

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14, Αρ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Συνοψείς



14^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές

12-14 Απριλίου 2025

**ΤΟΜΟΣ
ΣΥΝΟΨΕΩΝ**

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΑΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΑΠΘ

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enepht.gr

Ανακαλύπτοντας τον Ένοχο: Μια Πρόταση Διδακτικής Παρέμβασης Επίλυσης Μυστηρίου με Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM)

Φλώρα Μαντελάκη, Ευριπίδης Χατζηκρυνιώτης

doi: [10.12681/codiste.7883](https://doi.org/10.12681/codiste.7883)

Ανακαλύπτοντας τον Ένοχο: Μια Πρόταση Διδακτικής Παρέμβασης Επίλυσης Μυστηρίου με Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM)

Φλώρα Μαντελάκη¹ και Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης²

¹ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία», ²Καθηγητής,
Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
¹*fmantela@physics.auth.gr*

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η ανάπτυξη μιας διδακτικής παρέμβασης Επίλυσης Μυστηρίου για την μελέτη της μικρο-δομής μέσω της αξιοποίησης εικόνων Ηλεκτρονικού Μικροσκοπίου Σάρωσης (SEM). Η σχεδίαση της παρέμβασης πραγματοποιήθηκε με το διδακτικό μοντέλο 5E και πραγματεύεται την αξιοποίηση εικόνων δειγμάτων ανθρώπινης τρίχας, τα οποία παρέχονται από την προσομοίωση Virtual SEM ενός ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης. Οι μαθητές καλούνται να διερευνήσουν την μικρο-δομή ανδρικής και γυναικείας ανθρώπινης τρίχας, εντοπίζοντας διαφορές μεταξύ δύο δειγμάτων και ταυτοποιώντας τον ένοχο σε ένα σενάριο μυστηρίου.

Λέξεις κλειδιά: ανθρώπινη τρίχα, ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης, μικρο-δομή, σενάριο CSI

Identifying the Suspect: A Proposal for a Mystery-Solving Teaching Intervention with Scanning Electron Microscopy (SEM)

Flora Mantelaki¹ and Euripides Hatzikraniotis²

¹PGS "Didactics of Physics and Educational Technology", ²Professor,
Laboratory of Didactics of Physics & Educational Technology,
School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki
¹*fmantela@physics.auth.gr*

Abstract

This paper presents the development of a Mystery-Solving teaching intervention focused on studying microstructure through the use of Scanning Electron Microscope (SEM) images. The teaching intervention was designed using the 5E instructional model and involves the use of images of human hair samples provided by the Virtual SEM simulation of a scanning electron microscope. Students are tasked with investigating the microstructure of male and female human hair, identifying differences between two samples, and identifying the suspect in a mystery scenario.

Keywords: human hair, scanning electron microscopy, microstructure, CSI scenario

Εισαγωγή

Η ένταξη σύγχρονων θεμάτων φυσικής στο πλαίσιο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αποτελεί πρόκληση και μπορεί να συμβάλει στην εξοικείωση των μαθητών απέναντι σε επιστημονικές πρακτικές. Ερευνητικό και εκπαιδευτικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η προσέγγιση θεμάτων νάνο-τεχνολογίας που αφορούν στην ευρύτερη μελέτη της μικρο-δομής, εμπλέκοντας τους μαθητές ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία, συνεισφέροντας στην κατανόηση της επιστημονικής μεθοδολογίας (Stevens et al., 2009).

Οι διδακτικές προσεγγίσεις που βασίζονται σε σενάρια εγκληματολογίας τύπου CSI (Crime Scene Investigation), ενισχύουν το ενδιαφέρον των μαθητών για την μάθηση, προσφέροντας ένα ρεαλιστικό διαδραστικό πλαίσιο εφαρμογής της επιστήμης. Συνδυάζουν στοιχεία κριτικής σκέψης, ανάλυσης δεδομένων και ομαδικής εργασίας, συνεισφέροντας στην ενίσχυση του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών, βοηθώντας τους να αναπτύξουν τις ερευνητικές τους ικανότητες, εξερευνώντας συναρπαστικά επιστημονικά στοιχεία (Basso et al., 2018). Με την εμπλοκή τους σε σενάρια CSI οι μαθητές έχοντας την αίσθηση ότι συμμετέχουν σε πραγματικές ερευνητικές διαδικασίες παρακινούνται να αναλύσουν και να συνδέσουν διαφορετικές πληροφορίες ώστε να καταλήξουν σε λογικά συμπεράσματα, ενισχύοντας δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων.

Η Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (Scanning Electron Microscopy - SEM) αποτελεί μία προηγμένη τεχνική απεικόνισης για τη μελέτη της μικρο-δομής των υλικών. Οι εικόνες SEM προσφέρουν πληροφορίες για τη μορφολογία, την τοπογραφία και τη σύνθεση των δειγμάτων, ενώ η μέθοδος χαρακτηρίζεται από την ευελιξία της, καθώς μπορεί να εφαρμοστεί σε ευρύ φάσμα υλικών, από μέταλλα και πολυμερή έως και ανθρώπινους ιστούς (Egerton, 2016). Η συγκεκριμένη τεχνική έχει αναδειχθεί ως εξαιρετικό εργαλείο σε κλάδους όπως η εγκληματολογία, επιτρέποντας τη λεπτομερή ανάλυση των χαρακτηριστικών επιφανείας και των δομικών ιδιοτήτων δειγμάτων.

Στόχος της εργασίας είναι να παρουσιαστεί μια πρόταση διδακτικής παρέμβασης τύπου CSI, με σκοπό την μελέτη της μικρο-δομής μέσω της διερεύνησης εικόνων SEM που αφορούν σε δείγματα ανθρώπινων τριχών.

Επιστημονικό Περιεχόμενο

Η μικρο-δομή της ανθρώπινης τρίχας αποτελείται από τρία βασικά στρώματα: την εξωτερική επιφάνεια ή επιδερμίδα, τον φλοιό και τον μυελό. Η επιδερμίδα αποτελείται από επικαλυπτόμενες φολίδες κερατίνης που προστατεύουν τα εσωτερικά στρώματα από εξωτερικές φθορές, ενώ η μορφή και η ακεραιότητά τους επηρεάζονται από τη χρήση χημικών προϊόντων (Kim et al., 2024). Τα χαρακτηριστικά των φολίδων, όπως το πλάτος, η διάταξη και η πυκνότητα, διαφέρουν μεταξύ ατόμων και μπορούν να επηρεαστούν από παράγοντες όπως το φύλο (άνδρας, γυναίκα), η ηλικία, η υγεία της τρίχας και η περιβαλλοντική φθορά. Μέσω της τεχνικής SEM, είναι δυνατή η μέτρηση της διαμέτρου της τρίχας, του πλάτους των φολίδων, καθώς και η παρατήρηση της υφής της επιφάνειας, αποκαλύπτοντας λεπτομέρειες που δεν είναι ορατές με οπτικά μικροσκόπια (Chu et al., 2020). Η μορφολογική ανάλυση της επιδερμίδας αναδεικνύει πτυχές της δομής της, όπως η διαστρωμάτωση και η χημική σύνθεση, στοιχεία που επηρεάζουν άμεσα τη μηχανική συμπεριφορά της τρίχας (Rogers, 2019). Η υψηλή ανάλυση και η δυνατότητα μεγέθυνσης στη νάνο-κλίμακα διευκολύνει την παρατήρηση χαρακτηριστικών της επιφάνειας της τρίχας που προκαλούνται από περιβαλλοντική φθορά ή χημικές επεξεργασίες, αναδεικνύοντας τη σύνδεση της νάνο-δομής της επιδερμίδας με τις φυσικές της ιδιότητες, (Yang et al., 2014). Η διαφοροποίηση της επιφάνειας της τρίχας περιλαμβάνει ενδείξεις ως προς την ταυτοποίηση δειγμάτων, συνεισφέροντας στον κλάδο της εγκληματολογίας μέσω της μελέτης της δομής των υλικών.

Μεθοδολογία

Η σχεδίαση της παρέμβασης βασίστηκε στο διδακτικό μοντέλο 5E, το οποίο προάγει την μαθητοκεντρική μάθηση και αφορά στην επίλυση ενός εγκληματολογικού σεναρίου που περιλαμβάνει την ανάλυση δειγμάτων ανδρικής και γυναικείας τρίχας με στόχο την ταυτοποίηση του υπόπτου μέσω παρατηρήσεων και μετρήσεων που προκύπτουν από τις εικόνες SEM. Οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να αλληλεπιδράσουν με εικόνες διαφορετικής μεγέθυνσης, γεγονός το οποίο συμβάλλει στην εξοικειώσή τους με κάποιες από τις Μεγάλες Ιδέες της νάνο-τεχνολογίας (Stevens et al., 2009), όπως το μέγεθος και κλίμακα (size & scale),

η δομή της ύλης (structure of matter), και εργαλεία που χρησιμοποιούνται στη μελέτη της νάνο-κλίμακας (tools & instrumentation).

Η διδακτική παρέμβαση διάρκειας δύο διδακτικών ωρών που σχεδιάστηκε βασίζεται στο διδακτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006). Η διδακτική παρέμβαση απευθύνεται σε μαθητές της Β' Γυμνασίου, ακολουθεί ένα εγκληματολογικό σενάριο τύπου CSI και επικεντρώνεται στην αξιοποίηση εικόνων SEM για τη μελέτη της μικρό-δομής. Οι εικόνες αφορούν δείγματα ανθρώπινης τρίχας και λαμβάνονται μέσω της προσομοίωσης εικονικού SEM (https://myscope-explore.org/virtualSEM_explore.html). Το εικονικό SEM περιλαμβάνει περισσότερα από 50 δείγματα υλικών (καθημερινά, αρθρόποδα, εγκληματολογίας, κλπ.), σε μεγεθύνσεις από X100 έως X3500.

Τα Φύλλα Εργασίας που αναπτύχθηκαν συμπληρώνονται ομαδοσυνεργατικά, καθώς επιδιώκεται μέσα από συζήτηση οι μαθητές να αντιληφθούν πως η μικρο-δομή διαφέρει μεταξύ των δειγμάτων, παρατηρώντας τις ενδείξεις που παρέχονται από τις εικόνες, αναπτύσσοντας δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, καλλιεργώντας την δημιουργικότητά τους και προωθώντας την διαθεματική μάθηση.

Αποτελέσματα

Το εγκληματολογικό σενάριο, που λειτουργεί για την κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών αναφέρεται σε μια διάρρηξη που έλαβε χώρα στο Μουσείο Τέχνης και Πολιτισμού και ένας πολύτιμος πίνακας ζωγραφικής έχει κλαπεί. Οι αστυνομικοί εντόπισαν κάποιες τρίχες από τα μαλλιά του δράστη στον τόπο του εγκλήματος. Οι μαθητές, καλούνται να βοηθήσουν στην εξιχνίαση της υπόθεσης ως εγκληματολογικοί επιστήμονες. Έτσι, διερευνούν εικόνες SEM που αφορούν σε δείγματα ανθρώπινης τρίχας, επιδιώκοντας να ερμηνεύσουν την σημασία της μικρό-δομής στην ταυτοποίηση δειγμάτων. Συγκρίνουν εικόνες ανδρικής και γυναικείας τρίχας (διάμετρος, πλάτος φολίδων, υφή επιφάνειας) και καταλήγουν στον ένοχο. Η δομή της διδακτικής παρέμβασης ακολουθεί τα στάδια του μοντέλου 5E:

- *Εμπλοκή* – παρουσίαση σεναρίου για την κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών
- *Εξερεύνηση* – μελετώντας την δομή της ανθρώπινης τρίχας στο μικροσκόπιο
- *Εξήγηση* – Η σημασία της μικρό-δομής στην ταυτοποίηση δειγμάτων
- *Επέκταση* – Σύγκριση ανδρικής και γυναικείας τρίχας, η αποκάλυψη του ενόχου
- *Εκτίμηση* – Ερωτήσεις κατανόησης και αναστοχασμού

Στο στάδιο της *Εμπλοκής* παρουσιάζεται ένα σενάριο μυστηρίου στο οποίο οι μαθητές θα εμπλακούν ενεργά διερευνώντας εικόνες SEM ως εγκληματολογικοί επιστήμονες, παρατηρώντας εικόνες ανθρώπινης τρίχας στο μικροσκόπιο και καταγράφοντας τις ιδέες τους μέσα από συζήτηση. Στο στάδιο της *Εξερεύνησης* οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν στο μικροσκόπιο μια εικόνα SEM μεγαλύτερης μεγέθυνσης, εντοπίζοντας την κλίμακα στην οποία αναφέρεται. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο φάκελος του πρώτου υπόπτου με εικόνες SEM διαφορετικής μεγέθυνσης μιας τρίχας των μαλλιών του. Οι μαθητές θα πρέπει να αξιοποιήσουν τις εικόνες καταγράφοντας τις παρατηρήσεις τους όσον αφορά την υφή της επιφάνειας και λαμβάνοντας μετρήσεις της διαμέτρου της τρίχας και του μέσου πλάτους των φολίδων. Στο στάδιο της *Εξήγησης* παρουσιάζονται στο φύλλο εργασίας ερωτήσεις που αφορούν την παρατήρηση των εικόνων που προηγήθηκαν. Οι μαθητές θα πρέπει να εντοπίσουν τη σημασία της μικρο-δομής στην μελέτη δειγμάτων, συγκρίνοντας την δομή της τρίχας του ενόχου και του υπόπτου. Στο στάδιο της *Επέκτασης* καλούνται να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους εξετάζοντας έναν δεύτερο ύποπτο, διερευνώντας μια δεύτερη εικόνα που αφορά σε δείγμα γυναικείας τρίχας, λαμβάνοντας τις απαραίτητες μετρήσεις. Στη συνέχεια, παρακινούνται να συγκρίνουν τα δείγματα ανδρικής και γυναικείας τρίχας τόσο μεταξύ τους όσο και με το δείγμα του τόπου του εγκλήματος, αναλύοντας τα δεδομένα και ταυτοποιώντας τον ένοχο. Γίνεται συζήτηση ότι οι διαφορές ανάμεσα στις γυναικείες και ανδρικές τρίχες, οφείλονται σε μια συνδυασμένη επίδραση γενετικών, ορμονικών, περιβαλλοντικών και

διατροφικών παραμέτρων. Στο στάδιο της *Εκτίμησης* οι μαθητές σημειώνουν ομοιότητες και διαφορές μεταξύ ανδρικής και γυναικείας ανθρώπινης τρίχας, καταλήγοντας στο συμπέρασμα όσον αφορά τους παράγοντες που συμβάλλουν στην ταυτοποίησή τους (διάμετρος, πλάτος φολίδων, υφή επιφάνειας). Έπειτα παρουσιάζονται εικόνες SEM διαφορετικής μεγέθυνσης τις οποίες οι μαθητές θα πρέπει να περιγράψουν, αιτιολογώντας αν αναφέρονται σε ανδρική ή γυναικεία τρίχα αντίστοιχα.

Τα Φύλλα Εργασίας σχεδιάστηκαν ώστε οι μαθητές να διερευνούν σταδιακά εικόνες μεγαλύτερης μεγέθυνσης, επιχειρώντας να απαντήσουν στο ερώτημα που τίθεται. Διατυπώνουν υποθέσεις και παρατηρούν εικόνες της δομής της επιφάνειας δειγμάτων ανθρώπινων τριχών στην μικρο-κλίμακα, συλλέγοντας και αναλύοντας δεδομένα. Συγκεκριμένα, πραγματοποιούν παρατηρήσεις (υφή της επιφάνειας της τρίχας) και σε συνεργασία με τα μέλη της ομάδας τους καταγράφουν μετρήσεις (διάμετρος τρίχας, πλάτος φολίδων) ώστε να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα και να απαντήσουν στο αρχικό ερώτημα. Με σταδιακά μειούμενη καθοδήγηση αναπτύσσουν μέσα από αυτή την διαδικασία την κριτική τους σκέψη, ανταλλάσσοντας απόψεις και παρουσιάζοντας τις ιδέες τους στην τάξη, προς ενίσχυση των δεξιοτήτων επικοινωνίας. Η ανάλυση των Φύλλων Εργασίας θα παρουσιαστεί στο Συνέδριο.

Συμπεράσματα

Η ανάλυση της μικρο-δομής μέσω εικόνων SEM σε ένα διδακτικό σενάριο εγκληματολογίας αναδεικνύει την αξία της διεπιστημονικής προσέγγισης στη διδασκαλία. Μέσα από μια διερευνητική διαδικασία οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να εξασκηθούν στην ανάλυση δεδομένων, παρατηρώντας σταδιακά εικόνες SEM αυξανόμενης μεγέθυνσης και αναπτύσσοντας δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση της μικρο-δομής με την παρατήρηση εικόνων SEM ανθρώπινων τριχών, διεγείροντας το ενδιαφέρον των μαθητών απέναντι στην εκπαιδευτική διαδικασία και την ίδια την επιστήμη.

Βιβλιογραφία

- Basso, A., Chiorri, C., Bracco, F., Carnasciali, M. M., Alloisio, M., & Grotti, M. (2018). Improving the interest of high-school students toward chemistry by crime scene investigation. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(2), 558–566. <https://doi.org/10.1039/c7rp00232g>
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. Ανακτήθηκε στις 26/10/2024 από: https://media.bsccs.org/bsccsmw/5es/bsccs_5e_full_report.pdf
- Chu, F., Anex, D. S., Jones, A. D., & Hart, B. R. (2020). Automated analysis of scanning electron microscopic images for assessment of hair surface damage. *Royal Society Open Science*, 7(1). <https://doi.org/10.1098/rsos.191438>
- Egerton, R. F. (2016). *Physical Principles of Electron Microscopy: An Introduction to TEM, SEM, and AEM* (2^η εκδ.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39877-8>
- Kim, D. H., Oh, S. H., & Chang, B. S. (2024). Effects of excessive bleaching on hair: Comparative analysis of external morphology and internal microstructure. *Applied Microscopy*, 54, 11. <https://doi.org/10.1186/s42649-024-00104-0>
- Rogers, G. E. (2019). Known and unknown features of hair cuticle structure: A brief review. *Cosmetics*, 6(2), 32. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6020032>
- Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering. A Guidebook for Secondary Teachers*. NSTA press. ISBN: 978-1935155072
- Yang, F. C., Zhang, Y., & Rheinstädter, M. C. (2014). The structure of people's hair. *PeerJ*, 2, e619. <https://doi.org/10.7717/peerj.619>