

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

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

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

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

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

synedrio2025.enepht.gr

Εναλλακτικές Αντιλήψεις Μαθητών στις Ιοντίζουσες και Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Μαρία Σταυρούλα Μπελίτσου, Παύλος Γκαϊντατζής, Αναστάσιος Μολοχίδης

doi: [10.12681/codiste.9980](https://doi.org/10.12681/codiste.9980)

Εναλλακτικές Αντιλήψεις Μαθητών στις Ιοντίζουσες και Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Μαρία Σταυρούλα Μπελίτσου¹, Παύλος Γκαϊντατζής²
και Αναστάσιος Μολοχίδης³

¹Υποψήφια Διδάκτορας, ²Υποψήφιος Διδάκτορας, ³Αναπληρωτής Καθηγητής,

^{1,3}Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,

²Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση,

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

¹maria.st.bel@gmail.com

Περίληψη

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση εξετάζει τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών που επηρεάζουν την κατανόησή τους, σχετικά με τις ιοντίζουσες και τις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Μέσω της μεθοδολογίας PRISMA, η μελέτη συγκεντρώνει δεδομένα από επιστημονικά άρθρα, εστιάζοντας στα κύρια μοτίβα των εναλλακτικών αντιλήψεων και στις μεθόδους έρευνάς τους. Η ανάλυση δείχνει ότι πολλοί μαθητές δυσκολεύονται να διακρίνουν μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών ακτινοβολίας καθώς και μεταξύ του κινδύνου και του οφέλους που προκύπτουν από τη χρήση τους. Συμπερασματικά, η διερεύνηση αυτών των αντιλήψεων είναι σημαντική στην κατανόηση των ακτινοβολιών αλλά και της στάσης των μαθητών απέναντι στις ακτινοβολίες.

Λέξεις κλειδιά: Εναλλακτικές Αντιλήψεις, Ιοντίζουσες και Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες, Ραδιενέργεια

Students' Misconceptions about Ionizing and Non-Ionizing Radiation: A Literature Review

Maria Stavroula Belitsou¹, Pavlos Gaintatzis² and Anastasios Molohidis³

¹PhD Candidate, ²PhD Candidate, ³Associate Professor,

^{1,3}Laboratory of Didactics of Physics and Educational Technology,

Department of Physics, Aristotle University of Thessaloniki,

²Laboratory of Virtual Reality Applications in Education,

Pedagogical Department of Elementary Education, University of Ioannina

¹maria.st.bel@gmail.com

Abstract

This literature review examines students' misconceptions that affect their understanding regarding ionizing and non-ionizing radiation. Using the PRISMA methodology, the study compiles data from scientific articles, focusing on the main patterns of these perceptions and the research methods used to investigate them. The analysis indicates that many students struggle to distinguish between different categories of radiation as well as between the risks and benefits stemming from their use. In conclusion, investigating these misconceptions is essential for understanding students' thinking and attitudes toward radiation.

Keywords: Ionizing and Non-Ionizing Radiation, Misconceptions, Radioactivity

Εισαγωγή

Η κατανόηση της φύσης των ιοντίζουσών και μη ιοντίζουσών ακτινοβολιών αποτελεί ένα κρίσιμο πεδίο της επιστήμης, ιδιαίτερα στον τομέα της φυσικής και των εφαρμογών της. Παρά τη σημαντική πρόοδο στην επιστημονική έρευνα, πολλοί μαθητές εξακολουθούν να διατηρούν εναλλακτικές αντιλήψεις και παρανοήσεις σχετικά με τις έννοιες αυτές (Plotz & Hopf, 2016). Οι αντιλήψεις αυτές επηρεάζουν αρνητικά την κατανόηση της επιστημονικής γνώσης και τη λήψη αποφάσεων που σχετίζονται με θέματα ακτινοβολίας (Rodrigues et al., 2024).

Το θέμα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς η καθημερινή έκθεση των ανθρώπων σε ακτινοβολίες, όπως αυτές από φυσικές πηγές, ιατρικές εξετάσεις και τεχνολογικές εφαρμογές, απαιτεί βασικές γνώσεις για να αποφευχθεί ο φόβος ή η υπερβολική ανησυχία (Rodrigues et al., 2024). Ιδιαίτερα για μαθητές που η κατεύθυνση των σπουδών τους αφορά τον τομέα της υγείας, η αντιμετώπιση των εναλλακτικών αντιλήψεων όχι μόνο ενισχύει την κατανόησή τους αλλά και εξασφαλίζει τη σωστή εφαρμογή της γνώσης τους στην πράξη, με απώτερο στόχο την ασφάλεια των ασθενών, αλλά και των ιδίων και την αποδοτική χρήση της τεχνολογίας.

Η έννοια των εναλλακτικών αντιλήψεων προέρχεται από τη θεωρία του εποικοδομισμού (Χαλκιά, 2012) η οποία υποστηρίζει ότι οι μαθητές διαμορφώνουν τη γνώση τους μέσω των προσωπικών εμπειριών και της αλληλεπίδρασής τους με το περιβάλλον. Οι αντιλήψεις αυτές είναι συχνά ανθεκτικές και δύσκολα αλλάζουν (Taber, 2024), πόσο μάλλον όταν οι μαθητές υποβάλλονται σε συμβατικές διδακτικές μεθόδους. Στο πλαίσιο της εννοιολογικής κατανόησης της Φυσικής, η κατανόηση των ακτινοβολιών απαιτεί αφηρημένη σκέψη και σύνθεση πολλαπλών εννοιών, γεγονός που καθιστά την διδασκαλία της ιδιαίτερα απαιτητική.

Συνεπώς, η παρούσα ανασκόπηση αποσκοπεί στην απάντηση ενός βασικού ερευνητικού ερωτήματος: ποιες είναι οι κύριες εναλλακτικές αντιλήψεις που διαμορφώνουν οι μαθητές αναφορικά με τις ιοντίζουσες και μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες; Μέσω της ανασκόπησης επιδιώκεται να τεθεί η βάση για τον εντοπισμό των εναλλακτικών αντιλήψεων που μπορούν να αξιοποιηθούν ως αφετηρία για τον σχεδιασμό ολιστικών διδακτικών παρεμβάσεων σε θέματα που σχετίζονται με την ακτινοβολία. Η μελέτη επικεντρώνεται στις εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών όλων των ηλικιών και εκπαιδευτικών βαθμίδων.

Μεθοδολογία Ανασκόπησης

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση ακολούθησε τις κατευθυντήριες γραμμές PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009). Οι διαδικασίες εντοπισμού, επιλογής, αξιολόγησης και ανάλυσης των μελετών περιγράφονται λεπτομερώς, με στόχο την παροχή ενός σαφούς πλαισίου για τη σύνθεση των δεδομένων.

Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας πραγματοποιήθηκε στις επιστημονικές βάσεις δεδομένων: Google Scholar και Semantic Scholar, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα δημοσιεύσεων που αφορούν τις εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών για τις ιοντίζουσες και μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι ο τρόπος με τον οποίο επιστρέφονται τα αποτελέσματα από τις δύο βάσεις δεδομένων διαφέρει, καθώς οι αλγόριθμοι αναζήτησης που χρησιμοποιούνται δεν είναι δημόσια γνωστοί. Στο Google Scholar χρησιμοποιήθηκαν οι λέξεις-κλειδιά: *misconceptions*, *conceptions*, *ionizing*, *non-ionizing*, *radiation*. Η λέξη-κλειδί "conceptions" συμπεριλήφθηκε στη διαδικασία αναζήτησης στο Google Scholar, καθώς ο όρος "misconceptions" δεν χρησιμοποιείται καθολικά από όλους τους ερευνητές του πεδίου. Αντιθέτως, στο Semantic Scholar αφαιρέθηκαν οι όροι *conceptions* και *non-ionizing*, καθώς περιόριζαν σημαντικά τον αριθμό των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, προστέθηκε η λέξη-κλειδί *students*, διότι η παρουσία της επιτρέπει στο Semantic Scholar τη χρήση φίλτρου που περιορίζει τα αποτελέσματα αποκλειστικά στο πεδίο της εκπαίδευσης (*education*). Τέλος, και στις δύο βάσεις δεδομένων εφαρμόστηκε χρονικό φίλτρο, ώστε να περιοριστεί η αναζήτηση σε άρθρα που δημοσιεύθηκαν από το έτος 2010 και μετά.

Τα δεδομένα εξήχθησαν από τις βάσεις με αυτοματοποιημένο τρόπο, μέσω κώδικα Python που αξιοποίησε τη βιβλιοθήκη Selenium (SeleniumHQ, 2022), επιτρέποντας τη μαζική συλλογή πληροφοριών όπως τίτλος, συγγραφείς, περιοδικό, γλώσσα συγγραφής και περίληψη των άρθρων. Τα εξαγόμενα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε αρχείο CSV για περαιτέρω επεξεργασία. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο ASReview (LAB developers, 2023) για την αυτόματη επιλογή των σχετικών και την απόρριψη των μη σχετικών άρθρων, βάσει προκαθορισμένων κριτηρίων.

Συγκεκριμένα, τα κριτήρια καθορίστηκαν με σαφήνεια, ώστε να συμπεριληφθούν μελέτες που:

1. Εξέταζαν εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών σχετικά με τις ιοντίζουσες και μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες.
2. Αφορούσαν μαθητές οποιασδήποτε ηλικιακής ομάδας ή εκπαιδευτικού επιπέδου.
3. Χρησιμοποιούσαν ποσοτικές ή ποιοτικές ερευνητικές μεθόδους.

Αντίθετα, αποκλείστηκαν μελέτες που:

1. Δεν παρείχαν επαρκείς πληροφορίες για τις ερευνητικές μεθόδους ή τα δείγματα.
2. Ασχολούνταν μόνο με τις φυσικές ιδιότητες της ακτινοβολίας χωρίς εκπαιδευτική προσέγγιση.

Για την αξιολόγηση της ποιότητας των μελετών που συμπεριλήφθηκαν, χρησιμοποιήθηκε το εξής κριτήριο: η κατάταξη του περιοδικού σύμφωνα με τον δείκτη Scimago Journal Rank (SJR), με επιλογή άρθρων που κατατάσσονται στο πρώτο και δεύτερο τεταρτημόριο (Q1 και Q2). Η ανάλυση των επιστημονικών άρθρων ακολούθησε τις αρχές της μεθοδολογίας PRISMA, παρέχοντας ένα δομημένο πλαίσιο για τη διαδικασία επιλογής, αξιολόγησης και σύνθεσης των δεδομένων (Εικόνα 1). Το διάγραμμα παρουσιάζει τις πηγές δεδομένων, τα κριτήρια αποκλεισμού και ένταξης, καθώς και τον τελικό αριθμό των άρθρων που συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση.

Πιο συγκεκριμένα, από τη διαδικασία αναζήτησης εντοπίστηκαν συνολικά 523 άρθρα μέσω των επιλεγμένων βάσεων δεδομένων, ενώ επιπλέον 89 άρθρα αντλήθηκαν μέσω ανασκόπησης των βιβλιογραφικών αναφορών. Μετά την εφαρμογή των προκαθορισμένων κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού, επιλέχθηκαν τελικά 11 άρθρα, τα οποία αποτέλεσαν το κυρίως υλικό που αξιοποιήθηκε στη παρούσα μελέτη. Παρακάτω ακολουθεί πίνακας με τη συνοπτική παρουσίαση των ερευνών με τον αριθμό και την ηλικιακή ομάδα των συμμετεχόντων (Πίνακας 1).

Αποτελέσματα

Με βάση τα άρθρα που επιλέχθηκαν και αναλύθηκαν (Πίνακας 1), καταγράφηκαν συνολικά περίπου 130 εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών που σχετίζονται με την ακτινοβολία. Καθώς αρκετές από αυτές εμφανίζονταν επαναλαμβανόμενα και με πανομοιότυπη ή ίδια διατύπωση, πραγματοποιήθηκε μια διαδικασία ομαδοποίησης και συγχώνευσης των εναλλακτικών αντιλήψεων που καταγράφονται. Μέσα από αυτή τη διαδικασία προέκυψαν 50 διακριτές αντιλήψεις, οι οποίες εντάχθηκαν σε 9 θεματικές κατηγορίες που διαμορφώθηκαν με βάση τη φύση και το περιεχόμενο των αντιλήψεων αυτών. Αξίζει να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης, δεν προκύπτει συσχέτιση μεταξύ των εναλλακτικών αντιλήψεων και των ηλικιακών ομάδων. Παρόμοιες αντιλήψεις παρατηρήθηκαν σε όλο το ηλικιακό εύρος που μελετήθηκε. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι εν λόγω κατηγορίες, συνοδευόμενες από ενδεικτικά παραδείγματα χαρακτηριστικών εναλλακτικών αντιλήψεων που εντοπίστηκαν σε κάθε μία από αυτές. Οι παραπομπές παρουσιάζονται με αύξοντες αριθμούς σε αγκύλες [], οι οποίοι παραπέμπουν στις αντίστοιχες εγγραφές του Πίνακα 1 με τις ερευνητικές μελέτες που εξετάστηκαν.

Διάκριση Ιοντίζουσας και μη Ιοντίζουσας ακτινοβολίας: Οι μαθητές συχνά δυσκολεύονται να διακρίνουν την ιοντίζουσα ακτινοβολία από την μη ιοντίζουσα ακτινοβολία, και συχνά τις

θεωρούν όλες επικίνδυνες με τον ίδιο τρόπο [10, 11]. Ειδικά για τη μη ιοντίζουσα ακτινοβολία, οι μαθητές συχνά πιστεύουν ότι όλες οι ηλεκτρικές συσκευές και οι ιατρικές απεικονιστικές τεχνολογίες εκπέμπουν ιοντίζουσα ακτινοβολία [3, 5], μπερδεύοντας τις διάφορες μορφές ακτινοβολίας και τις συνέπειές τους. Επιπλέον, συχνά ταυτίζουν τη ραδιενέργεια με κάθε μορφή ακτινοβολίας [1], όπως η ακτινοβολία μικροκυμάτων, η υπεριώδης ακτινοβολία κ.α. Η γενική χρήση του όρου «ακτινοβολία» φαίνεται να συμβάλλει σε αυτή την σύγχυση. Ορισμένοι μαθητές, μάλιστα, θεωρούν πως μέτρα προστασίας όπως το αντηλιακό μπορούν να εφαρμοστούν και για τη ραδιενέργεια [1] ενώ άλλοι δεν αναγνωρίζουν το ορατό φως ως μορφή ακτινοβολίας [3, 5].

Φύση της Ακτινοβολίας και της Ραδιενέργειας: Πολλοί μαθητές αντιλαμβάνονται την ακτινοβολία είτε μόνο ως σωματίδια είτε μόνο ως κύματα, αγνοώντας τη διττή φύση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας [1, 11]. Επιπλέον, συγχέουν τη σχέση αιτίου και αποτελέσματος μεταξύ ραδιενέργειας και ιοντισμού, θεωρώντας ότι ο ιοντισμός προκαλεί ραδιενέργεια και όχι το αντίστροφο [4]. Παρατηρείται ακόμη και η εσφαλμένη αντίληψη ότι η θερμική ενέργεια αποτελεί την αιτία, και όχι το αποτέλεσμα, μιας πυρηνικής αντίδρασης, γεγονός που φανερώνει σύγχυση ως προς τη φυσική αλληλουχία των φαινομένων. Επίσης, αρκετοί μαθητές συγχέουν τη ραδιενέργεια με τα ίδια τα ραδιενεργά υλικά, χαρακτηρίζοντας ουσίες όπως το ουράνιο ή το πλουτώνιο ως «ακτινοβολία» [1, 3]. Τέλος, ιδιαίτερα συχνή και καταγεγραμμένη στις περισσότερες μελέτες, είναι η πεποίθηση ότι τόσο η ακτινοβολία όσο και η ραδιενέργεια έχουν αποκλειστικά τεχνητή προέλευση, με τους μαθητές να αγνοούν την ύπαρξη φυσικών πηγών ακτινοβολίας στο περιβάλλον [1, 3, 5, 6, 8, 10].

Αλληλεπίδραση της Ακτινοβολίας με την Ύλη και Θωράκιση: Η αντίληψη ότι οι ζωντανοί οργανισμοί έχουν μια ιδιαίτερη προδιάθεση να απορροφούν ή να προσελκύουν την ακτινοβολία δημιουργεί μια εσφαλμένη εικόνα όσον αφορά την αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη, η οποία εξαρτάται από παράγοντες όπως η πυκνότητα του υλικού και ο ατομικός του αριθμός, και όχι από το αν πρόκειται για έμβιο ή άβιο αντικείμενο [1, 2]. Παρατηρείται ακόμη η πεποίθηση ότι η απορρόφηση σημαίνει απλώς ότι η ακτινοβολία «μπλοκάρεται» στην επιφάνεια του υλικού, χωρίς να εισχωρεί στο εσωτερικό του, καθώς και η εντύπωση ότι η ακτινοβολία διατηρεί την αρχική ενέργειά της μετά την αλληλεπίδραση της με την ύλη [2]. Σε αρκετές περιπτώσεις, οι μαθητές ερμηνεύουν τη διεισδυτικότητα μόνο με βάση την ενέργεια της ακτινοβολίας, παραβλέποντας τον παράγοντα LET (Linear Energy Transfer) και την πυκνότητα ιοντισμών, ιδιαίτερα στις άλφα και βήτα ακτινοβολίες [2]. Παράλληλα, θεωρείται εσφαλμένα ότι η γ-ακτινοβολία έχει πάντα τη μεγαλύτερη ενέργεια σε σχέση με την άλφα και βήτα ακτινοβολία, χωρίς να αναγνωρίζεται ότι η ενέργεια εξαρτάται από τον ραδιενεργό πυρήνα και όχι από το είδος της ακτινοβολίας [2, 4]. Αναγνωρίζεται τέλος η αντίληψη ότι όσο μικρότερη είναι η διεισδυτικότητα της ακτινοβολίας, τόσο λιγότερο επιβλαβής είναι, αγνοώντας ότι η μικρή διεισδυτικότητα της ακτινοβολίας συνεπάγεται μεγάλη πυκνότητα ιοντισμών [2].

Ραδιενεργός Διάσπαση και Χρόνος Ημιζωής: Οι μαθητές συχνά αντιλαμβάνονται την εκπομπή ραδιενέργειας ως μια σταθερή και συνεχόμενη διαδικασία, χωρίς να συνδέουν τη σχέση της με το χρόνο ημιζωής, που είναι χαρακτηριστικό κάθε ραδιονουκλιδίου [1, 11]. Αξιοσημείωτο είναι ότι ορισμένοι μαθητές θεωρούν πως μετά από έναν ή περισσότερους χρόνους ημιζωής το ραδιενεργό υλικό εξαφανίζεται ή μετατρέπεται εξ ολοκλήρου σε ακτινοβολία, χωρίς να αντιλαμβάνονται πως οι πυρήνες είτε μεταστοιχειώνονται είτε μεταπίπτουν σε μια πιο σταθερή κατάσταση χαμηλότερης ενέργειας, διατηρώντας την ίδια πυρηνική σύσταση [3, 11].

Δόση, Κίνδυνος και Βιολογικές Επιπτώσεις: Πολλοί μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν την έννοια της δόσης και το πως σχετίζεται με την επικινδυνότητα της ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα να θεωρούν ότι κάθε έκθεση είναι εξίσου επικίνδυνη, ανεξάρτητα από τη δόση ή από το χρόνο έκθεσης [2, 3, 5, 8, 9]. Επιπρόσθετα, η αντίληψη ότι η ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει άμεσες βλάβες χωρίς καθυστέρηση είναι μια αντίληψη που οδηγεί τους μαθητές να πιστεύουν ότι οι επιπτώσεις της ακτινοβολίας είναι πάντα άμεσες και ορατές, αγνοώντας

ταυτόχρονα τα στοχαστικά αποτελέσματα της έκθεσης στην ιοντίζουσα ακτινοβολία, όπως οι αλλαγές στο γενετικό υλικό [2, 3, 4]. Επιπλέον, είναι διαδεδομένη η αντίληψη ότι οι βιολογικές επιπτώσεις προκύπτουν από την άμεση δράση της ακτινοβολίας με τα κύτταρα, αγνοώντας την έμμεση δράση της και την δημιουργία ελεύθερων ριζών [4]. Τέλος, αρκετοί υποτιμούν τη δυνητική επικινδυνότητα της ακτινοβολίας από φυσικές πηγές [2], θεωρώντας μόνο τις τεχνητές πηγές ακτινοβολίας επικίνδυνες.

Βιολογικές/Χημικές Συσχετίσεις της Ακτινοβολίας και της Ραδιενέργειας: Πολλοί μαθητές χρησιμοποιούν αναλογίες με πιο οικείες έννοιες, συσχετίζοντας τη ραδιενέργεια με τοξικές ουσίες ή μικροοργανισμούς [1, 4]. Κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι η ακτινοβολία έχει χημική προέλευση, συγχέοντας τη με τη χημειοθεραπεία ή άλλες χημικές διαδικασίες [3]. Επίσης, εκφράζεται η πεποίθηση ότι οι επαγγελματικά εκτιθέμενοι επιτρέπεται να δέχονται μεγαλύτερες δόσεις ακτινοβολίας, επειδή ο οργανισμός μπορεί να αποκτήσει ανοσία στην ακτινοβολία [7].

Ακτινοβολία, Ραδιενέργεια και Περιβάλλον: Αρκετοί μαθητές συνδέουν εσφαλμένα τη ραδιενέργεια με μη συναφή περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η τρύπα του όζοντος ή η όξινη βροχή [1, 5, 8]. Αν και υπάρχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη διαχείριση ραδιενεργών αποβλήτων ή από πυρηνικά ατυχήματα, αυτές δεν σχετίζονται με τις αναφερόμενες από τους μαθητές μορφές ρύπανσης. Παράλληλα, εκφράζεται συχνά η αντίληψη ότι η πυρηνική ενέργεια συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή περισσότερο από τα ορυκτά καύσιμα [8] και υποδηλώνει τον έντονα αρνητικό συμβολισμό που φέρει η ραδιενέργεια για τους μαθητές.

Ραδιενέργεια και Μόλυνση: Πολλοί μαθητές συγχέουν τους όρους «ακτινοβολία» και «ραδιομόλυνση», θεωρώντας ότι η έκθεση ενός αντικειμένου σε ακτινοβολία το καθιστά αυτόματα ραδιενεργό [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή η εναλλακτική αντίληψη μπορεί να ισχύει μόνο όταν η ακτινοβολία έχει αρκετή ενέργεια για να διεγείρει τον ατομικό πυρήνα, οδηγώντας στη δημιουργία ασταθών πυρήνων.

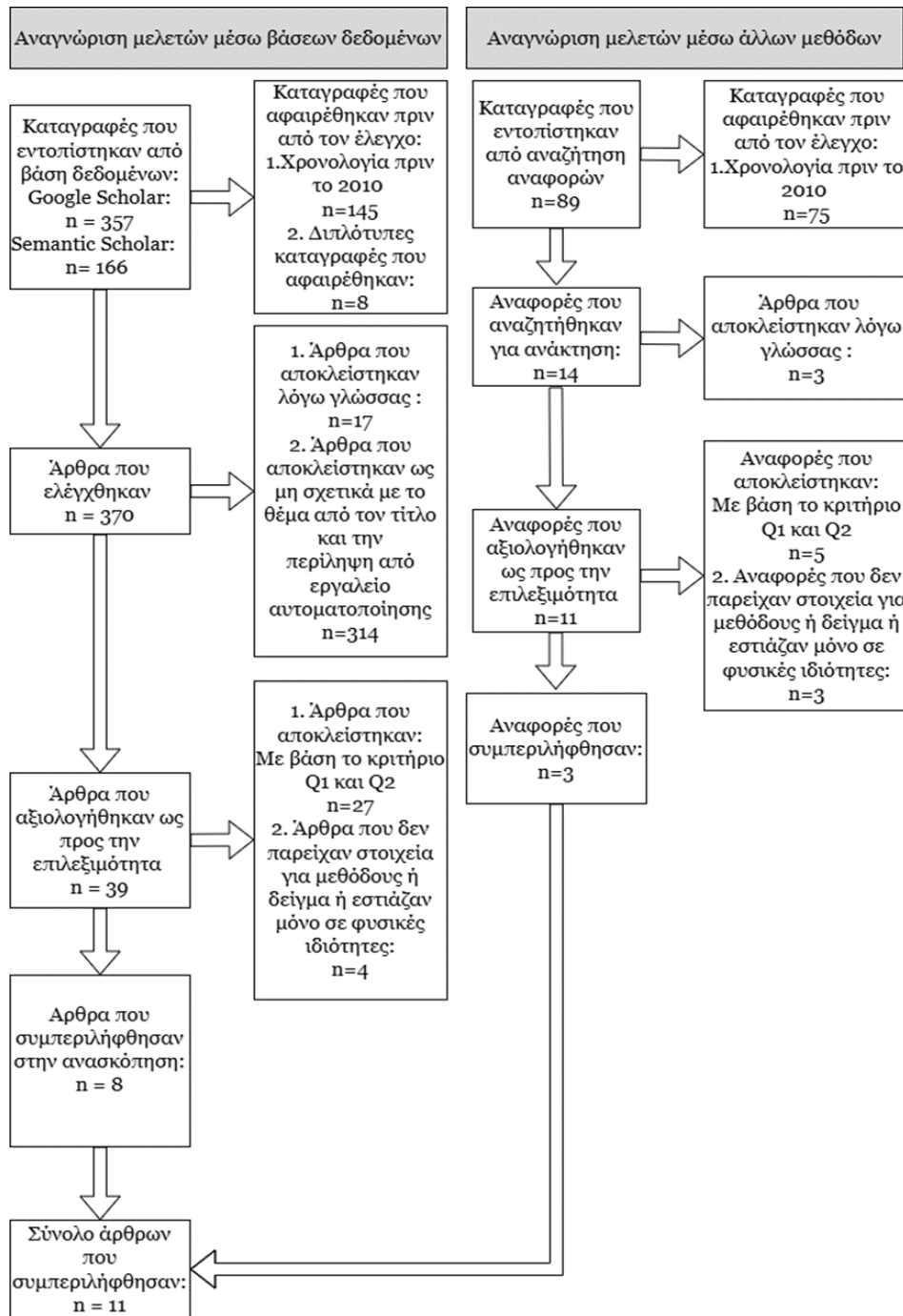
Ειδικές Εναλλακτικές Αντιλήψεις και Γλωσσικές Παγίδες: Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται εναλλακτικές αντιλήψεις που δεν προκύπτουν από μη επιστημονικές αντιλήψεις της φυσικής της ακτινοβολίας, αλλά από ιδιαίτερες προσωπικές ερμηνείες ή γλωσσικές παγίδες. Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι η ραδιενέργεια είναι ένα φαινόμενο που μπορεί να γίνει αντιληπτό με τις αισθήσεις [1]. Επίσης συνδέουν την ακτινοβολία με την «αύρα» ή την ανίχνευση συναισθημάτων στους ζωντανούς οργανισμούς [5]. Παράλληλα, παρατηρούνται γλωσσικές παγίδες, όπως η εσφαλμένη ερμηνεία του όρου «ιοντίζουσα ακτινοβολία» ως ακτινοβολία που εκπέμπεται από ιόντα [3].

Συμπεράσματα

Οι παραπάνω εναλλακτικές αντιλήψεις δημιουργούν εμπόδια στη μάθηση και απαιτούν στοχευμένες διδακτικές παρεμβάσεις που λαμβάνουν υπόψη τη δυσκολία των μαθητών να αποδεχτούν νέες πληροφορίες οι οποίες έρχονται σε αντίθεση με τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις τους. Πόσο μάλλον όταν οι διδακτικές προκλήσεις είναι σημαντικές, καθώς τα φαινόμενα που σχετίζονται με την ακτινοβολία δεν είναι αντιληπτά με τις αισθήσεις, γεγονός που τα καθιστά αφηρημένα και πολύπλοκα για τους μαθητές. Αυτό εντείνει την ανάγκη αξιοποίησης πολλαπλών αναπαραστάσεων, ιδιαίτερα για την οπτική αναπαράσταση των φαινομένων που σχετίζονται με την ακτινοβολία.

Οι παρεμβάσεις αυτές θα είναι πιο αποτελεσματικές όταν αξιοποιούν ως αφετηρία τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, καθώς σχεδόν σε όλες τις μελέτες παρατηρούνται πολλά κοινά σημεία. Αν και δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μελετών αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις ως προς την ηλικιακή ομάδα, κρίνεται ωστόσο σημαντική η διαφοροποίηση της διδασκαλίας και ο κατάλληλος μετασχηματισμός του διδακτικού υλικού ανά ηλικιακή ομάδα και εκπαιδευτική βαθμίδα.

Εικόνα 1. Διάγραμμα ροής PRISMA που απεικονίζει τη διαδικασία εντοπισμού, επιλογής και αξιολόγησης των μελετών για τη συστηματική ανασκόπηση σχετικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών για τις ιοντίζουσες και μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες.



Ο σχεδιασμός μιας οργανωμένης διδασκαλίας των κρίσιμων εννοιών και η επεξήγηση της επιστημονικής ορολογίας θα βοηθήσουν ιδιαίτερα, ιδίως σε περιπτώσεις όπου παρατηρούνται γλωσσικές παγίδες. Παράλληλα, η συστηματική ένταξη των φυσικών και βιολογικών μηχανισμών δράσης της ακτινοβολίας στη διδακτική πρακτική θα ενισχύσει την κατανόηση των επιπτώσεων της, επιτρέποντας την αποδόμηση σχετικών εναλλακτικών αντιλήψεων. Τέλος, είναι σημαντικό οι διδακτικές πρακτικές να δίνουν στους μαθητές τη δυνατότητα να συνδέσουν τη νέα γνώση με την καθημερινότητα, ενισχύοντας την κριτική τους σκέψη και συμβάλλοντας στη μείωση του αβάσιμου φόβου τους.

Πίνακας 1. Συνοπτική παρουσίαση ερευνών.

A/A	Συγγραφέας/εις & έτος δημοσίευσης	Τίτλος	Αριθμός Συμμετοχόντων	Ηλικία (έτη)	Εργαλείο Συλλογής Δεδομένων
1	Morales López, A. & Tuzón Marco, P. (2022)	Misconceptions, Knowledge, and Attitudes Towards the Phenomenon of Radioactivity	191 μαθητές	13-19	Ερωτηματολόγιο κλειστού και ανοιχτού τύπου
			&29 Φοιτητές	22-35	
2	Colclough, N., Lock, R. & Soares, A. (2011)	Pre-service Teachers' Subject Knowledge of and Attitudes about Radioactivity and Ionising Radiation	73 Φοιτητές	—	Συνεντεύξεις βάσει Πειραματικών Σεναρίων (IAES) & Δείκτης Βεβαιότητας Απάντησης (CRI)
3	Siersma, P., Pol, H., van Joolingen, W. & Visscher, A. (2021)	Pre-university students' conceptions regarding radiation and radioactivity in a medical context	12 Μαθητές	14-16	Ημιδομημένες συνεντεύξεις
			6 Καθηγητές	—	
4	Prokop, A. & Nawrodt, R. (2024)	Energy as a source of preservice teachers' conceptions about radioactivity	13 Φοιτητές	Μέση ηλικία: 24.3	Ημιδομημένες συνεντεύξεις
5	Neumann, S. & Hopf, M. (2012)	Students' conceptions about 'radiation'-Results from an explorative interview study of 9th grade students	50 Μαθητές	14-16	Ημιδομημένες συνεντεύξεις
6	Neumann, S. & Hopf, M. (2013)	Students' Ideas About Nuclear Radiation – Before and After Fukushima	43 Μαθητές	Μέση ηλικία: 15.6	Ημιδομημένες συνεντεύξεις
7	Tsaparlis, G., Hartzavalos, S. & Nakiboğlu, C. (2013)	Students' Knowledge of Nuclear Science and Its Connection with Civic Scientific Literacy in Two European Contexts: The Case of Newspaper Articles	461 Φοιτητές	18-19	Ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου
8	Brown, K. (2018)	The effects of a university research reactor's outreach program on students' attitudes and knowledge about nuclear radiation	32 Μαθητές	13-14	Ερωτηματολόγιο ανοιχτού και κλειστού τύπου & τροποποιημένο DAST (Draw-A-Scientist Test)
9	Hande, V., Prathaban, K., & Hande, M. P. (2022)	Educational dialogue on public perception of nuclear radiation	135 Φοιτητές	—	Ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου
10	Tene, T., Bodero-Poveda, E., Vique López, D., Vacacela Gomez, C. & Bellucci, S. (2024)	Assessing the State of Modern Physics Education: Pre-test Findings and Influencing Factors	400 Φοιτητές	—	Ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου
11	Yeşiloğlu, S. N. (2019)	Investigation of pre-service chemistry teachers' understanding of radioactive decay: a laboratory modelling activity	15 Φοιτητές	—	Ερωτήσεις ανοικτού τύπου, σχέδια/μοντέλα εννοιολογικής κατανόησης, ημιδομημένες συνεντεύξεις & φύλλα εργασίας

Οι παραπάνω διαπιστώσεις αναδεικνύουν την ανάγκη για τη διαμόρφωση διδακτικών παρεμβάσεων που να προσεγγίζουν ολιστικά τα φαινόμενα που σχετίζονται με την ακτινοβολία και να εστιάζουν στην αποδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών πριν από την εισαγωγή του επιστημονικού προτύπου με πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης με απώτερο στόχο την εννοιολογική αλλαγή.

Βιβλιογραφία

- Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Πατάκης. ISBN 9789601643083
- Brown, K. (2018). The effects of a university research reactor's outreach program on students' attitudes and knowledge about nuclear radiation. *Research in Science & Technological Education*, 36(4), 484–498. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1465032>
- Colclough, N. D., Lock, R., & Soares, A. (2011). Pre-service teachers' subject knowledge of and attitudes about radioactivity and ionising radiation. *International Journal of Science Education*, 33(3), 423–446. <https://doi.org/10.1080/09500691003639905>
- Hande, V., Prathaban, K., & Hande, M. P. (2022). *Educational dialogue on public perception of nuclear radiation*. *International Journal of Radiation Biology*, 98(2), 158–172. <https://doi.org/10.1080/09553002.2022.2009147>
- LAB developers. (2023). ASReview LAB: A tool for AI-assisted systematic reviews [Software v.1.6.5]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3345592>
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ* 339, b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Morales López, A. I., & Tuzón Marco, P. (2022). Misconceptions, knowledge, and attitudes towards the phenomenon of radioactivity. *Science & Education*, 31, 405–426. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00251-w>
- Neumann, S., & Hopf, M. (2012). Students' conceptions about 'radiation': Results from an explorative interview study of 9th grade students. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 826–834. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9369-9>
- Neumann, S., & Hopf, M. (2013). Students' ideas about nuclear radiation – before and after Fukushima. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 9(4), 393–404. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.948a>
- Plotz, T., & Hopf, M. (2016). Two concepts of radiation: A case study investigating existing preconceptions. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4(4), 447–459. <https://doi.org/10.30935/scimath/9484>
- Prokop, A.-T., & Nawrodt, R. (2024). Energy as a source of preservice teachers' conceptions about radioactivity. *Physical Review Physics Education Research*, 20, 010155. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010155>
- Rodrigues, B. V., Lopes, P. C., Mello-Moura, A. C., Flores-Fraile, J., & Veiga, N. (2024). Literacy in the scope of radiation protection for healthcare professionals exposed to ionizing radiation: A systematic review. *Healthcare*, 12(20), 2033. <https://doi.org/10.3390/healthcare12202033>
- SeleniumHQ. (2022). Selenium WebDriver. <https://www.selenium.dev>
- Siersma, P. T., Pol, H. J., van Joolingen, W. R., & Visscher, A. J. (2021). Pre-university students' conceptions regarding radiation and radioactivity in a medical context. *International Journal of Science Education*, 43(2), 179–196. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1864504>
- Taber, K. S. (2024). Educational constructivism. *Encyclopedia*, 4(4), 1534–1552. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4040100>
- Tene, T., Boderó-Poveda, E., Vique López, D., Vacacela Gomez, C., & Bellucci, S. (2024). *Assessing the state of modern physics education: Pre-test findings and influencing factors*. *Emerging Science Journal*, 8(Special Issue), 1–17. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2024-SIED1-01>
- Tsaparlis, G., Hartzavalos, S., & Nakiboglu, C. (2013). Students' knowledge of nuclear science and its connection with civic scientific literacy in two European contexts: The case of newspaper articles. *Science & Education*, 22(8), 1963–1991. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9578-5>
- Yesiloglu, S. N. (2019). Investigation of pre-service chemistry teachers' understanding of radioactive decay: A laboratory modelling activity. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 862–872. <https://doi.org/10.1039/c9rp00058e>