



## Πρόταση Διδασκαλίας για τη Μελέτη της Μορφολογίας του Μηχανισμού Ιστού των Αραχνών στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, με τη Χρήση Εικόνων Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Σάρωσης (SEM) και Εφαρμογή του Μοντέλου 5E

Ζωή Ζαχαράκη<sup>1</sup>, Δέσποινα Πραβίτα<sup>2</sup> και Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία», <sup>3</sup>Καθηγητής,

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

<sup>2</sup>dpravita@physics.auth.gr

### Περίληψη

Η νανοτεχνολογία, ως σύγχρονος επιστημονικός κλάδος, είναι σημαντικό να ενταχθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία ώστε να ενισχυθεί η κατανόηση τεχνολογιών αιχμής και να προωθηθεί η διεπιστημονικότητα. Η διδασκαλία που παρουσιάζεται, βασισμένη στο μοντέλο 5E, αξιοποιεί εικόνες από την ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM) για τη μελέτη της μορφολογίας του μηχανισμού παραγωγής ιστού δύο αραχνών, αναπτύσσοντας δεξιότητες μέτρησης και ανάλυσης. Μέσα από σύγκριση και διερεύνηση, οι μαθητές/τριες αναμένεται να συσχετίσουν τη μορφολογία του μηχανισμού κατασκευής νήματος με τις κυνηγετικές συνήθειες των αραχνών, ενώ παράλληλα εξοικειώνονται με εικόνες της νανοκλίμακας και τη σημασία που έχει η μελέτη των μικροσκοπικών δομών για την εξήγηση φαινομένων.

**Λέξεις κλειδιά:** διδασκαλία, κύκλος 5E, παραγωγή ιστού αράχνης, SEM

## A Teaching Proposal for the Study of the Morphology of the Spider Silk-creation Mechanism in Secondary Education, Using Scanning Electron Microscopy (SEM) Images and Applying the 5E Model

Zacharaki Zoi<sup>1</sup>, Pravita Despoina<sup>2</sup> and Euripides Hatzikraniotis<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>PGS "Didactics of Physics and Educational Technology", <sup>3</sup>Professor,

Laboratory of Didactics of Physics & Educational Technology,

School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

<sup>2</sup>dpravita@physics.auth.gr

### Abstract

It is important to integrate nanotechnology, as a modern scientific discipline, into the educational process to enhance the understanding of cutting-edge technologies and to promote interdisciplinarity. The presented lesson, based on the 5E model, utilizes images of scanning electron microscopy (SEM) to study the morphology of the web production mechanism from two spiders, while developing measurement and analysis skills. Through comparison and exploration, students are expected to relate the morphology of the thread-making mechanism to the hunting habits of spiders, while becoming familiar with nanoscale images and the importance of studying microscopic structures to explain various phenomena.

**Keywords:** 5E cycle, education, spider spigots, SEM

## Εισαγωγή

Η νανοτεχνολογία αποτελεί έναν ραγδαία αναπτυσσόμενο κλάδο της επιστήμης που αφορά τις ιδιότητες που επιδεικνύουν τα υλικά σε κλίμακα 1-100 nm. Καθώς οι εφαρμογές της εκτείνονται σε πολλούς κλάδους της καθημερινής μας ζωής, είναι σημαντικό οι πολίτες να αποκτήσουν βασικές γνώσεις ώστε να μπορούν να καταλαβαίνουν και να συμμετέχουν σε συζητήσεις για επίκαιρα επιστημονικά θέματα (Stevens et al., 2009). Επομένως, προκύπτει η ανάγκη να ενσωματωθεί στην εκπαίδευση (Adadan et al., 2017). Η ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM) είναι μια τεχνική που παρέχει πληροφορίες για την τοπογραφία της επιφάνειας και τη χημική σύνθεση ενός δείγματος σε βάθος έως 1 μm, ενώ υποστηρίζει ευρύ φάσμα τεχνικών απεικόνισης με ανάλυση από 1 μm έως 1 nm, ανάλογα με το μικροσκόπιο και το σήμα που χρησιμοποιείται (Vernon-Parry, 2000). Η λειτουργία της βασίζεται στην αλληλεπίδραση ηλεκτρονίων με στερεά υλικά, κατά τη οποία παρατηρείται ελαστική σκέδαση, που αλλάζει την κατεύθυνση των ηλεκτρονίων χωρίς απώλεια ενέργειας, και ανελαστική σκέδαση. Η ύπαρξη διαδικτυακών εφαρμογών που προσομοιώνουν τη λειτουργία του SEM καθιστά την τεχνολογία αυτή διαθέσιμη ως εκπαιδευτικό εργαλείο στην τάξη (Dinescu et al., 2013). Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την ενσωμάτωση εικόνων της τεχνολογίας SEM σε μια διδασκαλία για τη μορφολογία του μηχανισμού παραγωγής ιστού δύο αραχνών.

## Θεωρητικό Υπόβαθρο

Οι αράχνες παράγουν ένα πολύ ανθεκτικό νήμα, το μετάξι αράχνης, το οποίο χρησιμοποιούν για διάφορους σκοπούς: για να παγιδεύουν το θήραμά τους στον ιστό τους, για να το τυλίγουν αφού το ακινητοποιήσουν, για να προστατεύουν τον εαυτό τους και τους απογόνους τους, καθώς και για να κινούνται με ασφάλεια (Vollrath & Selden, 2007). Ο ιστός παράγεται από εξειδικευμένους αδένες, γνωστούς ως μεταξογόνους αδένες. Το μετάξι εκρέει από ειδικές δομές που ονομάζονται νηματοδέκτες ή στρόφιγγες των μεταξογόνων αδένων, οι οποίες είναι μικρά σωληνοειδή μέρη στην άκρη της κοιλιάς της αράχνης. Η μορφή αυτών των δομών εξαρτάται από τον τύπο του νήματος που παράγεται και τη χρήση του από την αράχνη (Yoshida, 1999). Αράχνες που επιτίθενται στο θήραμά τους και το τυλίγουν στον ιστό τους συνήθως διαθέτουν μεγαλύτερο αριθμό αδένων παραγωγής νήματος.

## Μεθοδολογία

Η διδακτική παρέμβαση που αναπτύσσεται αναφέρεται σε μαθητές Α' Λυκείου και επικεντρώνεται στη συσχέτιση της μορφολογίας διαφορετικών μηχανισμών παραγωγής ιστού με τις κυνηγετικές συνήθειες των αντίστοιχων αραχνών. Παράλληλα, καλλιεργείται η δεξιότητα διαχείρισης μεγεθών μήκους υπό κλίμακα. Η παρέμβαση οργανώνεται σύμφωνα με το μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006) και περιλαμβάνει τις παρακάτω φάσεις: 1) εμπλοκή (engagement), με στόχο την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών στη θεματολογία. Εισάγεται το θεωρητικό πλαίσιο της διδασκαλίας και ένα υποθετικό σενάριο στο οποίο οι μαθητές/τριες καλούνται να ταυτοποιήσουν δύο δείγματα αραχνών από τη μορφολογία του μηχανισμού παραγωγής ιστού, 2) εξερεύνηση (exploration), στην οποία δίνονται εικόνες SEM του μηχανισμού στους μαθητές και τις μαθήτριες σε διάφορες μεγεθύνσεις και ζητείται να καταγράψουν τις διαφορές που παρατηρούν, με στόχο να τους/τις ενθαρρύνουμε να εξερευνήσουν και να συσχετίσουν τις διαφορές στους ιστούς με τη μορφολογία των αδένων παραγωγής τους, 3) εξήγηση (explanation), στην οποία συγκρίνουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων τους. Στόχος είναι η καθοδήγηση στη κατανόηση των βασικών αρχών της δημιουργίας ιστών και της σημασία των αδένων, 4) επέκταση (elaboration), ενθαρρύνουμε τους μαθητές και τις μαθήτριες να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους δίνοντας απάντηση στο ερώτημα της έρευνας, να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε νέες καταστάσεις και να τις συνδυάσουν με καινοτόμες τεχνολογικές εφαρμογές, 5) εκτίμηση (evaluation), στην οποία απαντούν σε μια ερώτηση αναστοχασμού και δημιουργούν σε ομάδες

ένα poster με τις πληροφορίες που τους εντυπωσίασαν, με στόχο να τους δοθεί η ευκαιρία να αξιολογήσουν τη δική τους διαδικασία μάθησης.

Για την ανάπτυξη της διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές/τριες καλούνται να σχηματίσουν ολιγομελές ομάδες των 2 με 3 ατόμων, ώστε να συζητούν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας τις ιδέες τους και να συμπληρώνουν ομαδικά το φύλλο εργασίας που τους δίνεται. Χρησιμοποιούνται εικόνες από την ανοιχτή εφαρμογή ενός εικονικού SEM, ([https://www.myscope-explore.org/virtualSEM\\_explore.html](https://www.myscope-explore.org/virtualSEM_explore.html)), η οποία περιλαμβάνει περισσότερα από 50 δείγματα υλικών (αρθρόποδα, καθημερινής χρήσης, κλπ.), σε μεγεθύνσεις από X100 έως X3500. Επομένως δε χρειάζεται να γίνει εξοικείωση των μαθητών/τριών με το εργαλείο, παρά μόνο να γίνει μια σύντομη αναφορά για το εργαλείο του SEM ως ένα μικροσκόπιο που μας επιτρέπει να παίρνουμε εικόνες από πολύ μικρές δομές, που δε θα μπορούσαμε να δούμε με οπτικό μικροσκόπιο.

## Αποτελέσματα – Η Δομή της Παρέμβασης

### Εμπλοκή

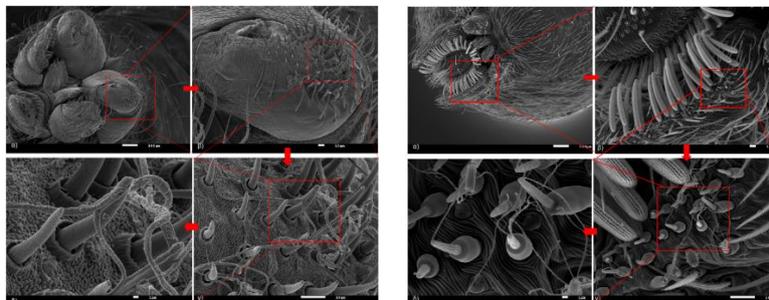
Γίνεται μια σύντομη εισαγωγή του θέματος παρουσιάζοντας τις εικόνες δύο ποιοτικά διαφορετικών ιστών αραχνών, μιας αράχνης “κήπου” και μιας αράχνης “κυνηγού”, τις οποίες οι μαθητές/τριες συγκρίνουν. Αναμένουμε να παρατηρήσουν τη διαφορά στην πυκνότητα ύφανσης. Στη συνέχεια αναφέρουμε την ύπαρξη του μηχανισμού παραγωγής ιστού, τον οποίο μπορούμε να δούμε με τη βοήθεια του SEM λόγω του μεγέθους του. Δίνεται το πρόβλημα που θα καθοδηγήσει τη έρευνα:

“Σε ένα βιολογικό εργαστήριο υπάρχουν δύο δείγματα προς μελέτη, ένα δείγμα αράχνης “κήπου”, η οποία παγιδεύει τα θύματά της σε ιστό, και ένα δείγμα αράχνης “κυνηγού”, η οποία επιτίθεται στα θύματά της και έπειτα τα τυλίγει σε ιστό. Τα δείγματα αυτά αφορούν τον μηχανισμό παραγωγής νήματος ιστού των αραχνών. Εξαιτίας μιας αστοχίας, τα καρτελάκια των δειγμάτων δεν τοποθετήθηκαν ποτέ. Πώς θα μπορούσαμε να βρούμε ποιο δείγμα αντιστοιχεί σε ποια αράχνη;”

### Εξερεύνηση

Δίνονται εικόνες SEM των δύο αραχνών σε 4 προοδευτικές μεγεθύνσεις (Εικόνα 1), καθώς και οδηγίες για το πώς παίρνουμε σωστές μετρήσεις σε φωτογραφίες υπό κλίμακα. Ζητείται να καταγραφούν μετρήσεις για τέσσερα μεγέθη, το ύψος των αδένων, τη διάμετρό τους, τη διάμετρο του νήματος και την πυκνότητα αδένων σε ορισμένη επιφάνεια.

**Εικόνα 1.** Εικόνες SEM των αδένων αράχνης κήπου (αριστερά) και αράχνης κυνηγού (δεξιά)



### Εξήγηση

Σε αυτό το στάδιο οι μαθητές και οι μαθήτριες συγκρίνουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων τους, ενώ ταυτόχρονα πληροφορούνται μέσω προβολής βίντεο πως ο μηχανισμός παραγωγής ιστού συνδέεται με τον τρόπο που κάθε αράχνη παγιδεύει το θήραμά της (<https://www.youtube.com/watch?v=qrBBWooujw> από 0:40-2:20).

## Επέκταση

Οι μαθητές/τριες καλούνται να απαντήσουν στο αρχικό πρόβλημα συνδυάζοντας τα αποτελέσματα σύγκρισης των μετρήσεων με τις κυνηγετικές συνήθειες και τις εικόνες των ιστών του σταδίου της εμπλοκής. Αναμένεται να συνδυάσουν το μεγάλο πλήθος των αδένων με την αράχνη “κυνηγό”, η οποία δημιουργεί μια πυκνή ύφανση γύρω από το θύμα της, ενώ οι μεγάλοι αδένες που παράγουν μεγαλύτερα σε διάμετρο νήματα ταιριάζουν στον ιστό της αράχνης “κήπου”. Ζητείται στη συνέχεια να σχεδιάσουν έναν τρόπο παραγωγής τεχνητού νήματος, αποδίδοντας χαρακτηριστικά στο νήμα που να αναλογούν σε μηχανισμό παραγωγής ιστού της επιλογής τους.

## Εκτίμηση

Προσφέρεται χώρος για αναστοχασμό και δημιουργική αναπαράσταση της νεοαποκτηθείσας γνώσης. Δίνεται μια ερώτηση αναστοχασμού και προτείνεται στους μαθητές και στις μαθήτριες να δημιουργήσουν μια αφίσα ομαδικά στο σπίτι.

## Συμπεράσματα

Μέσω διδακτικών προσεγγίσεων όπως η προτεινόμενη, επιδιώκεται η ενσωμάτωση σύγχρονων τεχνολογικών μεθόδων και προϊόντων τους στη διδασκαλία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, καθώς και η ενίσχυση της σύνδεσης με τις τρέχουσες εξελίξεις στην τεχνολογία. Παράλληλα, επιχειρείται η διασύνδεση διαφορετικών επιστημονικών πεδίων, όπως η Φυσική και η Βιολογία, αναδεικνύοντας τη διαθεματική προσέγγιση στη μάθηση. Επιπλέον, στόχος είναι οι μαθητές/τριες να έχουν τη δυνατότητα να αποκτήσουν νέες γνώσεις μέσω της συνεργασίας και της διερεύνησης, καθώς και να καλλιεργήσουν δεξιότητες παρατήρησης και μετρήσεων.

## Βιβλιογραφία

- Adadan, E., Akaygun, S., & Sanyal, A. (2017). Size-dependent properties of matter: Is the size of a pill important? *Science Activities*, 54(3–4), 86–95. <https://doi.org/10.1080/00368121.2017.1395790>
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A. L., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: origins, effectiveness, and applications*. BSCS. Ανακτήθηκε την 13/02/2025 από: [https://www.bates.edu/research/files/2018/07/BSCS\\_5E\\_Executive\\_Summary.pdf](https://www.bates.edu/research/files/2018/07/BSCS_5E_Executive_Summary.pdf)
- Dinescu, L., Dinica, M., Miron, C., & Barna, E. S. (2013). The approach of teaching and learning scanning electron microscope in high school using virtual experiments. *Romanian Reports in Physics*, 65(2), 578–590. Ανακτήθηκε την 13/02/2025 από: [https://rrp.nipne.ro/2013\\_65\\_2/art23Dinescu.pdf](https://rrp.nipne.ro/2013_65_2/art23Dinescu.pdf)
- Stevens, S.Y., Sutherland, L.M., & Krajcik, J.S. (2009). *The big ideas of nanoscale science & engineering: a guidebook for secondary teachers*. NSTA. ISBN: 978-1-935155-07-2
- Vernon-Parry, K. D. (2000). Scanning electron microscopy: An introduction. *III-Vs Review*, 13(4), 40–44. [https://doi.org/10.1016/S0961-1290\(00\)80006-X](https://doi.org/10.1016/S0961-1290(00)80006-X).
- Vollrath, F., & Selden, P. (2007). The role of behavior in the evolution of spiders, silks, and webs. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38, 819–846. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110221>.
- Yoshida, M. (1999). Spinnerets silk spigots morphology of araneidae, tetragnathidae, theridiidae and linyphiidae. *Acta arachnol.*, 48(1), 1–22. Ανακτήθηκε την 13/02/2024 από: <https://ia601904.us.archive.org/30/items/acta-arachnologica-48-001-001-022/acta-arachnologica-48-001-001-022.pdf>