

**Οι πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής σε εκπαιδευτικό υλικό για την
αναπαραγωγή του ανθρώπου που βασίζεται στη μάθηση τριών διαστάσεων**
Σεβαστή Τσαγγάρη, Μιχαήλ Σκουμιός

Περίληψη

Στο Νέο Πλαίσιο για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας των ΗΠΑ προτείνεται η εκπαίδευση των μαθητών να εδράζεται σε τρεις αλληλεξαρτώμενες διαστάσεις: τις πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, τις εγκάρσιες έννοιες των Φυσικών Επιστημών και τις βασικές ιδέες των επιμέρους κλάδων των Φυσικών Επιστημών. Οι πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών, αφού η κατανόηση των ιδεών και εννοιών εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με αυτές τις πρακτικές. Ωστόσο, αποτελέσματα ερευνών καταδεικνύουν μειωμένη παρουσία των πρακτικών στα υπάρχοντα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών. Στην παρούσα εργασία επιδιώκεται η διερεύνηση του επιπέδου στο οποίο συμπεριλαμβάνονται αυτές οι πρακτικές στο περιεχόμενο ενός νέου εκπαιδευτικού υλικού για την αναπαραγωγή στον άνθρωπο που αναπτύχθηκε με βάση τη διδακτική προσέγγιση της μάθησης των τριών διαστάσεων. Εντοπίστηκαν και αναλύθηκαν 35 μονάδες ανάλυσης που περιλαμβάνονται στο νέο εκπαιδευτικό υλικό. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων SEPAR που αξιολογεί το επίπεδο στο οποίο συμπεριλαμβάνεται κάθε πρακτική στο περιεχόμενο του εκπαιδευτικού υλικού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το εκπαιδευτικό υλικό που αναλύθηκε, συντίθεται από δραστηριότητες που συμπεριλαμβάνουν πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής. Προτείνεται αυτό το εκπαιδευτικό υλικό για την αναπαραγωγή στον άνθρωπο να εφαρμοστεί σε μαθητές και να αποτιμηθούν τα μαθησιακά του αποτελέσματα.

Abstract

The US National Research Council's New Framework for Science Education proposes that student education should be based on three interdependent dimensions: science and engineering practices, crosscutting concepts and disciplinary core ideas. Science and engineering practices are important for science learning, since making ideas and concepts more meaningful to students is based on students engaging with these practices. However, research findings show a reduced presence of practices in existing school science textbooks. This paper aims to investigate the extent to which these practices are included in the content of new instructional material on human reproduction developed on the basis of the three-dimensional learning approach. Thirty-five units of analysis included in the new instructional material were identified and analyzed. For the analysis, the SEPAR analysis framework was used, which evaluates the level to which each practice is included in the content of the instructional material. The results showed that the instructional material analyzed consists of activities that include the sciences and engineering practices. It is suggested to apply this instructional material for human reproduction to students and to evaluate its learning outcomes.

Εισαγωγή

Οι έρευνες των τελευταίων δεκαετιών για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) καταδεικνύουν ότι οι συνήθεις μέθοδοι διδασκαλίας που εφαρμόζονται παρουσιάζουν μειωμένη αποτελεσματικότητα (Tekkumru-Kisa & Schunn, 2015). Με στόχο λοιπόν να βελτιωθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών/τριών στις Φ.Ε. προτείνονται σημαντικές αλλαγές τόσο στις διδακτικές προσεγγίσεις όσο και στην ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού (Miller et al., 2021). Στο Νέο Πλαίσιο για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας των ΗΠΑ και στα Πρότυπα των Φυσικών Επιστημών Νέας Γενιάς (Next Generation Science Standards [NGSS]), προτείνεται η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες να εδράζεται σε τρεις αλληλεξαρτώμενες διαστάσεις («μάθηση τριών διαστάσεων»): τις πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (Scientific and Engineering Practices), τις εγκάρσιες έννοιες των Φυσικών Επιστημών (Crosscutting Concepts) και τις βασικές ιδέες των επιμέρους κλάδων των Φυσικών Επιστημών (Disciplinary Core Ideas) (NRC, 2012). Ειδικότερα, αναφέρεται ότι καταλυτικό ρόλο στη μάθηση τω Φ.Ε. διαδραματίζει η εμπλοκή των μαθητών/τριών με τις πρακτικές των Φ.Ε. και της Μηχανικής (NGSS Lead States, 2013). Η διδακτική προσέγγιση της «ιστοριογραμμής Φυσικών Επιστημών Νέας Γενιάς» [Next Generation Science Storylines] (Reiser et al, 2021) βασίζεται στη μάθηση τριών διαστάσεων και απαιτεί

ριζικές αλλαγές στη στοχοθεσία, στην οργάνωση του εκπαιδευτικού υλικού, στη διδασκαλία και την αξιολόγηση των μαθητών (NRC, 2015).

Τα σχολικά εγχειρίδια διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του μαθησιακού περιβάλλοντος (Remillard & Heck, 2014), αποτελώντας το κύριο εργαλείο για τον σχεδιασμό και την οργάνωση της διδασκαλίας από τους εκπαιδευτικούς αλλά και την συνηθέστερη και συχνά μοναδική πηγή γνώσεων για τους μαθητές και τις μαθήτριες (Fricke & Reinisch, 2021). Επίσης, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην επίτευξη των στόχων που τίθενται από τα προγράμματα σπουδών (Alayrasah & Yahya, 2017). Για τον λόγο αυτό έχει πραγματοποιηθεί εκτεταμένη έρευνα που εστιάζει στην ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων (Papakonstantinou & Skoumios, 2021a).

Όπως αναφέρθηκε, στο Νέο Πλαίσιο για την Εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας των ΗΠΑ προτείνεται το εκπαιδευτικό υλικό να εμπλέκει τις τρεις διαστάσεις της μάθησης στις δραστηριότητες που περιλαμβάνονται σε αυτό, μεταξύ των οποίων και οι πρακτικές (NRC, 2012). Η έρευνα ωστόσο που εστιάζει στην ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων των Φυσικών Επιστημών αναφορικά με την εμπλοκή των πρακτικών των Φ.Ε. και της Μηχανικής σε αυτά, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη (Lavery et al., 2017). Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο εκπαιδευτικών ερευνών που εστιάζονται στην ανάλυση εκπαιδευτικού υλικού εξετάζοντας το επίπεδο στο οποίο συμπεριλαμβάνονται οι πρακτικές των Φ.Ε. και της Μηχανικής στο περιεχόμενο ενός νέου εκπαιδευτικού υλικού για την αναπαραγωγή στον άνθρωπο που αναπτύχθηκε με βάση τη διδακτική προσέγγιση της Ιστοριογραφικής Φυσικών Επιστημών Νέας Γενιάς.

Θεωρητικό πλαίσιο

Οι νέες μέθοδοι για τη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) προωθούν τη μάθηση μέσω διαδικασιών που ακολουθούν οι επιστήμονες για την μελέτη του φυσικού κόσμου (Pruitt, 2014), καθιστώντας τους μαθητές ικανούς να εξηγούν τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου και να επιλύουν προβλήματα (Lowell et al., 2020). Αυτές τις ιδέες για τη μάθηση προωθεί το Νέο Πλαίσιο για την Εκπαίδευση στις Φ.Ε. του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας των ΗΠΑ (National Research Council's Framework for K-12 Science Education, 2012), στο οποίο οι πρακτικές των ΦΕ και της μηχανικής αποτελούν θεμέλιο λίθο για την ανάπτυξη των Προτύπων ΦΕ της Νέας Γενιάς (NGSS Lead States, 2013).

Οι πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αναφέρονται στις βασικές πρακτικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες στις έρευνές τους προκειμένου να οικοδομήσουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο αλλά και οι μηχανικοί για να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν συστήματα (NGSS Lead States 2013). Χρησιμοποιείται ο όρος «πρακτικές» αντί για τον όρο «δεξιότητες» προκειμένου να γίνεται αντιληπτό ότι η επιστημονική έρευνα δεν απαιτεί μόνο δεξιότητες αλλά και εξειδικευμένες γνώσεις για κάθε πρακτική (NRC, 2012). Οι πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της μηχανικής, που έχουν προταθεί είναι οι εξής (NRC, 2012): α) υποβολή ερωτήσεων (για τις ΦΕ) και καθορισμός προβλημάτων (για τη μηχανική), β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, στ) συγκρότηση εξηγήσεων (για τις Φ.Ε.) και σχεδίαση λύσεων (για τη μηχανική), ζ) εμπλοκή με επιχειρήματα που βασίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία, η) απόκτηση, αξιολόγηση και επικοινωνία των πληροφοριών. Υποστηρίζεται ότι η κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών από μαθητές/τριες εδράζεται στην εμπλοκή τους με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (NGSS Lead States, 2013)

Η διδακτική προσέγγιση της ιστοριογραφικής Φ.Ε. Νέας Γενιάς [Next Generation Science Storylines] (Reiser et al, 2021) αποτελεί ένα μοντέλο διδασκαλίας βασισμένο στη μάθηση τριών διαστάσεων και στα Πρότυπα των Φ.Ε. Νέας Γενιάς (NGSS Lead States, 2013). Παρέχει τα βασικά στοιχεία για τον σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού και τις στρατηγικές για την εφαρμογή αυτού του υλικού στη διδασκαλία. Μια ενότητα που ακολουθεί το μοντέλο των ιστοριογραμμών αποτελεί μία συνεκτική σειρά μαθημάτων σταδιακής οικοδόμησης της γνώσης μέσα από την μελέτη ενός κεντρικού φαινομένου. Κάθε μάθημα ενσωματώνει τις τρεις διαστάσεις της μάθησης και οι μαθητές χρησιμοποιούν πρακτικές προκειμένου να κατανοήσουν τις βασικές ιδέες και τις εγκάρσιες έννοιες, ώστε να ερμηνεύουν φαινόμενα και να επιλύουν προβλήματα (Achieve, 2016).

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, παρατηρείται μια αυξανόμενη τάση στις έρευνες που εστιάζουν στην ανάλυση σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών (Vojříř & Rusek, 2019). Ωστόσο, η έρευνα που εστιάζει στην ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων για τις Φυσικές Επιστήμες δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην ανάλυση των δομικών στοιχείων των εγχειριδίων στο κειμενικό υλικό και στο απεικονιστικό υλικό που περιλαμβάνεται στα σχολικά εγχειρίδια (Devetak & Vongrinc, 2013).

Επιπλέον, έχουν πραγματοποιηθεί εργασίες που εστιάζουν στην ανάλυση σχολικών εγχειριδίων Φ.Ε. ως προς την εμπλοκή των επιστημονικών και διερευνητικών διαδικασιών στο περιεχόμενό τους (Alayasrah & Yahya, 2017· Aldahmash et al., 2016· Dunne et al., 2013· Wenning, 2007· Yang & Liou, 2016· Yang et al., 2019). Όμως, ιδιαίτερα περιορισμένη είναι η έρευνα που εστιάζει στην ανάλυση σχολικών εγχειριδίων Φ.Ε. αναφορικά με τις τρεις διαστάσεις της μάθησης στο περιεχόμενο των εγχειριδίων, ενώ σε μικρό αριθμό από αυτές τις έρευνες έχουν αναπτυχθεί πλαίσια ανάλυσης εκπαιδευτικού υλικού (Cellitti et al., 2018· Laverty et al., 2016· Parakonstantinou & Skoumios; 2021b· Tekkumru–Kisa et al., 2015).

Προς αυτή την κατεύθυνση, οι Parakonstantinou και Skoumios (2021a) διαμόρφωσαν το πλαίσιο ανάλυσης Science and Engineering Practices Analytic Rubric (SEPAR) και το εφάρμοσαν στο ελληνικό σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής γυμνασίου για τις δυνάμεις. Διαπιστώθηκε ιδιαίτερα περιορισμένη εμπλοκή τόσο κάθε μίας από τις διαστάσεις χωριστά, όσο και των τριών διαστάσεων ταυτόχρονα. Στα ίδια συμπεράσματα κατέληξε και αντίστοιχη εργασία που εστιάστηκε στην ανάλυση του σχολικού εγχειριδίου Βιολογίας Λυκείου για την αναπαραγωγή του ανθρώπου με βάση το πλαίσιο ανάλυσης SEPAR (Τσαγγάρη & Σκουμιός, 2025).

Με βάση τη διδακτική προσέγγιση της ιστοριογραφικής Φ.Ε. Νέας Γενιάς (Reiser et al, 2021), αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για μαθητές της Α΄ τάξης Λυκείου, σχετικά με την αναπαραγωγή στον άνθρωπο. Όμως, πριν την εφαρμογή του σε μαθητές κρίνεται αναγκαία η ανάλυσή του. Αναδύεται επομένως η αναγκαιότητα πραγματοποίησης μιας έρευνας που να εστιάζεται στην ανάλυση αυτού του εκπαιδευτικού υλικού ως προς την εμπλοκή των πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής στο περιεχόμενό του.

Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της παρουσίας των πρακτικών των Φ.Ε. και της Μηχανικής στο περιεχόμενο του νέου εκπαιδευτικού υλικού για την αναπαραγωγή στον άνθρωπο της Α΄ τάξης του Λυκείου που βασίστηκε στη μάθηση των τριών διαστάσεων και ειδικότερα στη διδακτική προσέγγιση της ιστοριογραφικής Φ.Ε. Νέας Γενιάς.

Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα έρευνα στοχεύει στην απάντηση του παρακάτω ερευνητικού ερωτήματος: Ποιο είναι το επίπεδο στο οποίο συμπεριλαμβάνονται οι πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής στο περιεχόμενο ενός νέου εκπαιδευτικού υλικού για την αναπαραγωγή στον άνθρωπο που αναπτύχθηκε με βάση τη μάθηση των τριών διαστάσεων και συγκεκριμένα με τη διδακτική προσέγγιση της ιστοριογραφικής Φυσικών Επιστημών Νέας Γενιάς;

Μεθοδολογία

Ερευνητικός σχεδιασμός

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία είναι η ανάλυση περιεχομένου (Krippendorff, 2013). Η έρευνα οργανώθηκε σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο αναγνωρίστηκαν οι δραστηριότητες που αποτελούν τις μονάδες ανάλυσης και περιλαμβάνονται στο νέο εκπαιδευτικό υλικό για την αναπαραγωγή στον άνθρωπο. Στο δεύτερο στάδιο, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των δραστηριοτήτων και στη συνέχεια έγινε επεξεργασία των δεδομένων και εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Το νέο εκπαιδευτικό υλικό για την αναπαραγωγή του ανθρώπου

Το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε βασίστηκε στα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα για την αναπαραγωγή του ανθρώπου, τα οποία έχουν οριστεί από τα Πρότυπα των Φυσικών Επιστημών της Επόμενης Γενιάς (NGSS). Η διάρθρωση του νέου εκπαιδευτικού υλικού βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση της ιστοριογραφικής Φ.Ε. Νέας Γενιάς (Reiser et al, 2021) και περιλαμβάνει τα παρακάτω 10 μαθήματα:

- 1^ο Μάθημα: Εισαγωγή στο φαινόμενο «άγκυρα»: «Όμοιοι ή διαφορετικοί; Εξερευνώντας το μυστήριο των διδύμων»
- 2^ο Μάθημα: Τρόποι αναπαραγωγής - Πως αναπαράγεται ο άνθρωπος
- 3^ο Μάθημα: Τι είναι τα γονίδια και τα χρωμοσώματα -Η ποικιλομορφία στους αμφιγονικά αναπαραγόμενους οργανισμούς
- 4^ο Μάθημα: Παραγωγή ωαρίων – σπερματοζωαρίων. Αναπαραγωγικό σύστημα στον άνθρωπο.
- 5^ο Μάθημα: Εμμηνορρυσιακός κύκλος
- 6^ο Μάθημα: Γονιμοποίηση – Ανάπτυξη εμβρύου
- 7^ο Μάθημα: Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του εμβρύου
- 8^ο Μάθημα: Συνδέοντας τα κομμάτια: Εξήγηση δημιουργίας διδύμων
- 9^ο Μάθημα: Προβληματισμός – δευτερεύον φαινόμενο: Αυξημένα ποσοστά διδύμων- Εξωσωματική γονιμοποίηση - Αιτίες υπογονιμότητας
- 10^ο Μάθημα: Μη προγραμματισμένες εγκυμοσύνες, ΣΜΝ και Αντισύλληψη: πως σχετίζονται με την αύξηση των διδύμων – Τελική ερμηνεία δευτερεύοντος φαινομένου

Δείγμα και μονάδα ανάλυσης

Το νέο εκπαιδευτικό υλικό για την αναπαραγωγή στον άνθρωπο που αναπτύχθηκε με βάση την διδακτική προσέγγιση της Ιστοριογραφικής Φυσικών Επιστημών Νέας Γενιάς, για τη διδασκαλία της Βιολογίας σε μαθητές και μαθήτριες ηλικίας 15 χρονών, αναλύθηκε ως προς τις πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής.

Ως μονάδα ανάλυσης καθορίστηκε κάθε εννοιολογικά ολοκληρωμένη θεματική ενότητα η οποία έχει καθορισμένη αρχή και τέλος και μπορεί να διαχωριστεί από τις υπόλοιπες μονάδες ανάλυσης καθώς εμφανίζει μια σχετική ανεξαρτησία ως προς το περιεχόμενό της. Μια μονάδα ανάλυσης μπορεί να περιλαμβάνει ένα κείμενο που παρέχει πληροφορίες ή περιγράφει διαδικασίες και φαινόμενα, ένα πρόβλημα, μια ερώτηση, μια εργασία ή μια πειραματική διαδικασία στο εκπαιδευτικό υλικό. Η μονάδα ανάλυσης περιλαμβάνει τόσο τα κείμενα όσο και τους πίνακες και τις σχηματικές αναπαραστάσεις (Parakonstantinou & Skoumios, 2021a).

Το δείγμα που αναλύθηκε κατά την ερευνητική διαδικασία περιλάμβανε όλες τις μονάδες ανάλυσης που περιλαμβάνονται στο νέο εκπαιδευτικό υλικό. Εντοπίστηκαν και αναλύθηκαν συνολικά 35 μονάδες ανάλυσης.

Πλαίσιο ανάλυσης

Η ανάλυση περιεχομένου πραγματοποιήθηκε με το πλαίσιο ανάλυσης Science and Engineering Practices Analytic Rubric (SEPAR) το οποίο αποτελεί μια κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων τεσσάρων επιπέδων που αξιολογεί το επίπεδο στο οποίο συμπεριλαμβάνεται κάθε πρακτική στο περιεχόμενο του εκπαιδευτικού υλικού (Parakonstantinou & Skoumios, 2021a). Όταν μια δραστηριότητα δεν παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλακούν με μια πρακτική τότε εντάσσεται στο επίπεδο 0. Τα υπόλοιπα επίπεδα (1, 2 και 3) διαφοροποιούνται ανάλογα με τις πρωτοβουλίες που δίνονται στους μαθητές για την χρήση αυτών των πρακτικών. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται το τμήμα του πλαισίου SEPAR που αφορά στις πρακτικές της ανάπτυξης και χρήσης μοντέλων και της συγκρότησης εξηγήσεων και σχεδίασης λύσεων.

Πίνακας 1. Το τμήμα του πλαισίου SEPAR για την ανάπτυξη και χρήση μοντέλων και για τη συγκρότηση εξηγήσεων και σχεδίαση λύσεων (Parakonstantinou & Skoumios, 2021a)

Πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων	Το εκπαιδευτικό υλικό δεν παρέχει ευκαιρίες στους	Το εκπαιδευτικό υλικό παρέχει ευκαιρίες στους	Το εκπαιδευτικό υλικό παρέχει ευκαιρίες στους	Το εκπαιδευτικό υλικό παρέχει ευκαιρίες στους

	<p>μαθητές να δημιουργήσουν ή να χρησιμοποιήσουν μοντέλα.</p>	<p>μαθητές να δημιουργήσουν ή να χρησιμοποιήσουν μοντέλα. Δεν αποσαφηνίζεται αν τα μοντέλα πρέπει να εστιάζονται στην περιγραφή των φυσικών φαινομένων ή στην πρόβλεψη και την εξήγηση του φυσικού κόσμου. Δεν αποσαφηνίζεται αν πρέπει να αξιολογηθούν τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί του μοντέλου.</p>	<p>μαθητές να δημιουργήσουν ή να χρησιμοποιήσουν μοντέλα που εστιάζονται στην πρόβλεψη ή την εξήγηση του φυσικού κόσμου. Δεν αποσαφηνίζεται αν πρέπει να αξιολογηθούν τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί του μοντέλου που θα δημιουργήσουν ή θα χρησιμοποιήσουν.</p>	<p>μαθητές να δημιουργήσουν ή να χρησιμοποιήσουν μοντέλα που εστιάζονται στην πρόβλεψη ή την εξήγηση του φυσικού κόσμου. Αποσαφηνίζεται ότι πρέπει να αξιολογηθούν τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί του μοντέλου που θα δημιουργήσουν ή θα χρησιμοποιήσουν.</p>
<p>Συγκρότηση εξηγήσεων και σχεδίαση λύσεων</p>	<p>Το εκπαιδευτικό υλικό δεν παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να συγκροτούν επιστημονικές εξηγήσεις (που να αναφέρονται στο πώς ή το γιατί συμβαίνει ένα φαινόμενο) ή να σχεδιάζουν λύσεις σε προβλήματα.</p>	<p>Το εκπαιδευτικό υλικό παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να συγκροτούν επιστημονικές εξηγήσεις (που να αναφέρονται στο πώς ή το γιατί συμβαίνει ένα φαινόμενο) χωρίς να τους παρακινεί να χρησιμοποιήσουν κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς ή να σχεδιάζουν λύσεις σε προβλήματα, χωρίς να εφαρμόζουν επιστημονικές ιδέες και χωρίς να επινοούν και συγκρίνουν πολλαπλές λύσεις σε ένα πρόβλημα.</p>	<p>Το εκπαιδευτικό υλικό παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να συγκροτούν επιστημονικές εξηγήσεις παρακινώντας τους να χρησιμοποιούν κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη των εξηγήσεων ή να σχεδιάζουν λύσεις σε προβλήματα εφαρμόζοντας επιστημονικές ιδέες χωρίς όμως να επινοούν και συγκρίνουν πολλαπλές λύσεις σε ένα πρόβλημα που βασίζονται στο πόσο καλά αυτές σχετίζονται με τα κριτήρια και τους περιορισμούς της σχεδίασης της λύσης.</p>	<p>Το εκπαιδευτικό υλικό παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να συγκροτούν επιστημονικές εξηγήσεις παρακινώντας τους να χρησιμοποιούν κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς για την υποστήριξη των εξηγήσεων ή να σχεδιάζουν λύσεις σε προβλήματα εφαρμόζοντας επιστημονικές ιδέες δημιουργώντας και συγκρίνοντας πολλαπλές λύσεις σε ένα πρόβλημα που βασίζονται στο πόσο καλά αυτές σχετίζονται με τα κριτήρια και τους περιορισμούς της σχεδίασης της λύσης.</p>

Ανάλυση δεδομένων

Οι μονάδες ανάλυσης αναλύθηκαν ως προς την παρουσία κάθε μίας από τις οκτώ πρακτικές των Φ.Ε. και της Μηχανικής. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών

οι οποίοι εργάσθηκαν ανεξάρτητα. Ο συντελεστής k του Cohen για τις οκτώ πρακτικές ήταν πάνω από το 0,8. Οι διαφωνίες ανάμεσα στους ερευνητές επιλύθηκαν μέσω συζήτησης. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιπέδων των πρακτικών που περιλαμβάνονται στις δραστηριότητες που αναλύθηκαν.

Ακολουθεί η παρουσίαση δύο παραδειγμάτων (μονάδων ανάλυσης) από το νέο εκπαιδευτικό υλικό με την ανάλυσή τους.

Δραστηριότητα 1

Χρησιμοποιώντας το tablet ή το κινητό σας ακολουθήστε τον παρακάτω σύνδεσμο <https://learn.genetics.utah.edu/content/basics/reproduction/>, κάντε κλικ σε 2 οργανισμούς της εικόνας και αξιοποιώντας τα δεδομένα που σας δίνονται και τα μοντέλα που σας δόθηκαν στις προηγούμενες πηγές, επιλέξτε τον τρόπο ή τους τρόπους αναπαραγωγής τους. Συζητήστε με τα άλλα μέλη της ομάδας σας αν συμφωνείτε στην επιλογή που κάνατε. Αν διαφωνείτε, στηρίξτε την επιλογή σας αξιολογώντας με επιχειρήματα την επιλογή των συμμαθητών/τριών σας.

Καταγράψτε τους οργανισμούς που επιλέξατε και το είδος της αναπαραγωγής που τους αποδώσατε τελικά. Καταγράψτε στον παρακάτω πίνακα τα δεδομένα που σας οδήγησαν στην επιλογή σας.

1 ^{ος} οργανισμός	2 ^{ος} οργανισμός
----------------------------	----------------------------

Εξηγήστε τον συλλογισμό που σας οδήγησε στη συγκεκριμένη επιλογή, αναφέροντας και γιατί απορρίψατε την άλλη επιλογή, αν την απορρίψατε. Παρουσιάστε τα επιχειρήματά σας βασίζοντάς τα σε επιστημονικά δεδομένα και στα μοντέλα που παρουσιάστηκαν σε όλες τις προηγούμενες πηγές που σας δόθηκαν.

Ανάλυση δραστηριότητας 1

Στην παραπάνω δραστηριότητα υπεισέρχονται:

1) η πρακτική που σχετίζεται με την ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, σε επίπεδο 2, αφού οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν μοντέλα που εστιάζονται στην πρόβλεψη ή την εξήγηση του φυσικού κόσμου χωρίς όμως να αποσαφηνίζεται αν πρέπει να αξιολογήσουν τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς του μοντέλου που θα χρησιμοποιήσουν.

2) η πρακτική που σχετίζεται με την ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, σε επίπεδο 2 αφού οι μαθητές καλούνται να εργαστούν με οργάνωση ή ομαδοποίηση δεδομένων σε πίνακα ή γράφημα ώστε να οδηγηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων από τα δεδομένα μέσω της αναγνώρισης τάσεων και σχέσεων στο φυσικό κόσμο.

3) η πρακτική που σχετίζεται με την συγκρότηση εξηγήσεων, σε επίπεδο 3, αφού οι μαθητές πρέπει να συγκροτήσουν μια επιστημονική εξήγηση παρακινούμενοι να χρησιμοποιήσουν κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς για την υποστήριξη των εξηγήσεων.

4) η πρακτική που σχετίζεται με την εμπλοκή με επιχειρήματα που βασίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία, σε επίπεδο 3, αφού οι μαθητές καλούνται να εμπλακούν σε επιχειρηματολογία που αφήνεται να καθοδηγηθεί από τους ίδιους, εμπλέκοντας στο λόγο τους αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς και κρίσεις πάνω στα αντιτιθέμενα επιχειρήματα μέσω των οποίων θα υποστηρίξουν και θα αμφισβητήσουν τις ιδέες τις δικές τους και των άλλων.

5) η πρακτική της απόκτησης, αξιολόγησης και επικοινωνίας των πληροφοριών, σε επίπεδο 2, αφού οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν και να αξιολογήσουν «πρόσθετα» κείμενα ώστε να αποκτήσουν επιστημονικές πληροφορίες, χωρίς ωστόσο να συγκρίνουν ή να συνδυάσουν πληροφορίες από πολλαπλά κείμενα εξετάζοντας την αξιοπιστία των πληροφοριών και των πηγών τους.

Δραστηριότητα 2

Θα παρακολουθήσετε ένα βίντεο (Understanding The Female Reproductive System - Free Animated Education: <https://www.youtube.com/watch?v=2NjzlvAV1lc>) για το θηλυκό αναπαραγωγικό σύστημα.

Κρατήστε σημειώσεις στον παρακάτω πίνακα με όλες τις πληροφορίες που μπορείτε να αντλήσετε από το βίντεο οι οποίες θεωρείτε ότι μπορούν να παρέχουν στοιχεία για το πως συμμετέχουν τα όργανα του συστήματος στη δημιουργία απογόνων. Καταγράψτε κάθε λεπτομέρεια για τη δομή και τη λειτουργία κάθε οργάνου που θα μπορούσε να φανεί χρήσιμη. Καταγράψτε οποιαδήποτε ερώτηση θεωρείτε ότι θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω.

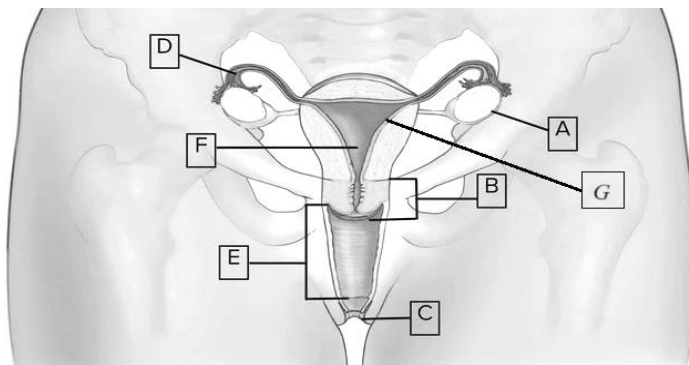
Ανάγνωση κειμένου

Σας έχει δοθεί ένα φύλο ανάγνωσης, με επιστημονικό άρθρο σχετικά με το θηλυκό αναπαραγωγικό σύστημα. Διαβάστε προσεκτικά το άρθρο εστιάζοντας στις πληροφορίες που θα σας βοηθήσουν να κατανοήσετε καλύτερα την δομή και το ρόλο του.

Κατανόηση

Με το tablet ή το κινητό σας συνδεθείτε στη σελίδα <https://human.biodigital.com/> → EXPLORE → Anatomy by systems και γράψτε στην αναζήτηση female reproductive system. Πατήστε στο πρώτο εικονίδιο που γράφει male reproductive system και εξερευνήστε τα όργανα που βλέπετε. Πατώντας πάνω σε κάθε όργανο μπορείτε να μεγεθύνετε, να περιστρέψετε ή να πατήσετε το i στην λεζάντα που ανοίγει για να διαβάσετε λεπτομέρειες για τη δομή και τη λειτουργία του. Μπορείτε με την ίδια διαδικασία να επιλέξετε από το εικονίδιο EXPLORE → Cross section and microanatomy και ακολουθώντας την ίδια διαδικασία να ανοίξετε το θηλυκό αναπαραγωγικό σύστημα σε τομή.

Αφού εξοικειωθείτε με τη θέση των οργάνων, ονομάστε στο παρακάτω σχήμα τα όργανα του αναπαραγωγικού συστήματος. Με βέλη απεικονίστε την πορεία των ωαρίων από το όργανο παραγωγής τους μέχρι την έξοδό τους από το σώμα αν δεν γονιμοποιηθούν. Ταυτόχρονα με βέλη δείξτε την πορεία των σπερματοζωαρίων που απελευθερώνονται κατά την σεξουαλική επαφή στο σώμα της γυναίκας, μέχρι τη συνάντησή τους με το ωάριο. Συγκρίνετε το μοντέλο σας με το αρχικό. Ποια στοιχεία προσθέσατε ή/και ποια στοιχεία αναθεωρήσατε στο τελικό σας μοντέλο;



Υπάρχει ένα σημαντικό όργανο που συναντάται σε ένα από τα δύο αναπαραγωγικά συστήματα και επιτελεί μια λειτουργία απαραίτητη για την απόκτηση απογόνων που επιτελεί μόνο το ένα από τα δύο φύλα. Αναζητείστε στοιχεία από το σύνολο των πηγών που σας δόθηκαν και εξηγήστε ποιο όργανο είναι αυτό και ποια λειτουργία επιτελεί. Ποιοι είναι οι βασικοί επιμέρους ιστοί που το αποτελούν;

Συγκρίνετε τις απαντήσεις σας με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας σας και παρουσιάστε με επιχειρήματα την επιλογή σας. Αν διαφωνείτε στις απαντήσεις σας επιχειρηματολογήστε γιατί θεωρείτε λανθασμένες τις άλλες επιλογές.

Ανάλυση δραστηριότητας 2

Στη συγκεκριμένη μονάδα ανάλυσης υπεισέρχονται:

1) η πρακτική που σχετίζεται με την υποβολή ερωτήσεων, σε επίπεδο 2, αφού οι μαθητές καλούνται να υποβάλουν ερωτήσεις που να είναι επιστημονικές χωρίς ωστόσο να πρέπει να αξιολογήσουν τα όρια και τους περιορισμούς των ερωτήσεων που θα υποβάλλουν.

2) η πρακτική που σχετίζεται με την ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, σε επίπεδο 3, αφού οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν και να σχεδιάσουν μοντέλα που εστιάζονται στην πρόβλεψη ή την εξήγηση του φυσικού κόσμου αξιολογώντας και τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς του μοντέλου που θα χρησιμοποιήσουν και θα σχεδιάσουν.

3) η πρακτική που σχετίζεται με την συγκρότηση εξηγήσεων, σε επίπεδο 2, αφού οι μαθητές πρέπει να συγκροτήσουν μια επιστημονική εξήγηση παρακινούμενοι να χρησιμοποιήσουν κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία αλλά όχι συλλογισμούς, για την υποστήριξη των εξηγήσεων.

4) η πρακτική που σχετίζεται με την εμπλοκή με επιχειρήματα που βασίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία, σε επίπεδο 3, αφού οι μαθητές καλούνται να εμπλακούν σε επιχειρηματολογία που αφήνεται να καθοδηγηθεί από τους ίδιους εμπλεκόμενους στον λόγο τους αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς και κρίσεις πάνω στα αντιτιθέμενα επιχειρήματα μέσω των οποίων να υποστηρίζουν και να αμφισβητούν τις ιδέες τις δικές τους και των άλλων.

5) η πρακτική της απόκτησης, αξιολόγησης και επικοινωνίας των πληροφοριών, σε επίπεδο 2, αφού οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν και να αξιολογήσουν «πρόσθετα» κείμενα ώστε να αποκτήσουν επιστημονικές πληροφορίες, χωρίς ωστόσο να συγκρίνουν ή να συνδυάσουν πληροφορίες από πολλαπλά κείμενα εξετάζοντας την αξιοπιστία των πληροφοριών και των πηγών τους.

Αποτελέσματα

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιπέδων των πρακτικών των Φ.Ε. και της Μηχανικής που εμπλέκονται στις 35 μονάδες ανάλυσης.

Πίνακας 2. Συχνότητες και ποσοστά των επιπέδων των πρακτικών των Φ.Ε. και της Μηχανικής στο περιεχόμενο του νέου εκπαιδευτικού υλικού για την αναπαραγωγή στον άνθρωπο.

Πρακτικές των Φ.Ε. και της Μηχανικής	Επίπεδο 0		Επίπεδα 1,2,3	
	f	%	f	%
Υποβολή ερωτήσεων και καθορισμός προβλημάτων	19	54	16	46
Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων	5	14,2	30	85,8
Σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων	29	82,8	6	17,2
Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων	20	57	15	43
Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης	31	88,6	4	11,4
Συγκρότηση εξηγήσεων και σχεδίαση λύσεων	3	8,6	32	91,4
Ενασχόληση με επιχειρήματα που βασίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία	20	57	15	43
Απόκτηση, αξιολόγηση και επικοινωνία πληροφοριών	10	28,6	25	71,4

Προκύπτει ότι στις μονάδες ανάλυσης υπεισέρχονται σε ικανοποιητικά ποσοστά και σε υψηλό επίπεδο σχεδόν όλες οι πρακτικές, χωρίς να απουσιάζει από το υλικό καμία επιμέρους πρακτική.

Συζήτηση και συμπεράσματα

Η εμπλοκή των μαθητών με τις πρακτικές των Φ.Ε. και της Μηχανικής αποτελεί αναγκαία παράμετρο για την αποτελεσματικότητα της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, σύμφωνα με το νέο πλαίσιο για την εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών του Εθνικού Συμβουλίου έρευνας των ΗΠΑ (NRC, 2012). Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνήσει την συμπεριληψη των πρακτικών στο περιεχόμενο ενός νέου εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της Βιολογίας στην Α' Λυκείου, για την αναπαραγωγή στον άνθρωπο.

Από την ανάλυση του νέου εκπαιδευτικού υλικού προέκυψε ότι παρέχει επαρκείς ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλακούν με τις πρακτικές των Φ.Ε και της Μηχανικής. Ειδικότερα, σε όλες τις μονάδες ανάλυσης του νέου υλικού, υπεισέρχονται τουλάχιστον τρεις πρακτικές και κάθε μία από τις πρακτικές υπεισέρχεται σε περισσότερες από μια μονάδες ανάλυσης. Επιπλέον, σχεδόν όλες οι πρακτικές εμφανίζονται σε υψηλό

επίπεδο, παρέχοντας στους μαθητές και στις μαθήτριες ευκαιρίες όχι μόνο να χρησιμοποιήσουν πρακτικές αλλά και να αναλάβουν πρωτοβουλίες κατά τη χρήση αυτών των πρακτικών.

Η ανάλυση του υπάρχοντος εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία της αναπαραγωγής του ανθρώπου στην Α' τάξη Λυκείου στην Ελλάδα, η οποία πραγματοποιήθηκε σε προηγούμενη εργασία έδειξε ιδιαίτερα περιορισμένη παρουσία των πρακτικών στις μονάδες ανάλυσης (Τσαγγάρη & Σκουμιός, 2025). Όμως, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι η εμπλοκή των μαθητών/τριών με πρακτικές κατά τη μαθησιακή διαδικασία αυξάνει το ενδιαφέρον τους, διεγείρει την περιέργειά τους και βελτιώνει τα μαθησιακά αποτελέσματα αναφορικά με τις τρεις διαστάσεις της μάθησης (Alé et al., 2025· Grooms et al., 2018).

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε ανάλυση του νέου εκπαιδευτικού υλικού που αφορά στην αναπαραγωγή του ανθρώπου, που αποτελεί μόνο ένα μέρος από το αναλυτικό πρόγραμμα της Βιολογίας Α' λυκείου. Επιπρόσθετα, η εργασία επικεντρώθηκε μόνο στην ανάλυση του νέου εκπαιδευτικού υλικού και όχι στην εφαρμογή του στο σχολικό πλαίσιο.

Προτείνεται να εφαρμοστεί το νέο εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε για την αναπαραγωγή του ανθρώπου σε μαθητές και να μελετηθεί η επίδραση της εφαρμογής του τόσο στην ενεργητική συμμετοχή των μαθητών/τριών όσο και στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που αφορούν στις τρεις διαστάσεις της μάθησης.

Βιβλιογραφία

- Τσαγγάρη, Σ. & Σκουμιός, Μ. (2025). Οι πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής στο Σχολικό Εγχειρίδιο Βιολογίας της Α' Λυκείου για την Αναπαραγωγή στον Άνθρωπο. Στο Α. Σοφιανίδης, Α. Παπανικολάου, Α. Ζουπίδης, Α. Αμπράζης & Π. Παπαδοπούλου (Επιμ.), *Πρακτικά Συνόψεων του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών και Ερευνητριών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 53–56). Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. <https://synedrio2024.enepnet.gr/synopsis/>
- Achieve (2016, September). *EQulP rubric for lessons and units: Science*. NGSS. <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/EQulPRubricforSciencev3.pdf>
- Alayasrah, M.N. & Yahyaa, S.M. (2017). The Analysis of the Science Textbooks for the First Three Grades in the Primary Education in Jordan in the Domain of Science Process Skills. *Review of European Studies*, 9(4), 68-82. DOI: 10.5539/res.v9n4p68
- Aldahmash, A.H., Alshaya, F.S., & Asiri, A. (2012). Secondary School Students' Alternative Conceptions about Genetics. *The Electronic Journal of Science Education*, 16 (1). <https://doi.org/10.1187/cbe.18-01-0014>
- Alé, J., Ávalos, B., & Araya, R. (2025). Scientific practices for understanding, applying and creating with artificial intelligence in K-12 education: A scoping review. *Review of Education*, 13, e70098. <https://doi.org/10.1002/rev3.70098>
- Cellitti, J., Likely, R., Moy, M. K., & Wright, C. G. (2018). *A Content Analysis of NGSS Science and Engineering Practices in K-5 Curricula*. Paper presented at 2018 ASEE Annual Conference and Exposition. <https://peer.asee.org/29667>
- Devetak, I., & Vogrinc, J. (2013). The criteria for evaluating the quality of the science textbooks. In M.S. Khine (Ed.). *Critical analysis of science textbooks: Evaluating instructional effectiveness* (pp. 3-15). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4168-3_1
- Dunne, J., Mahdi, A. E., & O' Reilly, J. (2013). Investigating the potential of Irish primary school textbooks in supporting inquiry-based science education (IBSE). *International Journal of Science Education*, 35(9), 1513-1532. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.779047>
- Duschl, R.A., Bybee, R.W. (2014) Planning and carrying out investigations: an entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. *International Journal of STEM Education*, 1(12). <https://doi.org/10.1186/s40594-014-0012-6>
- Fricke, K., Reinisch, B. (2023). Evaluation of Nature of Science Representations in Biology School Textbooks Based on a Differentiated Family Resemblance Approach. *Science & Education*, 32, 1583–1611. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00444-5>

- Grooms, J., Sampson, V., & Enderle, P. (2018). How concept familiarity and experience with scientific argumentation are related to the way groups participate in an episode of argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(9), 1264-1286. <https://doi.org/10.1002/tea.21451>
- Krajcik, J. (2015). Project-Based Science: Engaging Students in Three-Dimensional Learning. *The Science Teacher*, 82(1), 25–27. https://doi.org/10.2505/4/tst15_082_01_25
- Krippendorff, K. (2013). *Content analysis. An introduction to its methodology* (3rd ed.). Sage Publications.
- Laverty, J.T., Underwood, S.M., Matz, R.L., Posey, L.A., Carmel, J.H., Caballero, M.D., Fata-Hartley, C.L., Ebert-May, D., Jardeleza, S.E., & Cooper, M.M. (2016). Characterizing College Science Assessments: The Three-Dimensional Learning Assessment Protocol. *PLOS ONE*, 11(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162333>
- Lowell, B. R., & McNeill, K. L. (2020). Using the student hat to push on multiple goals in teacher professional learning. In M. Gresalfi & I. S. Horn (Eds.), *The Interdisciplinarity of the Learning Sciences*. In *14th International Conference of the Learning Sciences (ICLS)*. At Nashville, TN
- Miller, E.C., Severance, S. & Krajcik, J. (2021). Motivating Teaching, Sustaining Change in Practice: Design Principles for Teacher Learning in Project-Based Learning Contexts. *Journal of Science Teacher Education*, 32(7), 757-779. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1864099>
- National Research Council (NRC) (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- National Research Council (NRC) (2015). *Guide to implementing the Next Generation Science Standards*. Washington, DC: National Academies Press.
- Next Generation Science Standards (NGSS) Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>.
- Papakonstantinou, M., & Skoumios, M. (2021a). Science and engineering practices in the content of Greek middle school physics textbooks about forces and motion. *Journal of Technology and Science Education*, 11(2), 457-473. <https://doi.org/10.3926/jotse.1286>
- Papakonstantinou, M., & Skoumios, M. (2021b). Analysis of Greek 2nd Grade Middle-school Science Textbooks about Forces and Motion from the Perspective of Three-dimensional Learning, *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(12), em2039. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11309>
- Pruitt, S.L. (2014). The Next Generation Science Standards: The Features and Challenges. *J Sci Teacher Educ*, 25, 145–156. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9385-0>
- Reiser, B. J., Novak, M., McGill, T. A. W., Penuel, W. R. (2021) *Storyline Units: An Instructional Model to Support Coherence from the Students' Perspective*. *Journal of Science Teacher Education*, 32(7), 805-829. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.1884784>
- Remillard, J. T., & Heck, D. J. (2014). Conceptualizing the curriculum enactment process in mathematics education. *ZDM Mathematics Education*, 46(5), 705–718. <https://doi.org/10.1007/s11858-014-0600-4>
- Roseman, J. E., Linn, M. C., & Koppal, M. (2008). Characterizing curriculum coherence. In Y. Kali, M. C. Linn, & J. E. Roseman, (Eds.), *Designing coherent science education*. Teachers College Press.
- Tekumru-Kisa, M., Stein, M.K. and Schunn, C. (2015), A framework for analyzing cognitive demand and content-practices integration: Task analysis guide in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 52, 659-685. <https://doi.org/10.1002/tea.21208>
- Vojíř K. & Rusek M. (2019). Science education textbook research trends: a systematic literature review, *International Journal of Science Education*, 41(11), 1496-1516. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1613584>
- Wenning, C. J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *Journal of Physics Teacher Education Online* 4 (2), 21-24.
- Yang, W., & Liu., E. (2016). Development and validation of an instrument for evaluating inquiry-based tasks in science textbooks. *International Journal of Science Education*, 38(18), 2688-2711. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1258499>
- Yang, W., Liu, C., & Liu., E. (2019). Content analysis of inquiry-based tasks in high school biology textbooks in Mainland China. *International Journal of Science Education*, 41(6), 827-845. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1584418>