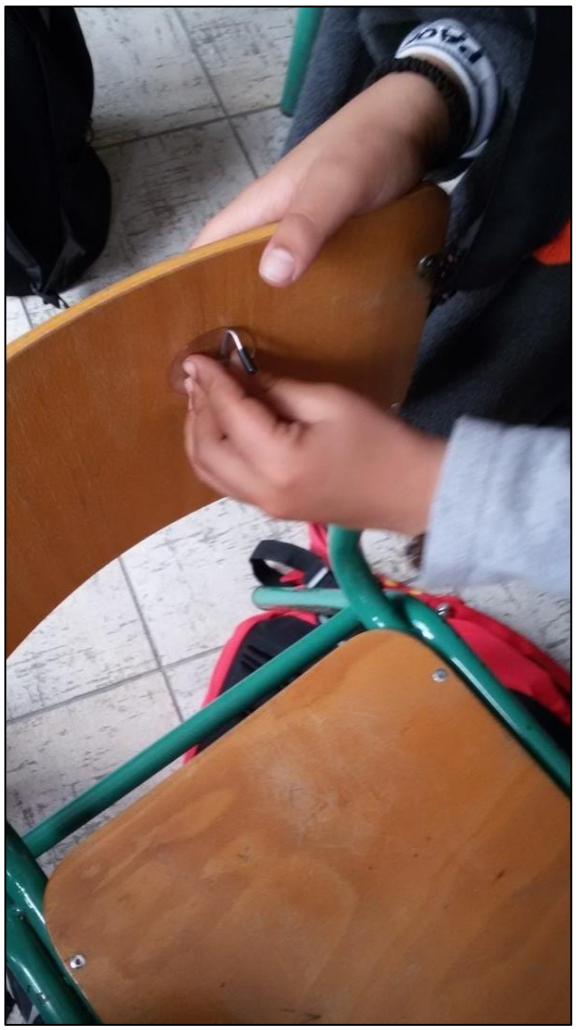
Στο σημείο αυτό και αφού οι μαθητές βρήκαν τις παραπάνω εικόνες, άρχισαν να συζητούν αν τελικά η σαύρα Gecko έχει και αυτή τέτοιες βεντούζες (όπως είχαν πει αρχικά) ή έχει τρίχες, όπως είδαν από τις εικόνες του οπτικού μικροσκοπίου στην προηγούμενη συνάντηση. Δεν υπήρξε κάποια σίγουρη απάντηση και ένας μαθητής ρώτησε: *«Η σαύρα «κολλάει» σε οποιαδήποτε επιφάνεια;».* Οι υπόλοιποι μαθητές προσπάθησαν να απαντήσουν στην ερώτησή του. Υπήρξε μια σύγχυση σε ποιες τελικά επιφάνειες μπορούν να περπατούν οι σαύρες, στις λείες ή τις τραχιές ή και στις δύο.

Αυτή η ερώτηση, έδωσε έναυσμα για την επόμενη πειραματική δραστηριότητα. Οι μαθητές εργάστηκαν ομαδικά και καθένας πήρε από μια μικρή βεντούζα και τους ζητήθηκε να τις κολλήσουν σε οποιαδήποτε επιφάνεια μέσα στη σχολική αίθουσα. Έτσι οι μαθητές πειραματίστηκαν με τις βεντούζες και ανακάλυψαν μόνοι τους, πως κολλάνε σε λείες επιφάνειες (θρανίο, ξύλινη καρέκλα, πίνακα, τζάμι, πλαστικοποιημένα βιβλία) αλλά όχι πάνω σε ρούχα και υφάσματα. Όταν κολλούσαν τις βεντούζες μετά προσπαθούσαν να τις ξεκολλήσουν. Μέσω της πειραματικής δραστηριότητας ανακάλυψαν πως είναι αρκετά δύσκολο αλλά και χρονοβόρο να ξεκολλήσουν τις βεντούζες. Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η σαύρα μπορεί να περπατήσει γρήγορα πάνω στο ταβάνι και ότι οι βεντούζες ξεκολλούν με δυσκολία, άρχισαν τελικά να αναρωτιούνται αν το μυστικό της Gecko, οφείλεται στην ύπαρξη βεντούζας στα πόδια της. Στην Εικόνα 20α και 20β φαίνονται οι μαθητές καθώς πειραματίζονται με τις βεντούζες σε διάφορες επιφάνειες. Έπειτα, οι μαθητές παρακολούθησαν και επεξεργάστηκαν το εποπτικό υλικό με τη μορφή βίντεο. Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται τα στοιχεία των δύο βίντεο.

Μετά την προβολή των δύο βίντεο ακολούθησε συζήτηση με θέμα σε ποιες τελικά επιφάνειες σκαρφαλώνει και «κολλάει» η σαύρα. Και αν τελικά το πόδι της έχει βεντούζες ή τρίχες. Οι απόψεις ήταν διαφορετικές και κάποιοι μαθητές είπαν πως με τις μεγεθυμένες εικόνες των μικροσκοπίων και τα βίντεο, είναι δύσκολο να βγάλουμε ένα ασφαλές συμπέρασμα (Αν η σαύρα έχει βεντούζες ή τρίχες). Άρα, χρειαζόμαστε ένα πιο ισχυρό όργανο με μεγαλύτερη μεγέθυνση όπως είναι το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (κάτι που είχαν επισημάνει και στην προηγούμενη συνάντηση). Και συνέχισαν λέγοντας πως με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μπορούμε να δούμε τα αντικείμενα που βρίσκονται στην κλίμακα του Νάνο. Τέλος, οι μαθητές σχεδίασαν πως πιστεύουν ότι είναι το πόδι της σαύρας στον νανόκοσμο (βλέπε Αποτελέσματα, Πίνακας 11 και Εικόνες 21α, 21β, 21γ, 21δ και 21**ε**)

Πίνακας 10: Τα βίντεο που επεξεργάστηκαν οι μαθητές

Τίτλος	Περιγραφή	Πηγή
Crested Gecko Climbing in Class	Δείχνει μία σαύρα να σκαρφαλώνει πάνω σε πλαστικό πίνακα, σε τραχύ τοίχο, σε τζάμι και σε μικρούς μαθητές	https://www.youtube.com/watch?v=XC8x-Gf76WI
Bionics/Gecko/Foot	Δείχνει από κάτω την πατούσα της σαύρας Gecko και πως αυτή σκαρφαλώνει σε μια γυάλινη επιφάνεια	http://footage.framepool.com/en/shot/611203887-glass-wall-suction-cup-gecko-bionics



Εικόνα 20α και 20β: Οι μαθητές πειραματίζονται πρώτη φορά με τις βεντούζες

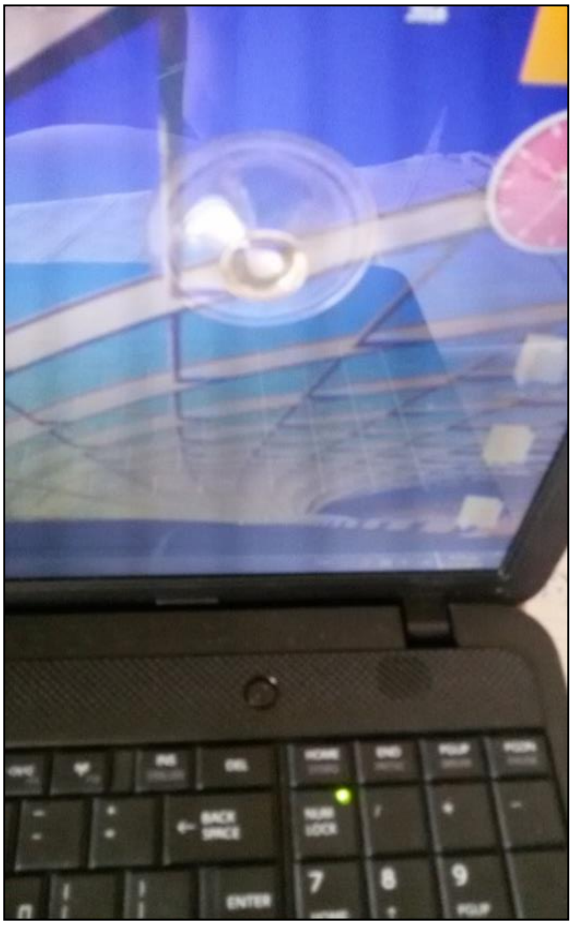
2.2.5. Συνάντηση 5η: «Πειραματισμός ΙΙ με τις βεντούζες & το πόδι της Gecko στον Νανόκοσμο»

Επιδιωκόμενος μαθησιακός στόχος: *Οι μαθητές πειραματικά να κατανοήσουν ότι η προσκόλληση της Gecko δεν οφείλεται στην ύπαρξη βεντούζας.*

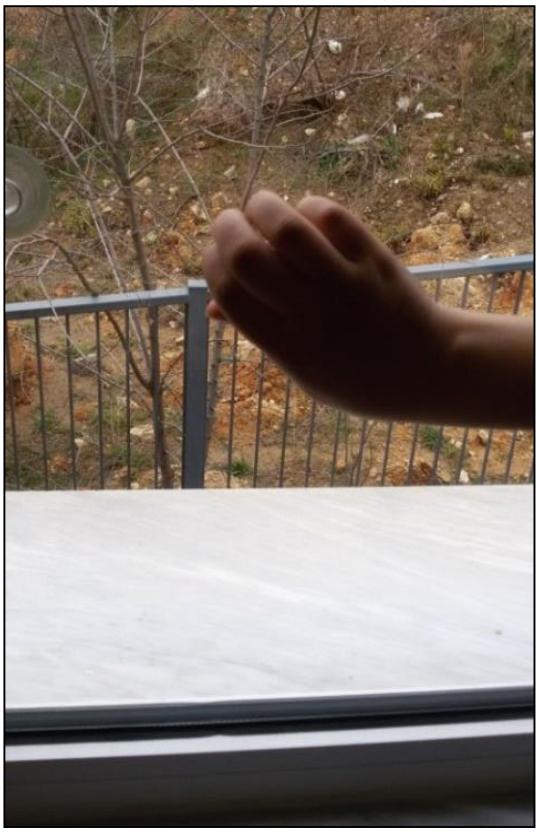
Στόχος της πέμπτης συνάντησης ήταν οι μαθητές να αντιληφθούν ότι η πατούσα της σαύρας Gecko δεν έχει βεντούζες (όπως είχαν προβλέψει αρχικά) αλλά ότι έχει εκατομμύρια μικρά τριχίδια.

Οι 12 μαθητές, εργάστηκαν σε 3 ομάδες και κάθε ομάδα είχε στην διάθεσή της πολλές βεντούζες. Οι ομάδες πειραματίστηκαν κολλώντας τις βεντούζες σε διάφορες επιφάνειες μέσα και έξω από την τάξη. Η κάθε ομάδα έφτιαξε από μια λίστα με επιφάνειες όπου «κολλάνε» οι βεντούζες και άλλη μία, με επιφάνειες που δεν «κολλάνε». Εκτός από την επιφάνεια σημείωναν και το υλικό από το οποίο ήταν κατασκευασμένη. Οι μαθητές, ανακάλυψαν διερευνητικά και μέσω της συνεργασίας με τα άλλα μέλη της ομάδας σε ποιες επιφάνειες «κολλάει» μια βεντούζα και σε ποιες όχι. Μόνοι τους συμπέραναν πως η βεντούζα έχει την ικανότητα να «κολλάει» σε λείες και πλαστικές επιφάνειες ενώ δεν μπορεί να «κολλήσει» σε τραχιές, όπως ο τραχύς τοίχος ή τα δέντρα. Καθ’ όλη την διάρκεια των παρατηρήσεων και των πειραματισμών η εκπαιδευτικός είχε βοηθητικό ρόλο και παρατηρούσε όλα τα μέλη και των τριών ομάδων. Στους Πίνακες 12α, 12β και 12γ συνοψίζουμε τις τρείς λίστες των ομάδων. Στις Εικόνες 22α, 22β, 22γ και 22δ, βλέπουμε τους μαθητές να πειραματίζονται με τις βεντούζες σε διάφορες επιφάνειες, για να ανακαλύψουν σε ποιες κολλάνε και σε ποιες όχι (Βλέπε Αποτελέσματα).

Εικόνα 22α: Οι μαθητές πειραματίζονται με την βεντούζα και την τραχεία επιφάνεια του laptop.



Εικόνα 22β: Οι μαθητές διερευνούν την προσκόλληση της βεντούζας στην οθόνη του laptop.



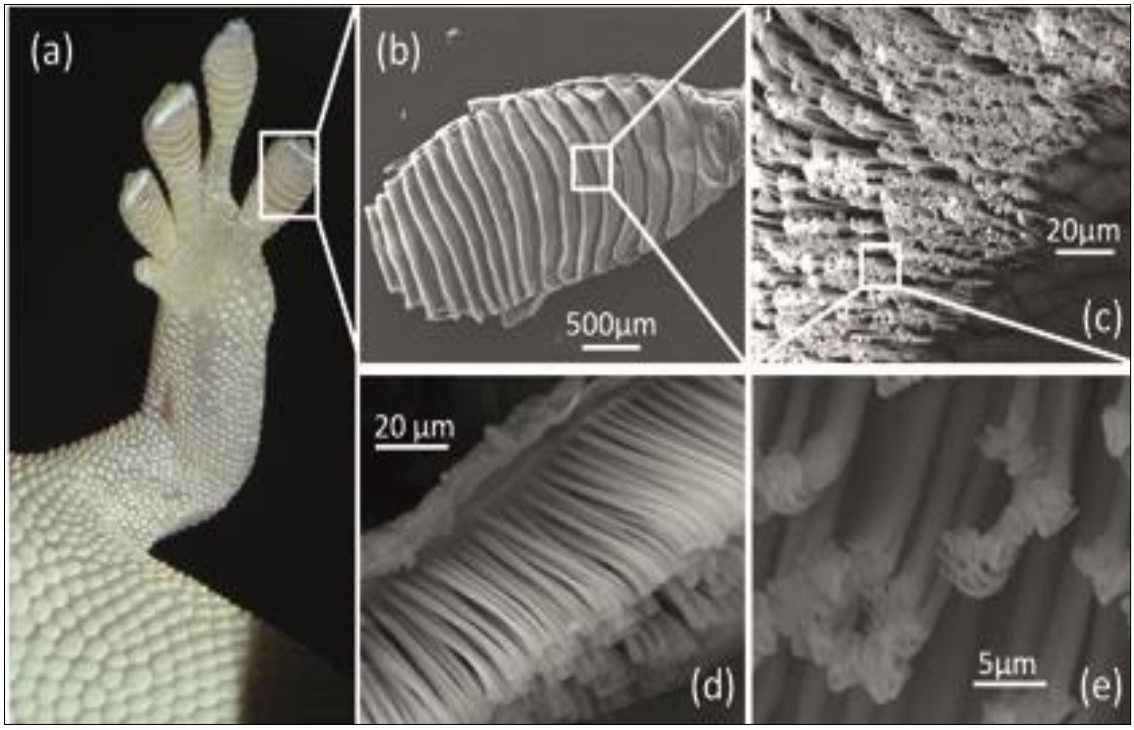
Εικόνα 22γ: Οι μαθητές διερευνούν αν η βεντούζα κολλάει στο γυάλινο τζάμι.

Εικόνα 22δ: Ο μαθητής διερευνά αν η βεντούζα «κολλάει» στον τραχύ τοίχο

Μελετώντας τις λίστες, οι μαθητές βρήκαν σαν επιφάνειες που «κολλάει» η βεντούζα, αυτές από πλαστικό ή γυαλί (πίνακας, βιβλιοθήκη, θρανία). Ενώ, επιφάνειες που δεν προσκολλάται υφάσματα, δέντρα και οτιδήποτε τραχύ.

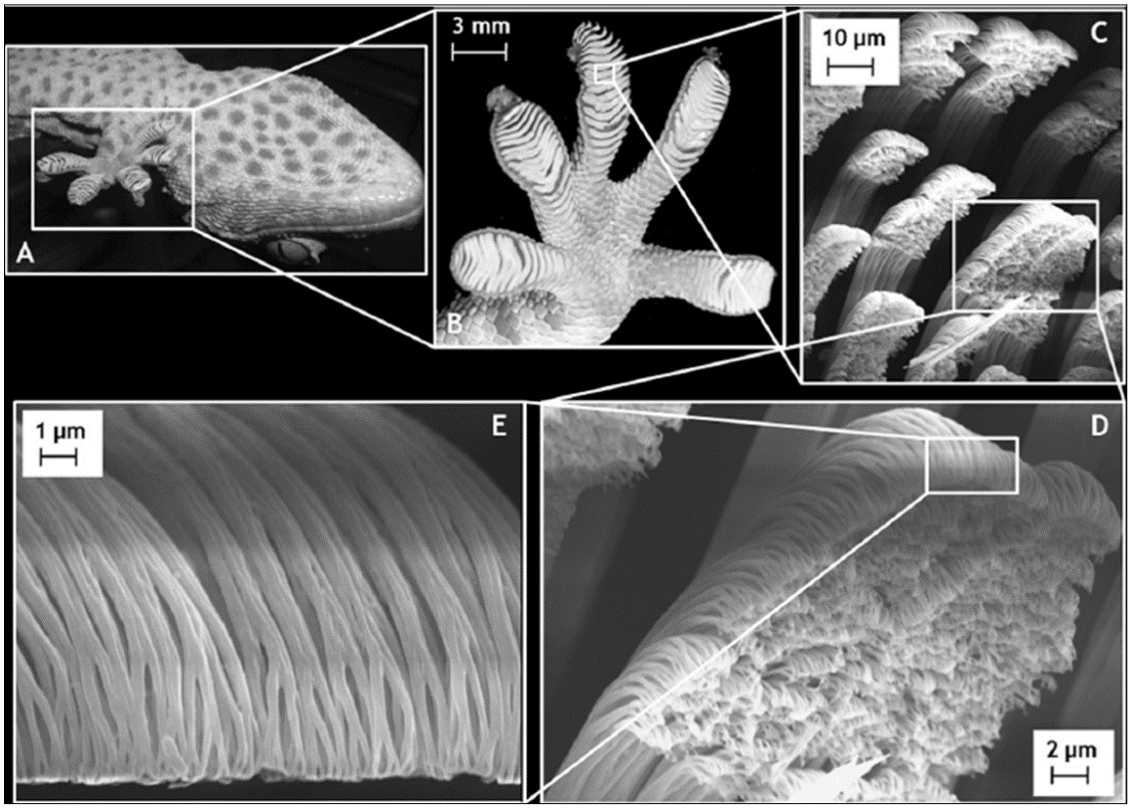
Καθώς οι μαθητές συμπλήρωναν τις λίστες, μια μαθήτρια άρχισε να αναρωτιέται τελικά αν η σαύρα Gecko που μπορεί να σκαρφαλώνει και σε λείες και σε τραχιές επιφάνειες έχει βεντούζες ή τρίχες. Έθεσε δυνατά τον προβληματισμό της σε όλη την τάξη και έβαλε σε σκέψεις τους συμμαθητές της. Τα παιδιά άρχισαν να λένε ότι έχουν δει σαύρες και σε δέντρα και σε τοίχους (δηλαδή τραχιές επιφάνειες) αλλά και σε πλαστικές επιφάνειες (λείες επιφάνειες). Άρχισαν σιγά σιγά να σκέφτονται, αφού η βεντούζα δεν «κολλάει» σε τραχιές επιφάνειες (δέντρα, ξύλα, τοίχος) τότε η σαύρα δεν μπορεί να έχει στις πατούσες της βεντούζες, αφού είναι ικανή να «προσκολλάται» στις παραπάνω επιφάνειες. Έτσι, άρχισαν να απορρίπτουν μόνοι τους την αρχική τους ιδέα περί ύπαρξη βεντούζας στην πατούσα της Gecko και να αναρωτιούνται για τις τρίχες.

Στο σημείο αυτό, ζητήθηκε από τους μαθητές να θυμηθούν τις εικόνες που είχαν επεξεργαστεί την προηγούμενη φορά (εικόνες από οπτικό μικροσκόπιο της πατούσας της σαύρας Gecko). Τα παιδιά είπαν ότι με τις εικόνες από το μικροσκόπιο είδαν ότι οι πατούσες της έχουν τρίχες, αλλά η μεγέθυνση του δεν τους έφτανε και έπρεπε να δουν πιο κοντά με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. Στο σημείο αυτό, οι μαθητές χωρίστηκαν σε 3 ομάδες και επεξεργάστηκαν εποπτικό υλικό (με την μορφή βίντεο και εικόνων) σχετικό με την πατούσα της σαύρας στην Νανοκλίμακα. Τα βίντεο περιείχαν σταδιακές μεγεθύνσεις του ποδιού της Gecko, ώστε να βοηθήσει τους μικρούς μαθητές να ανακαλύψουν το μυστικό της. Μετά την προβολή του εκπαιδευτικού υλικού δόθηκε χρόνος στα μέλη κάθε ομάδας να συζητήσουν τι είδαν και τι παρατήρησαν στα βίντεο αλλά και τις εικόνες. Μετά όλες οι ομάδες συζήτησαν. Παρακάτω φαίνονται οι εικόνες που επεξεργάστηκαν οι ομάδες (**Εικόνα 23, 24, 25 & 26**). Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται οι τίτλοι και οι ηλεκτρονικές διευθύνσεις των δυο βίντεο με τις σταδιακές μεγεθύνσεις της πατούσας της σαύρας που μελέτησαν οι μαθητές.



Εικόνα 23: Το πόδι της σαύρας από τον Μακρόκοσμο στον Νανόκοσμο μέσω σταδιακών μεγεθύνσεων

Πηγή: **http://cdn.zmescience.com/wp-content/uploads/2016/01/24535004__original.jpg**



Εικόνα 24: Το πόδι της σαύρας μέσω σταδιακών μεγεθύνσεων με τη βοήθεια ειδικών εργαλείων

Πηγή: **http://www.ph.unito.it/dfs/solid/RICERCA/Bioinspired/Bioinspired_index.html**

Εικόνα 25: Οι μικροσκοπικές τρίχες στο πόδι της Gecko από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

Πηγή: http://www.sciencephoto.com/media/379141/view

Εικόνα 26: Οι τρίχες της σαύρας μέσω ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης

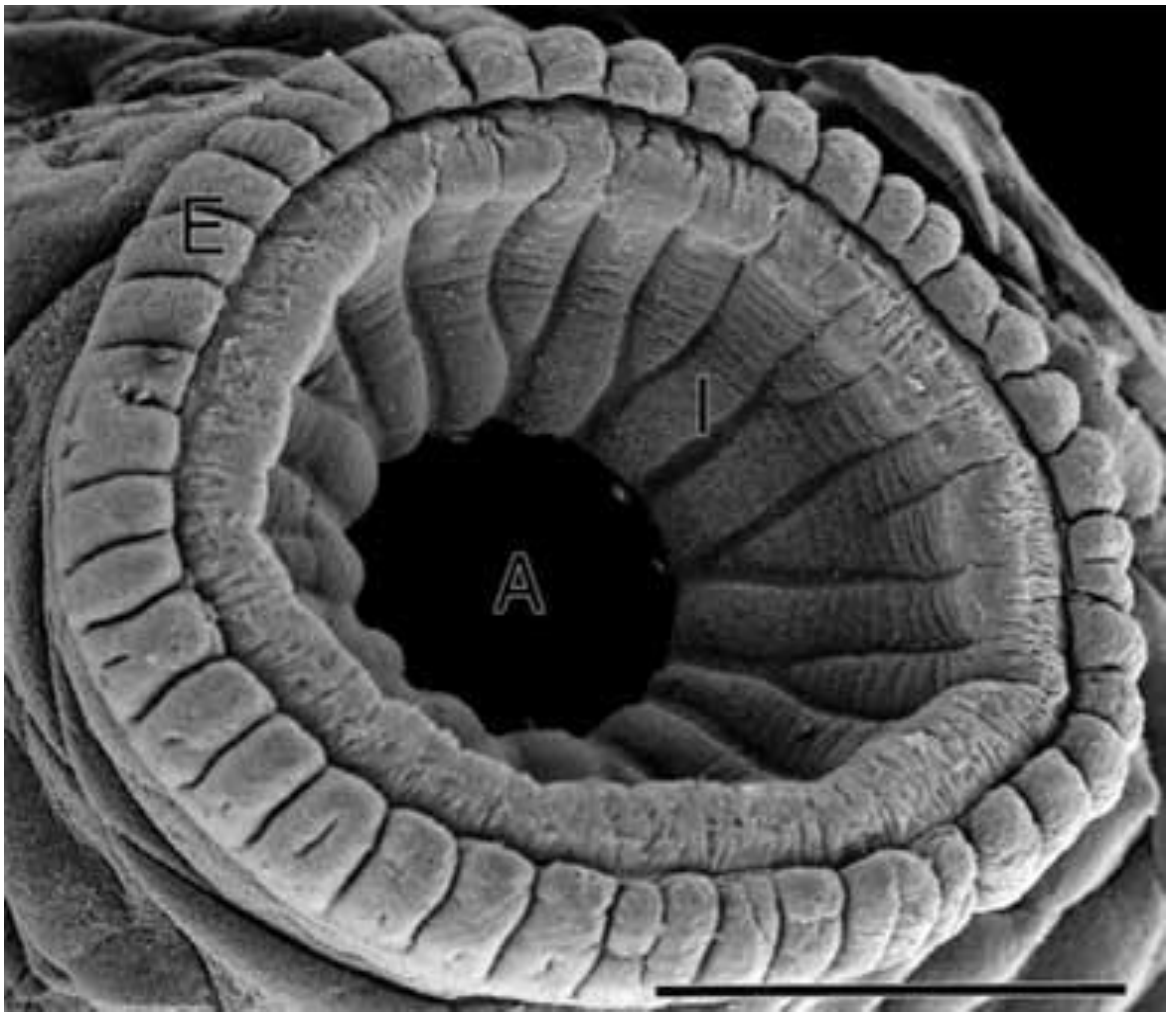
Πηγή: http://www.psmicrographs.co.uk/moorish-gecko-foot-hairs--tarentola-mauritanica-science-image/80016981

Οι μαθητές παρατήρησαν τις εικόνες και ερωτήθηκαν τι πιστεύουν ότι είναι αυτό που κάνει τη σαύρα να περπατάει ανάποδα και να αψηφά τη βαρύτητα. Κάποιοι μαθητές θεώρησαν πως η προσκόλληση οφείλεται «στις γραμμές που υπάρχουν κάτω από τα πόδια της Gecko» (Βλέπε **Εικόνα 23b και 24B**), τις ίδιες γραμμές τις οποίες έχει και ο Spiderman. Συνέχισαν λέγοντας πως φταίνε αυτές οι μεγάλες τρίχες που βλέπουμε στις **Εικόνες 23c, 24C & 25**. Οι μαθητές ζήτησαν να ξαναδούν τα δυο βίντεο με τις σταδιακές μεγεθύνσεις του ποδιού της σαύρα και ισχυρίστηκαν ότι η απάντηση κρύβεται στις πολλές και μικρές τρίχες που υπάρχουν πάνω στις μεγάλες τρίχες (Βλέπε **Εικόνα 23e, 25 & 26**). Τέλος, οι μαθητές άρχισαν να λένε πως το κάθε δάχτυλο της σαύρας έχει πολλές (εκατομμύρια ίσως και παραπάνω) τρίχες και κάθε τρίχα στο τέλος της έχει και άλλες τρίχες. Στο σημείο αυτό, δόθηκε έμφαση πως οι εικόνες που δείχνουν τις μικρότερες τρίχες πάνω στις μεγάλες τρίχες (όπως είπαν οι ίδιοι) είναι από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Έτσι, επαληθεύτηκε η πρόβλεψή τους, ότι δηλαδή χρειαζόμαστε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο για να δούμε πιο κοντά. Έτσι, ζητήθηκε από τους μαθητές να πουν σε ποιον κόσμο θα ταξινομούσαν αυτές τις τρίχες και πως θα μπορούσαν να τις λένε. Οι μαθητές ανά ομάδες, άρχισαν να συζητούν μεταξύ τους για να μπορέσουν να απαντήσουν. Σε σύντομο χρόνο οι ομάδες είχαν τις απαντήσεις. Και οι τρείς ομάδες είπαν ότι θα οι τρίχες ανήκουν στον Νανόκοσμο, αφού χρειαζόμαστε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο για να τις δούμε. Και ότι θα μπορούσαν να τις λένε «νανότριχες» ή «τρίχες στην κλίμακα του νάνο». Αλλά, η ονομασία «νανότριχες» επικράτησε.

Πίνακα 12: Τα βίντεο που παρακολούθησαν οι μαθητές

Τίτλος	Περιγραφή	Πηγή
Bionics/Gecko/Foot	Σταδιακές μεγεθύνσεις της πατούσας της Gecko	http://footage.framepool.com/en/shot/817765639-suction-cup-gecko-electron-microscopic-image-bionics
Gecko Tape	Δείχνει τα δάχτυλα της σαύρας μέσα από σταδιακές μεγεθύνσεις.	http://web.stanford.edu/group/mota/education/Physics%2087N%20Final%20Projects/Group%20Gamma/gecko.htm

Οι μαθητές έδειξαν να μην δυσκολεύονται να κατανοήσουν το εποπτικό υλικό που τους παρουσίαστηκε. Αν και τους φάνηκε περίεργη η ύπαρξη τριχών στη σαύρα, καθώς όπως ανέφεραν με μια πρώτη ματιά δεν είχαν δει ποτέ ότι έχει τρίχες στις πατούσες της. Στη συνέχεια, οι μαθητές επεξεργάστηκαν ομαδικά εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, από ζώα που έχουν βεντούζες. Παρακάτω φαίνονται οι εικόνες που επεξεργάστηκαν οι ομάδες (**Εικόνα 27α & 27β**)



Εικόνα 27α: Βεντούζες χταποδιού στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (octopus suction cups-SEM)

Πηγή: http://scienceblogs.com/pharyngula/2006/05/17/how-octopus-suckers-work/

Εικόνα 27β: Βεντούζες χταποδιού στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (octopus suction cups-SEM)

Πηγή: http://www.gettyimages.com/detail/photo/suckers-of-the-red-octopus-sem-x14-at-3-high-res-stock-photography/vis900202

Οι μαθητές παρατήρησαν τις εικόνες που βρήκαν και είπαν ότι πλέον έχουν μια πιο ξεκάθαρη εικόνα για το πως είναι η βεντούζα στον Νανόκοσμο. Με τον τρόπο αυτό και συγκρίνοντας την πατούσα της Gecko και τις βεντούζες στον Νανόκοσμο, κατανόησαν ότι η ικανότητα της δεν οφείλεται στις βεντούζες αλλά στην ύπαρξη πολλών εκατομμυρίων τριχών. Για να ενισχυθεί αυτή η άποψη, προβλήθηκε απόσπασμα του βίντεο με τίτλο: *«How do geckos defy gravity? - Eleanor Nelsen»* με ελληνικούς υπότιτλους. Πρόκειται για ένα animation βίντεο που έδειχνε το πόδι της σαύρας και τις εκατομμύρια νανότριχες, καθώς και πως λέγεται κάθε μέρος της τρίχας. Το αρχικό βίντεο περιείχε και σημεία που εξηγούσαν την ικανότητα της σαύρας με τη βοήθεια των διαμοριακών δυνάμεων «Van der waals». Το σημείο αυτό αφαιρέθηκε (για να μην μπερδέψει και δυσκολέψει τους μικρούς μαθητές) και το εποπτικό υλικό μεταφράστηκε και προστέθηκαν ελληνικοί υπότιτλοι. Οι μαθητές παρακολούθησαν με ενδιαφέρον το βίντεο και ζήτησαν να το δουν και δεύτερη φορά. Τη δεύτερη φορά, η εκπαιδευτικός σταματούσε το βίντεο και προκαλούσε συζήτηση, σχετικά με την πατούσα της σαύρας και τις τρίχες. Κάποια στιγμή μια μαθήτρια έκανε την διαπίστωση και είπε: *«Κάτι τέτοιες τρίχες είχε βγάλει και ο Spiderman όταν τον είχε τσιμπήσει η αράχνη»* (Είναι η ίδια μαθήτρια που στην 1η συνάντηση είχε ζωγραφίσει στα ιχνογραφήματα τις τρίχες). Με αυτή της, τη διαπίστωση έδωσε την ευκαιρία στην εκπαιδευτικό να προβάλει τη συγκεκριμένη σκηνή από την ταινία. Τα παιδιά παρατήρησαν μόνα τους δίχως την δική της παρέμβαση, ότι οι τρίχες που έβγαλε στο χέρι του ο Spiderman δεν ήταν τόσες πολλές όσες της σαύρας και είχαν μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους. Έτσι, είπαν πως ο σκηνοθέτης και όσοι έφτιαξαν την ταινία δεν είχαν μελετήσει καλά τη σαύρα και έκαναν αυτό το λάθος. Και το συγκεκριμένο απόσπασμα τους άρεσε και τους τράβηξε το ενδιαφέρον καθώς έκαναν και αυτή τη σημαντική διαπίστωση. Στον **Πίνακα 13**, φαίνονται το εποπτικό υλικό με τη μορφή βίντεο που μελέτησαν οι ομάδες.

Στη συνέχεια και ως τελευταία δραστηριότητα, ζητήθηκε από τις ομάδες να σχεδιάσουν την πατούσα της Gecko στον Νανόκοσμο με βάση όσα παρατήρησαν, είδαν και συζήτησαν σε αυτή τη συνάντηση. Μόνο η μια ομάδα σχεδίασε τα δάχτυλα της σαύρας και αιτιολόγησε το κάθε μέρος της. Στην **Εικόνα 28**, φαίνεται το πιο αντιπροσωπευτικό ιχνογράφημα της πατούσας της σαύρας στον Νανόκοσμο (Βλέπε Αποτελέσματα, **Εικόνα 28**)

Πίνακας 13: Η λύση του μυστηρίου της σαύρας, μέσα από τα βίντεο.

Τίτλος	Περιγραφή	Πηγή
«How do geckos defy gravity? - Eleanor Nelsen»	Animation Video, που εξηγεί την περίεργη ικανότητα της σαύρας Gecko.	https://www.youtube.com/watch?v=YeSuQm7KfaE
«Spider-Man I»	Δείχνει τα δάχτυλα της σαύρας μέσα από σταδιακές μεγεθύνσεις.	https://genvideos.org/watch?v=Spider_Man_2002#video=jmjL2vFJ_-qJaMReDJxDkCpG9kydtfcAXuoilq6rJks

2.2.6. Συνάντηση 6η: «Μελέτη της επιφάνειας επαφής με επεξεργασία βίντεο» & «Οι επιστήμονες εμπνέονται από την Gecko»

Επιδιωκόμενος μαθησιακός στόχος: *Να κατανοήσουν οι μαθητές πως όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια επαφής (ποδιού-τοίχου) τόσο ισχυρότερη είναι η προσκόλληση.*

Στην αρχή της συνάντησης πραγματοποιήθηκε ολιγόλεπτη συζήτηση σχετικά με το θέμα και τις δραστηριότητες της προηγούμενης φοράς. Ενδεικτικά, οι μαθητές είπαν πως πειραματίστηκαν και ανακάλυψαν μόνοι τους, ότι οι βεντούζες «κολλάνε» μόνο στις λείες επιφάνειες ενώ η σαύρα Gecko μπορεί να «κολλήσει» και σε τραχιές επιφάνειες (τοίχος και δέντρα). Συνεπώς, κατανόησαν ότι η πατούσα της σαύρας δεν έχει βεντούζες αλλά τρίχες. Μέσω του animation βίντεο διαπίστωσαν ότι κάθε δάχτυλο της σαύρας έχει εκατομμύρια τριχίδια.

Στην έκτη συνάντηση ο κυρίαρχος στόχος ήταν οι μαθητές να κατανοήσουν, πως όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια επαφής των δαχτύλων της σαύρας με τον τοίχο, τόσο ισχυρότερη είναι η προσκόλληση. Και σαν δευτερεύων στόχος, να εργαστούν σε ομάδες και διερευνητικά να επεξεργαστούν εκπαιδευτικό υλικό (βίντεο). Με τη βοήθεια των βίντεο να συμπεράνουν ότι οι επιστήμονες, σε βάθος χρόνου, έχουν μελετήσει την ικανότητα της Gecko και έχουν κατασκευάσει διάφορα προϊόντα που την μιμούνται.

Πριν την προβολή των βίντεο, ένας μαθητής άρχισε να αναρωτιέται πως μπορεί η σαύρα Gecko να πέφτει από τον τοίχο όταν αυτή το επιθυμεί. Η εκπαιδευτικός τον παρότρυνε να συνεχίσει να αναρωτιέται δυνατά για να τον ακούσουν και οι υπόλοιποι συμμαθητές του. Έτσι συνέχισε και είπε: *«Θυμάμαι την προηγούμενη φορά, στο animation βίντεο που είδαμε, την Gecko να γυρνάει σιγά σιγά τα δάχτυλά της στο πλάι και να πέφτει…»* Όλοι τον άκουγαν με προσοχή και η εκπαιδευτικός τον βοήθησε να συνεχίσει τον συλλογισμό του ρωτώντας τον: *«Γιατί τελικά πιστεύεις ότι έπεσε η σαύρα;»* Εκείνος άρχισε να λέει: *«Μήπως έχει σχέση με το ότι, όταν κρατιόταν στις μύτες των δαχτύλων της δεν ακουμπούσε τόσο πολύ στον τοίχο; Δηλαδή έχει σχέση με την επιφάνεια επαφής;»* Χωρίς η διδάσκουσα να θέλει να προδώσει τον στόχο της συνάντησης κράτησε ουδέτερη στάση, προτείνοντας στους μαθητές να δούνε όλοι μαζί προσεκτικά ένα βίντεο. Οι μαθητές παρακολούθησαν το επεξεργασμένο (χωρίς το κομμάτι με τις διαμοριακές δυνάμεις) και υποτιτλισμένο βίντεο με τίτλο: *«Τεχνολογία από τα πόδια της σαύρας»*. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε σχετική συζήτηση. Το

βίντεο επικεντρωνόταν στην εξήγηση του φαινομένου της προσκόλλησης της σαύρας, με τη βοήθεια της επιφάνειας επαφής. Ακόμη, έδειχνε πως οι επιστήμονες εμπνεύστηκαν από τη Gecko για να δημιουργήσουν υλικά που να έχουν την ικανότητα προσκόλλησης της σαύρας. Η συζήτηση κινήθηκε γύρω από:

- Τη διαπίστωση του συμμαθητή τους
- Τα σημεία που τους κέντρισαν το ενδιαφέρον
- Τα επιτεύγματα των επιστημόνων, καθώς μελετούν την ξεχωριστή ικανότητα της σαύρας Gecko.

Μετά την ολοκλήρωση της προβολής, οι μαθητές διαπίστωσαν πως ο συμμαθητής τους είχε δίκιο. Ανέφεραν ότι είδαν στο βίντεο ένα συνθετικό συγκολλητικό πόδι, το οποίο κατασκεύασαν οι επιστήμονες, έμοιαζε με «χτένα» και αναπαριστούσε τις τρίχες στα πόδια της Gecko. Μέσω της συζήτησης συμπέραναν πως όταν η σαύρα ακουμπάει στις μύτες και δεν εφαρμόζει καμία δύναμη δεν προσκολλάται στον τοίχο. Ενώ αντίθετα, όταν εφαρμόσει λίγη παραπάνω πίεση, η επιφάνεια επαφής μεγαλώνει και η σαύρα «κολλάει» σε τοίχους και τζάμια. Στην **Εικόνα 29α και 29β** παρουσιάζεται το συγκολλητικό υλικό που αναφέρθηκε παραπάνω.

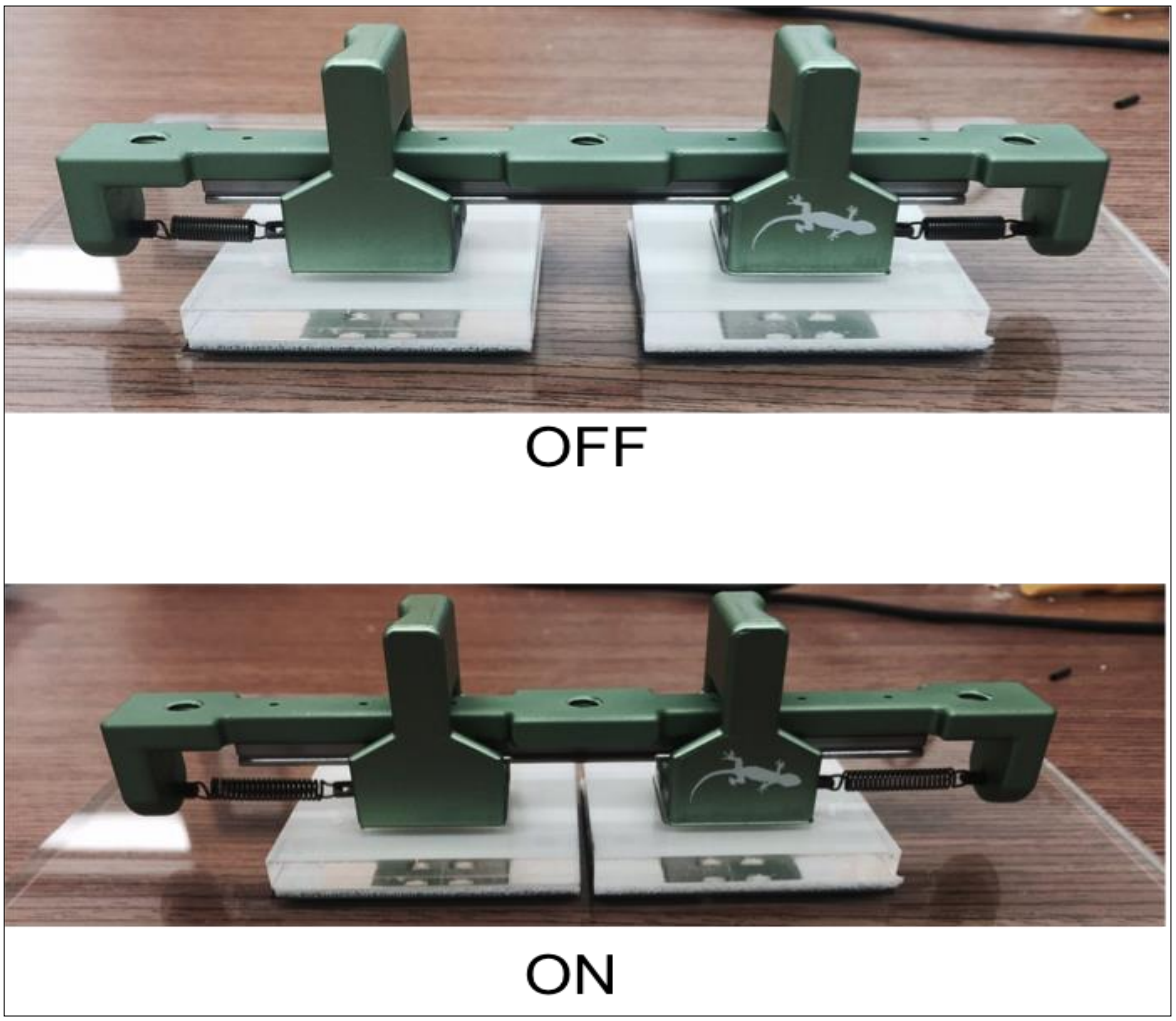
Εικόνα 29α: Όταν δεν ασκείται πίεση και η επιφάνεια επαφής είναι μικρή δεν υπάρχει προσκόλληση

Πηγή: http://www.videoman.gr/84959

Εικόνα 29β: Όταν ασκείται πίεση και η επιφάνεια επαφής μεγαλώνει υπάρχει προσκόλληση του υλικού

Πηγή: http://www.videoman.gr/84959

Ακόμη, από το βίντεο μεγάλη εντύπωση έκανε στους μαθητές η κατασκευή από τους επιστήμονες της NASA, ενός υλικού ικανού να αρπάζει και να χειρίζεται μέσα στο διαστημόπλοιο αντικείμενα ακόμη και 100 κιλών. Το υλικό αυτό κατασκευάστηκε μέσω της μίμησης της σαύρας Gecko. Έτσι με αυτή την κατασκευή θα είναι πλέον ικανοί να αρπάζουν δορυφόρους για να τους επισκευάζουν ή διαστημικά σκουπίδια. Και απώτερος σκοπός η δημιουργία ρομπότ τόσο για λείες όσο και τραχιές επιφάνειες. Στην **Εικόνα 30** φαίνεται η εφαρμογή των επιστημόνων που μπορεί να αρπάζει βαριά υλικά. Όταν βρίσκεται στη θέση Off δεν μπορεί να αρπάξει τα αντικείμενα, ενώ στην θέση On αρπάζει αντικείμενα και με μεγάλο βάρος. Ενώ στην **Εικόνα 31** φαίνονται δύο αστροναύτες να τραβάνε έναν βαρύ κύβο με τη βοήθεια της κατασκευής της **Εικόνας 30**.



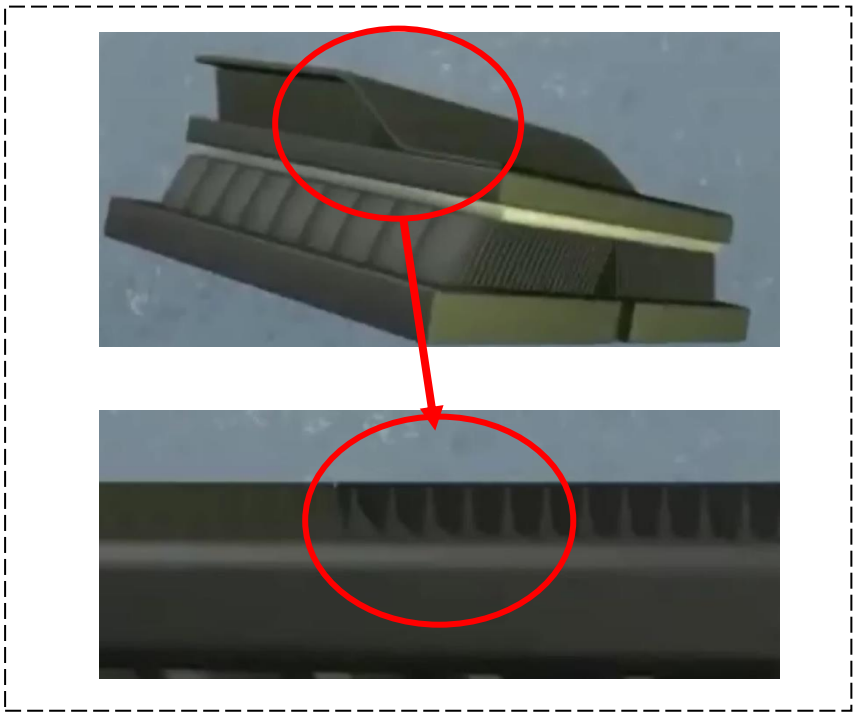
Εικόνα 30: Η ιδιαίτερη εφαρμογή της NASA που μπορεί να «αρπάζει» βαριά αντικείμενα.

Πηγή: **http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/ON%20OFF.png**

Εικόνα 31: Οι αστροναύτες πειραματίζονται με την εφαρμογή.

Πηγή: https://pbs.twimg.com/media/BuTRxyRIgAA5XGI.jpg

Στη συνέχεια, οι ίδιοι οι μαθητές αναρωτήθηκαν κατά πόσο μπορεί η επιστήμη να αντιγράψει τη σαύρα και να κατασκευάσει πρωτοπόρα υλικά και μέσα. Μέσω του βίντεο που παρακολούθησαν, οι μαθητές ερωτήθηκαν τι άλλο πιστεύουν ότι οι επιστήμονες είναι ικανοί να κατασκευάσουν. Άρχισαν να λένε διάφορες ιδέες, ενδεικτικά παραθέτουμε παρακάτω την πιο αντιπροσωπευτική απάντηση τους: *«Γάντια ίσως και παπούτσια που να μας βοηθούν να σκαρφαλώνουμε σε τοίχους όπως και ο Spiderman!»* Με αφορμή αυτή την απάντηση, ακολούθησε η προβολή του 2ου βίντεο με τίτλο: *«Smart materials (1 of 5) Gecko Adhesive fit for Spiderman».* Ζητήθηκε από τους μαθητές να το παρακολουθήσουν προσεκτικά και στη συνέχεια να πραγματοποιηθεί σχετική συζήτηση. Μετά την προβολή, τα ίδια τα παιδιά ανέφεραν πως και σε αυτό το βίντεο ο επιστήμονας ασχολήθηκε με την επιφάνεια επαφής. Τους έκανε εντύπωση η αναπαράσταση των τριχών σαν δάσος. Έτσι, συμπέραναν ότι όταν οι τρίχες ακουμπούν στις άκρες τους, η σαύρα δεν «κολλάει» σε τοίχους ή τζάμια, αλλά όταν ασκηθεί λίγη παραπάνω πίεση και τα σημεία επαφής μεγαλώσουν αυτή πια «κολλάει». Το επόμενο σημείο που έκανε εντύπωση στους μαθητές και ήθελαν να σχολιάσουν ήταν η παρότρυνση που έκανε ο αφηγητής λέγοντας: *«Φανταστείτε έναν κόσμο όπου ρομπότ θα μπορούν να σκαρφαλώνουν οπουδήποτε, από γυάλινα κτήρια μέχρι και φλεγόμενα κτήρια ή ρομπότ που θα μας παρατηρούν αφού θα έχουν ενσωματωμένες κάμερες».* Και άρχισαν να λένε για το ρομπότ που κατασκεύασαν οι επιστήμονες του Πανεπιστημίου και μιμείται την ικανότητα της σαύρας. Ζήτησαν να ξαναδούνε το σημείο που δείχνει το υλικό με τις εκατομμύρια «απολήξεις» που έχει το πόδι του ρομπότ. Και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το υλικό μοιάζει με αυτό από το 1ο βίντεο, γιατί δεν έχει κάποια κολλητική ουσία αλλά το ρομπότ μπορεί να «κολλάει» σε οποιαδήποτε επιφάνεια. Στην **Εικόνα 32**, παρουσιάζεται το υλικό που έχει το ρομπότ του βίντεο και μοιάζει με εκείνο της **Εικόνας 29.**



Εικόνα 32: Το πάνω μέρος του συνθετικού υλικού που μοιάζει με τρίχες.

Πηγή: https://www.youtube.com/watch?v=gzm7yD-JuyM

Οι μαθητές συνέχισαν να σχολιάζουν το βίντεο και είπαν πως είδαν το ρομπότ που μιμείται τη σαύρα να σκαρφαλώνει με αισθητά αργούς ρυθμούς, ενώ ξέρουν ότι η Gecko μπορεί να σκαρφαλώνει σε όλες τις επιφάνειες με μεγάλη ταχύτητα. Ακολούθησε μια προσπάθεια εξήγησης στους μαθητές, ότι οι επιστήμονες έχουν καταφέρει να μιμηθούν σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα της Gecko αλλά δεν την έχουν τελειοποιήσει ακόμη, κάτι που λογικά θα γίνει τα επόμενα χρόνια. Παρόλα αυτά όσα έχουν επιτύχει μέχρι τώρα οι επιστήμονες είναι άξια θαυμασμού. Ακόμη, οι μαθητές είπαν ότι το υλικό που κατασκεύασαν οι επιστήμονες, είναι ικανό να κρατήσει μεγάλο βάρος κάτι που μας αποδεικνύει ότι η Gecko έχει από τις ισχυρότερες προσκολλήσεις στη φύση. Τέλος, οι μαθητές διαπίστωσαν πως η αρχική τους ιδέα, ότι οι επιστήμονες μπορούν να κατασκευάσουν γάντια και παπούτσια για να μιμηθούν τον Spiderman, εμφανίζεται στο τέλος του βίντεο. Ο αφηγητής του βίντεο, δηλώνει πως μέχρι στιγμής τα προϊόντα δεν έχουν τελειοποιηθεί όμως το πρώτο μεγάλο και επαναστατικό βήμα έχει γίνει.

Έπειτα, οι μαθητές παρακολούθησαν το 3ο βίντεο με τίτλο: *«Gecko Climbing Robot on Weird Connections»* που αναφερόταν στη δημιουργία ενός ρομπότ με το όνομα *«Stickybot»* το οποίο μιμείται την ικανότητα της σαύρας. Και στο συγκεκριμένο βίντεο οι

επιστήμονες μιλούν για τα επιτεύγματά τους, ύστερα από μια μακροχρόνια παρατήρηση της σαύρας, αλλά και συνεχών πειραματισμών και τη δημιουργία του ρομπότ.

Μετά την προβολή του βίντεο, πραγματοποιήθηκε σχολιασμός του ο οποίος μεθοδεύτηκε με τις εξής ερωτήσεις:

- «Τι σας άρεσε σε αυτό το βίντεο»;
- «Είδατε κάτι παράξενο»;
- «Τι κοινό έχει με τα άλλα δύο βίντεο»;

Αρχικά, είπαν πως τους άρεσε η κατασκευή του ρομπότ και θα ήθελαν να έχουν ένα στο σχολείο τους. Παρατήρησαν όμως, πως το ρομπότ δυσκολευόταν να αποκολληθεί από τις γυάλινες επιφάνειες σε σύγκριση με το ρομπότ που είδαν στο προηγούμενο βίντεο. Τους έκανε εντύπωση και το πολυμερές υλικό με τα εξογκώματα, που κατασκεύασαν οι επιστήμονες, μιμούμενοι την πατούσα της σαύρας. Συνέχισαν λέγοντας για την εφαρμογή αυτού του υλικού (το οποίο μπορεί να κρατήσει το βάρος ενός κοριτσιού μόλις 7 ετών). Πιο συγκεκριμένα, τους ενθουσίασε το πείραμα του ερευνητή με την 7χρονη κόρη. Με τη βοήθεια του υλικού, κρέμασε την μικρή από μια γυάλινη επιφάνεια, αποδεικνύοντας έτσι πως η σαύρα έχει την ισχυρότερη προσκόλληση στη Φύση. Οι μαθητές ανέφεραν πως η μικρή έγινε το πρώτο παιδί που μπορεί να «κολλάει» όπως η Gecko. Επίσης, το σημείο όπου οι επιστήμονες έδεσαν και κρέμασαν βαράκια στη σαύρα, ενθουσίασε τους μαθητές και τους κέντρισε το ενδιαφέρον. Οι επιστήμονες θέλησαν με αυτό τον τρόπο να ελέγξουν ποιο είναι το μεγαλύτερο βάρος που μπορεί να αντέξει η σαύρα Gecko. Όση ώρα προβαλλόταν το βίντεο έκαναν υποθέσεις για το πότε θα πέσει η σαύρα.

Στην ερώτηση για το τι κοινό έχουν και τα 3 βίντεο, οι μαθητές εύκολα και αμέσως απάντησαν πως οι επιστήμονες μελετούν και πειραματίζονται ώστε να κατασκευάσουν διάφορα υλικά που μιμούνται την ικανότητα της σαύρας.

Ενθουσιασμό και θαυμασμό προκάλεσε η κατάληξη του 3ου βίντεο που δείχνει τις μελλοντικές βλέψεις των επιστημόνων για κατασκευή ειδικών στολών και εξαρτημάτων για τους πυροσβέστες, έτσι ώστε να μπορούν να σκαρφαλώνουν στα κτήρια. Αυτό έδωσε αφορμή στα παιδιά να συζητήσουν και να αναρωτηθούν αν τελικά μπορούν πραγματικά να γίνουν σαν το αγαπημένο τους Spiderman.

Στον **Πίνακα 14** παρουσιάζονται συνοπτικά τα βίντεο που επεξεργάστηκαν οι μαθητές, μια μικρή περιγραφή και οι πηγές τους..

Πίνακας 14: Συνοπτικός πίνακας των τριών βίντεο που παρακολούθησαν οι μαθητές με τις επιστημονικές εφαρμογές

Τίτλος	Περιγραφή	Πηγή
«Τεχνολογία από τα πόδια της σαύρας»	Οι επιστήμονες μιμούνται τη σαύρα και φτιάχνουν ένα συνθετικό συγκολλητικό πόδι	http://www.videoman.gr/84959
«Smart materials (1 of 5) Gecko Adhesive fit for Spiderman»	Η σαύρα εμπνέει τους επιστήμονες και φτιάχνουν ειδικά υλικά που κολλάνε όπως η Gecko	https://www.youtube.com/watch?v=gzm7yD-JuyM
«Gecko Climbing Robot on Weird Connections»	Οι επιστήμονες κατασκευάζουν το «Stickybot» ρομπότ	https://www.youtube.com/watch?v=anbqiBUmKIA

Στο τέλος της ώρας, κάποιοι μαθητές άρχισαν να συζητούν και να αναρωτιούνται αν οι επιστήμονες έχουν φτιάξει χρηστικά αντικείμενα που να μιμούνται την ικανότητα της σαύρας. Με αφορμή αυτή την ανησυχία προβλήθηκαν μερικές εικόνες από εφαρμογές της καθημερινής ζωής, για την κατασκευή των οποίων αποτελεί έμπνευση η ιδιαίτερη ικανότητα της σαύρας. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες από τις εικόνες που είδαν οι μαθητές (Βλέπε Εικόνες 33α, 33β & Παράρτημα).

Εικόνα 33α: Υλικό στήριξης μικροαντικειμένων, βασισμένο στη σαύρα Gecko.

Πηγή: https://www.pinterest.com/pin/359091770266428075/?from_navigate=true

Εικόνα 33β: Υλικό στήριξης μικροαντικειμένων, βασισμένο στη σαύρα Gecko

Πηγή: http://www.aliexpress.com/item-img/Car-Sticky-Mini-Cooper-Anti-Slip-Mat-Automobiles-Interior-Accessories-for-Phone-MP3-MP4-Pad/32479853125.html?spm=2114.10010108.1000017.2.xW5MKo#

Οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες και σχολίασαν τις εικόνες που είδαν στο Power point με τις εφαρμογές των επιστημόνων πάνω στην ικανότητα της σαύρας. Οι μαθητές ενθουσιάστηκαν από τις εφαρμογές και είπαν πως οι επιστήμονες έχουν κατασκευάσει σπουδαία αντικείμενα. Σε αυτό το σημείο οι μαθητές ερωτήθηκαν : *«Τώρα που έρχονται οι Απόκριες πως θα μπορούσατε να γίνετε σαν τον Spiderman»;* Οι μαθητές προβληματίστηκαν και ξεκίνησαν σιγά σιγά να λένε τις απόψεις τους. η πιο αντιπροσωπευτική απάντηση ήταν: *«Αν φτιάξουμε γάντια και παπούτσια από συνθετικό υλικό, όπως αυτό που έκαναν οι επιστήμονες, θα μπορέσουμε εύκολα να σκαρφαλώσουμε σε κτήρια και γυάλινες επιφάνειες! Έτσι θα μπορούμε να πούμε ότι είμαστε σαν τον Spiderman».*

2.2.7. Συνάντηση 7η: «Πιθανές λύσεις Ι για την κατασκευή του μοντέλου»

Επιδιωκόμενος στόχος: *Οι μαθητές να εκφράσουν τις απόψεις και τις ιδέες τους για το μοντέλο της σαύρας Gecko και της επιφάνειας επαφής (τοίχος).*

Στην αρχή της ώρας πραγματοποιήθηκε ολιγόλεπτη συζήτηση για την προηγούμενη συνάντηση. Στη συγκεκριμένη συνάντηση, οι μαθητές επεξεργάστηκαν τον κύκλο «Engineering Design Process» και κατανόησαν πως οι επιστήμονες για να επιλύσουν ένα πρόβλημα ακολουθούν τα συγκεκριμένα 7 βήματα. Οι μαθητές χωρισμένοι σε 3 ομάδες, επεξεργαστήκαν τον κύκλο και συνειδητοποίησαν πως για να μιμηθούν την Gecko ή για να γίνουν σαν τον Spiderman, έπρεπε να ακολουθήσουν τα 7 αυτά βήματα. Με μια γρήγορη ματιά, ανακάλυψαν ότι βρίσκονται στο 2^{ο} βήμα (Research the problem) και έπρεπε να πάνε στο 3^{ο} βήμα (Imagine: Develop possible solutions), όπου έπρεπε να φανταστούν και να αναπτύξουν ιδέες για πιθανές λύσεις μοντελοποίησης. Μόνοι τους ανέφεραν ότι μετά πρέπει να προχωρήσουν στο 4^{ο} (Plan: Select a promising solution) και 5^{ο} βήμα (Create: Build a prototype), πιο απλά, στην κατασκευή του μοντέλου.

Δόθηκε χρόνος στις ομάδες για συζήτηση. Έτσι για λίγη ώρα, τα μέλη της κάθε ομάδας συνομίλησαν μεταξύ τους και μετά ήταν σε θέση να εκφράσουν τις ιδέες τους. Τα παιδιά ενθουσιασμένα άρχισαν να λένε τις ιδέες τους πάνω στο μοντέλο του τοίχου και της σαύρας. Στον **Πίνακας 16** παρουσιάζονται οι πιο χαρακτηριστικές ιδέες των μαθητών.

Πίνακας 16: Πιθανά υλικά για την μοντελοποίηση της σαύρας και του τοίχου

Σαύρα	Πατούσα	Τοίχος
Πηλός	**Patafix**	**Κόντρα πλακέ**
Πλαστελίνη	**Κόλλα**	**Βέλκρο**
Lego	**Ζελέ**	**Patafix**
Χαρτόνι	**Βέλκρο**	

Αφού οι μαθητές εξέφρασαν τις ιδέες τους, άρχισαν να συζητούν όλοι μαζί ποια λύση θα ήταν καλύτερη. Έτσι με ενθουσιασμό και ομοφωνία είπα ότι το μοντέλο της Gecko ήθελαν να το κατασκευάσουν με τη βοήθεια των Lego.

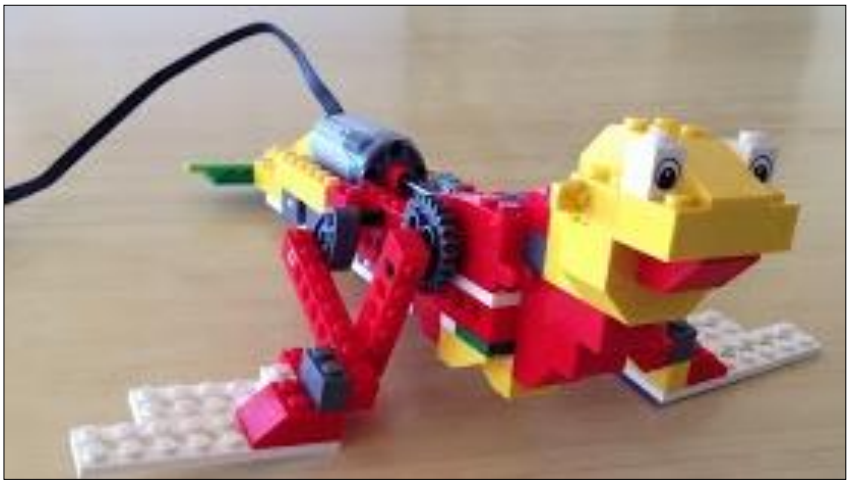
Στη συνέχεια, άρχισαν να αναρωτιούνται πως θα δείξουν και θα εξηγήσουν την ικανότητα της σαύρας με την επιφάνεια επαφής (όσο μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής τόσο ισχυρότερη είναι η προσκόλληση). Είπαν ότι για να δείξουν την σημαντικότητα της επιφάνειας επαφής θα πρέπει να υπάρχει κάτι απλό και κατανοητό. Σκέφτηκαν πως αν γέμιζαν τον τοίχο και τις πατούσες της σαύρας με βέλκρο σε διάφορα μεγέθη, όταν τα δυο βέλκρο έρχονται σε επαφή η προσκόλληση θα είναι η μέγιστη ενώ όταν όχι, η προσκόλληση δεν θα είναι αρκετή και η σαύρα θα κινδυνεύει να πέσει. Τέλος, οι μαθητές είδαν και επεξεργάστηκαν το μοντέλο τοίχου που κατασκεύασαν στην Αμερική σύμφωνα με το «NanoLeap Project» (Βλέπε **Εικόνα 12**).

Τέλος, οι μαθητές επεξεργάστηκαν παιχνίδι: «Geckoman» από την ιστοσελίδα: http://geckomanchn.weebly.com/. Αποτελεί ένα διαδραστικό παιχνίδι που δημιουργήθηκε από το ίδρυμα: «Center for High-rate Nanomanufacturing» του Πανεπιστημίου Northeastern και απευθύνεται σε μαθητές ηλικίας 10-14 ετών. Το παιχνίδι διδάσκει τις βασικές επιστημονικές αρχές της Νανοτεχνολογίας και βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν τις διαφορές μεταξύ του Μακρόσκοσμου και του Νανόκοσμου. Οι μαθητές επεξεργάστηκαν το παιχνίδι και ήταν αρκετά ενθουσιασμένοι.

2.2.8. Συνάντηση 8η: «Πιθανές λύσεις ΙΙ για την κατασκευή του μοντέλου και ο 1ος πειραματισμός»

Επιδιωκόμενος μαθησιακός στόχος: *Οι μαθητές να σχεδιάσουν μια υποσχόμενη λύση, να πειραματιστούν και να πραγματοποιήσουν την πρώτη απόπειρα κατασκευής του μοντέλου της σαύρας Gecko με τα Lego.*

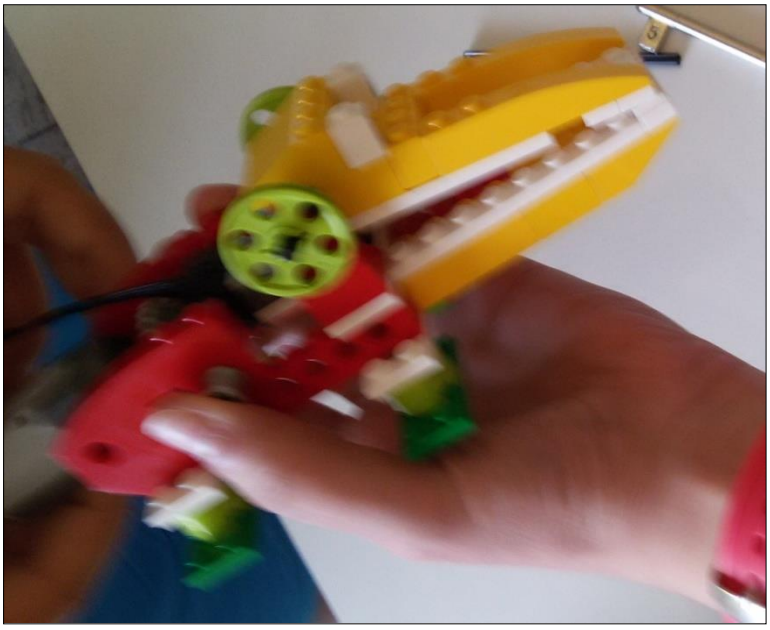
Οι μαθητές ενθουσιασμένοι περίμεναν πως και πως αυτή τη συνάντηση για να κατασκευάσουν το μοντέλο τους. Τα παιδιά ήταν σίγουρα πως ήθελαν να χρησιμοποιήσουν Lego και βέλκρο για τις πατούσες. Χωρίστηκαν σε δύο ομάδες και ξεκίνησαν να αναζητούν εικόνες από το διαδίκτυο για το μοντέλο της σαύρας. Οι ίδιοι οι μαθητές υπέδειξαν μια ιστοσελίδα όπου υπάρχουν τέτοιες κατασκευές. Τα παιδιά περιηγήθηκαν στην ιστοσελίδα http://www.wedobots.com/ και βρήκαν διάφορες κατασκευές που θα μπορούσαν να θυμίζουν οπτικά σαύρα, όπως είπαν και τα ίδια. Επικρατέστερη ήταν η εικόνα με τίτλο: «*Sea Lion»*, που με μερικές μετατροπές θα μπορούσε να μοιάζει με τη σαύρα. Στην **Εικόνα 34** παρουσιάζεται το σχέδιο που βρήκαν οι μαθητές και αποφάσισαν να ακολουθήσουν. Έτσι, όπως ήταν χωρισμένοι σε δύο ομάδες αποφάσισαν να ξεκινήσουν τους πειραματισμούς με τα Lego. Στο σημείο αυτό υπενθυμίστηκε στις ομάδες, ότι εργάζονται σύμφωνα με τον κύκλο του μηχανικού σχεδιασμού (Engineering Design Process) και πως είναι στο 5ο βήμα όπου ξεκινούν να μοντελοποιούν τη σαύρα και τον τοίχο. Στην **Εικόνα 35** φαίνονται οι δυο ομάδες που συλλέγουν πληροφορίες και πειραματίζονται για πρώτη φορά με τα Lego (**Εικόνα 36**).



Εικόνα 34: Η «Sea Lion» στην οποία θα βασιστεί το μοντέλο της σαύρας

Πηγή: http://www.wedobots.com/2013/09/animal-designs.html

Εικόνα 35: Αναζήτηση πληροφοριών και πειραματισμοί



Εικόνα 36: Το πρώτο μοντέλο σαύρας των μαθητών από Lego

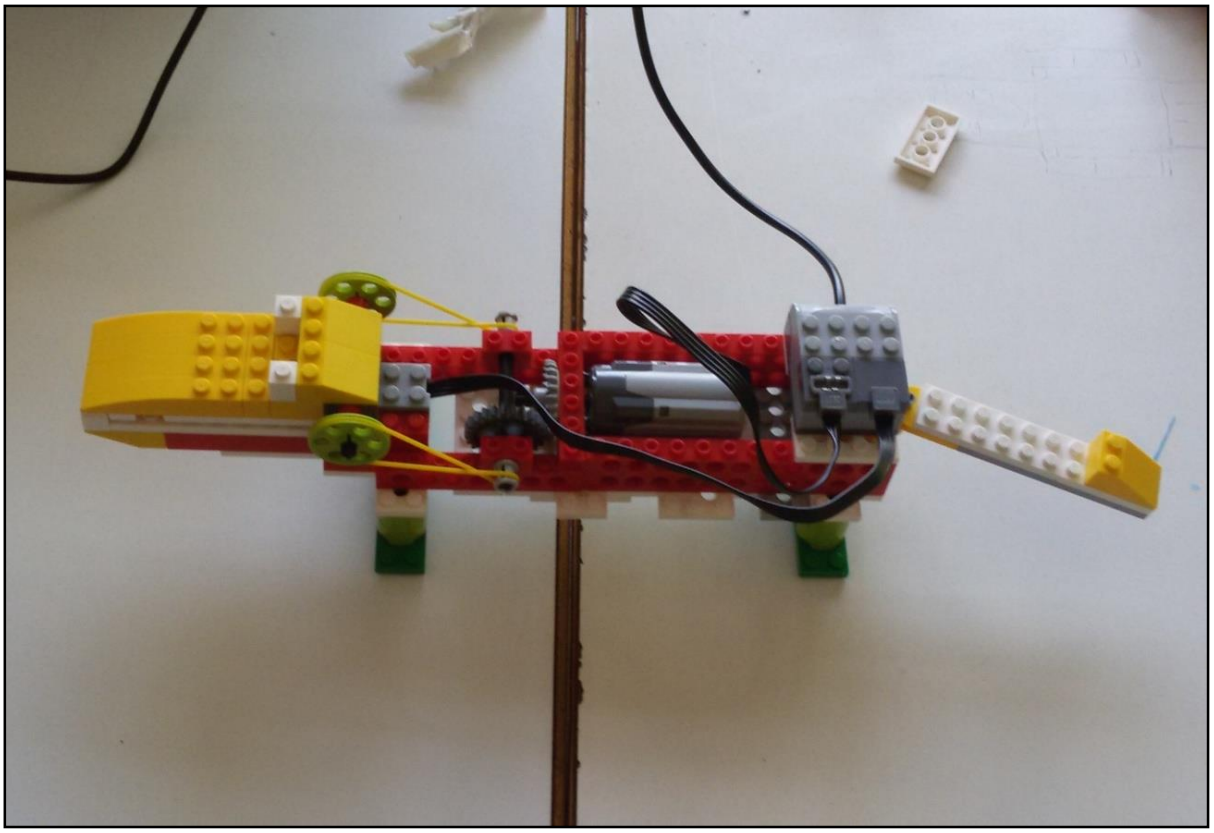
2.2.9. Συνάντηση 9η έως 12η: «Κατασκευή μοντέλων της σαύρας Gecko και του χεριού του Spiderman»

Γενικός Στόχος: *Οι μαθητές να τελειοποιήσουν το μοντέλο και να κατασκευάσουν μοντέλο τοίχου και να εξηγούν την ικανότητα της Gecko, με τη βοήθεια της επιφάνειας επαφής.*

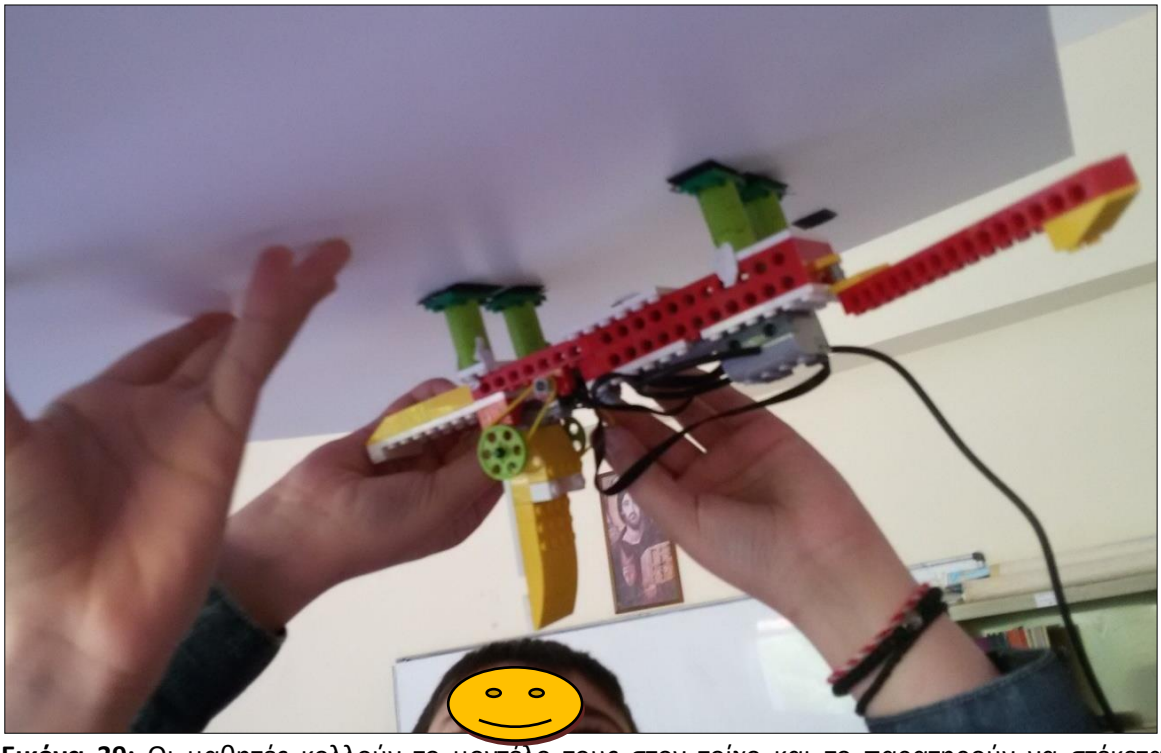
Στις επόμενες συναντήσεις οι μαθητές προσπάθησαν να τελειοποιήσουν το μοντέλο της σαύρας και έδωσαν βάση στην εξήγηση του φαινομένου σύμφωνα με την επιφάνεια επαφής. Οι μαθητές παρατήρησαν ότι το αρχικό τους μοντέλο ήταν λίγο μικρό και θέλησαν να το ανακατασκευάσουν για να δείχνει μεγαλύτερο και να προσθέσουν και ουρά, που δεν είχε το αρχικό. Εργάστηκαν και πάλι σε ομάδες και σύμφωνα με το κύκλο του μηχανικού σχεδιασμού. Έτσι και αφού ήταν 6^{ο} βήμα (Test and evaluate prototype) αποφάσισαν να μορφοποιήσουν το αρχικό μοντέλο και να φτάσουν στο 7^{ο} βήμα (Improve: Redesign as Needed) (Βλέπε **Εικόνα 37)**.

Στη συνέχεια, οι ομάδες ξεκίνησαν να ασχολούνται με τον τοίχο και την επιφάνεια επαφής. Οι ομάδες, είχαν συζητήσει και αποφασίσει να αναπαραστήσουν τον τοίχο με ένα κομμάτι κόντρα πλακέ στο οποίο θα κολλούσαν κομματάκια βέλκρο σε διάφορα μεγέθη (**Εικόνα 38**), το ίδιο θα έκαναν και για τα πόδια της σαύρας. Πιο συγκεκριμένα, αν κολλήσουν ίδιου μεγέθους κομμάτια βέλκρο στην πατούσα της σαύρας και στον τοίχο τότε θα πετύχουν την μεγαλύτερη δυνατή προσκόλληση. Επίσης, αν στον τοίχο υπάρχουν μικρότερα κομμάτια βέλκρο από αυτά της πατούσας, η Gecko δεν θα «κολλάει» τόσο καλά και θα κινδυνεύει να πέσει από τον τοίχο. Έτσι, ξεκίνησαν τους πειραματισμούς (Βλέπε **Εικόνα 39**). Επίσης, οι μαθητές ήθελαν να υπάρχει κίνηση στο μοντέλο τους και πιο συγκεκριμένα, να ανοιγοκλείνει το στόμα του. Έτσι, με τη βοήθεια του προγράμματος Scratch, δημιούργησαν έναν αλγόριθμο που κάθε φορά ο αισθητήρας που υπήρχε στο στόμα εντόπιζε ένα εμπόδιο σε απόσταση μικρότερη των 3 εκατοστών, το στόμα έκλεινε (Βλέπε **Εικόνα 40**). Η μια ομάδα, εξέφρασε την επιθυμία να ασχοληθούν και με τον Spiderman και να μοντελοποιήσουν το χέρι του με τη βοήθεια πηλού. Έτσι, κατασκεύασαν ένα δεύτερο μοντέλο από πηλό, το έβαψαν κόκκινο και κόλλησαν πάνω του κομμάτια βέλκρο, για να αναπαραστήσουν τις νανότριχες (Βλέπε **Εικόνα 41**). Στην **Εικόνα 42,** φαίνεται το τρίτο μοντέλο της ομάδας, αυτό της ολόκληρης σαύρας από πηλό. Για την κατασκευή του ακολουθήθηκε η παραπάνω διαδικασία.

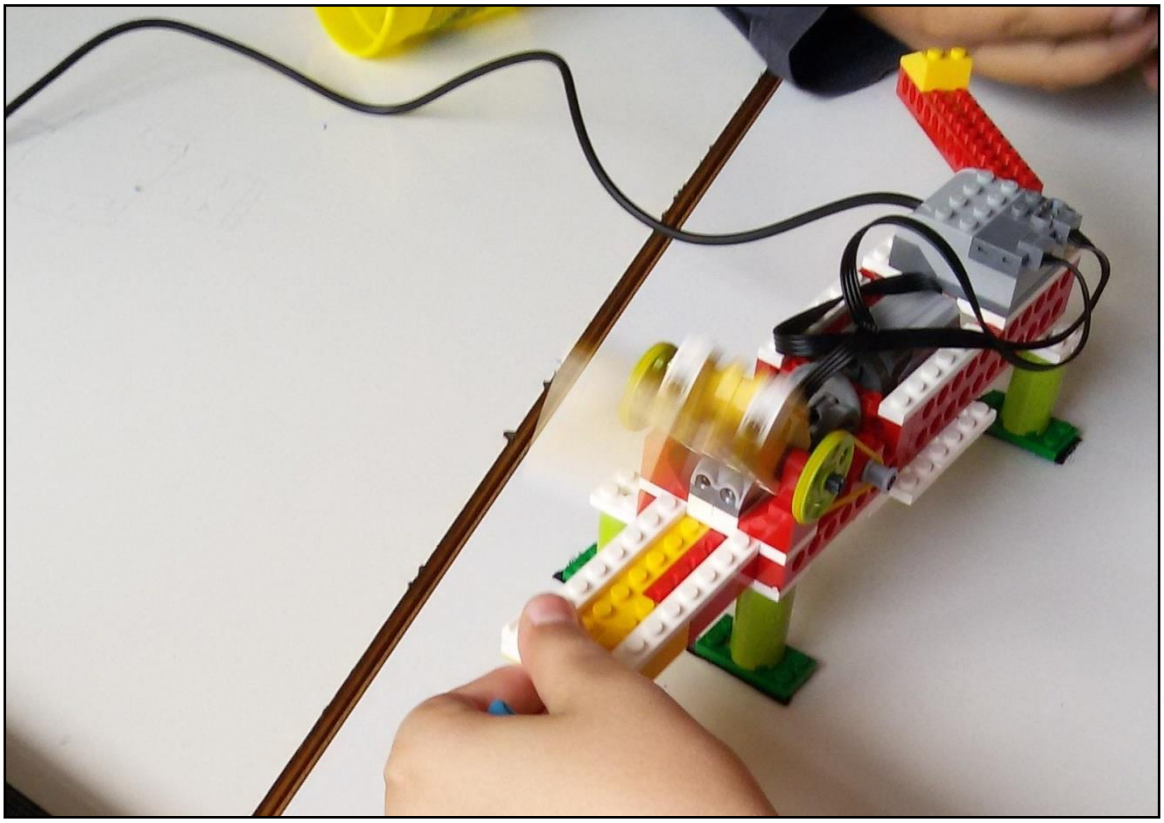
Εικόνα 38: Το μοντέλο του τοίχου και τα κομμάτια βέλκρο (σημεία επαφής).



Εικόνα 37: Το μορφοποιημένο μοντέλο της σαύρας Gecko.



Εικόνα 39: Οι μαθητές κολλούν το μοντέλο τους στον τοίχο και το παρατηρούν να στέκεται ανάποδα



Εικόνα 40: Οι μαθητές ελέγχουν αν ο αισθητήρας λειτουργεί

Εικόνα 41: Το μοντέλο του χεριού του Spiderman από πηλό.

Εικόνα 42: Το μοντέλο της Gecko από πηλό

Τέλος, οι μαθητές αποφάσισαν να κατασκευάσουν και μια πολυτροπική αφίσα για την ημέρα του Φεστιβάλ. Σκέφτηκαν στην αφίσα να έχουν διάφορες εικόνες με σταδιακές μεγεθύνσεις του ποδιού της σαύρας και της πατούσας της. Εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου αλλά και αντικειμένων που έχουν κατασκευάσει οι επιστήμονες, μιμούμενοι την ικανότητα της σαύρας. Ακόμη, οι μαθητές εξέφρασαν την επιθυμία να μπορούν να προβάλουν και κάποια από τα βίντεο που είχαν δει. Μέσω μιας έξυπνης εφαρμογής με τίτλο *«NeoReader»* η επιθυμία τους θα πραγματοποιηθεί. Πάνω στην αφίσα θα υπάρχει μια μικρή εικόνα, που θα μοιάζει με Barcode, όσοι τη σκανάρουν με τη βοήθεια της παραπάνω εφαρμογής (που έχουν τα κινητά τηλέφωνα), θα έχουν την ευκαιρία να δουν τα βίντεο. Η αφίσα περιέχει όλα εκείνη τα στοιχεία που επιθυμούν οι μαθητές να πουν και να περιγράψουν στο Φεστιβάλ (Βλέπε **Εικόνα 43**).

Εικόνα 43: Πολυτροπική αφίσα των Nano-Spiderman

2.2.10. Συνάντηση 13η: «Προετοιμασία για το 4ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ»

Επιδιωκόμενος στόχος: *Οι μαθητές να εκφράσουν τυχόν απορίες τους, να συμπληρώσουν τα ιχνογραφήματα (post), να αναλάβουν συγκεκριμένο ρόλο για το φεστιβάλ και να πραγματοποιήσουν πρόβες.*

Στη συγκεκριμένη συνάντηση οι μαθητές προετοιμάστηκαν για την παρουσίασή τους στο 4ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ. Πριν τις πρόβες, οι μαθητές συμπλήρωσαν τα post με τις ίδιες ερωτήσεις που συμπλήρωσαν και στην πρώτη συνάντηση (Βλέπε Παράρτημα). Οι μαθητές δεν δυσκολεύτηκαν να τα συμπληρώσουν και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση των αποτελεσμάτων (Βλέπε Αποτελέσματα). Η πιο αντιπροσωπευτική απάντηση ήταν ενός μαθητή, (Βλέπε Αποτελέσματα, **Εικόνα 44**) που για να εξηγήσει την ικανότητα της σαύρας Gecko χρησιμοποίησε τις ονομασίες από το εκπαιδευτικό βίντεο που είχαν παρακολουθήσει στην 5η συνάντηση με τίτλο: ***«How do geckos defy gravity? - Eleanor Nelsen».***

Στη συνέχεια, οι μαθητές αποφάσισαν σε ποια σημεία θέλουν να σταθούν στην παρουσίασή τους. Η πολυτροπική αφίσα (Βλέπε **Εικόνα 43**) που δημιουργήθηκε στην προηγούμενη συνάντηση, λειτουργεί σαν οδηγός για όσα θα ειπωθούν από την ομάδα κατά τη διάρκεια του Φεστιβάλ. Έτσι, οι μαθητές ανέλαβαν από έναν ρόλο και ξεκίνησαν τις πρόβες. Πραγματοποιήθηκαν αρκετές πρόβες και οι μαθητές έδειχναν να κατανοούν όσα λένε και να ευχαριστιούνται την όλη διαδικασία (Βλέπε **Εικόνα 45**).

Εικόνα 45: Οι Nano-Spiderman αποφασίζουν τι θα λένε στο Φεστιβάλ ους και κάνουν πρόβες.

2.2.11. Συνάντηση 14η: «Ημέρα του 4ου Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ»

Η τελευταία συνάντηση πραγματοποιήθηκε την Παρασκευή 3 Ιουνίου 2016, στα πλαίσια του 4ου Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ, όπου η ομάδα «Nano-Spiderman» παρουσίασε με επιτυχία τα μοντέλα που είχε κατασκευάσει και εξήγησε το φαινόμενο της προσκόλλησης της σαύρας Gecko. Η παρουσίαση αφορούσε τα στάδια και τα υλικά κατασκευής των μοντέλων (σαύρα από Lego, χέρι Spiderman από πηλό, σαύρα από πηλό και τοίχος), την παρουσίαση της πολυτροπικής αφίσας με εικόνες (σταδιακές μεγεθύνσεις των ποδιών της σαύρας, επιστημονικές εφαρμογές που μιμούνται την ικανότητα της Gecko) και 3 βίντεο (σταδιακή μεγέθυνση των δαχτύλων της σαύρας, απόσπασμα από την ταινία του Spiderman, όπου βγάζει τρίχες στα δάχτυλα και animation βίντεο με την εξήγηση του φαινομένου της προσκόλλησης). Οι μαθητές με επιτυχία και ευχέρεια λόγου παρουσίασαν στους επισκέπτες του Φεστιβάλ την δουλειά τους και απάντησαν στις ερωτήσεις τους. πειραματίστηκαν με τα μοντέλα τους. παρακάτω παρουσιάζονται μερικές εικόνες από την ημέρα του Φεστιβάλ (Βλέπε **Εικόνα 46α, 46β και 47**).

Εικόνα 46α: Η ομάδα Nano-Spiderman στο 4ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ

Εικόνα 46β: Η ομάδα Nano-Spiderman στο 4ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ

Εικόνα 47: Οι Nano-Spiderman μετά το τέλος του 4ου Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ

3. ΜΕΘΟΔΟΣ

3.1. Περιβάλλον Μάθησης και Διδασκαλίας

Το εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε, εφαρμόστηκε σε δυο περιβάλλοντα μάθησης: α) μέσα στη σχολική αίθουσα και β) στο 4ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ.

Α) Η σχολική αίθουσα: Το εκπαιδευτικό υλικό εφαρμόστηκε σε 14 συναντήσεις (διάρκειας 45 λεπτών), στους μαθητές της Στ' τάξης Σχολείου της Φλώρινας. Οι συναντήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά το ακαδημαϊκό έτος 2015-2016, από τον Δεκέμβριο του 2015 μέχρι και τον Ιούνιο του 2016, την ώρα της Ευέλικτης Ζώνης. Στα πλαίσια της πτυχιακής μου εργασίας, το υλικό εφαρμόστηκε πιλοτικά σε δείγμα 12 μαθητών, εκ των οποίων οι 7 ήταν κορίτσια και οι υπόλοιποι 5 αγόρια, και φοιτούσαν στη Στ' τάξη.[3] Οι μαθητές σε κάθε συνάντηση ήρθαν σε επαφή με το υλικό που επεξεργάστηκα αλλά και σχεδίασα, με στόχο να κατανοήσουν τον νέο και επαναστατικό κόσμο του Νάνο και να ανακαλύψουν τα μυστικά της σαύρας Gecko.

Β) Το 4ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ: Οι μαθητές πήραν μέρος στο 4ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ και παρουσίασαν μέρος του εκπαιδευτικού υλικού. Παρουσίασαν και έκαναν επίδειξη των μοντέλων που κατασκεύασαν στα πλαίσια των διδακτικών συναντήσεων.

[3] Στην παρούσα εργασία όταν θα αναφερόμαστε στα αγόρια θα χρησιμοποιούμε την συντομογραφία Α και αντίστοιχα για τα κορίτσια την Κ.

3.2. Μέσα και Διαδικασία Συλλογής Δεδομένων

Η παρούσα πτυχιακή αποτελεί μια ερευνητική εργασία. Για την αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω 2 εργαλεία συλλογής δεδομένων:

- **Γραπτές σημειώσεις με τη μορφή ημερολογίου.** Μετά από κάθε συνάντηση, κρατούσα προσωπικό ημερολόγιο στο οποίο κατέγραφα την πορεία της παρέμβασης και κατά πόσο εφαρμόστηκε το αρχικό πλάνο σχεδιασμού. Ακόμη, κατέγραφα τις απαντήσεις αλλά και τις ερωτήσεις των μαθητών. Τέλος, το ημερολόγιο εκτός από μέσο καταγραφής της πορείας της παρέμβασης, λειτούργησε και σαν προσωπική αυτοαξιολόγηση.
- **Ιχνογραφήματα (pre-post).** Για να αξιολογηθεί η εφαρμοσιμότητα (επάρκεια χρόνου και αντιμετώπιση δυσκολιών από την μεριά των μαθητών) των παρεμβάσεων χρησιμοποιήθηκαν τα ιχνογραφήματα. Οι 12 μαθητές, συμπλήρωσαν τα αρχικά ιχνογραφήματα (pre) στην πρώτη συνάντηση και τα τελικά ιχνογραφήματα (post) κατά τη διάρκεια της τελευταίας συνάντησης πριν από το Φεστιβάλ.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. Αξιολόγηση Εκπαιδευτικού Υλικού για το Δημοτικό Σχολείο

Για να αξιολογηθεί το εκπαιδευτικό υλικό που εφαρμόστηκε πιλοτικά στους μαθητές της ΣΤ' τάξης, λάβαμε υπόψη τους παρακάτω 3 άξονες:

- Τα ιχνογραφήματα (pre και post) των μαθητών.
- Τη συμμετοχή και την εμπλοκή τους στις δραστηριότητες μέσα στη σχολική αίθουσα.
- Το βαθμό κατανόησης του φαινομένου και την εξήγησή του στα πλαίσια του Φεστιβάλ.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η αξιολόγηση των βασικών δραστηριοτήτων κάθε συνάντησης. Σημειώνονται οι δραστηριότητες που είχαν θετικό πρόσημο και δεν δυσκόλεψαν τους μαθητές αλλά και εκείνες που δυσκόλεψαν τους μαθητές κατά τη διάρκεια της παρέμβασης.

Συνάντηση 1η

- ✓ Ο γενικός στόχος, να κεντρίσουμε το ενδιαφέρον των μαθητών επιτεύχθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό. Πιο συγκεκριμένα, η συζήτηση που κινήθηκε γύρω από τα ενδιαφέροντά τους, βοήθησε να γίνει η πρώτη επαφή χωρίς να αγχωθούν και να θεωρήσουν ότι θα βαθμολογηθούν.
- ✓ Η συμπλήρωση των ιχνογραφημάτων (pre) έδωσε μια πρώτη ιδέα στους μαθητές για το περιεχόμενο των συναντήσεων που θα ακολουθούσαν. Τα παιδιά ενθουσιάστηκαν όταν είδαν την ερώτηση με τον Spiderman και ζήτησαν να μάθουν παραπάνω πράγματα για τις επερχόμενες συναντήσεις.
- ✓ Οι μαθητές δεν δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν τι ζητούσαν τα ιχνογραφήματα και τα συμπλήρωσαν με μεγάλη ευκολία.

Συνάντηση 2η

- ✓ Ο επιδιωκόμενος στόχος που ήταν σχετικός με την κατασκευή των πρώτων μοντέλων, σύμφωνα με τις απαντήσεις τους στα ιχνογραφήματα, πραγματοποιήθηκε σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό. Οι μαθητές συνεργάστηκαν άψογα σε ομάδες, χωρίς κανένα πρόβλημα και δημιούργησαν τα μοντέλα σύμφωνα με τις απαντήσεις και τις αρχικές τους ιδέες.

Συνάντηση 3η

- ✓ Οι μαθητές δεν αντιμετώπισαν καμία δυσκολία να αναγνωρίσουν τα χαρακτηριστικά του ορατού και αόρατου κόσμου μέσα από την παρουσίαση του Power point.
- ✓ Η παρατήρηση και η σύγκριση των ποδιών διάφορων εντόμων και ζώων στην κλίμακα του μικρόκοσμου δεν φάνηκε να δυσκόλεψε τους μαθητές. Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις που τους έθετα, σχετικά με το κοινό στοιχείο που έχουν τα διάφορα έντομα, επιβεβαιώνουν το γεγονός πως οι μαθητές κατανόησαν το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρουσιάστηκε.
- ✓ Οι μαθητές θυμήθηκαν την αρχική τους ιδέα (περί ύπαρξη βεντούζας στα πόδια της σαύρας) και μόλις είδαν στο μικροσκόπιο τις τρίχες άρχισαν να αναρωτιούνται.
- ✓ Οι μαθητές περιηγήθηκαν με ενθουσιασμό και ενδιαφέρον στο Site με τις σταδιακές μεγεθύνσεις των αντικειμένων. Δεν παρουσιάστηκε καμία δυσκολία.
- ✓ Η προβολή γενικά των εικόνων από το μικροσκόπιο κέντρισε το ενδιαφέρον των μαθητών και τους προβλημάτισε θετικά, αν τελικά το μυστικό της σαύρας Gecko οφείλεται σε βεντούζες ή τρίχες.
- ✗ Οι μαθητές παρακολούθησαν το βίντεο με τις σταδιακές μεγεθύνσεις του ποδιού μιας μύγας και σε κάποιο σημείο κάποιοι μαθητές θεώρησαν ότι η εικόνα είναι λίγο αηδιαστική και αποκρουστική. Βέβαια αυτό δεν επηρέασε τους υπόλοιπους μαθητές οι οποίου συνέχισαν να το παρακολουθούν.

Συνάντηση 4η

- ✓ Οι μαθητές δεν δυσκολεύτηκαν να κατονομάσουν ζώα που έχουν πλοκάμια και συνεπώς βεντούζες.
- ✓ Το σημείο με την αναζήτηση εικόνων με ζώα που έχουν βεντούζες, δεν δυσκόλεψε τους μαθητές και τους βοήθησε να αναρωτηθούν περισσότερο σε σχέση με την ικανότητα της σαύρας.
- ✓ Η σύγκριση των ζώων με τις βεντούζες και του ποδιού της σαύρας, από την προηγούμενη συνάντηση, είχε θετικά αποτελέσματα καθώς οι μαθητές προβληματίστηκαν ακόμη περισσότερο.
- ✓ Η ομαδική πειραματική δραστηριότητα σχετικά με τις επιφάνειες που «κολλάνε» και δεν «κολλάνε» οι βεντούζες, είχε θετικά αποτελέσματα. Αλλά ακόμη δεν ήταν σίγουροι για την απάντηση. Η δραστηριότητα τους βοήθησε να

συνειδητοποιήσουν πως χρειάζονται μεγαλύτερες μεγεθυμένες εικόνες για να ανακαλύψουν το μυστικό της σαύρας.

- ✓ Τα δυο βίντεο που προβλήθηκαν δεν δυσκόλεψαν καθόλου τους μαθητές.
- ✓ Στην τελική συζήτηση που πραγματοποιήθηκε, μετά την επεξεργασία όλου του υλικού, οι μαθητές είπαν πως αν δεν δουν εικόνες με μεγαλύτερη μεγέθυνση δεν μπορούν να εκφράσουν ένα ασφαλές συμπέρασμα.
- ✗ Οι μαθητές στη δραστηριότητα με το σχεδιασμό της πατούσας της σαύρας στον Νανόκοσμο ανταποκρίθηκαν θετικά χωρίς να αντιμετωπίσουν δυσκολίες. Βέβαια τα αποτελέσματα έδειξαν πως 5 από τους 12 μαθητές θεωρούσαν ότι η σαύρα έχε συνδυασμό βεντούζας και τριχών.

<u>Συνάντηση 5η</u>

- ✓ Οι ομάδες με ευκολία έφτιαξαν τις λίστες με τις επιφάνειες όπου η βεντούζα «κολλάει» και εκείνες που δεν «κολλάει». Συμπέραναν ότι η βεντούζα δεν «κολλάει» σε τραχιές επιφάνειες ενώ «κολλάει» σε λείες.
- ✓ Ο προβληματισμός της μαθήτριας σχετικά με τη ικανότητα της σαύρας να περπατάει και σε λείες και σε τραχιές επιφάνειες, σε σχέση με τη διαπίστωση από τον παραπάνω πειραματισμό, κέντρισε το ενδιαφέρον.
- ✓ Οι μαθητές έδειξαν να μην δυσκολεύονται να κατανοήσουν το εποπτικό υλικό (εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και βίντεο με σταδιακές μεγεθύνσεις πατούσας) που τους παρουσιάστηκε. Αν και τους φάνηκε περίεργη η ύπαρξη τριχών στη σαύρα, καθώς όπως ανέφεραν πως δεν είχαν δει ποτέ ότι έχει τρίχες στις πατούσες της.
- ✓ Η αναζήτηση εικόνων ηλεκτρονικού μικροσκοπίου από ζώα με βεντούζες σε συνδυασμό με το εποπτικό υλικό που παρακολούθησαν, βοήθησε αρκετά τους μαθητές να απορρίψουν την αρχική τους άποψη (ύπαρξη βεντούζας στην πατούσα της Gecko).
- ✓ Το Animation βίντεο (How do geckos defy gravity?) ενθουσίασε αρκετά τους μαθητές σε σημείο που ζητήθηκε η προβολή του και δεύτερη φορά. Σε σχετική συζήτηση που πραγματοποιήθηκε μετά την προβολή, φάνηκε ότι το animation συνέβαλε θετικά στην «αποκωδικοποίηση» του μυστικού της σαύρας.
- ✓ Το απόσπασμα από την ταινία του Spiderman, ενθουσίασε τους μαθητές. Οι ίδιοι παρατήρησαν το σκηνοθετικό λάθος, ότι οι τρίχες που έβγαλε στο χέρι του ο

Spiderman δεν ήταν τόσες πολλές όσες της σαύρας και είχαν μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους.

- ✗ Παρά το γεγονός ότι οι μαθητές ανακάλυψαν και κατανόησαν ότι η σαύρα Gecko έχει τρίχες στην πατούσα της, όταν τους ζητήθηκε να ξανασχεδιάσουν την πατούσα στο Νανόκοσμο, μόνο μια ομάδα σχεδίασε τα δάχτυλα της σαύρας και αιτιολόγησε το κάθε μέρος της.

Συνάντηση 6η

- ✓ Ο βασικός μαθησιακός στόχος φάνηκε να επιτεύχθηκε (να κατανοήσουν οι μαθητές πως όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια επαφής μεταξύ ποδιού και τοίχου, τόσο ισχυρότερη είναι η προσκόλληση της σαύρας).
- ✓ Μέσω του συλλογισμού ενός μαθητή και την παρότρυνση για συζήτηση, οι μαθητές ήρθαν για πρώτη φορά με την εξήγηση του φαινομένου μέσω της επιφάνειας επαφής. Ο συλλογισμός τους μαθητή τους εντυπωσίασε και τους κίνησε την περιέργεια.
- ✓ Το βίντεο «Τεχνολογία από τα πόδια της σαύρας» κέντρισε την προσοχή των μαθητών και τους βοήθησε να κατανοήσουν πως οι επιστήμονες έχουν εμπνευστεί από τη σαύρα για τη δημιουργία πρωτοπόρων και χρηστικών υλικών και μέσων.
- ✓ Και τα τρία βίντεο που είδαν και επεξεργάστηκαν οι μαθητές, τους βοήθησαν να αναπτύξουν μια πιο ολοκληρωμένη άποψη για το μυστικό της σαύρας αλλά και την έμπνευση των επιστημόνων. Σε κανένα βίντεο δεν αντιμετώπισαν δυσκολία. Μετά το πέρας της προβολής, είχαν την ικανότητα να εντοπίσουν τα κοινά σημεία και των τριών βίντεο.
- ✓ Οι εικόνες με τις εφαρμογές των επιστημόνων δεν δυσκόλεψαν καθόλου τα παιδιά.

Συνάντηση 7η

- ✓ Ο στόχος της συνάντησης επιτεύχθηκε σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό, καθώς όλοι οι μαθητές ενθουσιασμένοι ξεκίνησαν να λένε τις ιδέες τους για την κατασκευή του μοντέλου τους. Είχαν πολλές ιδέες και κατέληξαν γρήγορα σε μια ομόφωνη πρόταση (μοντέλο σαύρας και τοίχου, σημεία επαφής).
- ✓ Η παρουσίαση του μοντέλου που κατασκεύασαν στην Αμερική σύμφωνα με το «NanoLeap Project», δεν δυσκόλεψε τους μαθητές στο να το κατανοήσουν.

- ✓ Η επεξεργασία του παιχνιδιού με τίτλο «Geckoman» ενθουσίασε τα παιδιά.

<u>Συνάντηση 9η έως 12η</u>

- ✓ Οι μαθητές σε όλη τη διάρκεια αυτών των τεσσάρων συναντήσεων δεν αντιμετώπισαν κανένα πρόβλημα, συμμετείχαν όλοι ενεργά και κατέβαλαν κάθε δυνατή προσπάθεια για να τελειοποιήσουν τα μοντέλα τους. Όλοι μαζί συνεργάστηκαν, εξέφρασαν τις απόψεις και τις ιδέες τους. Όταν αντιμετώπιζαν δυσκολίες ή είχαν κάποιες απορίες δεν δίσταζαν να τις εκφράσουν.

<u>Συνάντηση 13η</u>

- ✓ Οι μαθητές με θετική διάθεση συμπλήρωσαν τα τελικά ιχνογραφήματα (post) και δεν αντιμετώπισαν καμία δυσκολία.
- ✓ Κάθε μαθητής ανέλαβε συγκεκριμένο ρόλο για την παρουσίαση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Φεστιβάλ.
- ✓ Με θετική διάθεση και υπομονή η ομάδα πραγματοποίησε πολυάριθμες πρόβες και ετοιμάστηκε για το 4ο Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ.

<u>Συνάντηση 14η</u>

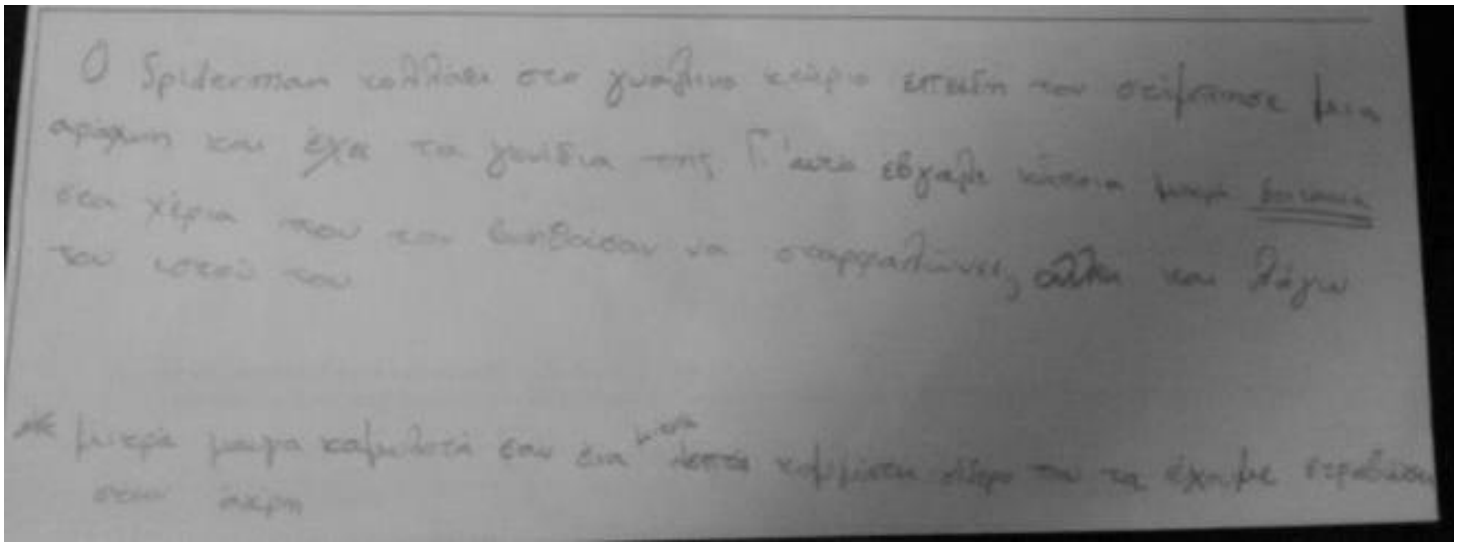
- ✓ Όλη η ομάδα «Nano-Spiderman» πήρε μέρος στο Φεστιβάλ με μεγάλη επιτυχία.
- ✓ Σε όλη τη διάρκεια του Φεστιβάλ, οι μαθητές είχαν θετική διάθεση και όρεξη να εξηγήσουν και να παρουσιάσουν τη δουλειά τους.

- ✗ Μετά το πέρας και του Φεστιβάλ και μέσω προσωπικής παρατήρησης μια γενική διαπίστωση είναι πως οι συγκεκριμένοι μαθητές δυσκολεύονται στο να αναπαραστήσουν με σκίτσα το φαινόμενο. Τους είναι πιο εύκολη η εξήγηση του φαινομένου μέσα από λεκτικά μοντέλα. Σε επόμενη εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού καλό θα ήταν να δοθεί λίγη παραπάνω έμφαση στα σκίτσα.

4.2. Ανάλυση αποτελεσμάτων κάθε συνάντησης της εφαρμογής

Αποτελέσματα 1ης Συνάντησης

Μετά την επεξεργασία των pre-ιχνογραφημάτων προέκυψαν τα παραπάνω αποτελέσματα (Βλέπε Γράφημα 1). Μια μόλις μαθήτρια έφτασε σχετικά κοντά στην αλήθεια λέγοντας ότι ο Spiderman οφείλει την ικανότητά του στην ύπαρξη κάποιων τριχών που μοιάζουν με «δοντάκια». Όπως ανέφερε και η ίδια, είχε δει την ταινία και θυμόταν τη σκηνή που αρχίζουν να φυτρώνουν κάτι σαν «δοντάκια» στα δάχτυλά του. Η απάντησή της, είναι η πιο κοντινή στην επιστημονική εξήγηση. Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται η απάντηση στο pre-ιχνογράφημα της συγκεκριμένης μαθήτριας και τέλος, στον Πίνακα 8 συνοψίζουμε όλες τις απαντήσεις και των 12 μαθητών. Για λόγους συντομογραφίας θα χρησιμοποιούμε το Κ όταν αναφερόμαστε στα κορίτσια και το Α για τα αγόρια. Ακόμη, θα χρησιμοποιούμε την παρακάτω αρίθμηση, για να παραθέτουμε τα αποτελέσματα. 0: Ασαφής Απάντηση ή Κενό, 1: Βεντούζες, σάλιο, νύχια, 2: Τρίχες και 3: Τριχίδια.

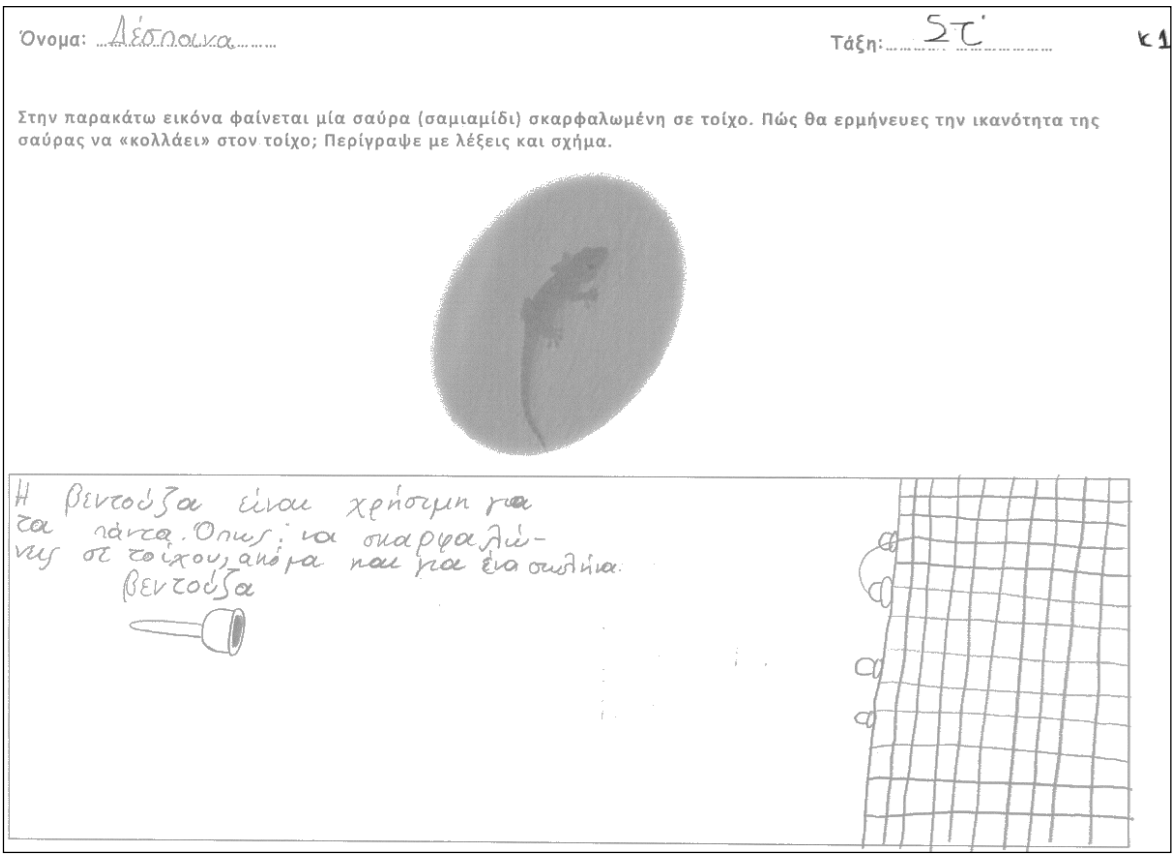


Εικόνα 13: Η πιο αντιπροσωπευτική απάντηση της μαθήτριας (Κ7) στην ερώτηση με τον Spiderman του pre-ιχνογραφήματος.

Πίνακας 8: Απαντήσεις όλων των μαθητών στο pre-ιχνογράφημα

Ερωτήσεις			
α/α	**ΦΥΛΟ**	**Ε1. Στην εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο;**	**Ε2. Στην εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο;**
1	**Κ1**	**1**	**0**
2	**Κ2**	**1**	**1**
3	**Κ3**	**1**	**1**
4	**Κ4**	**1**	**1**
5	**Κ5**	**1**	**1**
6	**Κ6**	**1**	**1**
7	**Κ7**	**1**	**2**
8	**Α1**	**1**	**1**
9	**Α2**	**1**	**1**
10	**Α3**	**1**	**0**
11	**Α4**	**1**	**1**
12	**Α5**	**1**	**1**

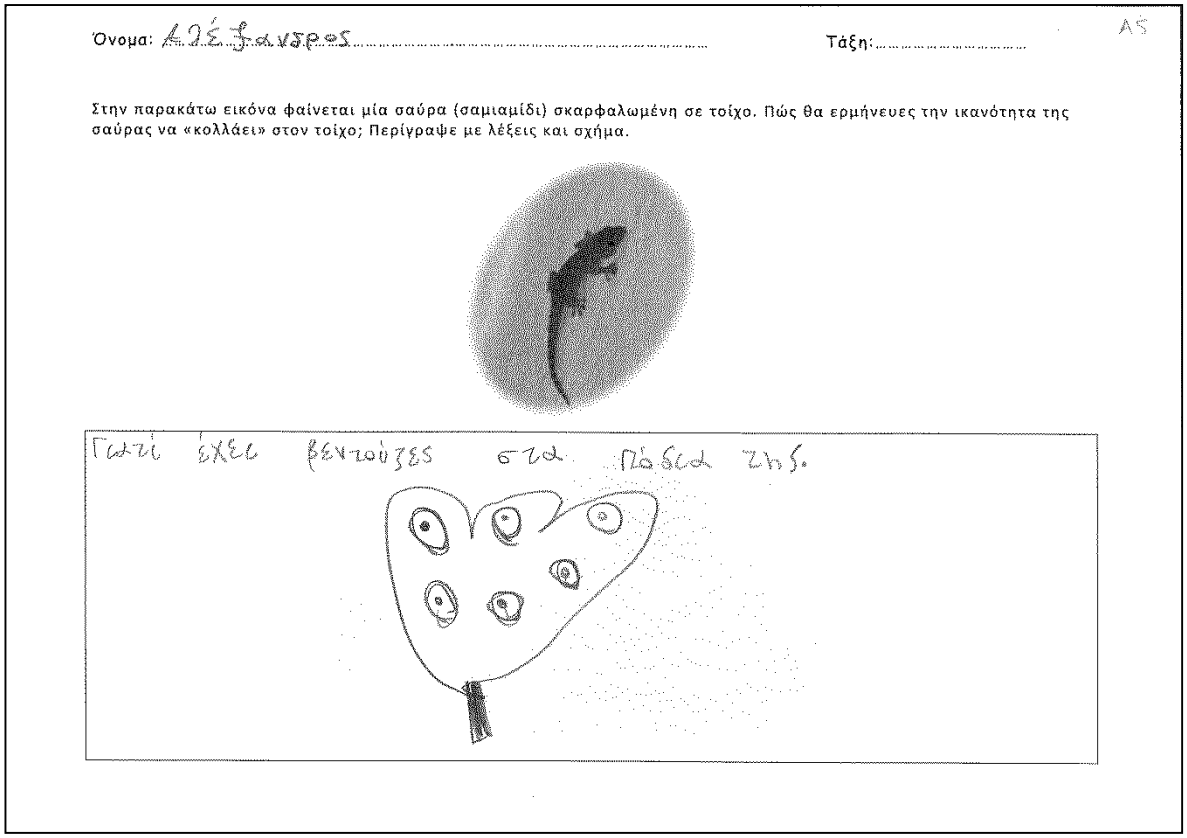
Όπως φαίνεται και από τον **Πίνακα 8** και οι 12 μαθητές πιστεύουν ότι η προσκόλληση της σαύρας Gecko οφείλεται σε κολλητική ουσία ή σε βεντούζες. Το ίδιο παρατηρούμε και στην αντίστοιχη ερώτηση με τον Spiderman, όπου το 75% των μαθητών (οι 9 από τους 12) θεωρούν ότι ο αγαπημένος ήρωας, «κολλάει» στους τοίχους και τα κτήρια εξαιτίας της ύπαρξης βεντούζας. Στην Εικόνα 14α και 14β παρουσιάζονται οι δυο πιο αντιπροσωπευτικές απαντήσεις των μαθητών, που είναι σχετικές με την ύπαρξη βεντούζας στα πόδια της σαύρας.


Όνομα: Δέσποινα Τάξη: Ε΄ Κ1

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Η βεντούζα είναι χρήσιμη για
τα πάντα. Όπως: να σκαρφαλώ-
νει σε τοίχου, από πάνω και για ένα σωλήνα.
βεντούζα

Εικόνα 14α: Αντιπροσωπευτική απάντηση για την ύπαρξη βεντούζας (Κ1)


Όνομα: Αλέξανδρος Τάξη: Α5

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Γιατί έχει βεντούζες στα πόδια της.

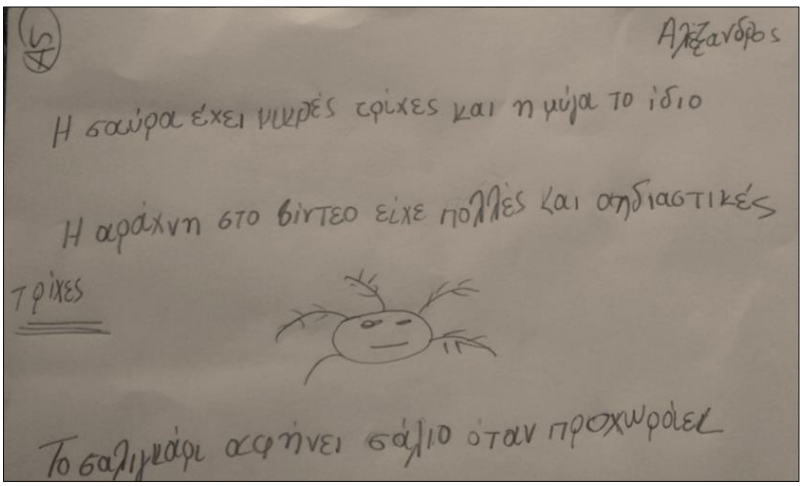
Εικόνα 14β: Αντιπροσωπευτική απάντηση για την ύπαρξη βεντούζας (Α5)

<u>Αποτελέσματα 3ης Συνάντησης</u>

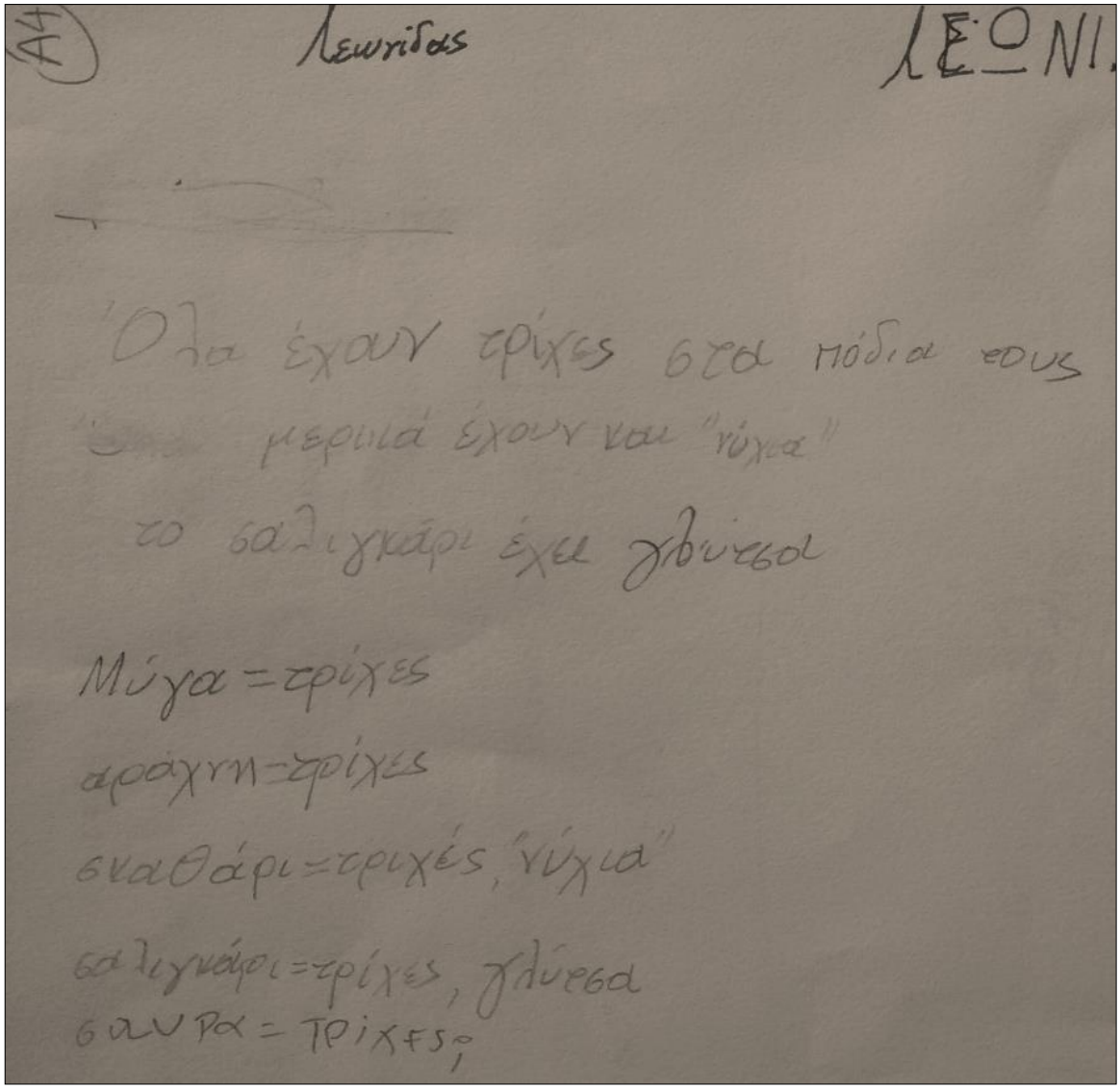
Στον Πίνακα 10 συνοψίζουμε τα αποτελέσματα από τη σύγκριση που έκαναν οι μαθητές για τα πόδια των εντόμων, από το εκπαιδευτικό υλικό που παρακολούθησαν με την μορφή βίντεο και εικόνων από μικροσκόπιο. Στις Εικόνες 17α, 17β, 17γ, 17δ και 17ε παρουσιάζονται ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών που εξηγούν την ιδιότητα της σαύρας. Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 9, το εκπαιδευτικό υλικό που κατασκευάστηκε βοήθησε τους μαθητές να αντιληφθούν ότι η σαύρα Gecko και ο αγαπημένος ήρωας ο Spiderman, έχουν στις πατούσες τους τρίχες.

Πίνακας 9: Αποτελέσματα σύγκρισης ποδιών διάφορων εντόμων μετά την παρατήρηση των εικόνων.

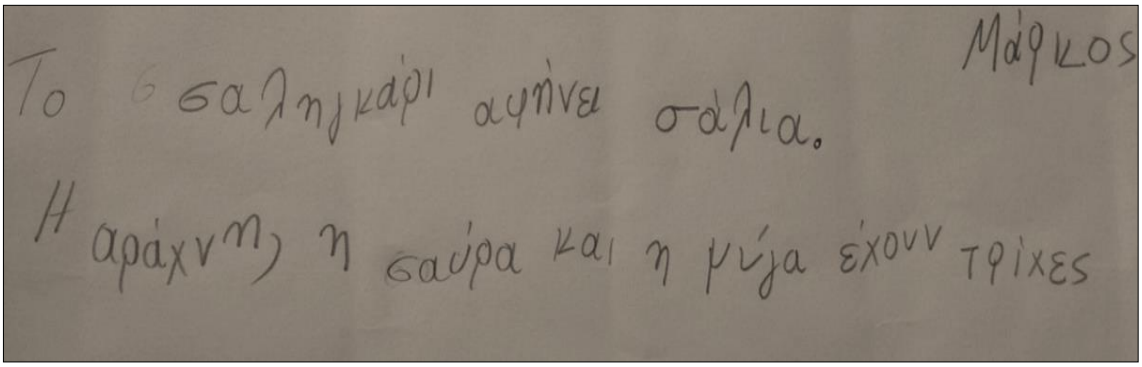
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΝΤΟΜΑ ΚΑΙ ΖΩΑ							
α/α	**ΦΥΛΟ**	**Σαύρα Gecko**	**Αράχνη (Spiderman)**	**Μύγα**	**Σαλιγκάρι**	**Μυρμήγκι**	**Σκαθάρι**
1	**Κ1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**
2	**Κ2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
3	**Κ3**	**1**	**1**	**2**	**2 & Σάλιο**	**2**	**2 & Σάλιο**
4	**Κ4**	**1**	**0**	**2**	**2 & Σάλιο**	**0**	**0**
5	**Κ5**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**2**
6	**Κ6**	**2**	**0**	**2**	**1**	**0**	**1**
7	**Κ7**	**2**	**0**	**2**	**0**	**2**	**2**
8	**Α1**	**0**	**0**	**2**	**2 & Σάλιο**	**0**	**0**
9	**Α2**	**2**	**2**	**2**	**1**	**0**	**0**
10	**Α3**	**0**	**2**	**2**	**1**	**0**	**1**
11	**Α4**	**2**	**2**	**2**	**2 & Σάλιο**	**2**	**2 & Σάλιο**
12	**Α5**	**2**	**2**	**2**	**1**	**0**	**0**



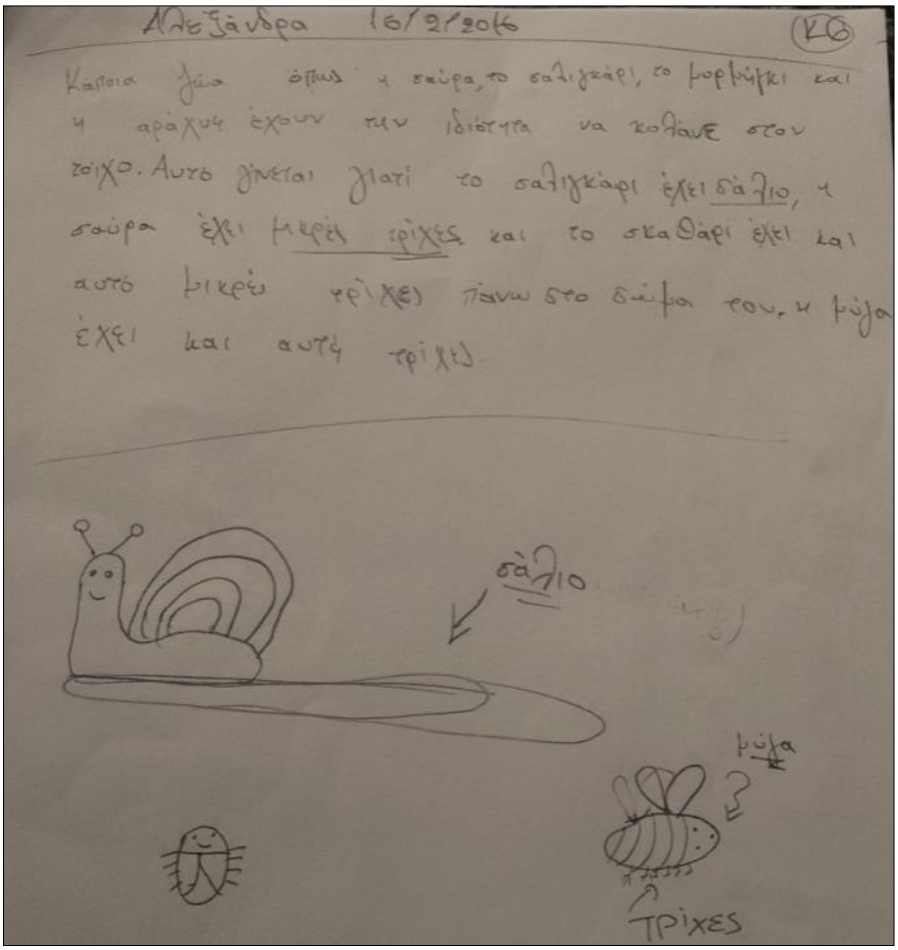
Εικόνα 17α: Αντιπροσωπευτική απάντηση ύπαρξης τριχών σε σαύρα, αράχνη και μύγα (Α5)



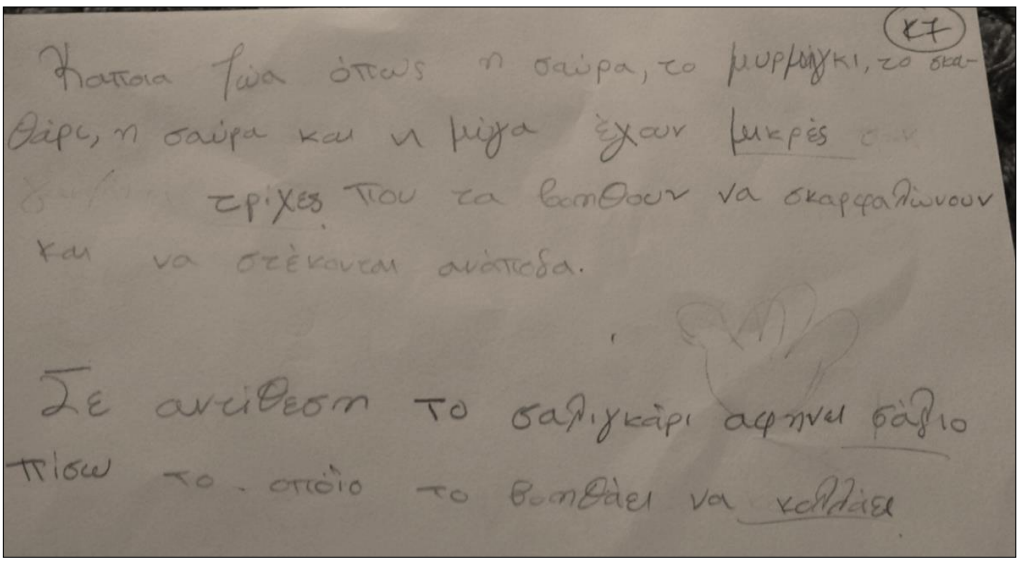
Εικόνα 17β: Αντιπροσωπευτική απάντηση για την ύπαρξη τριχών στα έντομα (Α4)



Εικόνα 17γ: Αντιπροσωπευτική απάντηση για την ύπαρξη των τριχών σε σαύρα, αράχνη και μύγα και του σάλιου που αφήνει το σαλιγκάρι (Α2)

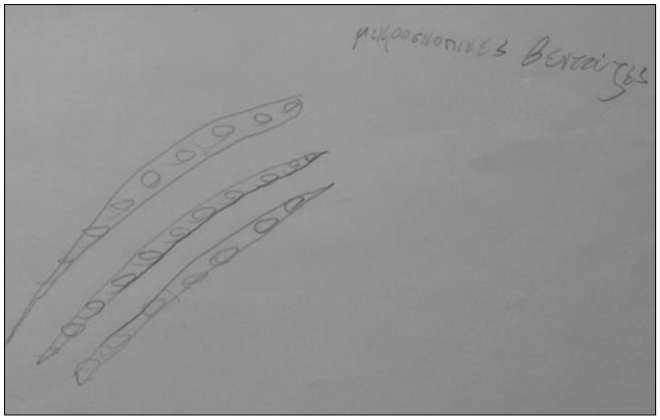


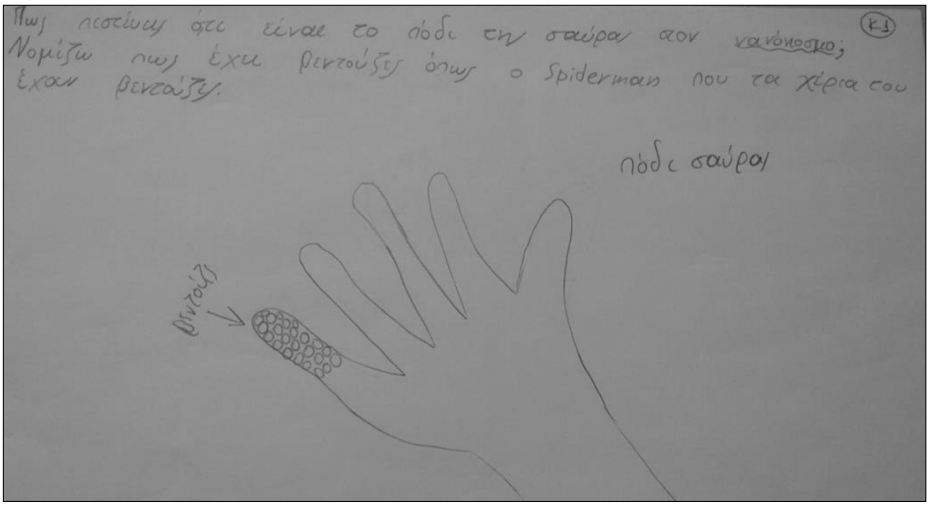
Εικόνα 17δ: Αντιπροσωπευτική απάντηση για την ύπαρξη μικρών τριχών σε σαύρα, σκαθάρι και μύγα (Κ6)



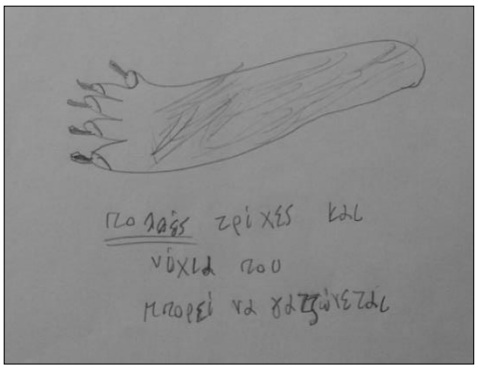
Εικόνα 17ε: Αντιπροσωπευτική απάντηση για την ύπαρξη μικρών τριχών σε σαύρα, μυρμήγκι, σκαθάρι και μύγα (Κ7)

<u>Αποτελέσματα 4ης Συνάντησης</u>



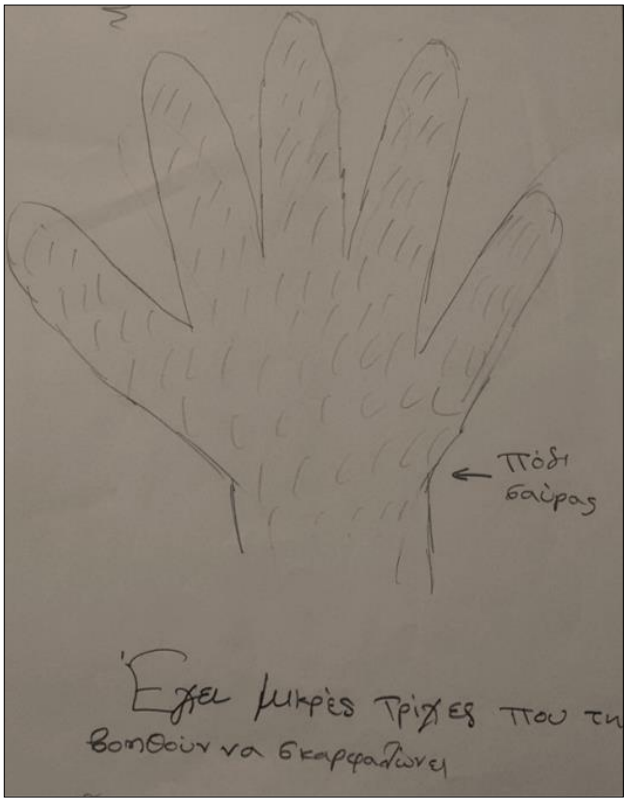


Εικόνα 21α και 21β: Οι μαθητές θεωρούν ότι το πόδι της σαύρας στον Νανόκοσμο έχει βεντούζες (Α4, Κ1)



Εικόνα 21γ: Απάντηση ότι το πόδι έχει πολλές τρίχες αλλά και νύχια (Α5)

Εικόνα 21δ: Ενδεικτική απάντηση συνδυασμού τρίχας κα βεντούζας (Κ6)



Εικόνα 21ε: Η αντιπροσωπευτική απάντηση ύπαρξης μικρών τριχών (Κ7)

Πίνακα 11: Οι απαντήσεις των μαθητών για το πώς πιστεύουν είναι το πόδι της σαύρας στον Νανόκοσμο.

α/α	ΦΥΛΟ	ΣΑΥΡΑ GECKO ΣΤΟ ΝΑΝΟΚΟΣΜΟ
1	Κ1	1
2	Κ2	1 & 2
3	Κ3	1 & 2
4	Κ4	2
5	Κ5	1 & 2
6	Κ6	1 & 2
7	Κ7	2
8	Α1	1
9	Α2	2
10	Α3	0
11	Α4	1
12	Α5	1 & 2

Όπως φαίνεται και από τον **Πίνακα 11** κάποιοι μαθητές είπαν πως η σαύρα έχει μόνο βεντούζες (3/12), μόνο τρίχες (3/12) και τέλος βεντούζες και τρίχες (5/12). Οι πέντε αυτοί μαθητές θεωρούν ότι η προσκόλληση της σαύρας οφείλεται στη συνδυαστική ύπαρξη βεντούζας και τρίχας.

Αποτελέσματα 5ης Συνάντησης

Πίνακες 12α: Η λίστα της πρώτης ομάδας

ΟΜΑΔΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΟΠΟΥ «ΚΟΛΛΑΕΙ» Η ΒΕΝΤΟΥΖΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΟΠΟΥ ΔΕΝ «ΚΟΛΛΑΕΙ» Η ΒΕΝΤΟΥΖΑ
1η Ομάδα	**Γυάλινο τζάμι**	**Τραχύς τοίχος**
	Πλαστικό θρανίο	**Ρούχα**
	Μέτωπο – δέρμα	**Κασετίνα από ύφασμα**
	Λείο πλαστικό ντοσιέ	**Ξύλο**
	Μάρμαρο	**Σφουγγάρι πίνακα**
	Λείο πάτωμα	**Δέντρα**
	Λείος πλαστικός πίνακας	**Χαρτί**
	Πλαστικός πυροσβεστήρας	**Μολύβι**
	Βιβλία	**Υφασμάτινη Τσάντα**
	Σβήστρα	**Κουρτίνα**

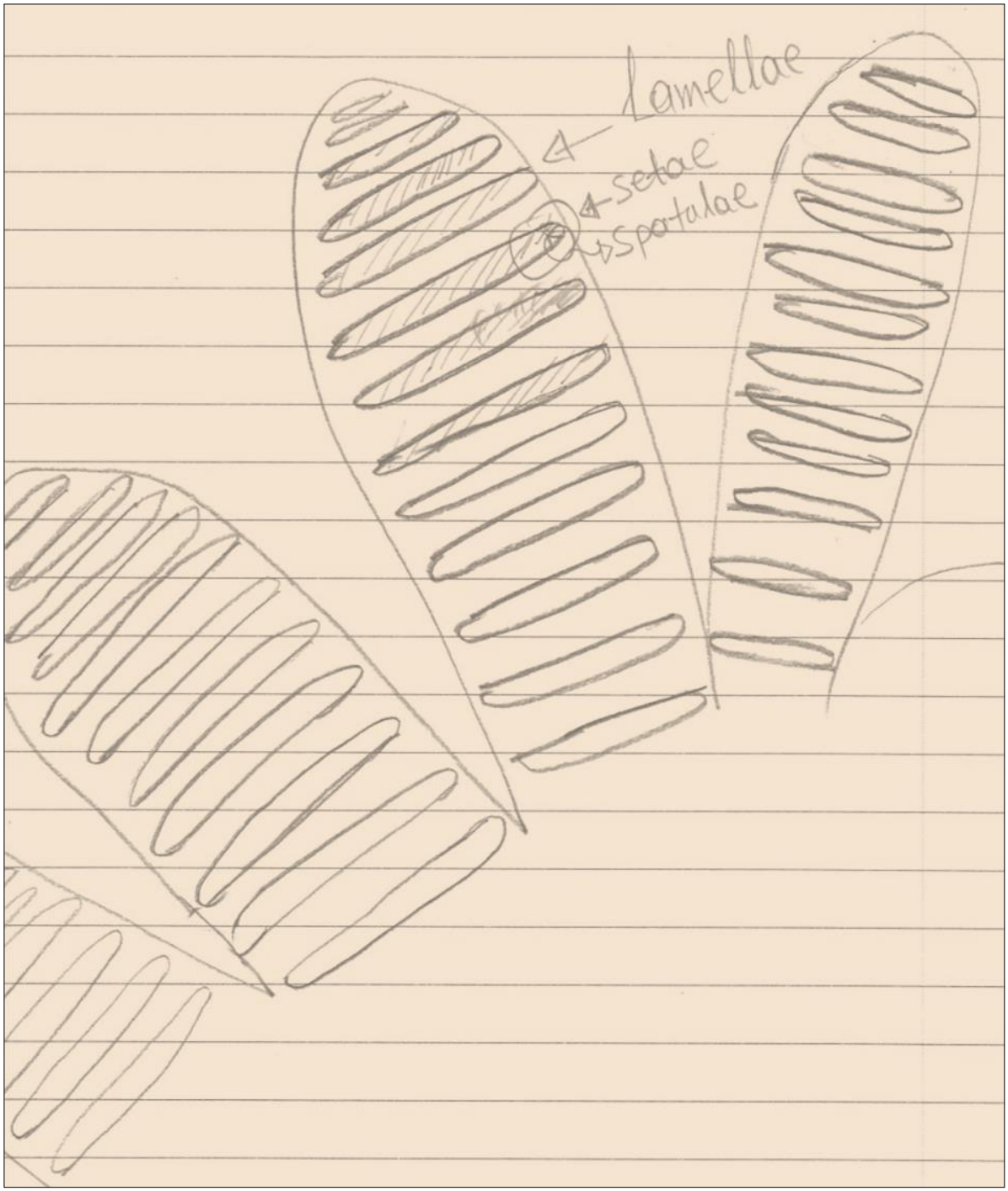
Πίνακες 12β: Η λίστα της δεύτερης ομάδας

ΟΜΑΔΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΟΠΟΥ «ΚΟΛΛΑΕΙ» Η ΒΕΝΤΟΥΖΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΟΠΟΥ ΔΕΝ «ΚΟΛΛΑΕΙ» Η ΒΕΝΤΟΥΖΑ
2η Ομάδα	**Θρανίο**	**Υφασμάτινη κασετίνα**
	Τζάμι	**Τραχύς τοίχος**
	Πλαστικός πίνακας	**Ρούχα**
	Πλαστική κασετίνα	**Χαρτί**
	Δέρμα	**Μαλλιά**
	Καλοριφέρ	**Μπουφάν**
	Προτζέκτορας	**Δέντρα**
	Οθόνη λάπτοπ	**Υφασμάτινη τσάντα**
	Πλαστικοποιημένες εικόνες	**Τραχύ πάτωμα**
	Λεία πόρτα	
	Πλαστικός διακόπτης	

Πίνακες 12γ: Η λίστα της τρίτης ομάδας

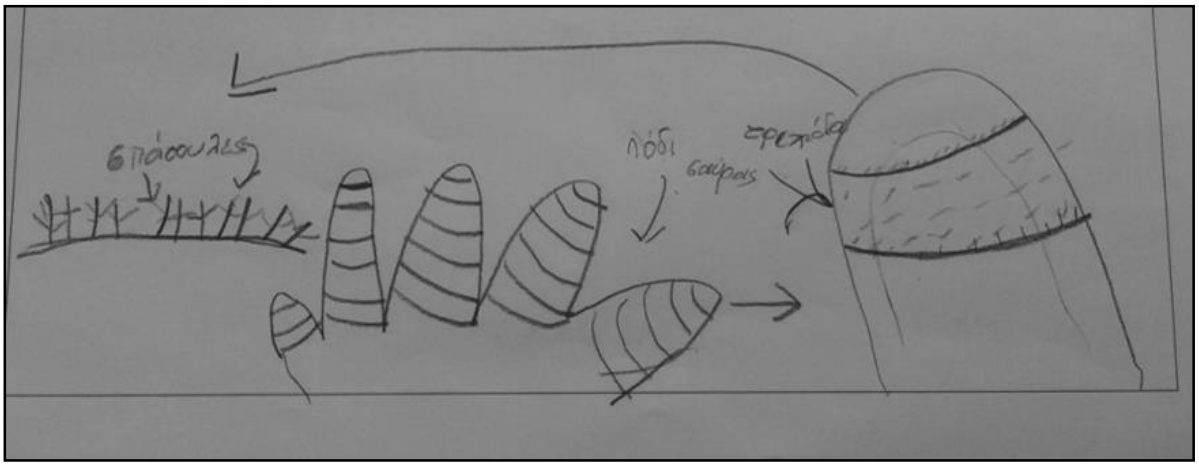
ΟΜΑΔΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΠΟΥ «ΚΟΛΛΑΕΙ» Η ΒΕΝΤΟΥΖΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ «ΚΟΛΛΑΕΙ» Η ΒΕΝΤΟΥΖΑ
3η Ομάδα	**Πλαστικό θρανίο**	**Ρούχα**
	Πλαστικός προτζέκτορας	**Μαλλιά**
	Καλοριφέρ	**Υφασμάτινη τσάντα**
	Μάρμαρο	**Υφασμάτινη Κασετίνα**
	Γυαλί τζαμιού	**Χάρτης**
	Πλαστικό κουτί Α4	**Υφάσματα**
	Βιβλία	**Τραχύς πίνακας ανακοινώσεων**
	Πλαστικός πίνακας	**Τραχιά επιφάνεια λάπτοπ**
	Βιβλιοθήκη από πλαστικό	**Δέντρα**
	Πλαστικό πόρτας	**Μπουφάν**
	Πλαστικό ντοσιέ	**Τραχύς τοίχος**
	Μπουκάλι νερού	**Τραχύ πάτωμα**
	Σιδερένια πόρτα	

<u>Αποτελέσματα 5ης Συνάντησης</u>



Εικόνα 28: Αντιπροσωπευτικό ιχνογράφημα ομάδας για το πως μοιάζει η πατούσα της σαύρας Gecko στον Νανόκοσμο.

<u>Αποτελέσματα 13ης Συνάντησης</u>



Εικόνα 44: Αντιπροσωπευτικό ιχνογράφημα ομάδας για το πως μοιάζει η πατούσα της σαύρας Gecko στον Νανόκοσμο

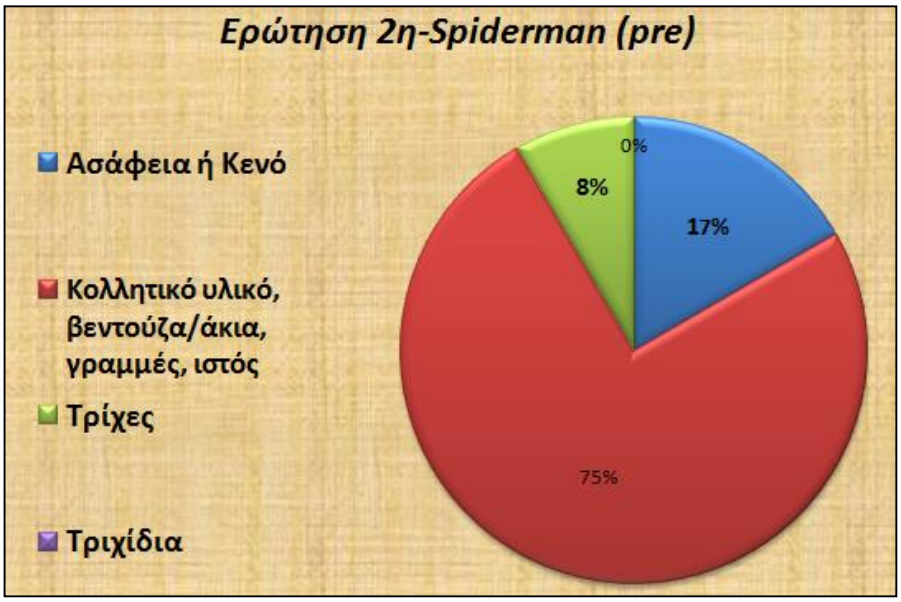
4.3. Ανάλυση αρχικών και τελικών ιχνογραφημάτων(pre-post)

Στο σημείο αυτό, θα παρουσιαστούν οι αναλύσεις από τα αρχικά και τελικά ιχνογραφήματα των μαθητών. Η επεξεργασία τους πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του Υπολογιστικού Φύλλου Excel και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.

- Το αρχικό ιχνογράφημα (pre) συμπληρώθηκε και από τους 12 μαθητές κατά τη διάρκεια της πρώτης συνάντησης, έτσι ώστε να μελετηθούν και ανιχνευθούν οι ιδέες τους, σχετικά με την ικανότητα της Gecko και του Spiderman να «κολλάνε» σε τοίχους και γυάλινες επιφάνειες.
- Το τελικό ιχνογράφημα (post) συμπληρώθηκε κατά τη διάρκεια της τελευταίας συνάντησης, πριν από το 4^{ο} Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ, για να μελετηθεί και να αξιολογηθεί η εφαρμοσιμότητα του εκπαιδευτικού υλικού.

<u>Αποτελέσματα αρχικού ιχνογραφήματος (pre)</u>

- Στην πρώτη ερώτηση που ήταν σχετική με την ικανότητα της σαύρας Gecko (σαμιαμίδι), να «κολλάει» σε τοίχους και γυάλινες επιφάνειες και οι 12 απαντήσεις (100%) των μαθητών εστίαζαν γύρω από την ύπαρξη βεντούζας.
- Στην ερώτηση με τον Spiderman, το μεγαλύτερο μέρος των μαθητών (75%) απάντησε ότι η ικανότητά του οφείλεται στην ύπαρξη βεντούζας, κολλητικού υλικού, ιστού και γραμμών κάτω από τα χέρια του. Το 17% των μαθητών έδωσε ασαφή απάντηση. Και μόλις μια μαθήτρια (8%), απάντησε πως υπάρχουν κάτι σαν τρίχες κάτω από τα χέρια και πόδια του (Βλέπε **Γράφημα 1**).



Γράφημα 1: Απαντήσεις των μαθητών, για την ικανότητα του Spiderman (pre).

<u>Αποτελέσματα τελικού ιχνογραφήματος (post)</u>

- Στην πρώτη ερώτηση σχετικά με την ικανότητα της σαύρας Gecko (σαμιαμίδι) να «κολλάει» σε τοίχους και γυάλινες επιφάνειες και οι 12 μαθητές (100%) απάντησαν ότι στις πατούσας της σαύρας υπάρχουν τριχίδια (επιστημονική απάντηση).
- Στην ερώτηση με τον Spiderman και οι 12 μαθητές (100%), απάντησαν ότι ο ήρωας οφείλει την ικανότητά του, να σκαρφαλώνει σε τοίχους και γυάλινα κτήρια, στην ύπαρξη πολλών τριχιδίων.

Συμπερασματικά, παρατηρούμε ότι και οι 12 μαθητές μετά το πέρας των συναντήσεων και της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού, στα τελικά ιχνογραφήματα (post) απάντησαν σύμφωνα με την επιστημονική ορολογία και στις δύο ερωτήσεις. Στον **Πίνακα 17**, συνοψίζουμε τις απαντήσεις των 12 μαθητών, στα αρχικά και τελικά ιχνογραφήματα, για την 1^{η} ερώτηση που είναι σχετική με την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο. Τέλος, στον **Πίνακα 18,** συνοψίζουμε τις απαντήσεις των 12 μαθητών, στα αρχικά και τελικά ιχνογραφήματα, για την 2^{η} ερώτηση που είναι σχετική με την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο. Από τους **Πίνακες 17 & 18** φαίνεται ότι και οι 12 μαθητές μετά το πέρας των παρεμβάσεων, είναι ικανοί να περιγράφουν το φαινόμενο με τη επιστημονικού όρους.

Πίνακας 17: Οι απαντήσεις των μαθητών στα pre και post ιχνογραφήματα για την 1η ερώτηση.

α/α	ΦΥΛΟ	Ερ1 (pre)	Ερ1 (post)
1	Κ1	1	3
2	Κ2	1	3
3	Κ3	1	3
4	Κ4	1	3
5	Κ5	1	3
6	Κ6	1	3
7	Κ7	1	3
8	Α1	1	3
9	Α2	1	3
10	Α3	1	3
11	Α4	1	3
12	Α5	1	3

Πίνακας 18: Οι απαντήσεις των μαθητών στα pre και post ιχνογραφήματα για την 2η ερώτηση.

α/α	ΦΥΛΟ	Ερ2 (pre)	Ερ2 (post)
1	Κ1	0	3
2	Κ2	1	3
3	Κ3	1	3
4	Κ4	1	3
5	Κ5	1	3
6	Κ6	1	3
7	Κ7	2	3
8	Α1	1	3
9	Α2	1	3
10	Α3	0	3
11	Α4	1	3
12	Α5	1	3

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την παρουσίαση και την ανάλυση των παραπάνω αποτελεσμάτων προκύπτει ότι το εκπαιδευτικό υλικό που εφαρμόστηκε πιλοτικά στους 12 μαθητές, είχε κατά κύριο λόγο θετικό πρόσημο (εφαρμοσιμότητα). Οι μαθητές δεν αντιμετώπισαν δυσκολίες στην κατανόηση του υλικού και φάνηκε πως είχαν θετική στάση σε όλη τη διάρκεια των συναντήσεων. Η ανάλυση των τελικών ιχνογραφημάτων (post) έδειξε πως και οι 12 μαθητές είναι πλέον σε θέση να εξηγούν το φαινόμενο της προσκόλλησης της σαύρας Gecko μέσω επιστημονικής ορολογίας. Βέβαια, το πρόβλημα που εντοπίστηκε σε όλη τη διάρκεια της παρέμβασης αφορούσε στην δυσκολία των μαθητών να αναπαραστήσουν με αντιπροσωπευτικά σκίτσα τα φαινόμενα. Σε μετέπειτα εφαρμογή καλό θα ήταν να δοθεί περισσότερος χρόνος και έμφαση στις απαντήσεις των μαθητών μέσω σκίτσων. Μέσω της παρουσίασής τους στο Φεστιβάλ διαπιστώθηκε ότι οι συγκεκριμένοι μαθητές βελτίωσαν την γνώση τους για την Ν-ΕΤ και ήταν πλέον ικανοί να περιγράψουν το φαινόμενο.

Σύμφωνα με τους Πέικος, Μάνου και Σπύρτου (2015) αντίστοιχο εκπαιδευτικό υλικό που εφαρμόστηκε πιλοτικά σε δείγμα 10 μαθητών, φανερώνει πως η πλειοψηφία των δραστηριοτήτων είχε θετική εφαρμοσιμότητα. Βέβαια, το συγκεκριμένο υλικό περιελάμβανε μελέτη διάφορων φαινομένων της κλίμακας του Νάνο, με πειραματικές δραστηριότητες και χρήση μοντέλων. Το υλικό που αφορούσε στη διδασκαλία του φαινομένου της σαύρας Gecko (εικόνες με διαβαθμισμένη μεγέθυνση των ποδιών της και το μοντέλο με τα βιβλία) είχε αρνητικά αποτελέσματα και γίνεται λόγος αφαίρεσής του σε επόμενες εφαρμογές. Αντίθετα, το εκπαιδευτικό υλικό της παρούσας πτυχιακής εργασίας είχε κατά κύριο λόγο θετική εφαρμοσιμότητα. Ακόμη, η συνολική παρουσίαση των μαθητών στα πλαίσια του 4^{ου} Φεστιβάλ ΦΕ/ΤΧ , είχε θετικό πρόσημο και φανερώνει πως οι μαθητές πλέον μπορούν να εξηγήσουν το φαινόμενο της προσκόλλησης της Gecko με επιστημονικού όρους.

Σε επόμενη εφαρμογή του υλικού θα γίνονταν κάποιες αλλαγές, γιατί αφενός εφαρμόστηκε πρώτη φορά σε δείγμα μόλις 12 μαθητών και αφετέρου δεν υπάρχουν αντίστοιχα ερευνητικά δεδομένα που να υποδεικνύουν ποιο υλικό να χρησιμοποιήσουμε. Έτσι, αξίζει να σημειωθεί πως στα πλαίσια του διδακτικού μετασχηματισμού θα δώσουμε περισσότερη έμφαση στην εξήγηση του φαινομένου με

βάση τα σημεία επαφής. Θα εμπλουτίσουμε το εκπαιδευτικό υλικό ώστε οι μαθητές να είναι σε θέση να εξηγούν καλύτερα και με περισσότερη ευχέρεια το φαινόμενο.

Τέλος, οι εισαγωγικές δραστηριότητες των Jones, Falvo, Taylor & Broadwell (2007) σε συνδυασμό με το εκπαιδευτικό υλικού του Πέικου και της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα μπορούσαν να αποτελέσουν ένα ελπιδοφόρο υλικό για την εισαγωγή της Ν-ΕΤ στα αναλυτικά προγράμματα.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ[4]

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2007). Νανοτεχνολογία. Καινοτομίες για τον αυριανό κόσμο. *European Communities Brussels*. Διαθέσιμο στο http://docplayer.gr/919662-Nanotehnologia-kainotomies-gia-ton-ayriano-kosmo.html (Προσπελάστηκε 18/05/2016).

Γκοτζαρίδης, Χ. (2009). Ανακαλυπτική Διερευνητική Μέθοδος Διδασκαλίας, μια σύντομη παρουσίαση. Διαθέσιμο στο www.slideshare.net/cgotzar/e-2226232 (Προσπελάστηκε 18/05/2016).

Μάνου, Λ., & Σπύρτου, Ά. (2013). Η εισαγωγή της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση: βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου και σύνδεση του με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες. *Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνέδριου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση* (σσ. 664-671). Βόλος.

Πέικος, Γ., Μάνου, Λ., & Σπύρτου, Ά. (2015). Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού για τη Διδασκαλία της Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό Σχολείο: Πιλοτική Εφαρμογή. *1ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή για το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες*, (σσ. 327-346). Ρόδος.

Πέικος, Γ., Παπαδοπούλου, Χ., & Σπύρτου, Ά. (2015). Ιδέες και γνώσεις των μαθητών για τη Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία στο δημοτικό σχολείο. Υποβλήθηκε για δημοσίευση στα πρακτικά του 9ου Πανελλήνιου Συνέδριου ΕΝΕΦΕΤ, Θεσσαλονίκη 8-10 Μαΐου 2015.

Τριλλιανός, Θ. (2008). Μεθοδολογία της Σύγχρονης Διδασκαλίας, Τόμος Α' και Β'. Αθήνα.

Χαλκιά, Κ. (2010). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις.* Α' τόμος, Αθήνα: Πατάκη.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Aristotle. (350 π.Χ. (1918)): Historia Animalium, Book IX. Μετάφραση: Thompson, Oxford, UK: *The Clarendon Press*. http://classics.mit.edu/Aristotle/history_anim.9.ix.html (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

[4] Οι παρενθέσεις με τους αριθμούς που υπάρχουν στη βιβλιογραφία, αντιστοιχούν στις παραπομπές της Εισαγωγής.

Autumn, K., & Gravish, N. (2008). Gecko adhesion: evolutionary nanotechnology. *Philosophical transaction of the Royal Society A*, 366, 1575–1590. http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/366/1870/1575 (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

Autumn, K., Liang, Y. A., Hsieh, S. T., Zesch, W., Chan, W. P., Kenny T. W., Fearing, R., & Full R. J. (2000). Adhesive force of a single gecko foot-hair. *Nature 405*, 681-685.

Autumn, K., Sitti, M., Liang, Y. A., Peattie, A. M., Hansen, W., Sponberg, S., Kenny, T. W., Fearing, R., Israelachvili, J. N. & Full R. J. (2002). Evidence for van der Waals adhesion in gecko setae. *PNAS*, 99 (19), 12252-12256. doi: 10.1073/pnas.192252799 (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

Cohn, S., & Huynh, D. (2010). Biomimicry: Synthetic Gecko Tape Formative Evaluation. http://nisenet.org/sites/default/files/catalog/eval/uploads/2010/09/444/biomimicry_2010_formative_evaluation.pdf (Προσπελάστηκε 15/05/2016) [7]

Cutkosky, M. R. (2015). Climbing with adhesion: from bioinspiration to biounderstanding. *The Royal Society*. doi: 10.1098/rsfs.2015.0015 (Προσπελάστηκε 15/05/2016)

European Commission (2012). Nanotechnologies: Principles, Applications, Implications and Hands-On Activities. A compendium for educators. Luxembourg: Publications Office of the European Union. (σσ 49-50) doi:10.2777/76945 (Προσπελάστηκε 18/05/2016) [6]

Feynman, R. P. (1 March 1992). "There's plenty of room at the bottom (data storage)". *Journal of Microelectromechanical Systems 1* (1): 60–66. doi:10.1109/84.128057 (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

Herrmann M. & Frans R. (2014). Quantum Spin-Off Teacher Guidelines. *Center for Science and Technology Education, University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland (FHNW) & Centre for Subject Matter Teaching*, KHLim Katholieke Hogeschool Limburg, Diepenbeek, Belgium. http://gr.qs-project.ea.gr/ (Προσπελάστηκε 18/05/2016) [12]

Isaacs, J. A., Laird, J., Regalla, L., & Barry, C. (2007). AC 2008-1387: Geckoman – An Interactive Game Based on the Principles of Nanoscale Forces. *American Society for Engineering Education.* http://nano.server281.com/wp-content/uploads/2014/01/Geckoman_2008_Evaluation_ASEE.pdf

Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. *International*

Journal of Science Education, 35(9), 1490-1512. [17]

Jones, M. G., Falvo, M. R., Taylor, A. R., & Broadwell, B. P. (2007). Nanoscale science. Activities for Grades 6-12*. NSTA press*.

Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). Engineering in K-12 education: understanding the status and improving the prospects. *The National Academies Press*.

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.

Lee, C. J., Scheufele, D. A., & Lewenstein, B., V., (2005). Public Attitudes toward Emerging Technologies: Examining the Interactive Effects of Cognitions and Affect on Public Attitudes toward Nanotechnology. *Science Communication,* 27(2), 240-267.

Leinonen, A., & Kivisaari, S. (2010). Nanotechnology perceptions. Literature review on media coverage, public opinion and NGO perspectives. *Espoo 2010*. VTT Tiedotteita – Research Notes 2559, 55.

Liu, K., Du, J., Wu, J. & Jiang L. (2012). Superhydrophobic gecko feet with high adhesive forces towards water and their bio-inspired materials. *The Royal Society of Chemistry,* 4 (3): 768-772. doi: 10.1039/c1nr11369k (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

Mengüç, Y., Röhrig, M., Abusomwan, U., Hölscher, H. & Sitti M. (2014). Staying sticky: contact self-cleaning of gecko-inspired adhesives. *The Royal Society*, 11 (94). DOI: 10.1098/rsif.2013.1205 (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

Parkinson, J. (2002). Reflective Teaching of Science. London: *Continuum.*

Roco, M. C. & Bainbridge, W. S. (2001). Societal implications of nanoscience and nanotechnology: maximizing human benefit. *Journal of Nanoparticle Research*, 2005 – Springer.

Smith, R. A. (1856). Memoir of John Dalton and History of the Atomic Theory. London: *H. Bailliere.* p. 279.

Stark, A. Y., Sullivan, T. W. & Niewiarowski, P. H. (2012). The effect of surface water and wetting on gecko adhesion. *The Journal of Experimental Biology 215*, 3080-3086. Διαθέσιμο στο http://jeb.biologists.org/content/215/17/3080 (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). The big ideas of nanoscale science and engineering. *NSTA press*.

Thompson, D. A. W. (1910) *A History of Animals*. Book IX, part 9 (pp 182) Oxford: Clarendon Press

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ – Internet

Biomimicry: Synthetic Gecko Tape by Nanomolding. http://www.nisenet.org/catalog/programs/biomimicry_synthetic_gecko_tape_through_nanomolding. (Προσπελάστηκε 18/05/2016) [5]

NanoLeap into New Science: Exploring the Mystery of the Gecko http://www2.mcrel.org/nanoleap/ps/PS_ExploringMysteryGecko_SJ.pdf (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

http://bscs.org/bscs-5e-instructional-model [13] (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

http://geckomanchn.weebly.com/ (Προσπελάστηκε 20/05/2016)

http://nn.physics.auth.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=303%3A2013-11-05-14-19-06&catid=68%3A2010-09-03-21-09-19&Itemid=158&lang=el[2]

http://www.nanodiode.eu/activities/video-contest/[15] (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

http://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition[4] (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

http://www.nano.gr/nanotechnology_introduction.asp[3] (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

http://www.nanoyou.eu/[11] (Προσπελάστηκε 05/01/2016)

http://www.nisenet.org/ (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

http://news.stanford.edu/news/2014/november/gecko-inspired-device-112114.html[9] (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

https://www.teachengineering.org/engrdesignprocess.php (Προσπελάστηκε 19/05/2016)

http://www.timefornano.eu/nanokit (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

https://www.uml.edu/News/stories/2011-12/ServiceLearning.aspx[14] (Προσπελάστηκε 18/05/2016)

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

7.1. Το αρχικό και τελικό ιχνογράφημα

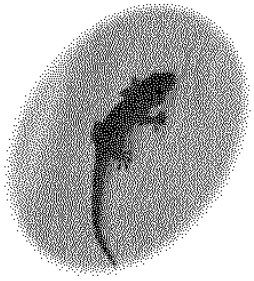
***Όνομα:*……** ***Τάξη:*……**

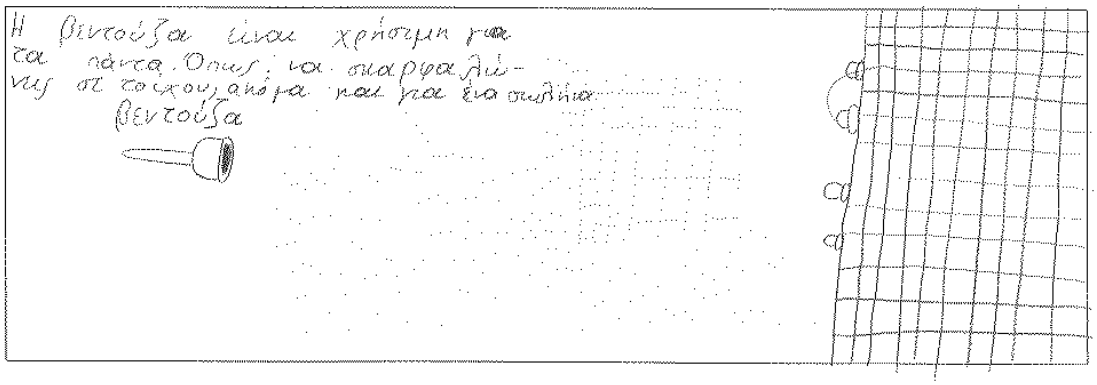
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

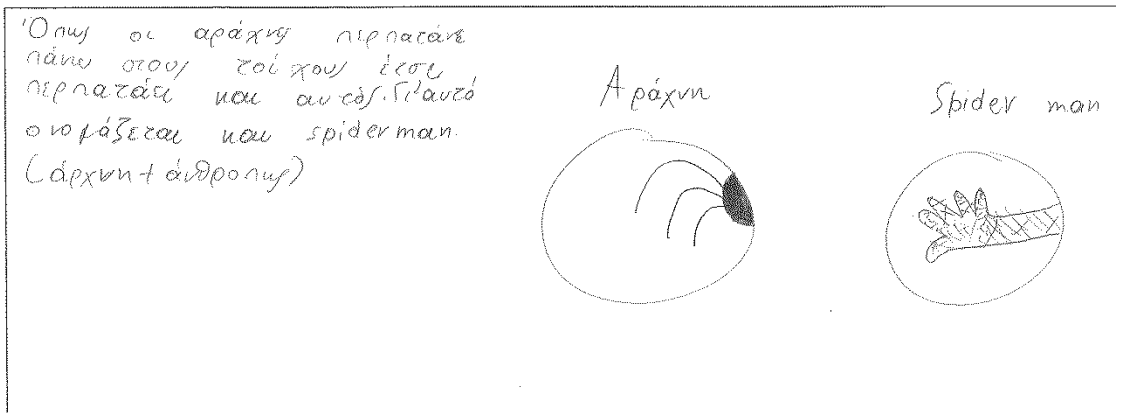
7.2. Τα αρχικά ιχνογραφήματα των Μαθητών (pre)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



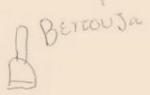


Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

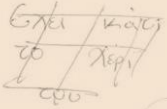


Όνομα: Χρ... Τάξη: ΣΤ

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

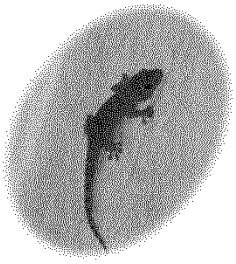


Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητά του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



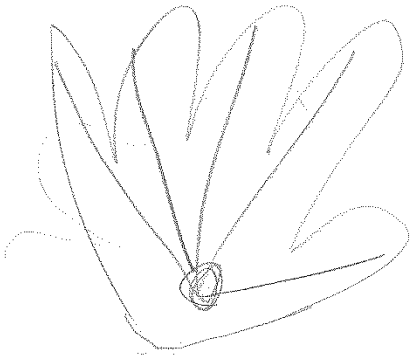
Όνομα: Βιβή Τάξη: ΣΤ' Κ3

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



Κρίζω πως το να κολλάει η σαύρα στο τοιχό οφείλεται στις γραμμές κάτω από τα πόδια της.

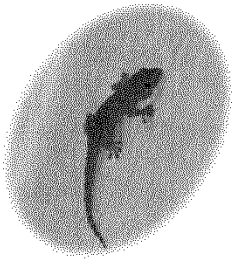
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



οφείλεται στις βεντούζες κάτω από τα χέρια του.

Όνομα: Μαρία Τάξη: ΣΤ'

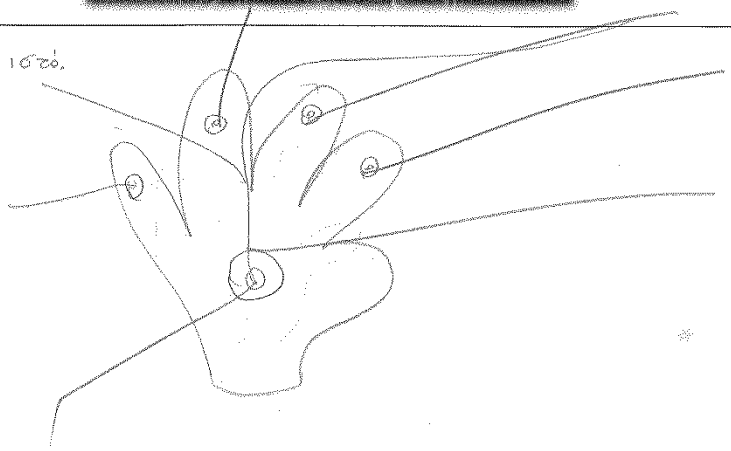
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



Νομίζω πως το να κολλάει η σαύρα στον τοίχο οφείλεται στις γραμμές που έχει κάτω από τα πόδι της.

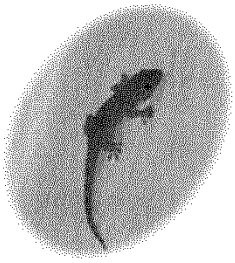
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Γιατί έχει ιστό.



Όνομα: Άννα Τάξη: 3ο τάξη Κ5

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



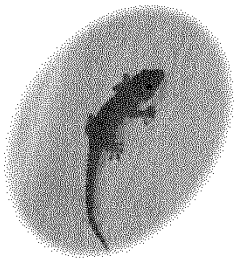
Κολλάει στον τοίχο λόγω των ποδιών. Έχουν ιδιό υλικό που κολλάει και είναι σαν ένα έχει μικρά βεντουζάκια.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητά του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Κολλάει στο τζάμι λόγω των χεριών του που βγάζουν ιστούς αράχνης. οι οποίοι περιέχουν ένα κολλητικό υλικό που τον βοηθάει να κολλάει στα τζάμια.

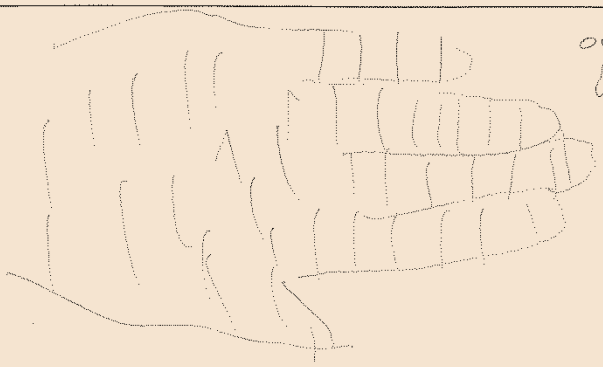
Όνομα: Αλεξάνδρα Τάξη: Ζ' ΚΕ

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



Πιστεύω πως αυτή η ικανότητα της σαύρας οφείλεται στο ότι κάτω από το σώμα της υπάρχουν γραμμές-βεντούζες και έτσι κολλάει

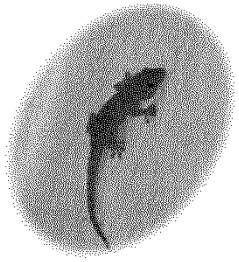
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



οφείλεται στις γραμμές κάτω από τα χέρια του

Όνομα: Αναστασία Τάξη: ΣΤ τάξη

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



Κολλάει στον τοίχο λόγω των ποδιών της. Έχουν εδικά αλλά του κολλάει στον έχει μικρά βεντουζάκια.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Ο Spiderman κολλάει στο γυάλινο κτίριο επειδή τον σκέπασε μια αράχνη και έχει τα γαντάκια της. Γι' αυτό έβγαλε κάποια μικρά δοντάκια στα χέρια του τον βοηθάει να σκαρφαλώνει, άλλα και λόγω του κόσμου του.

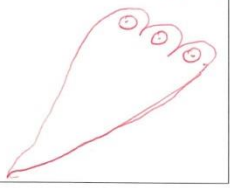
* μικρά μαύρα καρφάκια σαν ένα μικρό δόντι καρφάκια σίδερο που τα έχουμε σταμπάρει στην άκρη

Όνομα: Δημήτρης Τάξη: ΣΤ Α1

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

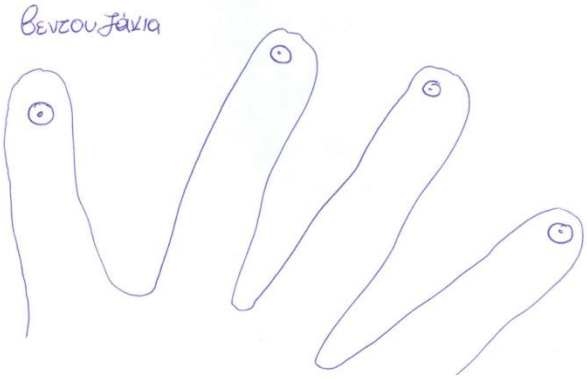
Σκαρφαλώνει με τα πόδια που έχουν βεντούζες και κολλάει τα χέρια της στον τοίχο.

βεντουζάκια



Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

βεντουζάκια

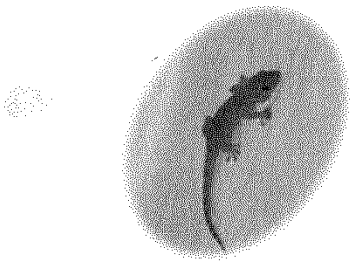


Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Επειδή έχει ιστό κολάει στα τζαμια.

Όνομα: Μαρκος Τάξη: Σ Γ΄ Α2

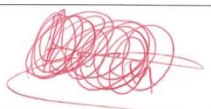
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



Με τις βεντούζες στα πόδια της και με τα νύχια της

Όνομα: Γιάκωβος Τάξη: ΣΤ΄ Α3

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

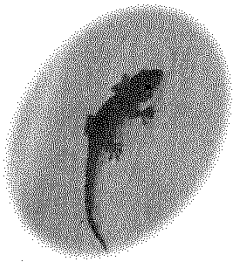


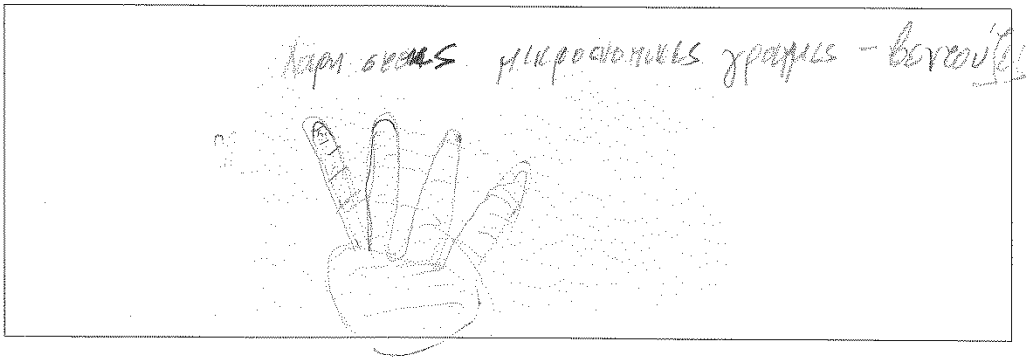
Η ικανότητα οφείλεται στις χαμηλές κάτω από τα πόδια της

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

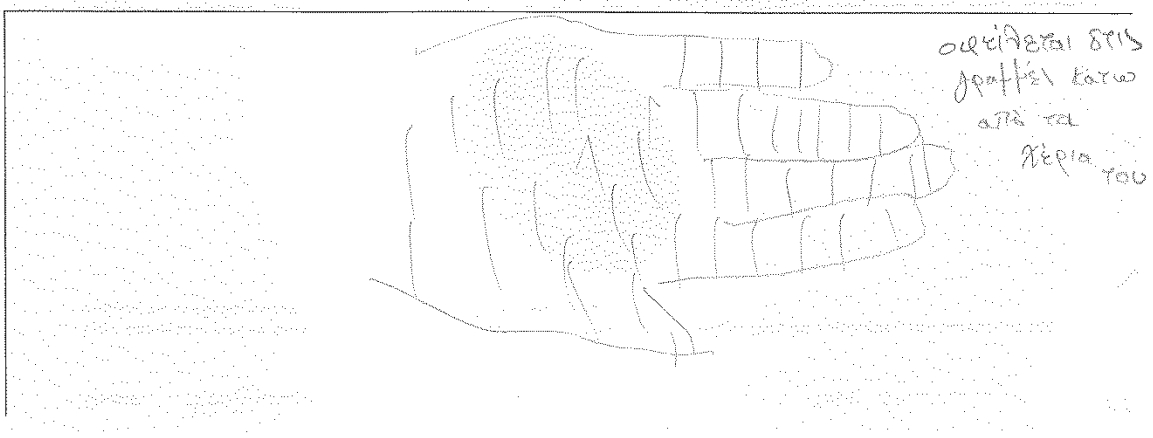
Όνομα: Λ... Τάξη: ΣΤ Α4

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



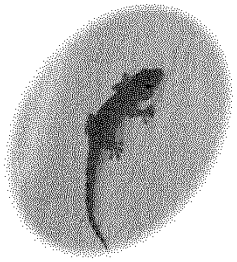


Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

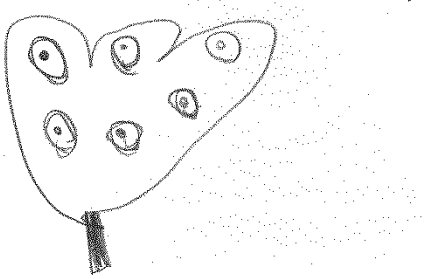


Όνομα: Αλέξανδρος Τάξη: Α5

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

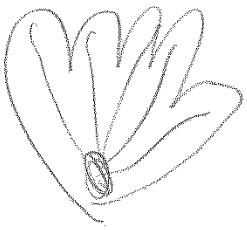


Γιατί έχει βεντούζες στα πόδια της.

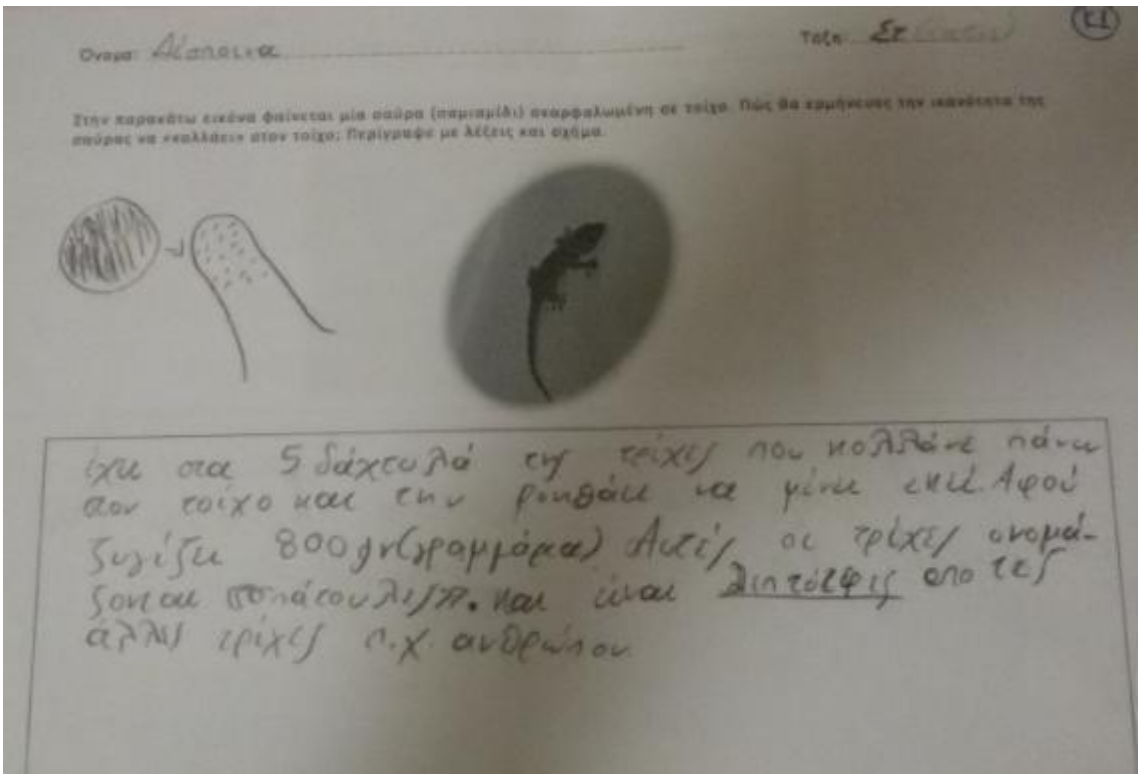


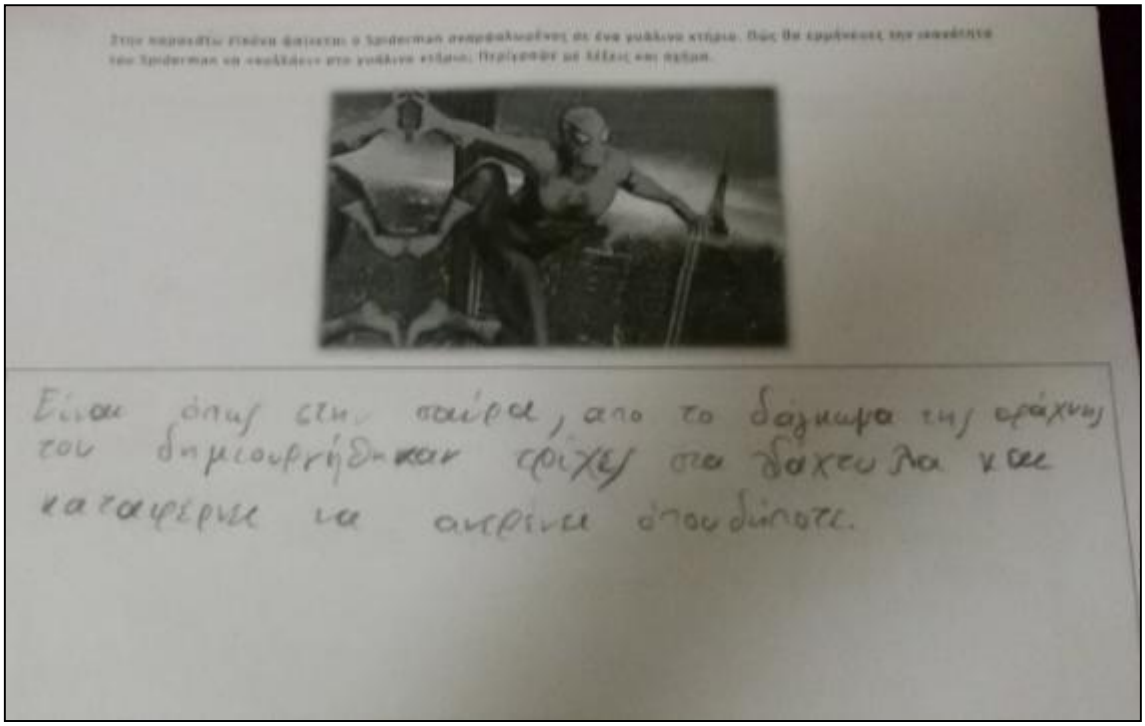
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Γιατί έχει κόλλα στα χέρια.



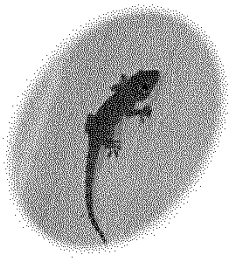
7.3. Τα τελικά ιχνογραφήματα των Μαθητών (post)





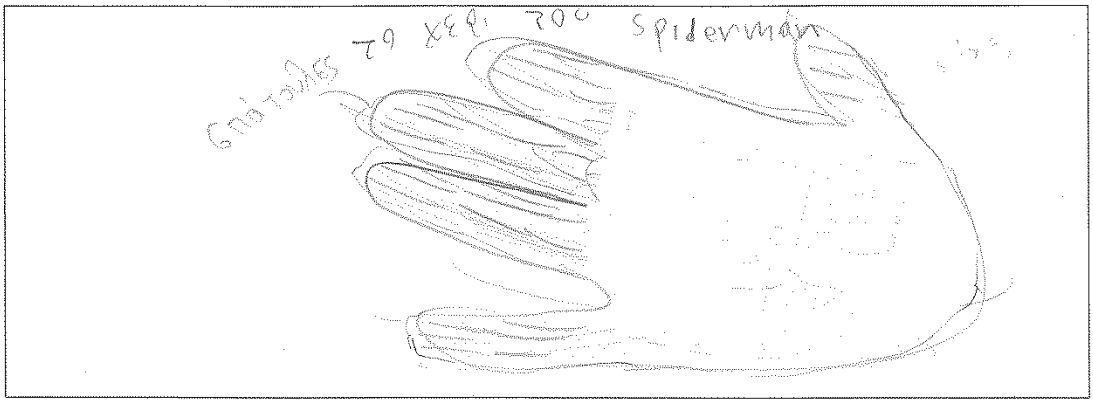
Όνομα: Μάρκος Τάξη: A2

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



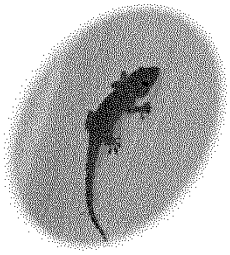
Έχει πολύ πολύ μικρές σφαιρίδες για κολλάει στους τοίχους

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

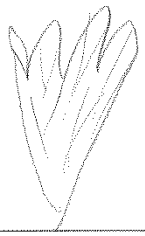


Όνομα: Αλέξανδρος Τάξη: ΣΤ1 A5

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



Η σαυρα κολλαει με τις παπουλες που εχει
πολλες



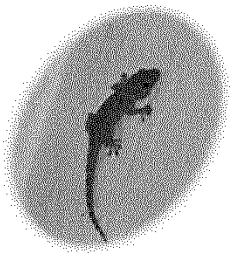
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

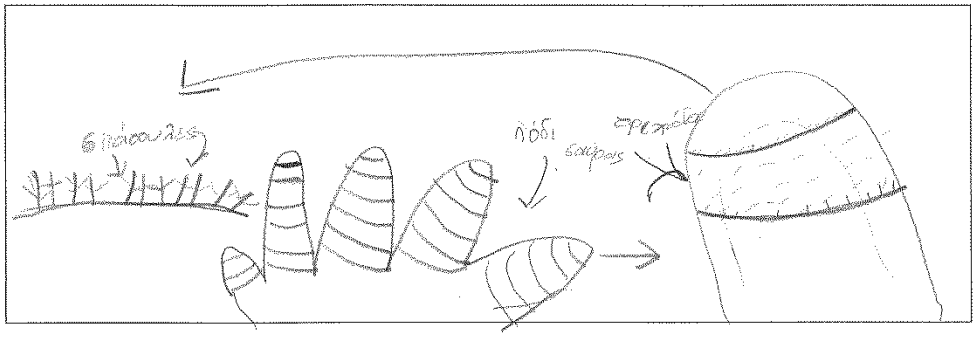
το ιδιο με τη σαυρα

Όνομα: Λεωνίδας Θ. Τάξη: 3ο

A4

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



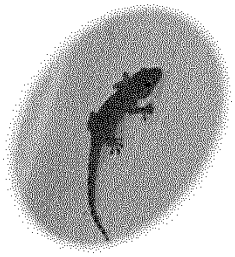


Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

← Το ίδιο

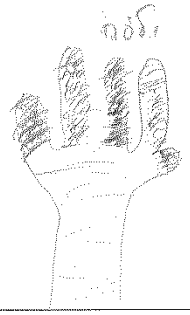
Όνομα: Ιάκωβος Τάξη: ΣΤ' (Α3)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

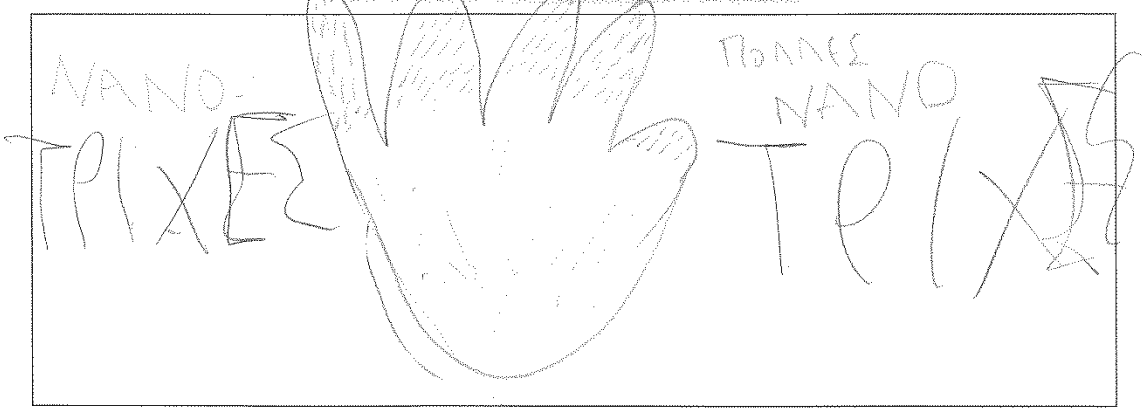


Η Gecko κολλάει στον τοίχο με τις πολλές τρίχες τις spatules

πόδι του Gecko

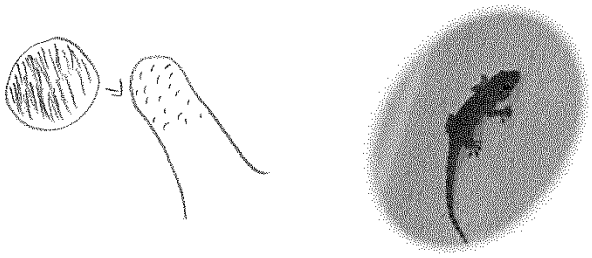


Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



Όνομα: Δέσποινα Τάξη: Ε΄ (Δ΄) (Κ1)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



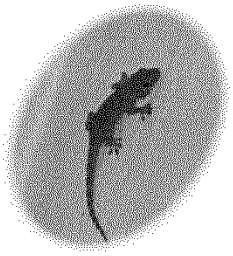
έχει στα 5 δάχτυλά της τρίχες που κολλάνε πάνω στον τοίχο και την βοηθάει να μένει επέ. Αφού ζυγίζει 800 gr (γραμμάρια) Αυτές οι τρίχες ονομάζονται βοπάτουλιστ. και είναι διπλάσιες από τις άλλες τρίχες π.χ. ανθρώπου.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Ο Spiderman «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο σαν την σαύρα Gecko, δηλαδή έχει μικρές τρίχες (νανοτρίχες) στα χέρια. και πολλές

Όνομα: Αναστασία Τάξη: Σ1 (ΚΕ)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



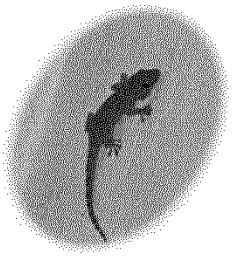
Έχει σε πόδια νύστριχες και την βοηθάει να περπατάει ανάποδα.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Ο Spider-man κολλάει στο γυάλινο τοίχο γιατί η στολή που φορεί έχει κάνει-τριχίδια όπως και η σαύρα Gecko!

Όνομα: Αλεξάνδρα Τάξη: Ζ1 KG

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



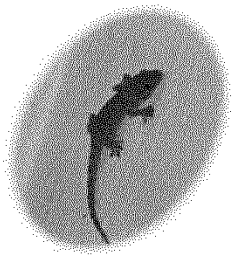
Η σαύρα έχει στο δέρμα της μικρές νανο-τρίχες που την βοηθούν να κολλάει σε διάφορες επιφάνειες.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Κολλάει γιατί όπως και η σαύρα (Gecko) έχει μικρές τρίχες που του επιτρέπουν να "κολάει" σε τζάμια, σε κτίρια κ.λ.π.

Όνομα: Άννα Τάξη: 3ο (Κ5)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



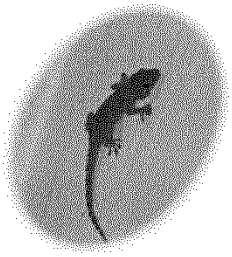
Η Σαύρα "κολλάει" διότι υπάρχουν μικρών νανοτεμαχίων που υπάρχουν στα πόδια της.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Ο Spiderman κολλάει στο γυάλινο τοίχο γιατί έχει κάτι τρίχες σαν την σαύρα Gecko. Τις τρίχες τις "ονομάζουν" κάτι επιστήμονες.

Όνομα: Μαρία Τάξη: ΣΤ' (14)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



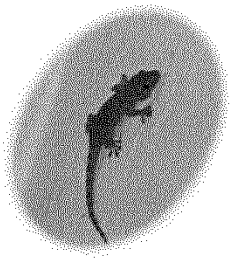
Η σαύρα έχει εκατομμύρια νανοτρίχες, με τις οποίες η σαύρα έχει την ικανότητα να "κολλάει"

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Οι επιστήμονες σχεδίασαν τον Spider-Man όπως είναι η σαύρα GECKO. Δηλαδή να έχει στα δάχτυλα πολλά τριχίδια κι έτσι να μπορεί να κολλάει.

Όνομα: Παρασκευή Τάξη: ΣΤ' (Κ3)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



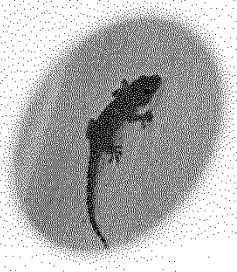
Η Σαύρα λόγω των πολλών τριχιδίων που έχει στα δάχτυλά της μπορεί να σκαρφαλώνει σε τοίχους.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

ΝΑΝΟΤΡΙΧΕΣ

Όνομα: Χρύσα Τάξη: Ε΄ (19)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.



Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο Spiderman σκαρφαλωμένος σε ένα γυάλινο κτήριο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα του Spiderman να «κολλάει» στο γυάλινο κτήριο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Είναι όπως στη σαύρα, από το δάγκωμα της αράχνης του δημιουργήθηκαν τρίχες στα δάχτυλα και καταφέρνει να ανεβαίνει όπου δήποτε.