



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ»**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**«Λανθασμένες / Εναλλακτικές Αντιλήψεις Μαθητών και Φοιτητών στη
Μάθηση των Φυσικών Επιστημών: Μια Βιβλιογραφική Επισκόπηση»**

Φοιτητής: Παπαδόπουλος Βασίλειος [Αριθμός Μητρώου: 122172]
Επιβλέπων Καθηγητής: Μιχαήλ Καλογιαννάκης, Καθηγητής
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Συντονιστής ΕΚΠ63, ΕΑΠ

Αθήνα, Ιούνιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίας στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του/της συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Επιτροπή Κρίσης:

Επιβλέπων Καθηγητής: Μιχαήλ Καλογιαννάκης, Καθηγητής Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας, Συντονιστής ΕΚΠ63, ΕΑΠ

Β' Επιβλέπων: Δρ. Παναγιώτης Πήλιουρας, Μαθηματικός

Copyright © Βασίλειος Παπαδόπουλος, 2026

All rights reserved. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της διπλωματικής εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο δεν δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Αφιερώνεται σε όλους όσοι στήριξαν την προσπάθειά μου

Ευχαριστίες

Η επίτευξη των προσωπικών στόχων με την προσπάθεια τόσο της ανάπτυξης δεξιοτήτων, όσο και της αυτοπραγμάτωσης, αποτελεί διαδικασία, που συναρτάται με την προσπάθεια και άλλων ανθρώπων, τους οποίους και οφείλουμε να ευχαριστήσουμε, ως ελάχιστη αναγνώριση για την πολύτιμη βοήθεια και καθοριστική συμβολή τους, ώστε το ευκαίριο να καταστεί πραγματικότητα. Έτσι, η παρούσα ενότητα αφιερώνεται σε όλους όσους αφιέρωσαν προσωπικό χρόνο με διάθεση ουσιαστικής βοήθειας για την επιτυχημένη ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Με τις σκέψεις αυτές, κατά προτεραιότητα και πάνω από όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Μεγαλοδύναμο, Φιλεύσπλαχνο και Άγιο Θεό μας, ο οποίος, χαρίζοντάς μου δύναμη, υπομονή, φώτιση και ελπίδα, με αξίωσε να ολοκληρώσω την εργασία αυτή.

Στο σημείο αυτό και κατά προτεραιότητα, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον Αναπληρωτή Καθηγητή κύριο Μιχαήλ Καλογιαννάκη, ο οποίος ως επιβλέπων, όχι μόνο με εμπιστεύτηκε (διδ), αλλά παράλληλα με κατηύθυνε, ασκώντας ουσιαστική κριτική παρέχοντας μου πολύτιμες συμβουλές για την έγκαιρη συγγραφή της παρούσας.

Θα ήταν παράλειψή μου να μην αναφερθώ στο δεύτερο μέλος της Επιτροπής Αξιολόγησης, Δρ. κύριο Παναγιώτη Πήλιουρα, ο οποίος με τις εύστοχες επισημάνσεις του συνέβαλε αποφασιστικά στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Και τους δυο τους ευχαριστώ θερμά!

Τέλος, στη διαδρομή αυτή, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς όλους εκείνους τους «αφανείς συνοδοιπόρους», που με αγάπη, υπομονή, μη φειδόμενοι χρόνου, έγιναν αρωγοί στην προσπάθειά μου αυτή, εν έργω και λόγω, καθότι με ανιδιοτέλεια, συνέβαλλαν ποικιλοτρόπως στην ευόδωση της προσπάθειάς μου αυτής.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί βιβλιογραφική επισκόπηση των λανθασμένων αντιλήψεων (παρανοήσεων) μαθητών και φοιτητών στη Φυσική, τη Χημεία και τη Βιολογία σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Με βάση τον εποικοδομητισμό, η εργασία αναλύει τα αίτια εμφάνισης και διατήρησης αυτών των αντιλήψεων, όπως η διαισθητική εμπειρία, η δασκαλοκεντρική διδασκαλία και οι ασαφείς πηγές γνώσης. Η ανάλυση αναδεικνύει την ανθεκτικότητα των εναλλακτικών αντιλήψεων, προτείνοντας για τη διάγνυσή τους τη χρήση τεστ τεσσάρων επιπέδων. Για την αποτελεσματικότερη εννοιολογική αλλαγή, προκρίνονται στρατηγικές όπως, η γνωστική σύγκρουση και η γεφύρωση, υποστηριζόμενες από ψηφιακές προσομοιώσεις και εννοιολογικούς χάρτες. Τέλος, η εργασία προτείνει την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στην Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου, την αναμόρφωση των εγχειριδίων με διαψευστικά κείμενα και τη χρήση καινοτόμων διδακτικών μέσων. Για τη μελλοντική έρευνα, προτείνεται η ανάπτυξη τεστ πέντε επιπέδων για την ακριβή ιχνηλάτηση της πηγής των παρανοήσεων.

Λέξεις – Κλειδιά: Λανθασμένες / Εναλλακτικές Αντιλήψεις, Φυσικές Επιστήμες, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Μαθητές, Βιβλιογραφική Επισκόπηση

Vasileios Papadopoulos
« **Misconceptions/Alternative Perceptions of Pupils and Students in**
Learning Natural Sciences: A Bibliographic Review »

Abstract

This thesis is a bibliographic review of pupils and students' misconceptions in Physics, Chemistry, and Biology across all educational levels. Grounded in constructivism, the study analyzes the causes and persistence of these misconceptions, such as intuitive experiences, teacher-centered instruction, and ambiguous learning materials. The analysis highlights the resilience of alternative conceptions, recommending the four-tier diagnostic tests for their identification. To facilitate conceptual change, the study promotes strategies like cognitive conflict and bridging, supported by digital simulations (e.g., PhET) and concept maps. Furthermore, the thesis proposes systematic teacher training in Pedagogical Content Knowledge, the revision of textbooks to include refutational texts, and the integration of innovative pedagogical tools. Regarding future research, the development of five-tier diagnostic tests is suggested to more accurately trace the origins of these misconceptions.

Keywords: Misconceptions / Alternative Conceptions, Science Education, Science Learning, Students, Literature Review

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	5
Περίληψη.....	6
Abstract	7
Κατάλογος Πινάκων.....	11
Εισαγωγή.....	12
Το Ερευνητικό Κενό.....	13
Σκοπός της Εργασίας.....	14
Ερευνητικά Ερωτήματα.....	14
Δομή της Εργασίας.....	15
Περιορισμοί της Έρευνας.....	15
Κεφάλαιο 1. Θεωρητικό και Εννοιολογικό Πλαίσιο	17
1.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο και Εποικοδομητισμός (Constructivism).....	17
1.2 Ορισμός και Εννοιολογικό Πλαίσιο των Λανθασμένων Αντιλήψεων	18
1.3 Βασική Ορολογία	19
1.4 Σπουδαιότητα και Πηγές των Λανθασμένων Αντιλήψεων	20
1.5 Η Αναγκαιότητα της Εννοιολογικής Αλλαγής (Conceptual Change)	21
1.6 Σύνοψη	22
Κεφάλαιο 2. Λανθασμένες Αντιλήψεις ανά Γνωστικό Πεδίο	24
2.1 Γενικά.....	24
2.2 Λανθασμένες Αντιλήψεις στη Φυσική.....	25
2.2.1 Μηχανική και Κινηματική.....	25
2.2.2 Ηλεκτρισμός και Ηλεκτρικά Κυκλώματα	26
2.2.3 Οπτική και Φύση του Φωτός.....	26
2.3 Λανθασμένες Αντιλήψεις στη Χημεία	26
2.3.1 Χημικός Δεσμός	27
2.3.2 Χημική Ισορροπία	27
2.3.3 Θεωρίες Οξέων-Βάσεων και pH	27
2.4 Λανθασμένες Αντιλήψεις στη Βιολογία.....	28
2.4.1 Κυτταρική Αναπνοή και Φωτοσύνθεση	28
2.4.2 Γενετική και Κεντρικό Δόγμα Μοριακής Βιολογίας.....	28
2.4.3 Οικολογία και Οικοσυστήματα	29
2.5 Σύνοψη Λανθασμένων Αντιλήψεων ανά Γνωστικό Αντικείμενο	29
2.5.1 Κριτική Σύνοψη και Σύγκριση των Μελετών	31
2.6 Συγκριτική Σύνοψη των Χαρακτηριστικών ανά Γνωστικό Αντικείμενο	32
2.7 Σύνοψη	33

Κεφάλαιο 3. Αίτια Εμφάνισης Λανθασμένων Αντιλήψεων	35
3.1 Εσωτερικοί Παράγοντες (Γνωστικοί, Κοινωνικοπολιτισμικοί και Ψυχολογικοί Παράγοντες)	35
3.1.1 Διαισθητική Εμπειρία και Καθημερινά Φαινόμενα	35
3.1.2 Γνωστική Ανάπτυξη και Περιορισμένη Αφαιρετική Ικανότητα	36
3.2 Εξωτερικοί Παράγοντες (Γλωσσικοί, Διδακτικοί - Εκπαιδευτικοί κι Αναπαραστατικοί Παράγοντες)	37
3.2.1 Παραδοσιακές Διδακτικές Μέθοδοι και το Μοντέλο της «Μετάδοσης»	37
3.2.2 Προβλήματα στη Γλώσσα και την Ορολογία	38
3.2.3 Σχολικά Εγχειρίδια και Ασαφείς Αναπαραστάσεις	39
3.2.4 Μεταφορά Παρανοήσεων από τους Ίδιους τους Εκπαιδευτικούς	40
3.3 Συνολική Σύνθεση των Πηγών Προέλευσης	41
3.4 Σύνοψη	43
Κεφάλαιο 4. Διαγνωστικά Εργαλεία Ανίχνευσης Λανθασμένων Αντιλήψεων	45
4.1 Παραδοσιακές και Ποιοτικές Μέθοδοι Διάγνωσης	45
4.1.1 Διαγνωστικές Τεχνολογίες και Αξιολόγηση (MTDTs)	45
4.1.2 Ποιοτικές Κλινικές Συνεντεύξεις (Clinical Interviews)	46
4.1.3 Ερωτήσεις Ανοικτού Τύπου και Δοκιμασίες Σχεδιασμού (Open-ended Tests)	47
4.1.4 Συμβατικά Τεστ Πολλαπλής Επιλογής (Conventional Multiple-Choice Tests)	48
4.2 Διαγνωστικά Τεστ Πολλαπλών Επιπέδων (Multiple-tier Diagnostic Tests)	49
4.2.1 Τεστ Δύο Επιπέδων (Two-tier Diagnostic Tests)	49
4.2.2 Τεστ Τριών Επιπέδων (Three-tier Diagnostic Tests)	50
4.2.3 Τεστ Τεσσάρων Επιπέδων (Four-tier Diagnostic Tests)	51
4.3 Μήτρα Ταξινόμησης Γνωστικής Κατάστασης στα Τεστ Τεσσάρων Επιπέδων	51
4.4 Συγκριτική Αξιολόγηση των Διαγνωστικών Εργαλείων	55
4.5 Σύνοψη	56
Κεφάλαιο 5. Στρατηγικές Εννοιολογικής Αναδόμησης	57
5.1 Θεωρητικά Μοντέλα Εννοιολογικής Αλλαγής	57
5.1.1 Το Κλασικό Μοντέλο Εννοιολογικής Αλλαγής (Posner et al., 1982)	57
5.1.2 Η Θεωρία των Φαινομενολογικών Πρωτογενών Στοιχείων (diSessa, 1993, 2017)	59
5.1.3 Διάρκεια Παρέμβασης στις Στρατηγικές Εννοιολογικής Αλλαγής	59
5.1.4 Στατιστικά Δεδομένα για τις Στρατηγικές Εννοιολογικής Αλλαγής	60
5.2 Συγκεκριμένες Διδακτικές Στρατηγικές Εννοιολογικής Αναδόμησης	61
5.2.1 Στρατηγική Γνωστικής Σύγκρουσης (Cognitive Conflict Strategy)	61
5.2.2 Στρατηγική Γνωστικής Γέφυρας (Cognitive Bridging Strategy)	62
5.2.3 Διαφορές μεταξύ γνωστικής σύγκρουσης και γνωστικής γεφύρωσης	63
5.2.4 Η Διδακτική Μεθοδολογία Πρόβλεψη - Παρατήρηση - Εξήγηση (Predict - Observe - Explain / POE)	64

5.3 Σύγχρονα Διδακτικά Μέσα και Τεχνολογίες Εννοιολογικής Αναδόμησης	65
5.3.1 Πειράματα μέσω Προσομοιώσεων (Simulation-Based Experiments - SBE).....	65
5.3.2 Εννοιολογικοί Χάρτες (Concept Mapping).....	66
5.3.3 Ο Ρόλος των Φορητών Συσκευών (Mobile Learning) στις Φυσικές Επιστήμες....	66
5.4 Συγκριτικός Πίνακας Αποτελεσματικότητας Στρατηγικών Εννοιολογικής Αναδόμησης	67
5.5 Σύνοψη	68
Συμπεράσματα	70
6.1 Προτάσεις.....	72
6.1.1 Προτάσεις Βελτίωσης στην Εκπαιδευτική Πράξη	73
6.1.2 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα	74
Βιβλιογραφικές Αναφορές	76

Κατάλογος Πινάκων

		Σελίδα
Πίνακας 2.1	Κριτική Σύνοψη Λανθασμένων Αντιλήψεων ανά Γνωστικό Αντικείμενο	30
Πίνακας 2.2	Συγκριτική Σύνοψη των Χαρακτηριστικών ανά Γνωστικό Αντικείμενο	33
Πίνακας 3.1	Σύνθεση των Πηγών Προέλευσης	41
Πίνακας 4.1	Μήτρα Ταξινόμησης Γνωστικής Κατάστασης στα Τεστ Τεσσάρων Επιπέδων	52
Πίνακας 4.2	Συγκριτική Αξιολόγηση Διαγνωστικών Εργαλείων	55
Πίνακας 5.1	Συγκριτικός Πίνακας Αποτελεσματικότητας Στρατηγικών Εννοιολογικής Αναδόμησης	67

Εισαγωγή

Στη σύγχρονη εκπαιδευτική πραγματικότητα, η διδακτική των Φυσικών Επιστημών συνιστά ένα δυναμικό και απαιτητικό πεδίο, όπου ο πρωταρχικός στόχος έχει πλέον μετατοπιστεί από τη στείρα απομνημόνευση πληροφοριών στην ανάπτυξη του επιστημονικού εγγραμματισμού, την καλλιέργεια της κριτικής σκέψης και την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων (Guerra-Reyes et al., 2024). Ωστόσο, μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί και οι ερευνητές παγκοσμίως είναι οι «λανθασμένες αντιλήψεις» (misconceptions) των μαθητών. Οι αντιλήψεις αυτές ορίζονται ως οι ιδέες ή τα νοητικά μοντέλα που διαθέτουν οι μαθητές για τα φυσικά φαινόμενα, τα οποία έρχονται σε σύγκρουση με τις αποδεκτές επιστημονικές θεωρίες (Soeharto et al., 2019; Rahmadani et al., 2023).

Το Πρόβλημα των Λανθασμένων Αντιλήψεων συνίσταται στο ότι παρά τις προσπάθειες αναβάθμισης της εκπαιδευτικής διαδικασίας, οι εκπαιδευτικοί έρχονται καθημερινά αντιμέτωποι με μια θεμελιώδη πρόκληση: οι μαθητές δεν προσέρχονται στη σχολική αίθουσα ως «άγραφοι χάρτες» (tabula rasa). Αντιθέτως, διαθέτουν προϋπάρχουσες ιδέες και εμπειρίες για τον φυσικό κόσμο, οι οποίες συχνά αποκλίνουν σημαντικά από τα αποδεκτά επιστημονικά πρότυπα. Αυτά τα βαθιά ριζωμένα γνωστικά σχήματα, τα οποία στη βιβλιογραφία αναφέρονται κυρίως ως λανθασμένες ή εναλλακτικές αντιλήψεις, αποδεικνύονται ιδιαίτερα ανθεκτικά απέναντι στην παραδοσιακή, δασκαλοκεντρική διδασκαλία (Üce & Ceyhan, 2019). Η έρευνα καταδεικνύει ότι οι παρανοήσεις αυτές προέρχονται από ένα σύνθετο πλέγμα παραγόντων, όπως οι καθημερινές εμπειρίες, η χρήση διφορούμενης ορολογίας, αλλά και η χρήση ασαφών σχολικών εγχειριδίων (Guerra-Reyes et al., 2024).

Σε αυτό το πλαίσιο, η αξιόπιστη ανίχνευση των παρανοήσεων μέσω σύγχρονων διαγνωστικών εργαλείων, όπως τα τεστ πολλαπλών επιπέδων (Ma et al., 2025), θεωρείται απολύτως κρίσιμη. Εξίσου σημαντική είναι και η εφαρμογή στοχευμένων διδακτικών στρατηγικών, όπως η γνωστική σύγκρουση και η γνωστική γεφύρωση, προκειμένου να επιτευχθεί η ουσιαστική εννοιολογική αλλαγή (Pacaci et al., 2024).

Το κεντρικό πρόβλημα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία είναι η εξαιρετική ανθεκτικότητα αυτών των αντιλήψεων. Η έρευνα δείχνει ότι οι παρανοήσεις δεν εξαλείφονται εύκολα με την παραδοσιακή διδασκαλία. Αντιθέτως, οι μαθητές τείνουν να προσαρμόζουν τη νέα επιστημονική πληροφορία ώστε να ταιριάζει στα ήδη υπάρχοντα λανθασμένα μοντέλα τους, δημιουργώντας υβριδικές γνώσεις (Resbiantoro

et al., 2022). Αυτές οι λανθασμένες αντιλήψεις λειτουργούν ως ισχυρά γνωστικά εμπόδια (epistemological obstacles), αποτρέποντας την βαθύτερη κατανόηση εννοιών σε όλα τα πεδία των Φυσικών Επιστημών, από τη Μηχανική και τον Ηλεκτρισμό μέχρι τη Βιολογία και τη Χημεία (Olaogun et al., 2023· Kumar, 2024).

Η σημασία της διερεύνησης των αντιλήψεων είναι θεμελιώδης, καθώς λειτουργούν ως εμπόδια στην οικοδόμηση της νέας γνώσης. Οι λανθασμένες αντιλήψεις δεν αποτελούν απλώς έλλειψη γνώσης, αλλά είναι συχνά βαθιά ριζωμένες και ανθεκτικές στην παραδοσιακή διδασκαλία, καθώς οι μαθητές τις κατασκευάζουν μέσω των καθημερινών τους εμπειριών πριν καν έρθουν σε επαφή με την τυπική εκπαίδευση (Resbiantoro et al., 2022). Σύμφωνα με τη θεωρία του οικοδομισμού (constructivism), η μάθηση είναι μια ενεργητική διαδικασία όπου η νέα πληροφορία ερμηνεύεται βάσει της προϋπάρχουσας γνώσης. Αν αυτή η προϋπάρχουσα γνώση είναι λανθασμένη, τότε λειτουργεί ως εμπόδιο στην κατανόηση πιο προχωρημένων επιστημονικών εννοιών (Olaogun et al., 2023).

Η Φυσική θεωρείται η θεμελιώδης επιστήμη που περιγράφει τους νόμους του σύμπαντος, ωστόσο η διδασκαλία της έρχεται αντιμέτωπη με μια παράδοξη πρόκληση: οι μαθητές δεν προσέρχονται στην τάξη ως «λευκό χαρτί» (tabula rasa). Αντιθέτως, έχουν ήδη αναπτύξει ένα πολύπλοκο σύστημα «διαισθητικής φυσικής» (intuitive physics), το οποίο βασίζεται στις καθημερινές αισθητηριακές τους εμπειρίες (Assem et al., 2023).

Η κρισιμότητα των λανθασμένων αντιλήψεων στη Φυσική έγκειται στην αφηρημένη φύση των εννοιών (π.χ. πεδία, δυνάμεις, ενέργεια) και στη χρήση μαθηματικών φορμαλισμών που συχνά αποκρύπτουν την ποιοτική κατανόηση. Σύμφωνα με τους Resbiantoro et al. (2022), οι αντιλήψεις αυτές δεν είναι τυχαία σφάλματα, αλλά συνεκτικές νοητικές κατασκευές που είναι εξαιρετικά ανθεκτικές στην παραδοσιακή διδασκαλία. Η αποτυχία της τυπικής εκπαίδευσης να «εκτοπίσει» αυτές τις ιδέες οδηγεί συχνά σε μια επιφανειακή μάθηση, όπου οι μαθητές απομνημονεύουν τύπους χωρίς να μεταβάλλουν το γνωστικό τους υπόβαθρο.

Το Ερευνητικό Κενό

Παρότι οι λανθασμένες αντιλήψεις και η εννοιολογική αλλαγή έχουν μελετηθεί αρκετά τις τελευταίες δεκαετίες, σημαντικό μέρος της βιβλιογραφίας προσεγγίζει αποσπασματικά τα επιμέρους γνωστικά αντικείμενα. Διαπιστώνεται, επομένως, η

ανάγκη για μια συνθετική θεώρηση η οποία δεν θα περιορίζεται μόνο στην περιγραφή των παρανοήσεων, αλλά θα τις οργανώνει διαθεματικά, συνδέοντας τα αίτια εμφάνισής τους με τις βέλτιστες διαγνωστικές μεθόδους και τις πιο αποδοτικές πρακτικές εννοιολογικής αναδόμησης.

Σκοπός της Εργασίας

Λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία του πεδίου, ο κύριος σκοπός της παρούσας (αφηγηματικής) βιβλιογραφικής επισκόπησης είναι η καταγραφή, ταξινόμηση και αξιολόγηση των λανθασμένων αντιλήψεων που παρουσιάζουν οι μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και οι φοιτητές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης στα τρία βασικά αντικείμενα των Φυσικών Επιστημών: τη Φυσική, τη Χημεία και τη Βιολογία, με ρητό αποκλεισμό του πεδίου της Αστροφυσικής.

Προκειμένου, ωστόσο, να κατανοηθεί πληρέστερα η προέλευση και η αναπτυξιακή πορεία αυτών των εννοιολογικών εμποδίων, η εργασία αξιοποιεί ως συγκριτικό υπόβαθρο ερευνητικά δεδομένα που αφορούν μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς η βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι η πλειονότητα των παρανοήσεων ριζώνει στις πρώιμες, διαισθητικές παιδικές ηλικίες. Επιπρόσθετα, στο πλαίσιο της εννοιολογικής αναδόμησης, εξετάζεται επικουρικά η διάσταση της συμπερίληψης (μαθητές με διαφορετικές μαθησιακές ανάγκες), με σκοπό να αναδειχθεί η αναγκαιότητα της διαφοροποιημένης διδασκαλίας για την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής σε όλους ανεξαιρέτως τους μαθητές.

Ερευνητικά Ερωτήματα

Για την επιτυχή εκπλήρωση του παραπάνω σκοπού, η εργασία καθοδηγείται από τα εξής τέσσερα βασικά ερευνητικά ερωτήματα:

 **Ερευνητικό Ερώτημα 1 (EE1):** Ποιες είναι οι κυριότερες καταγεγραμμένες λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών ανά γνωστικό αντικείμενο (Φυσική, Χημεία, Βιολογία);

 **Ερευνητικό Ερώτημα 2 (EE2):** Ποιοι είναι οι βασικοί παράγοντες (εσωτερικοί και εξωτερικοί) που προκαλούν και συντηρούν αυτές τις αντιλήψεις κατά τη διδακτική πράξη;

✚ **Ερευνητικό Ερώτημα 3 (EE3):** Ποια διαγνωστικά εργαλεία κρίνονται ως τα πλέον έγκυρα για την ανίχνευση των εννοιολογικών κενών;

✚ **Ερευνητικό Ερώτημα 4 (EE4):** Ποιες στρατηγικές εννοιολογικής αλλαγής και ποια διδακτικά μέσα παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην αντιμετώπιση (εξάλειψη) των παρανοήσεων σύμφωνα με τα σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα;

Δομή της Εργασίας

Για τη σφαιρική και ολοκληρωμένη προσέγγιση του θέματος, το κείμενο αναπτύσσεται σε έξι κύρια μέρη:

✚ Στο **Πρώτο Κεφάλαιο** παρατίθεται το θεωρητικό και εννοιολογικό πλαίσιο που διέπει τον εποικοδομητισμό και τη φύση των εναλλακτικών αντιλήψεων.

✚ Στο **Δεύτερο Κεφάλαιο** επιχειρείται αναλυτική παρουσίαση και χαρτογράφηση των λανθασμένων αντιλήψεων ανά γνωστικό πεδίο (Φυσική, Χημεία, Βιολογία).

✚ Στο **Τρίτο Κεφάλαιο** εξηγούνται διεξοδικά τα πολυπαραγοντικά αίτια (γνωστικά, διδακτικά, γλωσσικά) εμφάνισης αυτών των παρανοήσεων.

✚ Στο **Τέταρτο Κεφάλαιο** αξιολογούνται τα παραδοσιακά και σύγχρονα διαγνωστικά εργαλεία (όπως τα τεστ πολλαπλών επιπέδων) για την ανίχνευσή τους.

✚ Ακολουθώντας, στο **Πέμπτο Κεφάλαιο** αναλύονται τα θεωρητικά μοντέλα και οι πρακτικές στρατηγικές εννοιολογικής αναδόμησης (π.χ. γνωστική σύγκρουση, χρήση προσομοιώσεων) που οδηγούν στην εννοιολογική αλλαγή.

✚ Τέλος, στο **Έκτο Κεφάλαιο**, η μελέτη ολοκληρώνεται με τη σύννοψη των συμπερασμάτων και τη διατύπωση στοχευμένων προτάσεων τόσο για τη βελτίωση της εκπαιδευτικής πράξης όσο και για τη μελλοντική έρευνα.

Περιορισμοί της Έρευνας

Οι περιορισμοί της μελέτης αφορούν τόσο τον σχεδιασμό της ίδιας της εργασίας όσο και τα ελλείμματα που εντοπίζονται στην υφιστάμενη βιβλιογραφία την οποία εξετάζει:

 **Θεματικός Περιορισμός:** Η βιβλιογραφική ανάλυση εστιάζει αυστηρά στα τρία βασικά αντικείμενα των Φυσικών Επιστημών, δηλαδή τη Φυσική, τη Χημεία και τη Βιολογία.

 **Ηλικιακός Περιορισμός / Περιορισμός Δείγματος:** Η εργασία στοχεύει στην καταγραφή των παρανοήσεων σε μαθητές και φοιτητές όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης, πλην όμως γίνεται αναφορά και σε μαθητές με ιδιαίτερες εκπαιδευτικές ανάγκες.

 **Έλλειψη διαχρονικότητας:** Μεγάλο μέρος των προτεινόμενων παρεμβάσεων παραμένει σε θεωρητικό επίπεδο χωρίς συστηματική εμπειρική επικύρωση, καθώς απουσιάζουν οι διαχρονικές (επιμήκεις) μελέτες που να παρακολουθούν τους μαθητές μακροπρόθεσμα για να επιβεβαιώσουν τη σταθερότητα της εννοιολογικής αλλαγής.

 **Περιορισμός Διαγνωστικών Εργαλείων:** Παρότι τα διαγνωστικά τεστ 4-επιπέδων θεωρούνται πιο ακριβή, έχουν τον περιορισμό ότι εντοπίζουν μεν το σφάλμα, αλλά αδυνατούν να αποκαλύψουν την πραγματική του προέλευση (γεγονός που καθιστά αναγκαία τη δημιουργία τεστ 5-επιπέδων).

 **Έλλειψη Διεπιστημονικότητας:** Υπάρχει περιορισμός στον τρόπο μελέτης των εννοιών, καθώς συχνά ερευνώνται μέσα σε «στεγανά» μεταξύ των πεδίων STEM, υποδεικνύοντας την ανάγκη για διεπιστημονικές προσεγγίσεις.

Κεφάλαιο 1. Θεωρητικό και Εννοιολογικό Πλαίσιο

1.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο και Εποικοδομητισμός (Constructivism)

Η σύγχρονη διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Φυσική, Χημεία, Βιολογία) εδράζεται στο επιστημολογικό παράδειγμα του εποικοδομητισμού (constructivism), το οποίο αποτελεί το κυρίαρχο μοντέλο για την κατανόηση της διαδικασίας μάθησης. Σύμφωνα με τη θεωρία του εποικοδομητισμού, η μάθηση δεν αποτελεί μια παθητική διαδικασία συσσώρευσης ή απλής καταγραφής πληροφοριών, ούτε οι μαθητές προσέρχονται στη σχολική τάξη ως «λευκοί χάρτες» (tabula rasa). Αντίθετα, κάθε μαθητής οικοδομεί με μοναδικό τρόπο τη δική του γνώση, τις δικές του νοητικές αναπαραστάσεις και έννοιες, με σκοπό να ερμηνεύσει και να νοηματοδοτήσει τον φυσικό κόσμο.

Η διαδικασία αυτή της γνωστικής ανάπτυξης είναι βαθιά ριζωμένη στις θεωρητικές κατασκευές του Jean Piaget, ο οποίος περιέγραψε τη μάθηση μέσω των μηχανισμών της αφομοίωσης (assimilation), της συμμόρφωσης (accommodation) και της εξισορρόπησης (equilibration). Καθώς οι μαθητές αλληλεπιδρούν με το φυσικό και κοινωνικό τους περιβάλλον, ενσωματώνουν τις νέες εμπειρίες στις ήδη υπάρχουσες γνωστικές τους δομές. Όταν, όμως, οι νέες επιστημονικές πληροφορίες έρχονται σε σύγκρουση με το προϋπάρχον γνωστικό υπόβαθρο, απαιτείται μια ριζική αναδιοργάνωση του εννοιολογικού τους πλαισίου (Piaget, 1952, 1970).

Επιπλέον, η ιστορική εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών, όπως αναλύθηκε από τον Kuhn (1996), παρουσιάζει αξιοσημείωτη παραλληλία με τη γνωστική ανάπτυξη του ατόμου. Οι επαναστατικές μεταβάσεις στην ιστορία των επιστημών —από την Αριστοτελική στη Γαλιλαϊκή θεώρηση, και από τη Νευτώνεια μηχανική στην Κβαντική φυσική— αντανακλούν τις εννοιολογικές μεταβολές που καλείται να πραγματοποιήσει ο ίδιος ο μαθητής κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσής του. Συνεπώς, η προϋπάρχουσα γνώση και οι καθημερινές εμπειρίες των μαθητών καθορίζουν καθοριστικά το πώς φιλτράρεται, ερμηνεύεται και αφομοιώνεται κάθε νέα επιστημονική έννοια.

1.2 Ορισμός και Εννοιολογικό Πλαίσιο των Λανθασμένων Αντιλήψεων

Στη διεθνή βιβλιογραφία της διδακτικής των επιστημών, οι αυθόρμητες ιδέες των μαθητών που έρχονται σε αντίθεση με τις επιστημονικά αποδεκτές θεωρίες περιγράφονται με μια ποικιλία όρων, αναλόγως των επιστημολογικών κατευθύνσεων των ερευνητών. Μεταξύ των πιο συχνών συναντώνται οι όροι: εναλλακτικές αντιλήψεις (alternative conceptions), προϋπάρχουσες ιδέες (prior ideas/preconceptions), αφελείς πεποιθήσεις/θεωρίες (naïve beliefs/theories), διαισθητική γνώση (intuitive knowledge), εναλλακτικά πλαίσια (alternative frameworks) και επιστήμη των παιδιών (children's science). Παρά τις λεπτές εννοιολογικές διαφοροποιήσεις τους, η έκφραση λανθασμένες αντιλήψεις (misconceptions) έχει επικρατήσει ευρέως στις διαδικασίες επιστημονικής διάχυσης και στις διδακτικές πρακτικές. Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, ως λανθασμένη αντίληψη ορίζεται κάθε εννοιολογική δομή ή ερμηνεία που αποκλίνει από το κοινώς αποδεκτό επιστημονικό πρότυπο των ειδικών.

Οι λανθασμένες αντιλήψεις χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένα δομικά στοιχεία που τις διαφοροποιούν από την απλή έλλειψη γνώσης:

 **Συστηματικότητα και Λογική Συνοχή:** Δεν αποτελούν τυχαία ή επιπόλαια σφάλματα, αλλά οργανωμένα, εσωτερικά συνεκτικά και λογικά μοντέλα σκέψης από την πλευρά του μαθητή.

 **Σταθερότητα και Ανθεκτικότητα:** Είναι αρκετά σταθερές γνωστικές δομές, βαθιά ριζωμένες στο μυαλό των μαθητών, και παρουσιάζουν ισχυρή αντίσταση στην αλλαγή, ακόμη και μετά από μακροχρόνια, δομημένη παραδοσιακή διδασκαλία.

 **Καθολικότητα:** Εμφανίζονται με αξιοσημείωτη ομοιομορφία σε μαθητές διαφορετικών ηλικιακών ομάδων, σχολικών τάξεων και πολιτισμικών πλαισίων.

Οι θεωρητικές προσεγγίσεις σχετικά με τη φύση αυτών των αντιλήψεων διχάζουν την ερευνητική κοινότητα σε δύο κύρια ρεύματα:

 **Η Συνεκτική Θεώρηση (Coherent/Theory-like view):** Υποστηρίζει ότι οι μαθητές διαθέτουν συμπαγή, «θεωρητικού τύπου» νοητικά πλαίσια (framework theories), τα οποία διαμορφώνονται από την παιδική ηλικία βάσει οντολογικών και επιστημολογικών προϋποθέσεων (π.χ. συνέχεια, στερεότητα, βαρύτητα). Εκπρόσωποι

αυτής της σχολής, όπως οι Posner et al. (1982) και η Vosniadou (1994), θεωρούν ότι η μάθηση απαιτεί τη ρητή ανατροπή αυτών των δομών.

 **Η Αποσπασματική Θεώρηση (Fragmented/Knowledge in Pieces view):** Εισηγείται ότι οι λανθασμένες αντιλήψεις δεν αποτελούν ενιαίες θεωρίες, αλλά ένα χαλαρά οργανωμένο σύνολο από ανεξάρτητα, αποσπασματικά στοιχεία γνώσης που αφαιρούνται από τις καθημερινές εμπειρίες. Ο Andrea diSessa (1993, 2017) ορίζει αυτά τα στοιχεία ως φαινομενολογικά πρωτογενή (phenomenological primitives / p-prims). Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, τα p-prims δεν είναι εξαρχής παραγωγικά ή μη, αλλά η χρησιμότητά τους εξαρτάται από το εννοιολογικό πλαίσιο, και η μάθηση επιτυγχάνεται με την κατάλληλη αξιοποίηση και αναδιάταξη των ήδη υπαρχόντων παραγωγικών στοιχείων.

1.3 Βασική Ορολογία

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στη βιβλιογραφία, οι λανθασμένες αντιλήψεις αναφέρονται συχνά με διάφορους όρους, όπως «εναλλακτικές αντιλήψεις» (alternative conceptions), «προ-αντιλήψεις» (pre-conceptions) ή «αυθόρμητες γνώσεις». Η χρήση του όρου «λανθασμένες αντιλήψεις» υποδηλώνει μια απόκλιση από το επιστημονικό πρότυπο, ενώ ο όρος «εναλλακτικές αντιλήψεις» αναγνωρίζει ότι αυτές οι ιδέες έχουν τη δική τους εσωτερική λογική για τον μαθητή (Amiruddin et al., 2024). Η κατανόηση αυτών των όρων είναι θεμελιώδης, καθώς καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι ερευνητές προσεγγίζουν τη διαδικασία της «εννοιολογικής αλλαγής» (conceptual change). Η βασική ορολογία που σχετίζεται με το υπό διερεύνηση θέμα είναι, όπως παρακάτω:

 **Λανθασμένες Αντιλήψεις (Misconceptions):** Ιδέες που έρχονται σε ευθεία σύγκρουση με τα επιστημονικά αποδεκτά μοντέλα (Soeharto et al., 2019).

 **Εναλλακτικές Αντιλήψεις (Alternative Conceptions):** Όρος που προτιμάται στην κριτική παιδαγωγική, καθώς αναγνωρίζει ότι οι ιδέες των μαθητών έχουν τη δική τους εσωτερική λογική και χρησιμότητα στο πλαίσιο της καθημερινότητας (Amiruddin et al., 2024).

 **Εννοιολογική Αλλαγή (Conceptual Change):** Η διαδικασία κατά την οποία ο μαθητής αναγνωρίζει την ανεπάρκεια της προϋπάρχουσας ιδέας του και την αντικαθιστά ή την αναδομεί προς το επιστημονικό πρότυπο.

 **Γνωστική Σύγκρουση (Cognitive Conflict):** Η διδακτική στρατηγική που φέρνει τον μαθητή αντιμέτωπο με ένα φαινόμενο που δεν μπορεί να ερμηνεύσει με τις υπάρχουσες γνώσεις του.

 **Τελεολογία (Teleology):** Η τάση των μαθητών να εξηγούν βιολογικά φαινόμενα βάσει του σκοπού που εξυπηρετούν (π.χ. «οι καμηλοπαρδάλεις ψήλωσαν για να φτάνουν τα φύλλα») (Panagou et al., 2024).

 **Ανθρωπομορφισμός (Anthropomorphism):** Η απόδοση ανθρώπινων συναισθημάτων ή προθέσεων σε μη ανθρώπινους οργανισμούς ή κύτταρα (π.χ. «τα λευκά αιμοσφαίρια επιτίθενται στον εχθρό»).

 **Κατακερματισμένη Γνώση (Fragmented Knowledge):** Η αποτυχία σύνδεσης διαδικασιών που συμβαίνουν σε διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης (π.χ. σύνδεση της μείωσης με την κληρονομικότητα) (Φάτσιου, 2018).

 **Εννοιολογική Οικοδόμηση:** Η διαδικασία αναδόμησης των προ-αντιλήψεων μέσω της γνωστικής σύγκρουσης, ώστε να επιτευχθεί η επιστημονική εγκυρότητα (Amiruddin et al., 2024).

1.4 Σπουδαιότητα και Πηγές των Λανθασμένων Αντιλήψεων

Η διερεύνηση και η χαρτογράφηση των λανθασμένων αντιλήψεων συνιστά θεμελιώδη προϋπόθεση για την αναβάθμιση της ποιότητας της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Εάν οι εναλλακτικές θεωρήσεις των μαθητών δεν ανιχνευθούν έγκαιρα, λειτουργούν ως σοβαρά γνωστικά εμπόδια που παρεμποδίζουν την κατανόηση των επόμενων, διασυνδεδεμένων επιστημονικών εννοιών, δημιουργώντας ένα αναποτελεσματικό και ανακριβές περιβάλλον μάθησης.

Σύμφωνα με τη συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση των Guerra-Reyes et al. (2024), οι αιτίες δημιουργίας αυτών των αντιλήψεων είναι πολυπαραγοντικές και δεν εξαρτώνται αποκλειστικά από τον ίδιο τον μαθητή:

 **Καθημερινές Εμπειρίες και Γλώσσα:** Οι μαθητές παρερμηνεύουν τα καθημερινά φαινόμενα ή επηρεάζονται από κοινωνικές και πολιτισμικές παραδόσεις. Επίσης, η χρήση λέξεων της καθημερινής γλώσσας με διαφορετικό νόημα στο επιστημονικό πλαίσιο (π.χ. η έννοια του «έργου» στη Φυσική ή του «δεσμού» στη Χημεία) προκαλεί σοβαρή εννοιολογική σύγχυση.

✚ **Παραδοσιακά Διδακτικά Μοντέλα:** Η εμμονή στο παραδοσιακό μοντέλο «μετάδοσης-λήψης» και η έμφαση στη στείρα αποστήθιση τύπων και ορισμών, αντί της βαθιάς εννοιολογικής κατανόησης, οδηγούν στην αδυναμία σύνδεσης της επιστήμης με τη ζωή των μαθητών, παράγοντας επιφανειακές και εσφαλμένες γνώσεις.

✚ **Ακατάλληλα Σχολικά Εγχειρίδια και Μέσα:** Πολλά βιβλία περιέχουν ασαφείς ορισμούς, δυσνόητες φόρμουλες ή υπερβολικά απλουστευμένα και διογκωμένα σχήματα που ευνοούν τη δημιουργία παρανοήσεων. Για παράδειγμα, η εκτεταμένη χρήση των μοντέλων «ball-and-stick» στη Χημεία οδηγεί τους μαθητές στο να εκλαμβάνουν τις «ράβδους» ως φυσικές, υλικές οντότητες των χημικών δεσμών.

✚ **Ελλιπής Κατάρτιση Εκπαιδευτικών:** Οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί (εν ενεργεία και φοιτητές) συχνά φέρουν λανθασμένες αντιλήψεις, τις οποίες μεταφέρουν ασυναίσθητα στους μαθητές τους, λόγω ενδεχόμενης ανεπάρκειας στη διδακτική μεθοδολογία και έλλειψης γνώσης σχετικά με τις προϋπάρχουσες ιδέες της τάξης.

1.5 Η Αναγκαιότητα της Εννοιολογικής Αλλαγής (Conceptual Change)

Για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου, η διεθνής έρευνα προτείνει τη διδασκαλία προσανατολισμένη στην εννοιολογική αλλαγή (conceptual change instruction). Στόχος της είναι να βοηθήσει τους μαθητές να μεταβούν από τις επιστημονικά εσφαλμένες προϋπάρχουσες δομές σε επιστημονικά αποδεκτά νοητικά μοντέλα.

Στη βιβλιογραφία, οι στρατηγικές εννοιολογικής αλλαγής κατηγοριοποιούνται σε τρεις διακριτές κατευθύνσεις:

✚ **Στρατηγική Γνωστικής Σύγκρουσης (Cognitive Conflict Strategy):** Βασίζεται στο κλασικό Μοντέλο Εννοιολογικής Αλλαγής (CCM) των Posner et al. (1982). Επιδιώκει να προκαλέσει δυσαρέσκεια (dissatisfaction) στον μαθητή, φέρνοντάς τον αντιμέτωπο με ανώμαλα δεδομένα (anomalous data) που διαψεύδουν τις προβλέψεις του. Για την επιτυχή ενσωμάτωση της νέας επιστημονικής έννοιας, CCM θέτει ως προϋποθέσεις να είναι αυτή κατανοητή (intelligible), λογική (plausible) και αποδοτική (fruitfulness) για την επίλυση νέων προβλημάτων. Βασικά εργαλεία αυτής της στρατηγικής αποτελούν τα κείμενα εννοιολογικής αλλαγής (conceptual change texts) και τα διαψευστικά κείμενα (refutation texts).



Στρατηγική Γνωστικής Γέφυρας (Cognitive Bridging Strategy):

Αντιτίθεται στην εστίαση στη «δυσαρέσκεια» και υποστηρίζει, με βάση τον αυστηρό εποικοδομητισμό, ότι η νέα γνώση πρέπει να οικοδομηθεί επάνω στα υφιστάμενα παραγωγικά στοιχεία σκέψης του μαθητή. Χρησιμοποιεί αναλογίες αγκύρωσης και γεφύρωσης (anchoring and bridging analogies) για να συνδέσει τις ορθές διαισθήσεις του μαθητή με τις αφηρημένες επιστημονικές έννοιες.



Στρατηγική Οντολογικής Μετατόπισης Κατηγορίας (Ontological Category Shift Strategy):

Προτάθηκε από την Michelene Chi και τους συνεργάτες της, οι οποίοι υποστηρίζουν ότι πολλές παρανοήσεις οφείλονται σε εσφαλμένη κατηγοριοποίηση των εννοιών σε θεμελιώδεις οντολογικές κατηγορίες (π.χ. όταν ο μαθητής αντιλαμβάνεται το ηλεκτρικό ρεύμα ή τη θερμότητα ως «ύλη/υλικό» αντί για «διαδικασία»). Σε αυτές τις περιπτώσεις, η γνωστική σύγκρουση αποτυγχάνει και απαιτείται ειδική οντολογική εκπαίδευση (ontology training) για τη μετατόπιση της έννοιας στην ορθή κατηγορία.

Η πρόσφατη, μεγάλης κλίμακας μετα-ανάλυση των Pacaci et al. (2024), η οποία συνέθεσε 218 πρωτογενείς έρευνες με δείγμα 18.051 μαθητών, προσέφερε ισχυρά ποσοτικά δεδομένα, αποδεικνύοντας ότι οι στρατηγικές εννοιολογικής αλλαγής έχουν υψηλό δείκτη αποτελεσματικότητας στην επιστημονική επίδοση ($g = 1.10$). Η επίδραση αυτή παραμένει σταθερά υψηλή και στις τρεις στρατηγικές (Γνωστική Σύγκρουση: $g = 1.10$, Γνωστική Γέφυρα: $g = 1.06$, Οντολογική Μετατόπιση: $g = 0.88$), επιβεβαιώνοντας ότι η διδακτική προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη τις ιδέες των μαθητών υπερέχει καθολικά της παραδοσιακής διδασκαλίας.

1.6 Σύνοψη

Στο παρόν κεφάλαιο, αναλύθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο του εποικοδομητισμού, το οποίο αποτελεί τη βάση για την κατανόηση της μάθησης, απορρίπτοντας την παθητική απομνημόνευση και αναδεικνύοντας πώς οι μαθητές οικοδομούν τις δικές τους νοητικές αναπαραστάσεις. Ορίστηκαν οι λανθασμένες αντιλήψεις ως οργανωμένα, λογικά συνεκτικά και ανθεκτικά μοντέλα σκέψης, ενώ διερευνήθηκαν οι δισταμένες θεωρητικές προσεγγίσεις γύρω από αυτές: η συνεκτική θεώρηση (ως συμπαγείς θεωρίες) και η αποσπασματική θεώρηση (ως κομμάτια διαισθητικής γνώσης/ p-prims). Τέλος, τονίστηκε η αναγκαιότητα της διαδικασίας της εννοιολογικής

αλλαγής προκειμένου να αποκατασταθούν αυτές οι παγιωμένες ιδέες. Κατανοώντας τον γενικό, θεωρητικό τρόπο με τον οποίο διαμορφώνονται αυτές οι αντιλήψεις, το επόμενο κεφάλαιο προχωρά στη συστηματική χαρτογράφηση και κατηγοριοποίησή τους ανά συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο, εξετάζοντας αναλυτικά ποιες ακριβώς είναι οι πιο συχνές παρανοήσεις που συναντώνται πρακτικά στη Φυσική, τη Χημεία και τη Βιολογία.

Κεφάλαιο 2. Λανθασμένες Αντιλήψεις ανά Γνωστικό Πεδίο

2.1 Γενικά

Η συστηματική χαρτογράφηση των λανθασμένων αντιλήψεων ανά γνωστικό πεδίο αναδεικνύει τον βαθμό στον οποίο οι διαισθητικές ερμηνείες των μαθητών αποκλίνουν από τη δομή των Φυσικών Επιστημών. Όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία και τις μετα-συνθέσεις ερευνών (Guerra-Reyes et al., 2024· Kumandas et al., 2019· Soeharto et al., 2019), οι παρανοήσεις δεν είναι τυχαίες, αλλά ακολουθούν συγκεκριμένα θεματικά μοτίβα ανάλογα με την αφαιρετικότητα του κάθε αντικειμένου.

Σε μια συστηματική ανασκόπηση 16 επιλεγμένων ερευνών μέσω του λογισμικού ATLAS.ti, οι Guerra-Reyes et al. (2024) διαπίστωσαν ότι η Φυσική αποτελεί το γνωστικό αντικείμενο με τον μεγαλύτερο όγκο καταγεγραμμένων εναλλακτικών αντιλήψεων. Τα ευρήματα ομαδοποιούνται κυρίως σε τέσσερις τομείς: στη θερμοδυναμική, στη μηχανική, στην ακτινοβολία/φως και στα κύματα/ήχο. Αναφορικά με τον ήχο, μολονότι πρόκειται για ένα άμεσα παρατηρήσιμο φαινόμενο, συστηματική ανασκόπηση 20 επιστημονικών άρθρων (2012-2022) έδειξε ότι οι μαθητές εξακολουθούν να παρουσιάζουν σοβαρά ελλείμματα στην κατανόηση της μετάδοσής του, υποδεικνύοντας την ανάγκη για πιο καινοτόμες παρεμβάσεις (Panagou, et al., 2024).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των Μπελίτσου, κα, (2026), η οποία ανέδειξε τις παρανοήσεις των μαθητών σχετικά με την ιοντίζουσα και τη μη ιοντίζουσα ακτινοβολία. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι πολλοί μαθητές συγχέουν θεμελιωδώς τις δύο κατηγορίες, πιστεύοντας ότι όλες οι ακτινοβολίες είναι εξίσου επικίνδυνες. Για παράδειγμα, θεωρούν ότι κοινές οικιακές συσκευές (ραδιοκύματα, μη ιοντίζουσα) εκπέμπουν επικίνδυνη ακτινοβολία, ενώ παραβλέπουν παραμέτρους όπως η δόση και ο χρόνος έκθεσης, συνδέοντας αυτοματικά τη λέξη «ακτινοβολία» με τον καρκίνο ή πιστεύοντας ότι η ακτινοβολία έχει χημική προέλευση.

Παρόμοια προβλήματα εντοπίζονται και στη Χημεία, όπου οι μαθητές δυσκολεύονται να αντιληφθούν τη μικροσκοπική δομή της ύλης. Μελέτες υπογραμμίζουν εσφαλμένες αντιλήψεις σε θέματα όπως η χημική ισορροπία (π.χ. η πεποίθηση ότι η ταχύτητα της ορθής και της αντίστροφης αντίδρασης αυξάνονται ισόποσα πριν την ισορροπία), η διαλυτότητα, και οι χημικοί δεσμοί, όπου οι μαθητές

συχνά συγχέουν τον ιοντικό με τον ομοιοπολικό δεσμό (Üce & Ceyhan, 2019). Στη Βιολογία, οι παρανοήσεις επεκτείνονται σε βασικές δομές, με μαθητές να θεωρούν ότι το DNA βρίσκεται μόνο στο αίμα ή ότι η φωτοσύνθεση συμβαίνει μόνο την ημέρα και η αναπνοή των φυτών μόνο τη νύχτα (Guerra-Reyes et al., 2024).

Στα επόμενα υποκεφάλαια αναλύονται διεξοδικά οι κυριότερες εναλλακτικές αντιλήψεις στη Φυσική, τη Χημεία και τη Βιολογία.

2.2 Λανθασμένες Αντιλήψεις στη Φυσική

Η Φυσική αποτελεί το πεδίο με τον μεγαλύτερο όγκο καταγεγραμμένων εναλλακτικών αντιλήψεων, καθώς τα φαινόμενά της είναι άμεσα ορατά στην καθημερινή ζωή, γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη διαισθητικών αλλά επιστημονικά εσφαλμένων θεωριών (Adimayuda et al., 2026· Soeharto et al., 2019).

2.2.1 Μηχανική και Κινηματική

Η περιοχή της Μηχανικής (δυνάμεις και κίνηση) κυριαρχείται από τη λεγόμενη «Αριστοτελική διαισθητική φυσική». Η πιο συστηματική παρανόηση αφορά τη σύνδεση δύναμης και κίνησης: οι μαθητές πιστεύουν ακράδαντα ότι για να κινείται ένα σώμα, πρέπει να ασκείται συνεχώς πάνω του μια δύναμη προς την κατεύθυνση της κίνησης (Amrullah et al., 2025· Rahmadani et al., 2023). Στην περίπτωση της κατακόρυφης βολής, για παράδειγμα, θεωρούν ότι το σώμα ανέρχεται επειδή του έχει δοθεί μια «εσωτερική ώθηση» (impetus) από το χέρι, η οποία σταδιακά «καταναλώνεται» από την αντίσταση του αέρα.

Στην Κινηματική, οι μαθητές δυσκολεύονται να διαχωρίσουν τις έννοιες της θέσης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης (Rahmadani et al., 2023). Ένα κλασικό εύρημα είναι η σύγχυση «θέσης-ταχύτητας»: όταν δύο αντικείμενα βρίσκονται στην ίδια θέση (το ένα προσπερνά το άλλο), οι μαθητές δηλώνουν ότι έχουν την ίδια ταχύτητα. Αντίστοιχα, θεωρούν ότι αν η ταχύτητα ενός σώματος είναι μηδέν (π.χ. στο ανώτατο σημείο της τροχιάς του), τότε και η επιτάχυνσή του πρέπει υποχρεωτικά να είναι μηδέν.

2.2.2 Ηλεκτρισμός και Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Στα ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος (DC), οι μαθητές επιστρατεύουν καθημερινά, υλικά μοντέλα για να ερμηνεύσουν την αόρατη ροή των ηλεκτρονίων (Amrullah et al., 2025). Τα κυρίαρχα νοητικά μοντέλα περιλαμβάνουν:

 **Το μονοπολικό μοντέλο (Unipolar model):** Το ρεύμα χρειάζεται μόνο έναν αγωγό για να μεταφερθεί από την πηγή (μπαταρία) στην καταναλωτική συσκευή (λαμπάκι).

 **Το μοντέλο της σύγκρουσης (Clashing currents):** Θετικό και αρνητικό ηλεκτρικό ρεύμα φεύγουν ταυτόχρονα από τους δύο πόλους της μπαταρίας, συναντώνται στον λαμπτήρα και η «σύγκρουσή» τους παράγει φως.

 **Το μοντέλο της κατανάλωσης (Attenuation/Consumer model):** Το ηλεκτρικό ρεύμα κυκλοφορεί στο κύκλωμα, αλλά «καταναλώνεται» καθώς περνά από τους λαμπτήρες. Έτσι, σε μια σειρά από όμοιους λαμπτήρες, ο πρώτος αναμένεται να φέγγει περισσότερο και ο τελευταίος λιγότερο ή καθόλου (Resbiantoro et al., 2022).

2.2.3 Οπτική και Φύση του Φωτός

Στη Γεωμετρική Οπτική, οι παρανοήσεις σχετίζονται άμεσα με τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε την όραση. Πολλά παιδιά υιοθετούν το «μοντέλο της εκπομπής» (emission model), πιστεύοντας ότι τα μάτια μας εκπέμπουν ακτίνες ή ενεργά σωματίδια που «αγγίζουν» τα αντικείμενα για να τα δούμε (Widiatmoko & Shimizu, 2018).

Αναφορικά με την ανάκλαση σε επίπεδο καθρέφτη, υπάρχει η λανθασμένη αντίληψη ότι το είδωλο βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια του καθρέφτη και όχι πίσω από αυτόν, ή ότι το είδωλο υπάρχει ανεξάρτητα από την παρουσία ενός παρατηρητή.

2.3 Λανθασμένες Αντιλήψεις στη Χημεία

Η Χημεία χαρακτηρίζεται από τη διασύνδεση τριών επιπέδων αναπαράστασης: του μακροσκοπικού (ορατά φαινόμενα), του μικροσκοπικού/υπομικροσκοπικού (άτομα, μόρια, δεσμοί) και του συμβολικού (χημικοί τύποι, εξισώσεις). Η αδυναμία νοητικής μετάβασης ανάμεσα σε αυτά τα επίπεδα αποτελεί τη βασική πηγή παρανοήσεων (Ash Shiddiqi et al., 2024· Damsi & Suyanto, 2023).

2.3.1 Χημικός Δεσμός

Ο χημικός δεσμός αποτελεί ένα αφηρημένο πεδίο με πυκνές λανθασμένες αντιλήψεις (Suparman et al., 2024). Σύμφωνα με την κλασική ανασκόπηση του Özmen (2004), οι μαθητές τείνουν να ανθρωπομορφίζουν τα άτομα, θεωρώντας ότι αυτά έχουν «επιθυμίες» και «ανάγκες», με κυρίαρχη την ανάγκη να συμπληρώσουν την εξωτερική τους στοιβάδα (κανόνας της οκτάδας).

Ο δεσμός δεν γίνεται αντιληπτός ως μια δυναμική ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση (δυνάμεις Coulomb), αλλά ως μια μηχανική, υλική ένωση (σαν «κόλλα» ή «ράβδος») που κρατά τα άτομα ενωμένα. Επιπλέον, εμφανίζεται συστηματικά η αδυναμία διάκρισης μεταξύ ενδομοριακών δεσμών (π.χ. ομοιοπολικός δεσμός H-O στο νερό) και διαμοριακών δυνάμεων (δεσμός υδρογόνου), με αποτέλεσμα οι μαθητές να πιστεύουν ότι κατά τον βρασμό του νερού το μόριο διασπάται σε αέρια οξυγόνο και υδρογόνο.

2.3.2 Χημική Ισορροπία

Η χημική ισορροπία αποτελεί, βάσει της μετα-ανάλυσης των Suparman et al. (2024), το θέμα με τις περισσότερες καταγεγραμμένες δυσκολίες. Η λέξη «ισορροπία» οδηγεί τους μαθητές στο στατικό νοητικό μοντέλο της ζυγαριάς. Θεωρούν, επομένως, ότι στην κατάσταση ισορροπίας οι συγκεντρώσεις των αντιδρώντων και των προϊόντων πρέπει υποχρεωτικά να είναι ίσες ($[Reactants] = [Products]$), αντί για σταθερές. Επίσης, δυσκολεύονται να συλλάβουν τον δυναμικό χαρακτήρα του φαινομένου, υποθέτοντας ότι μόλις επιτευχθεί η ισορροπία, οι χημικές αντιδράσεις (προς τα εμπρός και προς τα πίσω) σταματούν εντελώς.

2.3.3 Θεωρίες Οξέων-Βάσεων και pH

Στην ενότητα των οξέων και των βάσεων, οι μαθητές επηρεάζονται έντονα από μακροσκοπικά κριτήρια και καθημερινές παρερμηνεύσεις (Üce & Ceyhan, 2019). Πιστεύουν ότι όλα τα οξέα είναι αποκλειστικά διαβρωτικά, τοξικά και επικίνδυνα υγρά, ενώ αδυνατούν να κατατάξουν καθημερινά υλικά (όπως τα φρούτα) σε αυτά. Μια άλλη ισχυρή παρανόηση αφορά την κλίμακα pH: θεωρείται ότι η εξουδετέρωση παράγει πάντα ένα διάλυμα με αυστηρά ουδέτερο pH (= 7), ανεξάρτητα από την ισχύ

του οξέος ή της βάσης που αντιδρά (π.χ. αντίδραση ισχυρού οξέος με ασθενή βάση) (Suparman et al., 2024).

2.4 Λανθασμένες Αντιλήψεις στη Βιολογία

Οι λανθασμένες αντιλήψεις στη Βιολογία συνδέονται συχνά με την τελεολογική (σκοπός) και την ανθρωπομορφική σκέψη των μαθητών, καθώς και με την αδυναμία κατανόησης των βιολογικών συστημάτων σε μικροσκοπικό επίπεδο (Kumandas et al., 2019).

2.4.1 Κυτταρική Αναπνοή και Φωτοσύνθεση

Η διασύνδεση και η σύγκριση της φωτοσύνθεσης και της κυτταρικής αναπνοής στα φυτά αποτελεί ένα από τα πιο προβληματικά πεδία της βιολογικής εκπαίδευσης διεθνώς (Amrullah et al., 2025· Kumandas et al., 2019). Οι μαθητές φέρουν τις εξής κυρίαρχες παρανοήσεις:

 **Το φυτικό μοντέλο αναπνοής:** Τα φυτά αναπνέουν μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας (επειδή την ημέρα κάνουν φωτοσύνθεση) ή δεν αναπνέουν καθόλου, καθώς η φωτοσύνθεση θεωρείται η «αναπνοή των φυτών».

 **Η φύση της φωτοσύνθεσης:** Η φωτοσύνθεση περιγράφεται απλώς ως μια διαδικασία «καθαρισμού του αέρα» ή ως μια μορφή αναπνοής που είναι αντίθετη από αυτή των ζώων (εισπνοή διοξειδίου του άνθρακα και εκπνοή οξυγόνου).

 **Η πηγή της ενέργειας:** Υπάρχει σύγχυση σχετικά με την τροφή των φυτών, με πολλούς μαθητές να πιστεύουν ότι τα φυτά απορροφούν την έτοιμη οργανική τους τροφή απευθείας από το έδαφος μέσω των ριζών (μοντέλο του λιπάσματος/χώματος ως τροφής), παραβλέποντας την αυτότροφη φύση τους.

2.4.2 Γενετική και Κεντρικό Δόγμα Μοριακής Βιολογίας

Στη Γενετική, οι μαθητές δυσκολεύονται να αντιληφθούν το μέγεθος, τη θέση και τη σχέση μεταξύ των δομών: DNA, γονίδιο, χρωμόσωμα (Soeharto et al., 2019). Συχνά θεωρούν ότι τα γονίδια και τα χρωμοσώματα είναι εντελώς ανεξάρτητες οντότητες που επιπλέουν στο κύτταρο. Επιπλέον, αναφορικά με τη ροή της γενετικής πληροφορίας (Central Dogma), υπάρχει η εσφαλμένη πεποίθηση ότι το mRNA μεταφράζεται απευθείας σε αμινοξέα τα οποία «μετατρέπονται» σε πρωτεΐνες, χωρίς

να κατανοείται η έννοια του γενετικού κώδικα και των κωδικονίων (Briggs et al., 2016).

2.4.3 Οικολογία και Οικοσυστήματα

Στις έννοιες της Οικολογίας, οι μαθητές εφαρμόζουν γραμμικά μοντέλα αιτιότητας αντί για κυκλικά και συστημικά. Σε μια τροφική αλυσίδα, θεωρούν ότι μια αλλαγή στο μέγεθος του πληθυσμού ενός ανώτερου καταναλωτή θα επηρεάσει μόνο τον άμεσο θηρευτή ή το θήραμά του, αδυνατώντας να προβλέψουν τις αλυσιδωτές, συστημικές επιπτώσεις σε ολόκληρο το τροφικό πλέγμα (Kumandas et al., 2019).

2.5 Σύνοψη Λανθασμένων Αντιλήψεων ανά Γνωστικό Αντικείμενο

Προκειμένου να επιτευχθεί μια βαθύτερη και πιο κριτική σύνθεση των ερευνητικών δεδομένων που παρατέθηκαν παραπάνω, κρίνεται αναγκαία η μετάβαση από την απλή περιγραφή των επιμέρους μελετών σε μια ουσιαστική διαθεματική ανάλυση. Για τον σκοπό αυτό, ο Πίνακας 2.1 που ακολουθεί, συμπυκνώνει και οργανώνει συγκριτικά τη διαθέσιμη βιβλιογραφική πληροφορία.

Ειδικότερα, ο πίνακας δεν παραθέτει απλώς τα ευρήματα, αλλά συσχετίζει άμεσα το κάθε γνωστικό αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών (Φυσική, Χημεία, Βιολογία) και τις επιμέρους επιστημονικές έννοιες με τη συνηθέστερη παρανόηση που καταγράφεται στην έρευνα. Ταυτόχρονα, προκειμένου η ανάλυση να είναι ολοκληρωμένη, ενσωματώνει κρίσιμες μεθοδολογικές παραμέτρους: ταξινομεί την ηλικιακή ομάδα (μαθητές / φοιτητές όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης) στην οποία εστιάζουν οι μελέτες, παραθέτει τα συγκεκριμένα διαγνωστικά εργαλεία (όπως τα τεστ πολλαπλών επιπέδων, συνεντεύξεις ή ανοικτές ερωτήσεις) που κρίθηκαν κατάλληλα για την ανίχνευση του εκάστοτε σφάλματος και, τέλος, παραθέτει τις βασικές βιβλιογραφικές πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν τα δεδομένα.

Μέσα από αυτή τη συγκριτική αποτύπωση, διευκολύνεται η εξαγωγή συμπερασμάτων για τα κοινά νοητικά μοντέλα (όπως η αριστοτελική διαίσθηση, ο ανθρωπομορφισμός ή η τελεολογική σκέψη) που διαπερνούν διαθεματικά τα αντικείμενα των Φυσικών Επιστημών, προσφέροντας στον αναγνώστη μια οργανωμένη και καθαρά αναλυτική εικόνα του πεδίου.

Πίνακας 2.1: Σύνοψη Λανθασμένων Αντιλήψεων ανά Γνωστικό Αντικείμενο

Γνωστικό αντικείμενο	Έννοια	Συνηθισμένη παρανόηση	Ηλικιακή ομάδα	Διαγνωστικό εργαλείο	Βασικές πηγές
Φυσική	Μηχανική & Κινηματική	Αριστοτελική διαίσθηση: Η κίνηση απαιτεί διαρκώς δύναμη. Ύπαρξη εσωτερικής «δύναμης ώθησης» (impetus) στην κατακόρυφη βολή. Σύγχυση θέσης-ταχύτητας-επιτάχυνσης.	Μαθητές Δευτεροβάθμιας & Φοιτητές	Ερωτήσεις ανοικτού τύπου/ Δοκιμασίες σχεδιασμού δυνάμεων	Amrullah et al. (2025), Rahmadani et al. (2023)
Φυσική	Ηλεκτρικά Κυκλώματα (DC)	Υλικά μοντέλα ρεύματος: Μονοπολικό μοντέλο, μοντέλο σύγκρουσης ρευμάτων, μοντέλο κατανάλωσης (το ρεύμα «καταναλώνεται» στις συσκευές).	Μαθητές Δευτεροβάθμιας	Κλινικές συνεντεύξεις/ Τεστ Πολλαπλών Επιπέδων (MTDTs)	Amrullah et al. (2025), Resbiantoro et al. (2022)
Φυσική	Οπτική & Φύση Φωτός	Μοντέλο εκπομπής: Τα μάτια εκπέμπουν ακτίνες για να δουν. Το είδωλο βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια του καθρέφτη.	Παιδιά/ Μαθητές	Κλινικές συνεντεύξεις	Widiatmoko & Shimizu (2018)
Χημεία	Χημικός Δεσμός	Ανθρωπομορφισμός & Υλικότητα: Οι δεσμοί είναι μηχανικές «ράβδοι» ή «κόλλα». Σύγχυση ενδομοριακών/διαμοριακών δυνάμεων (π.χ. διάσπαση νερού σε H και O κατά τον βρασμό).	Μαθητές Δευτεροβάθμιας	Τεστ Δύο Επιπέδων (Two-tier tests)	Suparman et al. (2024), Özmen (2004)
Χημεία	Χημική Ισορροπία	Στατικότητα: Η ισορροπία ταυτίζεται με στατική ζυγαριά, οι αντιδράσεις σταματούν εντελώς, οι συγκεντρώσεις πρέπει να είναι υποχρεωτικά ίσες.	Μαθητές Δευτεροβάθμιας & Φοιτητές	Τεστ Πολλαπλών Επιπέδων (MTDTs)	Suparman et al. (2024)

Γνωστικό αντικείμενο	Έννοια	Συνηθισμένη παρανόηση	Ηλικιακή ομάδα	Διαγνωστικό εργαλείο	Βασικές πηγές
Χημεία	Οξέα, Βάσεις & pH	Μακροσκοπική παρερμηνεία: Όλα τα οξέα είναι διαβρωτικά/τοξικά. Η εξουδετέρωση παράγει πάντα αυστηρά ουδέτερο pH (= 7).	Μαθητές Δευτεροβάθμιας	Τεστ Πολλαπλών Επιπέδων (MTDTs)	Üce & Ceyhan (2019), Suparman et al. (2024)
Βιολογία	Φωτοσύνθεση & Αναπνοή	Φυτικό μοντέλο αναπνοής: Τα φυτά αναπνέουν μόνο τη νύχτα (ή καθόλου). Η φωτοσύνθεση είναι η «αναπνοή» τους. Τα φυτά παίρνουν έτοιμη τροφή από το έδαφος.	Μαθητές Δευτεροβάθμιας	Τεστ Τεσσάρων Επιπέδων (Four-tier tests)	Amrullah et al. (2025), Kumandaş et al. (2019)
Βιολογία	Γενετική & Κεντρικό Δόγμα	Κατακερματισμένη γνώση: Σύγχυση μεγέθους/θέσης μεταξύ DNA-γονιδίου-χρωμοσώματος. Το mRNA μεταφράζεται απευθείας σε αμινοξέα.	Μαθητές/ Φοιτητές Βιολογίας	Συνεντεύξεις Τεστ Πολλαπλών Επιπέδων	Soeharto et al. (2019), Briggs et al. (2016)
Βιολογία	Οικολογία & Οικοσυστήματα	Γραμμική αιτιότητα: Αντίληψη των τροφικών αλυσίδων ως γραμμικών και όχι συστημικών (δυσκολία πρόβλεψης αλυσιδωτών επιπτώσεων).	Μαθητές Δευτεροβάθμιας	Ερωτήσεις ανοικτού τύπου/ Δοκιμασίες Σχεδιασμού	Kumandaş et al. (2019)

Πίνακας 2. 1 Σύνοψη Λανθασμένων Αντιλήψεων ανά Γνωστικό Αντικείμενο

Όσον αφορά την ηλικιακή ομάδα, η βιβλιογραφία επικεντρώνεται κυρίως σε μαθητές Λυκείου (39,29%) και φοιτητές Πανεπιστημίου (35,71%), ενώ παρατηρείται πλήρης απουσία (0%) ερευνών με προηγμένα τεστ 4-επιπέδων σε μαθητές Δημοτικού.

2.5.1 Κριτική Σύνθεση και Σύγκριση των Μελετών

Ο παραπάνω πίνακας δεν αναδεικνύει απλώς τα επιμέρους ευρήματα, αλλά επιτρέπει μια διαθεματική σύγκριση, αποκαλύπτοντας κοινά γνωστικά εμπόδια που διαπερνούν τις Φυσικές Επιστήμες. Συγκεκριμένα:

 **Επίδραση του Μακροσκοπικού στον Μικρόκοσμο:** Στη Φυσική, οι εναλλακτικές θεωρίες βασίζονται άμεσα στις αισθήσεις (π.χ. «βλέπω» ότι η κίνηση θέλει δύναμη αλλιώς σταματά). Αντίθετα, στη Χημεία και εν μέρει στη Βιολογία, οι μελέτες συμφωνούν ότι η κύρια πηγή σφαλμάτων είναι η αδυναμία των μαθητών (λόγω του σταδίου γνωστικής τους ανάπτυξης) να μεταβούν στο υπομικροσκοπικό επίπεδο, με αποτέλεσμα να μεταφέρουν μακροσκοπικές ιδιότητες στα άτομα (π.χ. τα άτομα λιώνουν, οι δεσμοί είναι υλικά).

 **Ανθρωπομορφισμός και Τελεολογία:** Συγκρίνοντας τη Χημεία με τη Βιολογία, παρατηρείται κοινή τάση των μαθητών να αποδίδουν σκοπό, επιθυμίες και ανθρώπινα συναισθήματα σε μη έμβιες δομές. Στη Χημεία τα άτομα «θέλουν» να συμπληρώσουν την οκτάδα τους, ενώ στη Βιολογία τα φυτά και τα κύτταρα έχουν «σκοπό» να επιβιώσουν.

 **Συμβολή των Διαγνωστικών Εργαλείων:** Καθίσταται φανερό ότι για να ανιχνευθούν συστημικές παρανοήσεις (όπως π.χ. στη Μηχανική) απαιτούνται συχνά ερωτήσεις ανοιχτού τύπου ή δοκιμασίες σχεδιασμού (π.χ. σχεδιασμός διαγραμμάτων ροής ή διανυσμάτων δυνάμεων). Αντίθετα, για βαθιά ριζωμένες παρανοήσεις που συνοδεύονται από ισχυρή σιγουριά (όπως η ταύτιση της χημικής ισορροπίας με μια ακίνητη ζυγαριά ή η πεποίθηση ότι η κυτταρική αναπνοή παύει την ημέρα), η βιβλιογραφία συγκλίνει στην υπεροχή των Τεστ Πολλαπλών Επιπέδων, καθώς απομονώνουν τη γνήσια παρανόηση από την τυχαία απάντηση.

2.6 Συγκριτική Σύνοψη των Χαρακτηριστικών ανά Γνωστικό Αντικείμενο

Για την πληρέστερη κατανόηση της φύσης των παρανοήσεων, ο ακόλουθος πίνακας 2.2 συνοψίζει και συγκρίνει τα βασικά χαρακτηριστικά τους στα τρία γνωστικά αντικείμενα.

Πίνακας 2.2: Συγκριτική Σύνοψη των Χαρακτηριστικών ανά Γνωστικό

Αντικείμενο

Γνωστικό Αντικείμενο	Κύριες Θεματικές Ενότητες Υψηλού Κινδύνου	Κυρίαρχο Νοητικό Μοντέλο / Φύση Παρανόησης	Κύρια Πηγή Προέλευσης
Φυσική	Κινηματική, Μηχανική (Δυνάμεις), Συνεχές Ρεύμα, Γεωμετρική Οπτική	Αριστοτελική & Υλική Διαίσθηση: Σύνδεση δύναμης-κίνησης, κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, οπτική εκπομπή.	Καθημερινή εμπειρία, αισθητηριακή αντίληψη, φυσική αλληλεπίδραση.
Χημεία	Χημικός Δεσμός, Χημική Ισορροπία, Οξέα- Βάσεις, Δομή της Ύλης	Στατικότητα & Ανθρωπομορφισμός: Δεσμοί ως υλικές ράβδοι, ισορροπία ως ίση ποσότητα (στατική ζυγαριά), επιθυμίες ατόμων.	Αδυναμία διασύνδεσης μακροσκοπικού- μικροσκοπικού επιπέδου, σχολικά εγχειρίδια.
Βιολογία	Φωτοσύνθεση, Κυτταρική Αναπνοή, Γενετική, Οικοσυστήματα	Τελεολογική & Ανθρωπομορφική Σκέψη: Τα φυτά αναπνέουν μόνο τη νύχτα, γραμμική αιτιότητα στα οικοσυστήματα, σκόπιμη δράση οργάνων.	Καθημερινή γλώσσα, κοινωνικές επιρροές, αφηρημένη φύση μικροσκοπικών δομών.

Πίνακας 2.2 Συγκριτική Σύνοψη των Χαρακτηριστικών ανά Γνωστικό Αντικείμενο

2.7 Σύνοψη

Το κεφάλαιο αυτό ανέδειξε τα συγκεκριμένα θεματικά μοτίβα παρανοήσεων στα τρία βασικά πεδία των Φυσικών Επιστημών. Στη Φυσική, καταγράφηκε η κυριαρχία

της αριστοτελικής σκέψης ως προς τη σύνδεση δύναμης-κίνησης και τα υλικά μοντέλα αναπαράστασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Στη Χημεία, οι δυσκολίες εντοπίζονται στην αδυναμία των μαθητών να συλλάβουν τον υπομικρόκοσμο, οδηγώντας σε ανθρωπομορφικές ερμηνείες των χημικών δεσμών και στην ταύτιση της χημικής ισορροπίας με τη στατικότητα. Στη Βιολογία, υπογραμμίστηκε η τελεολογική προσέγγιση σε διαδικασίες όπως η κυτταρική αναπνοή και η φωτοσύνθεση. Έχοντας πλέον εντοπίσει με σαφήνεια τι ακριβώς παρερμηνεύουν οι μαθητές, γεννάται το ερώτημα του γιατί συμβαίνει αυτό. Το επόμενο κεφάλαιο επιχειρεί να απαντήσει, αναλύοντας διεξοδικά τα πολυπαραγοντικά αίτια δημιουργίας αυτών των αντιλήψεων, διαχωρίζοντάς τα σε εσωτερικούς (γνωστικούς) και εξωτερικούς (εκπαιδευτικούς και γλωσσικούς) παράγοντες.

Κεφάλαιο 3. Αίτια Εμφάνισης Λανθασμένων Αντιλήψεων

Η εμφάνιση, η σταθεροποίηση και η μακροχρόνια ανθεκτικότητα των λανθασμένων αντιλήψεων στο γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών δεν αποτελεί τυχαίο γεγονός, αλλά ένα σύνθετο και πολυπαραγοντικό φαινόμενο (Guerra-Reyes et al., 2024). Σύμφωνα με τη σύγχρονη ερευνητική βιβλιογραφία, οι αιτίες δημιουργίας αυτών των γνωστικών στρεβλώσεων διακρίνονται σε δύο μεγάλες γενικές κατηγορίες: τους εσωτερικούς παράγοντες (που σχετίζονται άμεσα με τον ίδιο τον μαθητή, τη νοητική του ανάπτυξη και το περιβάλλον του) και τους εξωτερικούς παράγοντες (που πηγάζουν από το ευρύτερο εκπαιδευτικό σύστημα, τη γλώσσα και τα μέσα διδασκαλίας).

3.1 Εσωτερικοί Παράγοντες (Γνωστικοί, Κοινωνικοπολιτισμικοί και Ψυχολογικοί Παράγοντες)

3.1.1 Διαισθητική Εμπειρία και Καθημερινά Φαινόμενα

Ο κυριότερος και πιο βαθιά ριζωμένος εσωτερικός παράγοντας εντοπίζεται στην καθημερινή, βιωματική και αισθητηριακή αλληλεπίδραση του μαθητή με το περιβάλλον του. Πολύ πριν έρθουν σε επαφή με την επίσημη σχολική εκπαίδευση, τα παιδιά λειτουργούν ως «επιστήμονες του καθημερινού κόσμου» και αναπτύσσουν μια «διαισθητική φυσική» (intuitive physics) ή «επιστήμη των παιδιών» (children's science) προκειμένου να ερμηνεύσουν και να προβλέψουν τα φαινόμενα που παρατηρούν γύρω τους (Adimayuda et al., 2026· Soeharto et al., 2019).

Αυτή η αυθόρμητη γνώση βασίζεται στην άμεση αισθητηριακή αντίληψη, η οποία όμως στερείται επιστημονικού φίλτρου και συχνά οδηγεί σε εσφαλμένα συμπεράσματα:



Στο πεδίο της Φυσικής (Μηχανική): Καθώς οι μαθητές σπρώχνουν ένα αντικείμενο στο πάτωμα, παρατηρούν ότι αυτό σταματά μόλις σταματήσουν να του ασκούν δύναμη. Μη έχοντας ορατή αντίληψη της δύναμης της τριβής, γενικεύουν διαισθητικά ότι «η κίνηση απαιτεί πάντα την ύπαρξη μιας ενεργού δύναμης προς την κατεύθυνση της κίνησης». Η αριστοτελική αυτή θεώρηση έρχεται σε πλήρη αντίθεση με το Νευτώνειο αξίωμα της αδράνειας (Amrullah et al., 2025· Rahmadani et al., 2023).

Παράδειγμα: Όταν ζητείται από μαθητές να σχεδιάσουν τις δυνάμεις που ασκούνται σε μια μπάλα ποδοσφαίρου ενώ αυτή κινείται στον αέρα μετά το λάκτισμα, η πλειοψηφία σχεδιάζει ένα βέλος δύναμης στραμμένο προς τα εμπρός (κατεύθυνση κίνησης), ονομάζοντάς το «δύναμη της κλωτσιάς». Στην πραγματικότητα, μόλις η μπάλα χάσει την επαφή με το πόδι, η δύναμη αυτή μηδενίζεται και ασκούνται μόνο η βαρύτητα και η αντίσταση του αέρα.



Στο πεδίο της Φυσικής (Θερμοδυναμική): Η καθημερινή αίσθηση της αφής αποτελεί πηγή συστηματικών σφαλμάτων.

Παράδειγμα: Αν οι μαθητές αγγίξουν ένα μεταλλικό και ένα ξύλινο αντικείμενο μέσα στο ίδιο δωμάτιο (που βρίσκονται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον), θα δηλώσουν ότι το μέταλλο είναι «πιο κρύο» από το ξύλο. Αυτή η αισθητηριακή εμπειρία μετατρέπεται στην ακλόνητη παρανόηση ότι διαφορετικά υλικά στο ίδιο δωμάτιο έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες, αγνοώντας ότι το μέταλλο απλώς έχει μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και απάγει τη θερμότητα από το χέρι μας με ταχύτερο ρυθμό.



Στο πεδίο της Βιολογίας (Οικολογία & Φυσιολογία): Η καθημερινή επαφή με τα ζώα και τις ανθρώπινες δραστηριότητες οδηγεί τα παιδιά στην ανάπτυξη ενός ανθρωπομορφικού και τελεολογικού τρόπου σκέψης. Θεωρούν, για παράδειγμα, ότι τα φυτά «επιδιώκουν» να στρέφονται προς το φως επειδή «θέλουν να ζήσουν», αποδίδοντας συνειδητή πρόθεση και σκοπό σε καθαρά βιοχημικούς μηχανισμούς (όπως ο φωτοτροπισμός και η δράση των αυξινών) (Kumandas et al., 2019).

3.1.2 Γνωστική Ανάπτυξη και Περιορισμένη Αφαιρετική Ικανότητα

Πολλές από τις κεντρικές έννοιες των Φυσικών Επιστημών, ιδιαίτερα στη Χημεία και τη Μοριακή Βιολογία, χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό αφαιρετικότητας και απαιτούν ανεπτυγμένη ικανότητα τυπικής συλλογιστικής. Σύμφωνα με το αναπτυξιακό μοντέλο του Piaget, πολλοί μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης βρίσκονται ακόμη στη μετάβαση από το στάδιο των συγκεκριμένων νοητικών ενεργειών (concrete operational stage) στο στάδιο των τυπικών/αφηρημένων νοητικών ενεργειών (formal operational stage) (Piaget, 1952, 1970, όπ. αναφ. στους Ash Shiddiqi et al., 2024· Üce & Ceyhan, 2019).

Όταν οι μαθητές αυτοί καλούνται να διαχειριστούν έννοιες που αφορούν τον μικρόκοσμο και τον υπομικρόκοσμο (όπως άτομα, μόρια, χημικοί δεσμοί, τροχιακά ή

τη ροή της γενετικής πληροφορίας), αδυνατούν να τις συλλάβουν στην πραγματική τους διάσταση. Ως αμυντικό γνωστικό μηχανισμό, τείνουν να μεταφέρουν τις ιδιότητες του μακροσκοπικού, ορατού κόσμου απευθείας στις μικροσκοπικές οντότητες (Özmen, 2004).

 *Παράδειγμα 1 (Χημεία):* Μαθητές υποστηρίζουν ότι τα άτομα του χαλκού είναι ελαστικά και έχουν κοκκινωπό χρώμα, ότι τα μόρια του νερού είναι υγρά ή ότι τα μεμονωμένα άτομα ενός αερίου διαστέλλονται και λιώνουν όταν θερμαίνονται (Ash Shiddiqi et al., 2024). Αδυνατούν να κατανοήσουν ότι οι μακροσκοπικές ιδιότητες (χρώμα, φυσική κατάσταση, ελαστικότητα) αποτελούν αναδυόμενες ιδιότητες μεγάλων συναθροίσεων σωματιδίων και δεν υφίστανται στο επίπεδο του ενός μορίου ή ατόμου.

 *Παράδειγμα 2 (Βιολογία):* Στη Γενετική, οι μαθητές δυσκολεύονται να συλλάβουν την κλίμακα των μεγεθών. Πιστεύουν ότι το DNA, τα γονίδια και τα χρωμοσώματα είναι εντελώς διαφορετικά, μη συνδεδεμένα πράγματα που επιπλέουν μέσα στο κύτταρο. Πολλοί θεωρούν ότι τα γονίδια είναι μεγαλύτερα από τα χρωμοσώματα ή ότι τα κύτταρα του δέρματος περιέχουν μόνο «γονίδια δέρματος» και τα κύτταρα των ματιών μόνο «γονίδια ματιών», λόγω αδυναμίας κατανόησης ότι κάθε σωματικό κύτταρο περιέχει το πλήρες και ταυτόσημο γονιδίωμα του οργανισμού (Soeharto et al., 2019).

3.2 Εξωτερικοί Παράγοντες (Γλωσσικοί, Διδακτικοί - Εκπαιδευτικοί κι Αναπαραστατικοί Παράγοντες)

3.2.1 Παραδοσιακές Διδακτικές Μέθοδοι και το Μοντέλο της «Μετάδοσης»

Η επιμονή σε παραδοσιακές, δασκαλοκεντρικές μεθόδους διδασκαλίας αποτελεί έναν από τους ισχυρότερους εξωτερικούς παράγοντες που όχι μόνο επιτρέπουν τη δημιουργία λανθασμένων αντιλήψεων, αλλά τις προστατεύουν από κάθε προσπάθεια διόρθωσης (Islamiyah et al., 2022). Στο παραδοσιακό εκπαιδευτικό μοντέλο, η μάθηση αντιμετωπίζεται ως μια γραμμική διαδικασία «μετάδοσης-λήψης», όπου ο εκπαιδευτικός παραδίδει έτοιμη την επιστημονική πληροφορία στον πίνακα και ο μαθητής την καταγράφει παθητικά.

Η προσέγγιση αυτή αποτυγχάνει διότι δεν αφιερώνει χρόνο για την ανάδειξη και την εξέταση των ιδεών που ήδη έχουν οι μαθητές στο μυαλό τους πριν από το μάθημα

(Pacaci et al., 2024). Οι μαθητές αποστηθίζουν μαθηματικούς τύπους, χημικές εξισώσεις και βιολογικούς ορισμούς προκειμένου να ανταποκριθούν στις εξετάσεις.

Παράδειγμα: Στη Φυσική, ένας μαθητής μπορεί να λύνει τέλεια τις ασκήσεις εφαρμόζοντας τον τύπο του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα ($F = m \cdot a$). Ωστόσο, όταν του ζητηθεί σε ποιοτική ερώτηση να εξηγήσει γιατί ένα αυτοκίνητο που κινείται με σταθερή ταχύτητα 100km/h χρειάζεται τη δύναμη της μηχανής του, απαντά ότι η δύναμη χρειάζεται «για να αντισταθμίζει τις τριβές και να διατηρείται η ταχύτητα». Αυτό αποδεικνύει τη λεγόμενη «διπλή γνωστική δομή»: οι μαθητές χρησιμοποιούν την επιστημονική ορολογία τυφλά μέσα στην τάξη για να βαθμολογηθούν, αλλά επιστρέφουν αμέσως στις διαισθητικές, λανθασμένες τους αντιλήψεις έξω από αυτή (Islamiyah et al., 2022· Resbiantoro et al., 2022).

3.2.2 Προβλήματα στη Γλώσσα και την Ορολογία

Η γλωσσική αλληλεπίδραση παίζει καθοριστικό ρόλο στη διδασκαλία των επιστημών, όμως η ορολογία που χρησιμοποιείται γίνεται συχνά εστία σοβαρών παρανοήσεων. Το πρόβλημα πηγάζει από τη σημασιολογική απόκλιση μεταξύ της καθημερινής (vernacular) γλώσσας και του αυστηρού επιστημονικού πλαισίου (Adimayuda et al., 2026· Widiatmoko & Shimizu, 2018).

Στη Φυσική (Έργο και Θερμότητα): Στην καθημερινή ζωή, η λέξη «έργο» σημαίνει οποιαδήποτε πνευματική ή σωματική εργασία που προκαλεί κόπωση.

Παράδειγμα: Όταν ο μαθητής έρχεται αντιμέτωπος με τον φυσικό ορισμό ($W = F \cdot \Delta x \cdot \cos\theta$), δυσκολεύεται να αποδεχθεί ότι ένας εργάτης που κρατά ένα βαρύ κιβώτιο ακίνητο στα χέρια του για ώρες παράγει μηδενικό έργο, ή ότι ένας μαθητής που περιφέρεται κουβαλώντας τη σάκα του σε οριζόντιο δρόμο παράγει επίσης μηδενικό έργο (αφού η δύναμη είναι κάθετη στη μετατόπιση). Αντίστοιχα, η καθημερινή φράση «κλείσε την πόρτα για να μην μπει κρύο» ενισχύει την παρανόηση ότι το «κρύο» είναι μια υλική οντότητα που μεταφέρεται, εμποδίζοντας την κατανόηση της θερμότητας ως ενέργειας που ρέει αποκλειστικά από το θερμότερο σώμα προς το ψυχρότερο (Adimayuda et al., 2026).

Στη Χημεία (Ισορροπία):

Παράδειγμα: Η καθημερινή έννοια της «ισορροπίας» είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη στατικότητα (π.χ. μια ακίνητη ζυγαριά). Αυτή η προϋπάρχουσα γλωσσική φόρτιση οδηγεί τους μαθητές στο να θεωρούν εσφαλμένα ότι στη χημική ισορροπία η

αντίδραση έχει σταματήσει εντελώς (στατική ισορροπία) και ότι οι ποσότητες ή οι συγκεντρώσεις των αντιδρώντων και των προϊόντων είναι υποχρεωτικά ίσες, αδυνατώντας να συλλάβουν ότι πρόκειται για μια δυναμική κατάσταση όπου οι δύο αντίθετες αντιδράσεις εξελίσσονται με ακριβώς την ίδια ταχύτητα (Damsi & Suyanto, 2023· Suparman et al., 2024).

3.2.3 Σχολικά Εγχειρίδια και Ασαφείς Αναπαραστάσεις

Τα σχολικά βιβλία και τα βοηθήματα αποτελούν θεσμικές πηγές γνώσης, ωστόσο η διεθνής έρευνα δείχνει ότι πολύ συχνά ευθύνονται για την εισαγωγή ή την παγίωση λανθασμένων αντιλήψεων μέσω ελλιπών, υπεραπλουστευμένων ή ασαφών διαγραμμάτων και κειμένων (Amrullah et al., 2025· Guerra-Reyes et al., 2024).

 **Στη Χημεία (Απεικόνιση Δεσμών):** Η ανάγκη οπτικοποίησης του μικρόκοσμου οδηγεί τα βιβλία στη χρήση δισδιάστατων σχημάτων και τρισδιάστατων μοντέλων τύπου «σφαίρας-ράβδου» (ball-and-stick).

Παράδειγμα: Οι μαθητές, λόγω έλλειψης επεξηγήσεων στα εγχειρίδια, εκλαμβάνουν τις σχεδιασμένες «ράβδους» ως υπαρκτές, υλικές, μηχανικές οντότητες (σαν μικρά ξυλάκια ή κόλλα) που συνδέουν τα άτομα. Αυτό δημιουργεί την παρανόηση ότι κατά τη διάσπαση ενός δεσμού παράγεται ύλη ή ότι οι δεσμοί έχουν βάρος, αντί να γίνει κατανοητό ότι ο χημικός δεσμός είναι απλώς μια ηλεκτροστατική ισορροπία ελκτικών και απωστικών δυνάμεων (Özmen, 2004).

 **Στη Βιολογία (Διαχωρισμός Λειτουργιών):** Τα εγχειρίδια παρουσιάζουν συνήθως τη φωτοσύνθεση και την κυτταρική αναπνοή σε εντελώς διαφορετικά, αποκομμένα κεφάλαια, ενώ στα συνοδευτικά σχήματα η φωτοσύνθεση αναπαρίσταται πάντα κάτω από έναν λαμπερό ήλιο.

Παράδειγμα: Αυτή η εκδοτική επιλογή ενισχύει την παγκόσμια παρανόηση ότι τα φυτά επιτελούν τη φωτοσύνθεση αποκλειστικά την ημέρα και την αναπνοή αποκλειστικά τη νύχτα. Όταν οι μαθητές ερωτώνται αν ένα φυτό αναπνέει το μεσημέρι, απαντούν αρνητικά, παραβλέποντας τον συνεχή, 24ωρο και ζωτικό χαρακτήρα της κυτταρικής αναπνοής για όλα τα ζωντανά κύτταρα (Kumandas et al., 2019).

3.2.4 Μεταφορά Παρανοήσεων από τους Ίδιους τους Εκπαιδευτικούς

Ένα από τα πιο κρίσιμα και ανησυχητικά ευρήματα της σύγχρονης βιβλιογραφίας είναι ότι οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί (τόσο οι εν ενεργεία όσο και οι φοιτητές των παιδαγωγικών και καθηγητικών σχολών) συχνά φέρουν στο δικό τους γνωστικό υπόβαθρο τις ίδιες ακριβώς λανθασμένες αντιλήψεις με τους μαθητές τους (Adimayuda et al., 2026· Resbiantoro et al., 2022). Το φαινόμενο αυτό συνήθως οφείλεται σε ελλείψεις κατά την πανεπιστημιακή τους εκπαίδευση, καθώς και σε χαμηλά επίπεδα Διδακτικής Γνώσης Περιεχομένου (Pedagogical Content Knowledge - PCK).

Οι επιλογές και οι μέθοδοι διδασκαλίας παίζουν καθοριστικό ρόλο στη συντήρηση των εναλλακτικών αντιλήψεων. Η εμμονή στο παραδοσιακό, δασκαλοκεντρικό μοντέλο της γραμμικής «μετάδοσης» της πληροφορίας ευνοεί τη δημιουργία μιας «διπλής γνωστικής δομής» (Islamiyah et al., 2022). Οι μαθητές μαθαίνουν να αποστηθίζουν τύπους και ορισμούς για να επιτύχουν στις εξετάσεις, χωρίς όμως να αναδομούν ουσιαστικά τη σκέψη τους, με αποτέλεσμα να επιστρέφουν στις διαισθητικές τους αντιλήψεις εκτός σχολικού περιβάλλοντος (Islamiyah et al., 2022; Resbiantoro et al., 2022). Επιπρόσθετα, η βιβλιογραφία υποδεικνύει ότι, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, η έλλειψη επαρκούς Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (PCK) ενδέχεται να οδηγήσει σε ακούσια παγίωση παρανοήσεων κατά τη διδακτική πράξη.

Για παράδειγμα, η προσπάθεια ορισμένων εκπαιδευτικών να απλοποιήσουν τα φαινόμενα μέσω ατυχών αναλογιών —όπως η παρομοίωση της μπαταρίας με μια αντλία που «παράγει» τα ηλεκτρόνια— μπορεί να τροφοδοτήσει, αντί να αμβλύνει, τα εννοιολογικά σφάλματα των μαθητών (Adimayuda et al., 2026; Resbiantoro et al., 2022).

 *Παράδειγμα 1 (Χημεία):* Πολλοί δάσκαλοι πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ή μη εξειδικευμένοι καθηγητές χρησιμοποιούν τη φράση «το αλάτι εξαφανίζεται στο νερό» για να περιγράψουν τη διάλυση. Αυτή η επιλογή λέξης παγιώνει στους μαθητές την παρανόηση ότι κατά τη διάλυση το διαλυμένο σώμα καταστρέφεται ή μετατρέπεται σε υγρό, δυσκολεύοντας την μετέπειτα κατανόηση της διατήρησης της μάζας στο διάλυμα.

 *Παράδειγμα 2 (Φυσική):* Εκπαιδευτικοί, στην προσπάθειά τους να εξηγήσουν απλά το ηλεκτρικό κύκλωμα, χρησιμοποιούν την αναλογία του νερού που

ρέει σε έναν σωλήνα, λέγοντας ότι η μπαταρία είναι «η αντλία που δίνει τα ηλεκτρόνια». Οι μαθητές ερμηνεύουν την αναλογία κυριολεκτικά, αναπτύσσοντας την παρανόηση ότι τα ηλεκτρόνια παράγονται μέσα στην μπαταρία και ότι αν κοπεί το καλώδιο, τα ηλεκτρόνια θα «χύσουν» έξω, αγνοώντας ότι οι αγωγοί είναι ήδη γεμάτοι από ελεύθερα ηλεκτρόνια και η μπαταρία απλώς παρέχει το ηλεκτρικό πεδίο για την ταυτόχρονη κίνησή τους (Adimayuda et al., 2026· Resbiantoro et al., 2022).

3.3 Συνολική Σύνθεση των Πηγών Προέλευσης

Για την καλύτερη κατανόηση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων αυτών, η προέλευσή τους μπορεί να κωδικοποιηθεί σε τέσσερις κεντρικούς άξονες, όπως αποτυπώνεται στον παρακάτω αναλυτικό πίνακα 3.1:

Πίνακας 3.1: Σύνθεση των Πηγών Προέλευσης

Κατηγορία Αιτίας	Συγκεκριμένος Μηχανισμός	Αναλυτικό Παράδειγμα Παρανόησης	Υποστηρικτική Βιβλιογραφία
Αισθητηριακή/ Βιωματική	Άμεση παρατήρηση καθημερινών φαινομένων χωρίς συνεκτικό επιστημονικό φίλτρο.	«Τα βαριά αντικείμενα πέφτουν πιο γρήγορα από τα ελαφριά στο κενό». Οι μαθητές βλέπουν ένα φτερό να πέφτει πιο αργά από μια πέτρα στον αέρα και γενικεύουν το νόμο για όλα τα περιβάλλοντα, παραβλέποντας την αντίσταση του αέρα.	Rahmadani et al. (2023)· Resbiantoro et al. (2022)

Κατηγορία Αιτίας	Συγκεκριμένος Μηχανισμός	Αναλυτικό Παράδειγμα Παρανόησης	Υποστηρικτική Βιβλιογραφία
Γλωσσική/ Εννοιολογική	Ταυτόσημη χρήση όρων στην καθημερινή λεκτική επικοινωνία και στην επιστήμη με διαφορετικό νόημα.	«Ένα διάλυμα που εξουδετερώθηκε έχει πάντα $pH=7$ ». Η λέξη «εξουδετέρωση» υποδηλώνει καθημερινά τη δημιουργία κάτι ουδέτερου, με αποτέλεσμα οι μαθητές να θεωρούν ότι η αντίδραση ασθενούς οξέος με ισχυρή βάση δίνει ουδέτερο διάλυμα.	Damsi & Suyanto (2023)· Suparman et al. (2024)
Διδακτική/ Instructional	Επιμονή στην παραδοσιακή αποστήθιση, έλλειψη πειραμάτων, απουσία σύνδεσης με τον μικρόκοσμο.	«Το ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνεται περνώντας από ένα λαμπάκι». Λόγω δασκαλοκεντρικής διδασκαλίας χωρίς χρήση αμπερομέτρων, οι μαθητές θεωρούν ότι ο δεύτερος	Ash Shiddiqi et al. (2024)· Özmen (2004)

Κατηγορία Αιτίας	Συγκεκριμένος Μηχανισμός	Αναλυτικό Παράδειγμα Παρανόησης	Υποστηρικτική Βιβλιογραφία
		λαμπτήρας σε σειρά θα φέγγει λιγότερο γιατί ο πρώτος «έφαγε» το ρεύμα.	
Αναπαραστατική/ Βιβλιογραφική	Παραπλανητικά σχήματα, ελλιπείς εικόνες και ασαφείς επεξηγήσεις στα σχολικά εγχειρίδια.	«Τα φυτά προσλαμβάνουν την τροφή τους έτοιμη από το χώμα». Τα σχήματα δείχνουν τις ρίζες να απορροφούν νερό και λιπάσματα (που συχνά ονομάζονται φυτοτροφές στο εμπόριο), ενισχύοντας την άρνηση της αυτότροφης λειτουργίας (φωτοσύνθεση).	Amrullah et al. (2025). Kumandas et al. (2019)

Πίνακας 3.1 Σύνθεση των Πηγών Προέλευσης

3.4 Σύνοψη

Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάστηκε αναλυτικά το πλέγμα των εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων που προκαλούν και συντηρούν τις εναλλακτικές αντιλήψεις.

Διαπιστώθηκε ότι οι παρανοήσεις πηγάζουν πρωτίστως από τη διαισθητική, αισθητηριακή εμπειρία της καθημερινότητας και την περιορισμένη ικανότητα αφαιρετικής σκέψης των μαθητών. Παράλληλα, κρίσιμος αποδεικνύεται ο ρόλος των εξωτερικών παραγόντων, όπως οι παραδοσιακές διδακτικές μέθοδοι, τα ασαφή σχολικά εγχειρίδια, η σύγχυση της καθημερινής με την επιστημονική γλώσσα, καθώς και η ακούσια μεταφορά παρανοήσεων από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς. Για να μπορέσει ένας εκπαιδευτικός να αντιμετωπίσει αυτό το σύνθετο σύνολο αιτιών στην τάξη του, οφείλει πρώτα να έχει τον τρόπο να το εντοπίσει αξιόπιστα. Έτσι, το επόμενο κεφάλαιο εστιάζει αποκλειστικά στα σύγχρονα διαγνωστικά εργαλεία, αναδεικνύοντας τις τεχνολογίες εκείνες (όπως τα τεστ πολλαπλών επιπέδων) που είναι ικανές να χαρτογραφήσουν με ακρίβεια τον γνωστικό κόσμο των μαθητών.

Κεφάλαιο 4. Διαγνωστικά Εργαλεία Ανίχνευσης Λανθασμένων Αντιλήψεων

Η έγκαιρη, έγκυρη και αξιόπιστη διάγνωση των εναλλακτικών αναπαραστάσεων των μαθητών αποτελεί το κομβικότερο σημείο και την απαραίτητη προϋπόθεση για τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και την τελική επιτυχία οποιασδήποτε διδακτικής παρέμβασης στο πεδίο των Φυσικών Επιστημών (Guerra-Reyes et al., 2024· Soeharto et al., 2019). Εάν ο εκπαιδευτικός δεν χαρτογραφήσει με ακρίβεια το είδος, την έκταση, τη σταθερότητα και την εσωτερική δομή των νοητικών μοντέλων που έχουν διαμορφώσει οι μαθητές του, είναι αδύνατο να επιλέξει ή να αναπτύξει τις κατάλληλες στρατηγικές για τη γνωστική τους ανατροπή.

Η εκπαιδευτική έρευνα, στην προσπάθειά της να αποτυπώσει τον εσωτερικό γνωστικό χάρτη των υποκειμένων, ανέπτυξε και εφάρμοσε ποικίλες μεθοδολογίες διάγνωσης. Αυτές εξελίχθηκαν ιστορικά από τις παραδοσιακές, ποιοτικές προσεγγίσεις (που εστιάζουν στο βάθος της κατανόησης) στις σύγχρονες, δομημένες τεχνολογίες διαγνωστικών τεστ πολλαπλών επιπέδων (που επιτρέπουν τη μακροκλίμακας στατιστική αποτίμηση) (Damsi & Suyanto, 2023· Ma et al., 2025· Resbiantoro et al., 2022). Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται διεξοδικά όλες οι διαγνωστικές προσεγγίσεις, τα πλεονεκτήματα, οι περιορισμοί τους, καθώς και οι εξειδικευμένοι μηχανισμοί ταξινόμησης των μαθητών.

4.1 Παραδοσιακές και Ποιοτικές Μέθοδοι Διάγνωσης

4.1.1 Διαγνωστικές Τεχνολογίες και Αξιολόγηση (MTDTs)

Προκειμένου να σχεδιαστούν αποτελεσματικές παρεμβάσεις, κρίνεται απολύτως απαραίτητη η ακριβής διάγνωση των εναλλακτικών αντιλήψεων. Μια προσέγγιση σε αυτόν τον τομέα είναι οι Διαγνωστικές Τεχνολογίες Πολλαπλών Επιπέδων (Misconception Tier Diagnostic Technologies - MTDTs). Σε πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση 28 ερευνών (από το 1985 έως το 2024), αναδείχθηκε η υπεροχή της τεχνολογίας διαγνωστικών τεστ 4-επιπέδων (four-tier) έναντι των παραδοσιακών ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής (Ma et al., 2025).

Στατιστικά στοιχεία από τη συγκεκριμένη ανασκόπηση καταδεικνύουν ότι τα εργαλεία 4-επιπέδων είναι τα πλέον ακριβή, καθώς χρησιμοποιούν 16 διαφορετικούς

συνδυασμούς ταξινόμησης για να μετρήσουν όχι μόνο το τι απαντά ο μαθητής (επίπεδο 1) και γιατί το απαντά (επίπεδο 3), αλλά και τον βαθμό σιγουριάς (confidence level) τόσο για την απάντηση (επίπεδο 2) όσο και για την αιτιολόγηση (επίπεδο 4). Σε επίπεδο εφαρμογής, το 75% των διαγνωστικών αυτών εργαλείων επικεντρώνονται στη Φυσική και τη Βιολογία. Ως προς τις ηλικιακές βαθμίδες, η έρευνα επικεντρώνεται κατά 39,29% σε μαθητές Λυκείου και κατά 35,71% σε φοιτητές Πανεπιστημίου, ενώ είναι χαρακτηριστικό ότι απουσιάζουν πλήρως αντίστοιχες μελέτες που να εστιάζουν αποκλειστικά σε μαθητές του Δημοτικού σχολείου (0%) (Ma et al., 2025). Παράλληλα, τα συστήματα αυτά μεταφέρονται σταδιακά σε μεγάλης κλίμακας διαδικτυακά περιβάλλοντα (online testing), δίνοντας τη δυνατότητα στους ερευνητές να αξιολογήσουν δείγματα που υπερβαίνουν τους 400 συμμετέχοντες ανά έρευνα (ποσοστό 25% των μελετών).

4.1.2 Ποιοτικές Κλινικές Συνεντεύξεις (Clinical Interviews)

Οι κλινικές συνεντεύξεις, βασισμένες σε μεγάλο βαθμό στην πρωτοποριακή μεθοδολογία του Jean Piaget, αποτελούν την πιο παραδοσιακή και σε βάθος μέθοδο άντλησης δεδομένων για τις γνωστικές δομές των μαθητών (Piaget, 1952, 1970, όπ. αναφ. στους Kumandas et al., 2019· Resbiantoro et al., 2022). Στη διδακτική των επιστημών χρησιμοποιούνται κυρίως δύο ημιδομημένες μορφές:

 Η «Συνέντευξη για την Έννοια» (Interview-about-Concepts): Εστιάζει στην αφηρημένη λεκτική διερεύνηση όρων. Ο ερευνητής ζητά από τον μαθητή να ορίσει και να αναλύσει έννοιες όπως «ενέργεια», «γονίδιο» ή «χημικός δεσμός», καταγράφοντας τις αυθόρμητες συνδέσεις που πραγματοποιεί.

 Η «Συνέντευξη για ένα Φαινόμενο» (Interview-about-Instances): Παρουσιάζεται στον μαθητή μια κάρτα, ένα διάγραμμα ή μια πραγματική πειραματική διάταξη.

Συγκεκριμένο παράδειγμα εφαρμογής: Ο εκπαιδευτικός δείχνει στον μαθητή μια εικόνα όπου ένας άνθρωπος σπρώχνει έναν μεγάλο βράχο χωρίς να καταφέρνει να τον μετακινήσει. Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός ρωτά: «Ασκείται δύναμη στον βράχο; Παράγεται έργο; Εξηγήστε μου τι συμβαίνει στην ενέργεια του ανθρώπου που κουράζεται». Ο μαθητής απαντά ελεύθερα και ο ερευνητής εμβαθύνει στις απαντήσεις του.

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

 **Πλεονεκτήματα:** Προσφέρουν τη μεγαλύτερη δυνατή διαγνωστική ποιότητα και εγκυρότητα. Επιτρέπουν στον ερευνητή να εξερευνήσει το νοητικό μοντέλο του μαθητή χωρίς προκαθορισμένα όρια, να θέσει διευκρινιστικές ερωτήσεις («Γιατί το πιστεύεις αυτό;», «Τι εννοείς με τη λέξη "καταναλώνεται";») και να καταγράψει τη δυναμική και τη ροή της σκέψης του. Αποτελούν το μοναδικό εργαλείο για την ανακάλυψη νέων, μη καταγεγραμμένων εναλλακτικών θεωρήσεων στη βιβλιογραφία (Resbiantoro et al., 2022).

 **Μειονεκτήματα:** Παρουσιάζουν σοβαρούς πρακτικούς περιορισμούς. Απαιτούν πολύ χρόνο για τη διεξαγωγή, την πιστή απομαγνητοφώνηση και την ποιοτική ανάλυση του περιεχομένου τους (content analysis). Ως εκ τούτου, είναι αδύνατον να χρησιμοποιηθούν για μεγάλα δείγματα μαθητών ή από έναν εκπαιδευτικό στο πλαίσιο της καθημερινής σχολικής πράξης.

4.1.3 Ερωτήσεις Ανοικτού Τύπου και Δοκιμασίες Σχεδιασμού (Open-ended Tests)

Οι γραπτές δοκιμασίες ανοικτού τύπου ζητούν από τους μαθητές να αναπτύξουν γραπτώς μια εξήγηση για ένα φυσικό φαινόμενο, να προβλέψουν την εξέλιξη μιας αντίδρασης ή να σχεδιάσουν ένα διάγραμμα (Ma et al., 2025· Soeharto et al., 2019).

Συγκεκριμένο παράδειγμα εφαρμογής (Χημεία): «Σχεδιάστε σε μικροσκοπικό επίπεδο πώς είναι διατεταγμένα τα σωματίδια του ιωδίου (I₂) όταν βρίσκεται σε στερεή κατάσταση και πώς όταν εξαχνώνεται και μετατρέπεται σε αέριο. Περιγράψτε τι μεσολαβεί ανάμεσα στα σωματίδια».

Συγκεκριμένο παράδειγμα εφαρμογής (Βιολογία): «Σχεδιάστε ένα διάγραμμα που να δείχνει τη ροή της ενέργειας και της ύλης σε ένα δάσος όπου υπάρχουν δέντρα, ελάφια και λύκοι, αν ένας ιός αποδεκατίσει τον πληθυσμό των ελαφιών».

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

 **Πλεονεκτήματα:** Παρέχουν στους μαθητές την πλήρη ελευθερία να εκφράσουν τις αυθεντικές τους ιδέες χρησιμοποιώντας τα δικά τους λόγια, σύμβολα και σχήματα, χωρίς να περιορίζονται ή να κατευθύνονται από έτοιμες, προκαθορισμένες επιλογές. Αυτό ελαχιστοποιεί την πιθανότητα τυχαίας επιτυχίας (guessing).



Μειονεκτήματα: Η ανάλυση, κωδικοποίηση και βαθμολόγηση των απαντήσεων είναι αρκετά επίπονη και ενέχει κινδύνους υποκειμενικής ερμηνείας από τον βαθμολογητή. Επιπλέον, πολλοί μαθητές, λόγω περιορισμένων γλωσσικών, εκφραστικών ή σχεδιαστικών δεξιοτήτων, αδυνατούν να αποτυπώσουν στο χαρτί αυτό που πραγματικά έχουν συλλάβει νοητικά, οδηγώντας σε εσφαλμένη διάγνωση της πραγματικής τους κατάστασης (Ma et al., 2025· Soeharto et al., 2019).

4.1.4 Συμβατικά Τεστ Πολλαπλής Επιλογής (Conventional Multiple-Choice Tests)

Τα κλασικά τεστ πολλαπλής επιλογής αποτελούν το πιο διαδεδομένο εργαλείο αξιολόγησης στα παγκόσμια εκπαιδευτικά συστήματα. Για τη διάγνωση παρανοήσεων, οι λανθασμένες επιλογές (distractors) δεν σχεδιάζονται τυχαία, αλλά ενσωματώνουν τις πιο συχνές εναλλακτικές αντιλήψεις που έχουν ήδη καταγραφεί στην εκπαιδευτική βιβλιογραφία (Damsi & Suyanto, 2023· Ma et al., 2025).

Συγκεκριμένο παράδειγμα ερώτησης (Φυσική):

«Μια μπάλα ρίχνεται κατακόρυφα προς τα πάνω. Στο ανώτατο σημείο της τροχιάς της, η συνισταμένη δύναμη που ασκείται πάνω της είναι:

- α) Μηδέν.
- β) Ίση με το βάρος της, στραμμένη προς τα κάτω. (Σωστό)
- γ) Στραμμένη προς τα πάνω, επειδή η μπάλα τείνει να συνεχίσει την κίνησή της.
- δ) Εξαρτάται από την αρχική ταχύτητα εκτόξευσης».

Σχόλιο: Η επιλογή (α) και η (γ) είναι distractors που βασίζονται στην παρανόηση ότι αν ένα σώμα σταματά στιγμιαία, η δύναμη είναι μηδέν, ή ότι η κίνηση απαιτεί δύναμη.

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα



Πλεονεκτήματα: Είναι εύκολα στη χορήγηση, μπορούν να εφαρμοστούν ταυτόχρονα σε εκατοντάδες μαθητές, δεν απαιτούν χρόνο για τη βαθμολόγηση και επιτρέπουν την άμεση, αντικειμενική και αυτοματοποιημένη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.



Μειονεκτήματα: Έχουν πολύ χαμηλή διαγνωστική εγκυρότητα. Τα συμβατικά τεστ πάσχουν από το φαινόμενο των «ψευδο-επιστημονικών απαντήσεων» (ένας μαθητής επιλέγει τη σωστή απάντηση βάσει μιας εντελώς λανθασμένης λογικής) και από το φαινόμενο της τυχαίας μαντεψιάς (guessing), χωρίς το εργαλείο να μπορεί

να διακρίνει τη διαφορά ανάμεσα στη σταθερή γνώση, την παρανόηση και την τύχη (Damsi & Suyanto, 2023· Ma et al., 2025).

4.2 Διαγνωστικά Τεστ Πολλαπλών Επιπέδων (Multiple-tier Diagnostic Tests)

Για την υπέρβαση των μεθοδολογικών προβλημάτων των παραδοσιακών εργαλείων, η εκπαιδευτική έρευνα οδηγήθηκε στον σχεδιασμό των τεστ πολλαπλών επιπέδων, τα οποία συνδυάζουν την ποσοτική ευχρηστία των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής με την ποιοτική εγκυρότητα των συνεντεύξεων (Damsi & Suyanto, 2023· Ma et al., 2025· Soeharto et al., 2019).

4.2.1 Τεστ Δύο Επιπέδων (Two-tier Diagnostic Tests)

Εισηγήθηκαν αρχικά από τον David Treagust το 1988 και αποτέλεσαν σταθμό στη διαγνωστική αξιολόγηση. Κάθε διαγνωστικό αντικείμενο δομείται σε δύο επίπεδα (tiers):

 **1ο Επίπεδο (Περιεχόμενο):** Μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής που εξετάζει τη γνώση του μαθητή για ένα γεγονός ή φαινόμενο.

 **2ο Επίπεδο (Αιτιολόγηση):** Μια σειρά από εναλλακτικές επιλογές αιτιολόγησης, όπου ο μαθητής καλείται να επιλέξει τον επιστημονικό λόγο ή τον μηχανισμό που υποστηρίζει την απάντηση που έδωσε στο πρώτο επίπεδο (Damsi & Suyanto, 2023).

Συγκεκριμένο παράδειγμα ερώτησης δύο επιπέδων (Χημεία):

Επίπεδο 1: Όταν το νερό βράζει και μετατρέπεται σε υδρατμούς, οι φυσαλίδες που σχηματίζονται αποτελούνται από:

- A) Αέριο οξυγόνο και αέριο υδρογόνο.
- B) Αέρα.
- Γ) Υδρατμούς (αέριο νερό). (Σωστό)
- Δ) Κενό.

Επίπεδο 2 (Αιτιολόγηση): Ο λόγος για την επιλογή μου είναι:

Κατά τον βρασμό, οι ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ των ατόμων H και O διασπώνται.

Η θερμότητα προκαλεί τη διάσπαση των διαμοριακών δυνάμεων (δεσμών υδρογόνου) μεταξύ των μορίων του νερού, απομακρύνοντάς τα. (Σωστό)

Το οξυγόνο και το υδρογόνο του αέρα διαλύονται στο νερό και απελευθερώνονται.

Τα άτομα του νερού διαστέλλονται και μετατρέπονται σε αέρα.

Διαγνωστικό Κριτήριο: Μια λανθασμένη αντίληψη καταγράφεται επίσημα μόνο όταν ο μαθητής επιλέξει τον συγκεκριμένο συνδυασμό (π.χ. Α1) που αντιστοιχεί σε μια δομημένη παρανόηση. Αν και το τεστ αυτό βελτίωσε την εγκυρότητα, δέχθηκε κριτική διότι εξακολουθούσε να μην μπορεί να απομονώσει στατιστικά τους μαθητές που απαντούσαν στην τύχη λόγω πλήρους άγνοιας (Soeharto et al., 2019).

4.2.2 Τεστ Τριών Επιπέδων (Three-tier Diagnostic Tests)

Αναπτύχθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 2000 για να επιλύσουν το πρόβλημα της τυχαίας μαντεψιάς. Στη δομή του τεστ δύο επιπέδων προστέθηκε ένα τρίτο επίπεδο, το οποίο καταγράφει τον βαθμό σιγουριάς του μαθητή για τις απαντήσεις που επέλεξε, μέσω του Δείκτη Σιγουριάς Απάντησης (Certainty Response Index - CRI) (Adimayuda et al., 2026· Soeharto et al., 2019):



1ο Επίπεδο: Ερώτηση περιεχομένου (πολλαπλής επιλογής).



2ο Επίπεδο: Επιλογή επιστημονικής αιτιολόγησης (πολλαπλής επιλογής).



3ο Επίπεδο (Δείκτης CRI): Ο μαθητής δηλώνει σε μια κλίμακα (συνήθως από 1 = «μαντεύω εντελώς» έως 6 = «απολύτως σίγουρος») πόσο βέβαιος είναι για την ορθότητα των επιλογών του στα δύο προηγούμενα επίπεδα.

Η εισαγωγή του CRI επιτρέπει τον σαφή διαχωρισμό των μαθητών που έχουν λάθος απαντήσεις:



Γνήσια Λανθασμένη Αντίληψη (Misconception): Λάθος απάντηση στο 1ο ή/και 2ο επίπεδο, αλλά υψηλός βαθμός σιγουριάς (CRI = 3.5) στο 3ο επίπεδο. Ο μαθητής έχει εμπιστοσύνη στη γνώση του, παρόλο που είναι επιστημονικά εσφαλμένη (πιστεύει ακλόνητα ότι έχει δίκιο).



Έλλειψη Γνώσης (Lack of Knowledge): Λάθος απάντηση στο 1ο ή/και 2ο επίπεδο, και χαμηλός βαθμός σιγουριάς (CRI < 3.5) στο 3ο επίπεδο. Ο

μαθητής αναγνωρίζει ότι δεν γνωρίζει το αντικείμενο και επιλέγει στην τύχη (Adimayuda et al., 2026· Soeharto et al., 2019).

4.2.3 Τεστ Τεσσάρων Επιπέδων (Four-tier Diagnostic Tests)

Αντιπροσωπεύουν την πιο εξελιγμένη, σύγχρονη και μεθοδολογικά άρτια μορφή διαγνωστικής τεχνολογίας (Adimayuda et al., 2026· Ma et al., 2025). Τα τεστ τριών επιπέδων δέχθηκαν κριτική διότι χρησιμοποιούσαν έναν ενιαίο δείκτη σιγουριάς και για τα δύο πρώτα επίπεδα ταυτόχρονα. Αυτό δημιουργούσε στατιστικό σφάλμα αν ένας μαθητής ένιωθε αρκετά σίγουρος για την απάντηση περιεχομένου (1ο επίπεδο) αλλά εντελώς αβέβαιος για την αιτιολόγηση (2ο επίπεδο).

Το τεστ τεσσάρων επιπέδων επιλύει οριστικά αυτό το πρόβλημα διαχωρίζοντας πλήρως τις εκτιμήσεις σιγουριάς σε κάθε επίπεδο ξεχωριστά:



1ο Επίπεδο: Ερώτηση περιεχομένου (πολλαπλής επιλογής).



2ο Επίπεδο: Δείκτης σιγουριάς (CRI) αποκλειστικά για την απάντηση του 1ου επιπέδου.



3ο Επίπεδο: Επιλογή αιτιολόγησης (πολλαπλής επιλογής).



4ο Επίπεδο: Δείκτης σιγουριάς (CRI) αποκλειστικά για την αιτιολόγηση του 3ου επιπέδου (Adimayuda et al., 2026· Ma et al., 2025).

4.3 Μήτρα Ταξινόμησης Γνωστικής Κατάστασης στα Τεστ Τεσσάρων Επιπέδων

Βάσει της συστηματικής ανασκόπησης των Ma et al. (2025), ο ακόλουθος πίνακας 4.1 παρουσιάζει αναλυτικά τον τρόπο με τον οποίο οι ερευνητές αναλύουν τους 16 δυνατούς συνδυασμούς των τεσσάρων επιπέδων προκειμένου να προσδιορίσουν το ακριβές γνωστικό προφίλ του μαθητή:

Πίνακας 4.1: Μήτρα Ταξινόμησης Γνωστικής Κατάστασης στα Τεστ Τεσσάρων

Επιπέδων

1ο Επίπεδο (Περιεχόμενο)	2ο Επίπεδο (Σιγουριά)	3ο Επίπεδο (Αιτιολόγηση)	4ο Επίπεδο (Σιγουριά)	Γνωστική Κατηγοριοποίηση Μαθητή	Ερμηνεία Γνωστικής Κατάστασης
Σωστό	Υψηλή	Σωστό	Υψηλή	Επιστημονική Γνώση (Scientific Knowledge)	Ο μαθητής κατέχει πλήρως, σταθερά και με ασφάλεια την επιστημονική έννοια και τον υποκείμενο μηχανισμό της.
Σωστό	Χαμηλή	Σωστό	Χαμηλή	Έλλειψη Γνώσης (Τυχαία Μαντεψιά)	Ο μαθητής βρήκε τις σωστές επιλογές συμπτωματικά (τύχη). στερείται σταθερού γνωστικού υπόβαθρου.
Λάθος	Υψηλή	Λάθος	Υψηλή	Γνήσια Λανθασμένη Αντίληψη (Misconception)	Ο μαθητής έχει διαμορφώσει ένα σταθερό, εναλλακτικό νοητικό

1ο Επίπεδο (Περιεχόμενο)	2ο Επίπεδο (Σιγουριά)	3ο Επίπεδο (Αιτιολόγηση)	4ο Επίπεδο (Σιγουριά)	Γνωστική Κατηγοριοποίηση Μαθητή	Ερμηνεία Γνωστικής Κατάστασης
					μοντέλο στο οποίο πιστεύει ακράδαντα και το υπερασπίζεται.
Λάθος	Χαμηλή	Λάθος	Χαμηλή	Έλλειψη Γνώσης (Άγνοια)	Ο μαθητής γνωρίζει ότι δεν κατέχει το αντικείμενο και απλώς προσπαθεί να μαντέψει τις απαντήσεις χωρίς σιγουριά.
Σωστό	Υψηλή	Λάθος	Υψηλή	Ψευδο-Επιστημονική Παρανόηση	Ο μαθητής γνωρίζει σωστά το μακροσκοπικό γεγονός (π.χ. από αποστήθιση), αλλά το ερμηνεύει με λάθος επιστημονικό μηχανισμό.

1ο Επίπεδο (Περιεχόμενο)	2ο Επίπεδο (Σιγουριά)	3ο Επίπεδο (Αιτιολόγηση)	4ο Επίπεδο (Σιγουριά)	Γνωστική Κατηγοριοποίηση Μαθητή	Ερμηνεία Γνωστικής Κατάστασης
Λάθος	Υψηλή	Σωστό	Χαμηλή	Εννοιολογικό Κενό Αιτιολόγησης	Ο μαθητής φέρει λανθασμένη αντίληψη για το φαινόμενο, ενώ επέλεξε τη σωστή αιτιολόγηση στην τύχη χωρίς να την κατανοεί.
Σωστό	Χαμηλή	Λάθος	Υψηλή	Παρανοημένη Αιτιολόγηση	Ο μαθητής δεν είναι σίγουρος για το φαινόμενο, αλλά είναι αρκετά βέβαιος για μια εσφαλμένη θεωρία που επέλεξε στο 3ο επίπεδο.

Πίνακας 4.1 Μήτρα Ταξινόμησης Γνωστικής Κατάστασης στα Τεστ Τεσσάρων
Επιπέδων [Πηγή: Ma et al. (2025)]

4.4 Συγκριτική Αξιολόγηση των Διαγνωστικών Εργαλείων

Για την επιλογή του καταλληλότερου εργαλείου ανάλογα με το εκπαιδευτικό ή ερευνητικό πλαίσιο, ο παρακάτω πίνακας 4.2 συνοψίζει τα βασικά μεθοδολογικά χαρακτηριστικά των διαγνωστικών προσεγγίσεων:

Πίνακας 4.2: Συγκριτική Αξιολόγηση Διαγνωστικών Εργαλείων

Διαγνωστικό Εργαλείο	Δυνατότητα Ανίχνευσης Νέων Παρανοήσεων	Διαγνωστική Εγκυρότητα	Ευκολία Εφαρμογής σε Μεγάλο Δείγμα	Ικανότητα Απομόνωσης Τυχάιας πρόγνωσης	Χρόνος Ανάλυσης Δεδομένων
Κλινικές Συνεντεύξεις	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Μεγάλος
Ερωτήσεις Ανοικτού Τύπου	Υψηλή	Μέτρια προς Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Μεγάλος
Συμβατικά Τεστ Πολλαπλής Επιλογής	Μηδενική	Χαμηλή	Υψηλή	Ανύπαρκτη	Ακαριαίος/ Μηδενικός
Τεστ Δύο Επιπέδων	Μηδενική	Μέτρια	Υψηλή	Χαμηλή	Ακαριαίος/ Μηδενικός
Τεστ Τριών Επιπέδων	Μηδενική	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Πολύ Μικρός
Τεστ Τεσσάρων Επιπέδων	Μηδενική	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Πολύ Μικρός

Πίνακας 4.2 Συγκριτική Αξιολόγηση Διαγνωστικών Εργαλείων

4.5 Σύνοψη

Η ανασκόπηση του τέταρτου κεφαλαίου φώτισε την εξέλιξη των μεθόδων διάγνωσης των εναλλακτικών αντιλήψεων. Εξετάστηκαν οι παραδοσιακές μέθοδοι (όπως οι κλινικές συνεντεύξεις και τα συμβατικά τεστ), επισημαίνοντας τους σοβαρούς πρακτικούς και διαγνωστικούς τους περιορισμούς. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη μεθοδολογική υπεροχή των Διαγνωστικών Τεστ Πολλαπλών Επιπέδων (MTDTs), με το συμπέρασμα ότι τα τεστ τεσσάρων επιπέδων (four-tier tests) αποτελούν την πλέον εξελιγμένη τεχνολογία, διότι διαχωρίζουν απολύτως την πραγματική, δομημένη παρανόηση από την άγνοια και την τυχαία μαντεψιά. Εφόσον, μέσω αυτών των εργαλείων, καθίσταται δυνατή η ακριβής διάγνωση των παρανοήσεων, το απολύτως επόμενο βήμα είναι η άμεση εκπαιδευτική παρέμβαση. Το επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζει τις συγκεκριμένες στρατηγικές και τα διδακτικά μέσα εννοιολογικής αναδόμησης, αποσκοπώντας στην επιτυχή εννοιολογική αλλαγή και τη μόνιμη εξάλειψη των εσφαλμένων νοητικών δομών

Κεφάλαιο 5. Στρατηγικές Εννοιολογικής Αναδόμησης

Η έγκυρη διάγνωση των εναλλακτικών αναπαραστάσεων των μαθητών αποτελεί το θεμέλιο της εκπαιδευτικής παρέμβασης. Το κρίσιμο και τελικό στάδιο, ωστόσο, για την ουσιαστική αναβάθμιση της ποιότητας της μάθησης είναι η Εννοιολογική Αναδόμηση, δηλαδή η συστηματική εξάλειψη και ο μετασχηματισμός αυτών των εναλλακτικών θεωρήσεων σε επιστημονικά αποδεκτά νοητικά πρότυπα.

Όπως επιβεβαιώνεται από τη διεθνή μετα-ανάλυση των Pacaci et al. (2024), οι παραδοσιακές, δασκαλοκεντρικές μέθοδοι διδασκαλίας, που βασίζονται στη στείρα μετάδοση πληροφοριών, αποτυγχάνουν να μεταβάλουν τις βαθιά ριζωμένες πεποιθήσεις των μαθητών. Αντίθετα, οι διδακτικές προσεγγίσεις που βασίζονται στα σύγχρονα Μοντέλα Εννοιολογικής Αλλαγής (Conceptual Change Models - CCM) παρουσιάζουν υψηλό δείκτη αποτελεσματικότητας (Hedges' $g = 1.10$), προσφέροντας ένα στέρεο επιστημονικό πλαίσιο για τη διδακτική πράξη (Kusuma & Redhana, 2025· Pacaci et al., 2024).

5.1 Θεωρητικά Μοντέλα Εννοιολογικής Αλλαγής

5.1.1 Το Κλασικό Μοντέλο Εννοιολογικής Αλλαγής (Posner et al., 1982)

Η θεωρητική θεμελίωση των παρεμβάσεων Εννοιολογικής αναδόμησης βασίζεται στο Μοντέλο Εννοιολογικής Αλλαγής (CCM) που διατύπωσαν οι Posner, Strike, Hewson και Gertzog (1982). Όπως αναφέρει ο Kuhn (1996), το μοντέλο αυτό παραλληλίζει τη μάθηση με τη διαδικασία της επιστημονικής επανάστασης και της αλλαγής παραδείγματος. Σύμφωνα με τους Posner et al. (1982), οι μαθητές δεν εγκαταλείπουν τις ιδέες τους επειδή απλώς τους παρουσιάζεται μια νέα πληροφορία. Για να αντικαταστήσει ένας μαθητής μια υφιστάμενη εναλλακτική αντίληψη με τη νέα επιστημονική θεωρία, πρέπει να ικανοποιούνται ταυτόχρονα τέσσερις αυστηρές γνωστικές προϋποθέσεις:

 **Δυσανεπεία (Dissatisfaction):** Ο μαθητής πρέπει να συνειδητοποιήσει ότι η υπάρχουσα διαισθητική του αντίληψη δεν επαρκεί για να ερμηνεύσει ή να προβλέψει ένα νέο φαινόμενο. Η κατάσταση αυτή επιτυγχάνεται όταν ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει ένα «παράδοξο» πείραμα ή πρόβλημα, προκαλώντας γνωστική σύγκρουση.

 **Κατανοητότητα (Intelligibility):** Η νέα επιστημονική έννοια που προτείνεται δεν πρέπει να είναι υπερβολικά περίπλοκη ή γεμάτη δυσνόητη ορολογία. Ο μαθητής πρέπει να μπορεί να καταλάβει το νόημά της, να τη σχηματοποιήσει νοητικά και να τη συγκρατήσει στη μνήμη του.

 **Λογική Αποδοχή (Plausibility):** Η νέα έννοια πρέπει να φαίνεται αληθοφανής και λογική. Αυτό σημαίνει ότι ο μαθητής πρέπει να μπορεί να τη συνδέσει αρμονικά με άλλες ορθές γνώσεις, εμπειρίες ή επιστημονικά δεδομένα που ήδη κατέχει και θεωρεί αξιόπιστα.

 **Παραγωγικότητα (Fruitfulness):** Η νέα επιστημονική θεώρηση πρέπει να αποδεικνύεται χρήσιμη και παραγωγική. Ο μαθητής πρέπει να διαπιστώσει ότι το νέο μοντέλο τού επιτρέπει να επιλύει νέα προβλήματα, να προβλέπει με ακρίβεια εξελίξεις και να ερμηνεύει ένα πολύ ευρύτερο φάσμα φυσικών φαινομένων από ό,τι η παλιά του ιδέα (Pacaci et al., 2024· Posner et al., 1982).

Η πρόκληση της εννοιολογικής αλλαγής καθίσταται ακόμα πιο σύνθετη όταν αφορά μαθητές με διαφορετικό μαθησιακό ρυθμό ή δυσκολίες πρόσβασης στην αφηρημένη γνώση. Η συμβατική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών -η οποία συχνά βασίζεται σε αφηρημένη σκέψη, απαιτητικά αναγνωστικά κείμενα και εξειδικευμένο λεξιλόγιο- οδηγεί αυτήν την ομάδα μαθητών σε παθητικότητα, ματαίωση και σχολική αποτυχία (Παναγοπούλου, 2013).

Για τους μαθητές αυτούς, η Διαφοροποιημένη Διδασκαλία αποτελεί αναγκαιότητα. Όπως αναφέρει η Παναγοπούλου (2013), η διαφοροποίηση πρέπει να διαπερνά τέσσερις άξονες: το περιεχόμενο (π.χ. απλούστερη γλώσσα και επικέντρωση στα κύρια σημεία), τη διαδικασία (π.χ. πρακτικές δραστηριότητες τύπου hands-on, δραματοποίηση, καθοδηγούμενη διερεύνηση), το τελικό προϊόν (εναλλακτικοί τρόποι αξιολόγησης πέραν των γραπτών εξετάσεων) και το μαθησιακό περιβάλλον (ομαδοσυνεργατικό κλίμα που τονώνει την αυτοπεποίθηση). Στο ίδιο πλαίσιο, η προσέγγιση STEM και η Μάθηση Βασισμένη σε Έργα (Project-Based Learning - PjBL) έχει αποδειχθεί ότι ενισχύουν θεαματικά τα μαθησιακά κίνητρα και τον επιστημονικό εγγραμματισμό, καθώς συνδέουν τη θεωρία με αυθεντικά προβλήματα του πραγματικού κόσμου (Panagou, et al., 2024).

5.1.2 Η Θεωρία των Φαινομενολογικών Πρωτογενών Στοιχείων (diSessa, 1993, 2017)

Σε αντίθεση με τη θεωρία των Posner et al. (1982), η οποία αντιμετωπίζει τις παρανοήσεις ως συμπαγείς, ενιαίες «θεωρίες» που πρέπει να καταρριφθούν εκ θεμελίων, ο Andrea diSessa εισηγήθηκε το μοντέλο «Η Γνώση σε Κομμάτια» (Knowledge in Pieces). Ο diSessa υποστηρίζει ότι η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών δεν είναι ένα ενιαίο σύστημα, αλλά αποτελείται από αποσπασματικά, ανεξάρτητα στοιχεία διαισθητικής σοφίας που έχουν αφαιρεθεί από τις καθημερινές εμπειρίες. Τα στοιχεία αυτά ονομάζονται φαινομενολογικά πρωτογενή στοιχεία (phenomenological primitives - p-prims).

Τα p-prims (όπως η διαισθητική ιδέα ότι «το μεγαλύτερο προσπάθεια φέρνει περισσότερο αποτέλεσμα» ή «η δύναμη πεθαίνει») δεν είναι εγγενώς λάθος. Είναι αρκετά παραγωγικά σε καθημερινό πλαίσιο (π.χ. όταν σπρώχνουμε ένα έπιπλο), αλλά εφαρμόζονται εσφαλμένα όταν ο μαθητής προσπαθεί να ερμηνεύσει αφηρημένα επιστημονικά φαινόμενα. Από αυτή την επιστημολογική σκοπιά, η εννοιολογική αναδόμηση δεν απαιτεί την απόρριψη ή την εξάλειψη της αρχικής ιδέας του μαθητή, αλλά την κατάλληλη καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό, ώστε το άτομο να αναδιοργανώσει και να εφαρμόσει τα υφιστάμενα παραγωγικά κομμάτια γνώσης στις σωστές επιστημονικές συνθήκες, αποφεύγοντας τις υπεργενικεύσεις (Pacaci et al., 2024).

5.1.3 Διάρκεια Παρέμβασης στις Στρατηγικές Εννοιολογικής Αλλαγής

Σύμφωνα με την εκτενή μετα-ανάλυση των Pacaci et al. (2024), το μήκος της παρέμβασης (intervention length) αποτελεί έναν στατιστικά σημαντικό ρυθμιστικό παράγοντα (moderator) για την αποτελεσματικότητα των στρατηγικών εννοιολογικής αλλαγής. Ειδικότερα, καθώς αυξάνεται η διάρκεια της παρέμβασης, αυξάνεται αντίστοιχα και το μέγεθος της θετικής εκπαιδευτικής της επίδρασης (effect size) στη σχολική επίδοση των μαθητών. Το εύρημα αυτό είναι απολύτως λογικό, καθώς τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί απαιτούν επαρκή χρόνο για να εξοικειωθούν και να προσαρμοστούν σε νέες εποικοδομητικές μεθόδους, οι οποίες διαφέρουν ριζικά από τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας που συνήθως βιώνουν στις τάξεις τους (Pacaci et al., 2024).

Ο Χρόνος ως Εργαλείο Διαφοροποιημένης Διδασκαλίας: Ο χρόνος αποκτά ακόμη μεγαλύτερη παιδαγωγική βαρύτητα όταν η διδασκαλία απευθύνεται σε μαθητές με αυξημένες γνωστικές απαιτήσεις. Όπως αναφέρει η Παναγοπούλου (2013), για να είναι αποτελεσματική η διαφοροποίηση της διδασκαλίας, ο ρυθμός κάλυψης της ύλης πρέπει να είναι πιο αργός. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι πρέπει να δίνεται στους μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες ο απαραίτητος χρόνος για να μπορέσουν να επεξεργαστούν τις νέες πληροφορίες (Παναγοπούλου, 2013). Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός οφείλει να παρέχει ίσο και επαρκή χρόνο σε όλες τις ομάδες των μαθητών για την ολοκλήρωση κάθε δραστηριότητας, διατηρώντας τους διδακτικούς στόχους υψηλούς και χωρίς να μειώνει την ποιότητα ή τον βαθμό δυσκολίας της άσκησης. Μια άλλη σημαντική πρακτική είναι η εξασφάλιση περισσότερου χρόνου για σκέψη (wait time) κατά τη διάρκεια των ερωταποκρίσεων μέσα στην τάξη. Η παροχή αυτού του επιπλέον χρόνου βοηθά τους μαθητές να οργανώσουν τη σκέψη τους, μειώνει το άγχος της αποτυχίας και τους δίνει την ευκαιρία για πραγματικά ενεργή συμμετοχή (Παναγοπούλου, 2013).

5.1.4 Στατιστικά Δεδομένα για τις Στρατηγικές Εννοιολογικής Αλλαγής

Εφόσον διαγνωστούν οι εναλλακτικές αντιλήψεις, το ζητούμενο είναι η αναδόμησή τους, μια διαδικασία γνωστή ως εννοιολογική αλλαγή (conceptual change). Η εργασία των Pacaci et al. (2024) ανέλυσε ποσοτικά 218 πρωτογενείς πειραματικές έρευνες που περιελάμβαναν συνολικά 18.051 μαθητές, εξετάζοντας την αποτελεσματικότητα τριών κύριων στρατηγικών εννοιολογικής αλλαγής: της γνωστικής σύγκρουσης (cognitive conflict), της γνωστικής γεφύρωσης (cognitive bridging) και της οντολογικής μετατόπισης (ontological category shift).

Τα στατιστικά ευρήματα αυτής της μετα-ανάλυσης είναι σημαντικά, καταδεικνύοντας ότι οι στρατηγικές αυτές έχουν μεγάλη και θετική επίδραση στην ακαδημαϊκή επίδοση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, με συνολικό μέγεθος επίδρασης (overall effect size) Hedges' $g = 1.10$ ($p < 0.001$, 95% CI [1.01, 1.19]). Εξετάζοντας τις επιμέρους στρατηγικές, η γνωστική σύγκρουση (η οποία προκαλεί δυσάρεσκα στον μαθητή για την υπάρχουσα γνώση του μέσω ασύμβατων πειραματικών δεδομένων) συγκέντρωσε τον μεγαλύτερο όγκο ερευνών ($k=150$) και πέτυχε μέγεθος επίδρασης $g = 1.10$. Η γνωστική γεφύρωση (που αξιοποιεί αναλογίες για να συνδέσει τις παραγωγικές προϋπάρχουσες γνώσεις με τις νέες) αναλύθηκε σε 30 μελέτες ($k=30$) με εξίσου υψηλή αποτελεσματικότητα ($g = 1.06$). Τέλος, η οντολογική

μετατόπιση ($k=9$) παρουσίασε ελαφρώς μικρότερη αλλά στατιστικά σημαντική επίδραση με $g = 0.88$ (Pacaci et al., 2024).

Τη δυναμική αυτών των μεθόδων επιβεβαιώνει και η συστηματική ανασκόπηση των Kusuma και Redhana (2025), η οποία μελέτησε 25 άρθρα της περιόδου 2019-2025 (εκ των οποίων το 80% ακολούθησε ποσοτική προσέγγιση). Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, οι κυριότερες και πιο συχνές προσπάθειες εννοιολογικής αναδόμησης των παρανοήσεων βασίζονται στη χρήση εκπαιδευτικών μέσων/λογισμικών σε ποσοστό 40% και στη χρήση εκπαιδευτικών μοντέλων σε ποσοστό 28%. Εφαρμογές του Μοντέλου Εννοιολογικής Αλλαγής (CCM) επέδειξαν υψηλή αποτελεσματικότητα, επιτυγχάνοντας σε ορισμένες μελέτες μείωση των παρανοήσεων έως και κατά 80,75% (Kusuma & Redhana, 2025).

5.2 Συγκεκριμένες Διδακτικές Στρατηγικές Εννοιολογικής Αναδόμησης

Βάσει των παραπάνω θεωρητικών μοντέλων, η σύγχρονη διδακτική των επιστημών έχει αναπτύξει εξειδικευμένες instructional στρατηγικές με αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα στη μείωση των παρανοήσεων (Islamiyah et al., 2022· Kusuma & Redhana, 2025· Oktavianty et al., 2018).

5.2.1 Στρατηγική Γνωστικής Σύγκρουσης (Cognitive Conflict Strategy)

Η στρατηγική αυτή στοχεύει άμεσα στην πρόκληση γνωστικής ασυμφωνίας (cognitive dissonance) και δυσαρέσκειας στον μαθητή (Islamiyah et al., 2022). Ο εκπαιδευτικός σχεδιάζει το μάθημα έτσι ώστε να φέρει σκόπιμα τον μαθητή αντιμέτωπο με ανώμαλα δεδομένα (anomalous data) ή πειραματικά αποτελέσματα που διαψεύδουν ευθέως τις διαισθητικές του προβλέψεις.



Κείμενα Εννοιολογικής Αλλαγής (Conceptual Change Texts

- CCTs): Πρόκειται για ειδικά σχεδιασμένα κείμενα που καθοδηγούν τον μαθητή βήμα-βήμα στη διαδικασία της μάθησης (Kusuma & Redhana, 2025). Δομούνται με μια αυστηρή ακολουθία:

- ✓ **Θέτουν** ένα εννοιολογικό ερώτημα ή πρόβλημα,
- ✓ **Αναδεικνύουν** ρητά και ξεκάθαρα την κοινή, λανθασμένη αντίληψη που έχουν οι περισσότεροι μαθητές,

✓ **Αποδεικνύουν** επιστημονικά και εμπειρικά γιατί η αντίληψη αυτή είναι εσφαλμένη (πρόκληση σύγκρουσης) και

✓ **Εισάγουν** την επιστημονικά αποδεκτή έννοια, εξηγώντας λεπτομερώς την υπεροχή και την αποδοτικότητα της.

 **Διαψευδτικά Κείμενα (Refutation Texts):** Παρόμοια με τα CCTs, τα κείμενα αυτά εστιάζουν στην άμεση, ρητή ανασκευή της παρανόησης. Χρησιμοποιούν δηλώσεις όπως: «Πολλοί μαθητές πιστεύουν ότι κατά τη χημική ισορροπία η αντίδραση σταματά. Ωστόσο, αυτό είναι λάθος. Στην πραγματικότητα, οι δύο αντίθετες αντιδράσεις συνεχίζουν να γίνονται με την ίδια ακριβώς ταχύτητα...». Αυτή η άμεση αντιπαράθεση βοηθά τον μαθητή να εντοπίσει το σφάλμα του και να αναθεωρήσει το γνωστικό του δίκτυο (Oktavianty et al., 2018).

5.2.2 Στρατηγική Γνωστικής Γέφυρας (Cognitive Bridging Strategy)

Η προσέγγιση αυτή ακολουθεί τη φιλοσοφία του diSessa και αναπτύχθηκε εκτενώς από τον John Clement (1993). Αντί να προκαλέσει βίαιη σύγκρουση, αναζητά μια ορθή διαισθητική πεποίθηση που ήδη κατέχει ο μαθητής για ένα απλό, καθημερινό φαινόμενο, η οποία ονομάζεται αναλογία αγκύρωσης (anchoring analogy). Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ενδιάμεσα, προσεκτικά επιλεγμένα παραδείγματα, δημιουργεί μια γνωστική γέφυρα (bridging analogy) προκειμένου να μεταφέρει την ορθή λογική του μαθητή προς την αφηρημένη και παρερμηνευμένη επιστημονική έννοια (Pacaci et al., 2024).

Συγκεκριμένο Παράδειγμα Εφαρμογής (Φυσική - Τρίτος Νόμος Νεύτωνα): Πολλοί μαθητές αρνούνται να δεχθούν ότι όταν ένα βιβλίο βρίσκεται ακίνητο πάνω σε ένα τραπέζι, το τραπέζι ασκεί κατακόρυφη δύναμη προς τα πάνω στο βιβλίο (κάθετη αντίδραση). Θεωρούν ότι το τραπέζι είναι ένα άψυχο, σκληρό αντικείμενο που απλώς «μπλοκάρει» την πτώση του βιβλίου, χωρίς να ασκεί ενεργή δύναμη.

Αγκύρωση: Ο εκπαιδευτικός ζητά από τον μαθητή να πιέσει ένα μεγάλο ελατήριο με το χέρι του. Ο μαθητής δηλώνει ορθά ότι νιώθει το ελατήριο να σπρώχνει το χέρι του προς τα πάνω με δύναμη.

Γέφυρα: Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός τοποθετεί το βιβλίο πάνω σε ένα εύκαμπτο κομμάτι πλαστικού ή σε ένα αφρολέξ, όπου η κάμψη και η παραμόρφωση του υλικού είναι ορατές. Ο μαθητής συμφωνεί ότι το παραμορφωμένο υλικό σπρώχνει το βιβλίο προς τα πάνω.

Τελικό στάδιο: Ο εκπαιδευτικός επιστρέφει στο άκαμπτο τραπέζι, εξηγώντας ότι το τραπέζι συμπεριφέρεται ακριβώς όπως το αφρολέξ ή ένα πολύ σκληρό ελατήριο: παραμορφώνεται σε μικροσκοπικό επίπεδο και ασκεί τη δύναμη (Pacaci et al., 2024).

5.2.3 Διαφορές μεταξύ γνωστικής σύγκρουσης και γνωστικής γεφύρωσης

Η γνωστική σύγκρουση (cognitive conflict) και η γνωστική γεφύρωση (cognitive bridging) αποτελούν δύο διακριτές στρατηγικές εννοιολογικής αλλαγής, οι οποίες προσεγγίζουν με εντελώς διαφορετικό τρόπο τη φύση των προϋπαρχουσών αντιλήψεων των μαθητών και τους μηχανισμούς μάθησης (Pacaci et al., 2024).

 **Η φύση των προϋπαρχουσών αντιλήψεων:** Η στρατηγική της γνωστικής σύγκρουσης βασίζεται στο παραδοσιακό Μοντέλο Εννοιολογικής Αλλαγής των Posner et al. (1982) και θεωρεί ότι οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών λειτουργούν ως συνεκτικές, «θεωρητικού τύπου» δομές (theory-like conceptions) που έρχονται σε ευθεία αντίθεση με την επιστημονική γνώση (Pacaci et al., 2024). Αντίθετα, η γνωστική γεφύρωση υιοθετεί την οπτική του diSessa, απορρίπτοντας την ιδέα των συνεκτικών θεωριών και θεωρώντας ότι οι ιδέες των μαθητών αποτελούνται από κατακερματισμένα θραύσματα γνώσης (fragmented knowledge ή p-prims) τα οποία εξάγονται από τις καθημερινές εμπειρίες (Pacaci et al., 2024).

 **Ο ρόλος της δυσαρέσκειας και ο μηχανισμός εννοιολογικής αλλαγής:** Κεντρικός πυρήνας της γνωστικής σύγκρουσης είναι η πρόκληση «δυσαρέσκειας» (dissatisfaction) στον μαθητή απέναντι στην υπάρχουσα γνώση του. Όταν ο μαθητής έρχεται αντιμέτωπος με ασύμβατα δεδομένα, αντιλαμβάνεται την ανεπάρκεια των απόψεών του και έτσι αναδομεί τη σκέψη του (Pacaci et al., 2024). Στον αντίποδα, οι υποστηρικτές της γνωστικής γεφύρωσης θεωρούν ότι η πρόκληση δυσαρέσκειας αντιβαίνει στις βασικές αρχές του εποικοδομητισμού. Η στρατηγική αυτή επιδιώκει να αναδείξει και να αξιοποιήσει τα «παραγωγικά στοιχεία γνώσης» (productive knowledge elements) που ήδη κατέχουν οι μαθητές, χρησιμοποιώντας τα ως βάση για να χτιστεί ομαλά η νέα έννοια, χωρίς να επιδιώκεται η απόρριψη ή η σύγκρουση (Pacaci et al., 2024).

 **Διδακτικά εργαλεία:** Λόγω αυτών των διαφορών, η γνωστική σύγκρουση χρησιμοποιεί συχνά διδακτικά εργαλεία που προκαλούν ανατροπή, όπως τα πειραματικά δεδομένα που διαψεύδουν την αρχική υπόθεση (anomalous data) και τα κείμενα εννοιολογικής αλλαγής (refutation texts), που αντικρούουν ευθέως τη

λανθασμένη γνώση (Pacaci et al., 2024). Αντιθέτως, η γνωστική γεφύρωση αξιοποιεί κατεξοχήν τις αναλογίες (anchoring και bridging analogies), μεταφέροντας τη νέα γνώση σε ένα πλαίσιο ήδη γνωστό και διαισθητικά κατανοητό στον μαθητή, γεφυρώνοντας με αυτόν τον τρόπο το γνωστικό χάσμα (Pacaci et al., 2024).

Η επιτυχής διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών δεν μπορεί πλέον να βασίζεται αποκλειστικά σε μεθόδους παθητικής μετάδοσης της γνώσης. Η συνθετική θεώρηση της σύγχρονης ερευνητικής βιβλιογραφίας και των ισχυρών στατιστικών δεδομένων καταδεικνύει ότι η πρόοδος επιτυγχάνεται μέσα από ένα ολιστικό πρίσμα. Ξεκινά από την αξιόπιστη ανίχνευση των ισχυρών εναλλακτικών αντιλήψεων (μέσω συστημάτων όπως τα διαγνωστικά εργαλεία 4-επιπέδων), προχωρά στη χρήση επιστημονικά τεκμηριωμένων στρατηγικών (όπως η γνωστική σύγκρουση που επιδεικνύει μεγάλα μεγέθη επίδρασης) και υποστηρίζεται ισχυρά από τη διαφοροποίηση της διδασκαλίας για μαθητές με ειδικές μαθησιακές ανάγκες. Το οικοδόμημα αυτό ολοκληρώνεται με τη στοχευμένη ενσωμάτωση των φορητών τεχνολογιών, οι οποίες μετατρέπουν τη μάθηση σε μια διαρκή, ενεργητική και πειραματική διαδικασία ανακάλυψης για κάθε μαθητή.

5.2.4 Η Διδακτική Μεθοδολογία Πρόβλεψη - Παρατήρηση - Εξήγηση (Predict - Observe - Explain / POE)

Η POE αποτελεί μια από τις πιο δημοφιλείς και λειτουργικές πρακτικές ενεργού μάθησης για τη αντιμετώπιση των παρανοήσεων (Amrullah et al., 2025· Wati & Novita, 2021). Χωρίζεται σε τρεις αυστηρά δομημένες φάσεις:

 **Πρόβλεψη (Predict):** Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει μια πειραματική διάταξη ή ένα πρόβλημα (π.χ. «Έχουμε δύο μπαλόνια, το ένα γεμάτο ήλιο και το άλλο με αέρα, και τα αφήνουμε...»). Ζητά από τους μαθητές να γράψουν σε ένα φύλλο εργασίας την ατομική τους πρόβλεψη για το τι θα συμβεί, καθώς και την αιτιολόγησή της. Αυτό αναγκάζει τους μαθητές να εκθέσουν το νοητικό τους μοντέλο.

 **Παρατήρηση (Observe):** Το πείραμα εκτελείται πραγματικά στην τάξη ή μέσω εικονικού εργαστηρίου. Οι μαθητές παρατηρούν με προσοχή το αποτέλεσμα. Στις περιπτώσεις παρανοήσεων, το πραγματικό αποτέλεσμα έρχεται σε άμεση και σοκαριστική αντίθεση με τις προβλέψεις τους, ενεργοποιώντας ακαριαία τη γνωστική σύγκρουση.



Εξήγηση (Explain): Οι μαθητές καλούνται να συζητήσουν σε ομάδες, να αναδιαμορφώσουν τις ιδέες τους και να γεφυρώσουν την απόκλιση μεταξύ αυτού που προέβλεψαν και αυτού που παρατήρησαν. Με την τελική καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, διατυπώνεται η ορθή επιστημονική ερμηνεία, η οποία πλέον γίνεται αποδεκτή από τους μαθητές καθώς η παλιά τους ιδέα έχει καταρριφθεί (Amrullah et al., 2025).

5.3 Σύγχρονα Διδακτικά Μέσα και Τεχνολογίες Εννοιολογικής Αναδόμησης

Η ραγδαία ανάπτυξη των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) έχει προσφέρει νέα, πανίσχυρα εργαλεία στην υπηρεσία της εννοιολογικής αλλαγής (Kusuma & Redhana, 2025· Surtiana et al., 2020).

5.3.1 Πειράματα μέσω Προσομοιώσεων (Simulation-Based Experiments - SBE)

Η χρήση διαδραστικών λογισμικών, οπτικοποιήσεων και εικονικών εργαστηρίων (με κορυφαίο παράδειγμα τις ανοικτές προσομοιώσεις PhET Interactive Simulations του Πανεπιστημίου Colorado) κρίνεται ως ένα από τα πιο αποτελεσματικά μέσα Εννοιολογικής αναδόμησης διεθνώς (Kusuma & Redhana, 2025· Surtiana et al., 2020).

Οι προσομοιώσεις επιτρέπουν στους μαθητές να «δουν» το αόρατο και να αλληλεπιδράσουν με έννοιες που δεν είναι προσβάσιμες με τις αισθήσεις.

Στη **Φυσική**: Μπορούν να οπτικοποιήσουν τα «αόρατα» ηλεκτρόνια να κινούνται μέσα σε ένα κύκλωμα και να παρατηρήσουν πώς η ροή τους επηρεάζεται από την αντίσταση, καταρρίπτοντας το μοντέλο της κατανάλωσης του ρεύματος.

Στη **Χημεία**: Οι μαθητές μπορούν να ελέγξουν την κίνηση των μορίων κατά τις αλλαγές κατάστασης της ύλης ή να δουν σε δυναμικό χρόνο τα μόρια να αντιδρούν και να επανασυνδέονται στην κατάσταση της χημικής ισορροπίας, κατανοώντας τον δυναμικό και όχι στατικό χαρακτήρα του φαινομένου.

Η δυνατότητα να αλλάζουν μεταβλητές (π.χ. θερμοκρασία, συγκέντρωση, πίεση) και να βλέπουν αμέσως το οπτικό αποτέλεσμα καθιστά τα SBE ιδανικά μέσα για την πρόκληση ελεγχόμενης γνωστικής σύγκρουσης και την οικοδόμηση επιστημονικών νοητικών μοντέλων (Kusuma & Redhana, 2025).

5.3.2 Εννοιολογικοί Χάρτες (Concept Mapping)

Οι εννοιολογικοί χάρτες, που αναπτύχθηκαν από τον Joseph Novak βάσει της θεωρίας του Ausubel, βοηθούν τους μαθητές να οργανώσουν, να δομήσουν και να ιεραρχήσουν τις επιστημονικές έννοιες, συνδέοντάς τες μεταξύ τους με κατάλληλες λεκτικές προτάσεις (Novak, 1990, όπ. αναφ. στο Soeharto et al., 2019).

Κατά τη διαδικασία της Εννοιολογικής αναδόμησης, η κατασκευή ενός εννοιολογικού χάρτη (είτε ατομικά είτε σε ομάδες) αναγκάζει τον μαθητή να εξωτερικεύσει τις συνδέσεις που έχει στο μυαλό του. Όταν ο εκπαιδευτικός εντοπίσει μια λανθασμένη σύνδεση (π.χ. στην ενότητα των Οικοσυστημάτων, μια γραμμική σύνδεση αντί για κυκλική), παρεμβαίνει και καθοδηγεί τον μαθητή στην αναδιοργάνωση του χάρτη. Με τον τρόπο αυτό, ο μαθητής αντικαθιστά τις εσφαλμένες σχέσεις με συστημικές, σταθεροποιώντας τη νέα επιστημονική γνώση στη μακροπρόθεσμη μνήμη του.

5.3.3 Ο Ρόλος των Φορητών Συσκευών (Mobile Learning) στις Φυσικές Επιστήμες

Αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων εποικοδομητικών προσεγγίσεων αποτελεί πλέον η αξιοποίηση της «πανταχού παρούσας» τεχνολογίας. Οι φορητές συσκευές (κινητά τηλέφωνα και tablets) προσφέρουν μοναδικές ευκαιρίες για πλαισιωμένη (contextual) και βιωματική μάθηση. Σε μια εκτεταμένη έρευνα καταγραφής που πραγματοποίησαν οι Ζιώγα κ.α.. (2022), αναλύθηκαν 937 ελεύθερες εκπαιδευτικές εφαρμογές λειτουργικού συστήματος Android. Η κατανομή των εφαρμογών αυτών ανά επιστημονικό πεδίο ήταν ενδεικτική της διείσδυσης των νέων τεχνολογιών: 302 εφαρμογές για τη Γεωγραφία, 284 για τη Φυσική, 161 για τη Βιολογία, 108 για τη Χημεία και 82 για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση.

Ειδικότερα στον τομέα της Φυσικής, αν και πολλές από αυτές τις εφαρμογές λειτουργούν στο χαμηλό επίπεδο της απλής «παρουσίασης περιεχομένου» ή «πρακτικής και εξάσκησης» (87 και 10 αντίστοιχα), ένα εντυπωσιακά μεγάλο στατιστικό ποσοστό αφορά εργαλεία υψηλής διάδρασης (Ζιώγα κ.ά., 2022). Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν 69 εφαρμογές που αφορούν τη διεξαγωγή πραγματικών πειραμάτων μέσω της εκμετάλλευσης των ενσωματωμένων αισθητήρων των κινητών (όπως επιταχυνσιόμετρα για τη μελέτη της μηχανικής ή φωτόμετρα) καθώς και λογισμικά για την εκτέλεση πειραμάτων από απόσταση (remote labs). Τα εργαλεία

αυτά προσφέρουν στους μαθητές άμεση εμπλοκή (hands-on experience) και μειώνουν σημαντικά το κόστος του εργαστηριακού εξοπλισμού, επιτρέποντας την απρόσκοπτη επιστημονική διερεύνηση εντός και εκτός του σχολικού πλαισίου. Παρόλα αυτά, σημειώνεται έντονα από τους ερευνητές η ανάγκη επαρκούς επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών ώστε οι τεχνολογίες αυτές να μην εργαλειοποιούνται απλώς επιφανειακά, αλλά να υπηρετούν βαθύτερους στόχους γνωστικής σύγκρουσης και εννοιολογικής αναδόμησης (Ζιώγα κ.ά., 2022).

5.4 Συγκριτικός Πίνακας Αποτελεσματικότητας Στρατηγικών Εννοιολογικής Αναδόμησης

Βάσει των ποσοτικών δεδομένων της μεγάλης κλίμακας μετα-ανάλυσης των Pacaci et al. (2024), ο ακόλουθος πίνακας 5.1 παρουσιάζει το μέγεθος επίδρασης (Effect Size σε Hedges’ g) των τριών βασικών θεωρητικών κατευθύνσεων εννοιολογικής αλλαγής, επιβεβαιώνοντας την υπεροχή τους έναντι της παραδοσιακής διδασκαλίας:

Πίνακας 5.1: Συγκριτικός Πίνακας Αποτελεσματικότητας Στρατηγικών Εννοιολογικής Αναδόμησης

Στρατηγική Εννοιολογικής Αλλαγής	Μέγεθος Επίδρασης (Hedges’ g)	Κύριος Μηχανισμός Λειτουργίας	Προτεινόμενα Διδακτικά Μέσα και Εφαρμογές
Γνωστική Σύγκρουση	1.10 (Υψηλό)	Πρόκληση έντονης δυσαρέσκειας στον μαθητή μέσω ανώμαλων δεδομένων που διαψεύδουν τις προβλέψεις του.	Κείμενα Εννοιολογικής Αλλαγής (CCTs), Διαψευστικά Κείμενα, Στρατηγική POE, Διαδραστικά Πειράματα.

Στρατηγική Εννοιολογικής Αλλαγής	Μέγεθος Επίδρασης (Hedges' g)	Κύριος Μηχανισμός Λειτουργίας	Προτεινόμενα Διδακτικά Μέσα και Εφαρμογές
Γνωστική Γέφυρα	1.06 (Υψηλό)	Εντοπισμός μιας ορθής διαισθητικής «αγκύρωσης» και σταδιακή οικοδόμηση νοητικών γεφυρών προς την αφηρημένη έννοια.	Αναλογίες αγκύρωσης, μεταφορές, μοντέλα σταδιακής γεφύρωσης, νοητικά πειράματα.
Οντολογική Μετατόπιση	0.88 (Ικανοποιητικό)	Ριζική επανεκπαίδευση του μαθητή ώστε να μετακινήσει μια έννοια από μια εσφαλμένη οντολογική κατηγορία στην ορθή (π.χ. από την κατηγορία «υλικό/ύλη» στην κατηγορία «διαδικασία»).	Κατηγορική ταξινόμηση εννοιών, εξειδικευμένα εννοιολογικά διαγράμματα, οντολογική εκπαίδευση.

Πίνακας 5.1 Συγκριτικός Πίνακας Αποτελεσματικότητας Στρατηγικών Εννοιολογικής Αναδόμησης [Πηγή: Pacaci et al. (2024)].

5.5 Σύνοψη

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύθηκαν σε βάθος οι στρατηγικές που οδηγούν στην εννοιολογική αναδόμηση των παρανοήσεων και στην επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής. Βασιζόμενοι στο θεωρητικό πλαίσιο, εξετάσαμε πρακτικές παρεμβάσεις

μεγάλης αποτελεσματικότητας, όπως η γνωστική σύγκρουση, η γνωστική γεφύρωση και η οντολογική μετατόπιση. Επιπροσθέτως, αναδείχθηκε ο καθοριστικός ρόλος σύγχρονων διδακτικών μέσων, όπως τα πειράματα μέσω προσομοιώσεων (PhET), οι εννοιολογικοί χάρτες και η μέθοδος «Πρόβλεψη - Παρατήρηση - Εξήγηση» (POE). Η παρουσίαση αυτών των στρατηγικών ολοκληρώνει τον κύκλο ανάλυσης της παρούσας μελέτης, από τη φύση της παρανόησης έως την εννοιολογική αναδόμησή της. Το επόμενο και τελευταίο κεφάλαιο λειτουργεί ως ανακεφαλαίωση, όπου συνοψίζονται τα τελικά συμπεράσματα του συγγραφέα και κατατίθενται ρεαλιστικές προτάσεις τόσο για την εφαρμογή τους στη σχολική πράξη όσο και για την πορεία της μελλοντικής επιστημονικής έρευνας

Συμπεράσματα

Η παρούσα βιβλιογραφική επισκόπηση, εδραζόμενη στο θεωρητικό πλαίσιο του εποικοδομητισμού (constructivism) και ενισχυμένη από σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα, επιβεβαιώνει πως η μάθηση δεν συνιστά μια παθητική διαδικασία μεταβίβασης πληροφοριών. Οι μαθητές δεν προσέρχονται στη σχολική αίθουσα ως «λευκοί χάρτες», αλλά λειτουργούν ως «καθημερινοί επιστήμονες» που έχουν ήδη οικοδομήσει ενεργά τις δικές τους νοητικές αναπαραστάσεις. Η ανάλυση αυτών των αναπαραστάσεων οδήγησε στην εξαγωγή των παρακάτω συμπερασμάτων, δομημένων βάσει των ερευνητικών ερωτημάτων της εργασίας:

Απάντηση στο ΕΕ1: ποιες παρανοήσεις εντοπίζονται;

Οι λανθασμένες αντιλήψεις διακρίνονται από εξαιρετική συστηματικότητα, εσωτερική λογική συνοχή και ακραία ανθεκτικότητα. Η θεματική τους χαρτογράφηση αναδεικνύει διαφοροποιήσεις ανάλογα με τη φύση του εκάστοτε επιστημονικού κλάδου:

✚ Στη **Φυσική**: Συγκεντρώνεται ο μεγαλύτερος όγκος παρανοήσεων, καθώς η άμεση αισθητηριακή επαφή ευνοεί τη «διαισθητική φυσική». Στη Μηχανική, δεσπόζει η αριστοτελική ταύτιση της δύναμης με την κίνηση, ενώ στον Ηλεκτρισμό και την Οπτική κυριαρχούν υλικά νοητικά μοντέλα, όπως το «μοντέλο κατανάλωσης» του ρεύματος και το «μοντέλο εκπομπής» ακτίνων από τα μάτια.

✚ Στη **Χημεία**: Η κύρια πηγή σφαλμάτων εντοπίζεται στην αδυναμία των μαθητών να μεταβούν νοητικά από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο. Οι μαθητές τείνουν να ανθρωπομορφίζουν τα άτομα (αποδίδοντάς τους «επιθυμίες») και να συλλαμβάνουν τους χημικούς δεσμούς ως υλικές γέφυρες («κόλλες» ή «ράβδους»). Αντίστοιχα, η χημική ισορροπία ερμηνεύεται λανθασμένα ως μια στατική κατάσταση όπου οι αντιδράσεις σταματούν πλήρως και οι συγκεντρώσεις εξισώνονται.

✚ Στη **Βιολογία**: Κυριαρχεί έντονα η τελεολογική (βασισμένη στον σκοπό) και η ανθρωπομορφική σκέψη. Η σύγχυση μεταξύ φωτοσύνθεσης και κυτταρικής αναπνοής συνιστά παγκόσμιο φαινόμενο, με τους μαθητές να θεωρούν π.χ. ότι τα φυτά αναπνέουν μόνο τη νύχτα ή ότι λαμβάνουν έτοιμη τροφή από το έδαφος. Επιπλέον, στη Γενετική και την Οικολογία εντοπίζεται κατακερματισμένη γνώση, με αδυναμία διάκρισης βιολογικών μεγεθών (όπως μεταξύ DNA και χρωμοσώματος) και υιοθέτηση απλοϊκών, γραμμικών μοντέλων αιτιότητας αντί για κυκλικά-συστημικά.

Απάντηση στο EE2: ποιοι παράγοντες τις προκαλούν;

Τα αίτια εμφάνισης και συντήρησης των λανθασμένων αντιλήψεων είναι πολυπαραγοντικά, διαχωριζόμενα σε εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες:

 **Εσωτερικοί Παράγοντες (Γνωστικοί):** Η καθημερινή διαισθητική εμπειρία αποτελεί τη βασική μήτρα γένεσης σφαλμάτων. Παράλληλα, λόγω του αναπτυξιακού τους σταδίου (περιορισμένη αφαιρετική ικανότητα), οι μαθητές τείνουν να μεταφέρουν μακροσκοπικές ιδιότητες στον υπομικρόκοσμο, πιστεύοντας, για παράδειγμα, ότι τα μεμονωμένα άτομα διαστέλλονται ή έχουν χρώμα.

 **Εξωτερικοί Παράγοντες (Εκπαιδευτικοί/Γλωσσικοί):** Η παραδοσιακή διδασκαλία του «μοντέλου της μετάδοσης» δημιουργεί μαθητές με «διπλή γνωστική δομή», οι οποίοι απλώς αποστηθίζουν τύπους για τις εξετάσεις, διατηρώντας άθικτες τις παρανοήσεις τους στην πραγματική ζωή. Κομβικό ρόλο παίζει η γλώσσα, λόγω της σημασιολογικής απόκλισης μεταξύ καθημερινής και επιστημονικής ορολογίας (π.χ. «έργο», «εξουδετέρωση», «ισορροπία»). Επιπρόσθετα, τα σχολικά εγχειρίδια συμβάλλουν στην παγίωση λαθών μέσω υπεραπλουστευμένων σχημάτων (όπως τα ball-and-stick μοντέλα ή η απεικόνιση της φωτοσύνθεσης πάντα με έναν ήλιο). Τέλος, ανησυχητική είναι η διαπίστωση ότι οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί, ελλείψει επαρκούς Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (PCK), φέρουν και μεταδίδουν ασυνείδητα παρανοήσεις στους μαθητές.

Απάντηση στο EE3: ποια εργαλεία είναι καταλληλότερα;

Η βιβλιογραφία επιβεβαιώνει την απόλυτη υπεροχή των Διαγνωστικών Τεστ Πολλαπλών Επιπέδων (Multiple-tier Diagnostic Tests - MTDTs) έναντι των παραδοσιακών μεθόδων. Ενώ οι κλινικές συνεντεύξεις είναι ποιοτικά άριστες αλλά πρακτικά ανεφάρμοστες σε μεγάλη κλίμακα, και τα συμβατικά τεστ πολλαπλής επιλογής πάσχουν από το φαινόμενο της τυχαίας μαντεψιάς (guessing), τα τεστ τεσσάρων επιπέδων (four-tier tests) αναδεικνύονται ως η πλέον εξελιγμένη μεθοδολογικά λύση. Η ανωτερότητά τους έγκειται στο γεγονός ότι διαχωρίζουν πλήρως τη σιγουριά του μαθητή για την απάντηση περιεχομένου (επίπεδο 2) από τη σιγουριά του για την αιτιολόγηση (επίπεδο 4). Μέσω μιας μήτρας 16 δυνατών συνδυασμών, ο εκπαιδευτικός μπορεί να κατατάξει με ακρίβεια τους μαθητές, διακρίνοντας με ασφάλεια τη «γνήσια παρανόηση» από την «έλλειψη γνώσης» (άγνοια) ή την «ψευδο-επιστημονική παρανόηση».

Απάντηση στο EE4: ποιες στρατηγικές είναι αποτελεσματικότερες;

Τα ερευνητικά δεδομένα αποδεικνύουν την υψηλή στατιστική αποτελεσματικότητα (Hedges' $g = 1.10$) των στρατηγικών Εννοιολογικής Αλλαγής έναντι της παραδοσιακής διδασκαλίας.

Οι κυριότερες και αποτελεσματικότερες προσεγγίσεις περιλαμβάνουν:

✚ Τη **Γνωστική Σύγκρουση**: Στοχεύει στην πρόκληση δυσaréσκειας (dissatisfaction) μέσω ανώμαλων / διαψευστικών δεδομένων, με την προϋπόθεση η νέα έννοια να είναι κατανοητή, λογική και αποδοτική.

✚ Τη **Γνωστική Γεφύρωση**: Αξιοποιεί τις παραγωγικές διαισθητικές ιδέες των μαθητών (p-prims) χρησιμοποιώντας αναλογίες αγκύρωσης για να χτίσει σταδιακά τη νέα αφηρημένη (επιστημονική) έννοια.

✚ Τη **Οντολογική Μετατόπιση**: Επανεκπαιδεύει τον μαθητή ώστε να μετακινήσει μια έννοια από μια εσφαλμένη κατηγορία (π.χ. «ύλη») στην ορθή (π.χ. «διαδικασία»).

Ως προς τα πρακτικά διδακτικά μέσα, κομβική είναι η χρήση Κειμένων Εννοιολογικής Αλλαγής (CCTs), Διαψευστικών Κειμένων (Refutation Texts) και της μεθοδολογίας Πρόβλεψη-Παρατήρηση-Εξήγηση (POE). Τέλος, αναντικατάστατο ρόλο διαδραματίζουν οι νέες τεχνολογίες με τα πειράματα μέσω προσομοιώσεων (όπως τα PhET) που οπτικοποιούν τον υπομικρόκοσμο, καθώς και η χρήση εννοιολογικών χαρτών (concept mapping) για την αναδιοργάνωση των σχέσεων μεταξύ των εννοιών.

6.1 Προτάσεις

Με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανάλυσης, διαπιστώνεται πως παρότι το θεωρητικό υπόβαθρο της Εννοιολογικής Αλλαγής και της διάγνωσης των λανθασμένων αντιλήψεων έχει ωριμάσει επαρκώς, η ενσωμάτωση αυτών των αρχών στην καθημερινή εκπαιδευτική πράξη παρουσιάζει ελλείμματα. Συνεπώς, προτείνονται οι ακόλουθες παρεμβάσεις σε επίπεδο εκπαιδευτικού συστήματος και μελλοντικής έρευνας.

6.1.1 Προτάσεις Βελτίωσης στην Εκπαιδευτική Πράξη



Συστηματική Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών (Teacher Training):

Όπως αναδείχθηκε από τη μελέτη των αιτίων (Ενότητα 3.2.4), τα διαθέσιμα ευρήματα της βιβλιογραφίας υποδεικνύουν ότι οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί αποτελούν συχνά φορείς ενδεχόμενων παρανοήσεων, τις οποίες μεταδίδουν ακούσια στους μαθητές (π.χ. μέσω λανθασμένων αναλογιών). Συνεπώς, προτείνεται η στοχευμένη επιμόρφωσή τους στην Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (PCK). Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να εκπαιδευτούν ώστε, πριν από κάθε διδακτική ενότητα, να χρησιμοποιούν Διαγνωστικά Τεστ 4-επιπέδων. Καθώς τα τεστ αυτά αποδείχθηκαν τα μόνα ικανά να διαχωρίσουν τη γνήσια παρανόηση από την τυχαία μαντεψιά, η χρήση τους θα επιτρέψει στους εκπαιδευτικούς να χαρτογραφούν αξιόπιστα το γνωστικό υπόβαθρο της τάξης τους και να αναγνωρίζουν ταυτόχρονα και τα δικά τους διαισθητικά σφάλματα.



Αναμόρφωση των Σχολικών Εγχειριδίων:

Η βιβλιογραφία συγκλίνει στο ότι τα σχολικά εγχειρίδια ευθύνονται συχνά για την παγίωση παρανοήσεων, είτε μέσω ασαφών οπτικών αναπαραστάσεων (όπως τα μοντέλα "ball-and-stick" στη Χημεία) είτε μέσω του διαχωρισμού αλληλένδετων λειτουργιών (π.χ. φωτοσύνθεση και κυτταρική αναπνοή). Προτείνεται, επομένως, η αναμόρφωση των βιβλίων ώστε να ενσωματώνουν ρητά Διαψευστικά Κείμενα (Refutation Texts). Δεδομένου ότι τα κείμενα αυτά προκαλούν γνωστική σύγκρουση με υψηλό βαθμό επίδρασης ($g=1.10$), η ρητή ανασκευή των λαθών εντός του βιβλίου (π.χ. «Πολλοί μαθητές νομίζουν ότι τα φυτά αναπνέουν μόνο το βράδυ. Ωστόσο, η αλήθεια είναι...») θα λειτουργήσει αποτρεπτικά στη δημιουργία εναλλακτικών μοντέλων.



Αξιοποίηση των Φορητών Συσκευών (Mobile Learning) & ΤΠΕ:

Δεδομένου του ευρήματος ότι οι μαθητές αδυνατούν να συλλάβουν έννοιες του υπομικρόκοσμου λόγω περιορισμένης αφαιρετικής ικανότητας, προτείνεται η δυναμική αξιοποίηση των φορητών συσκευών (smartphones/tablets). Η χρήση τους ως πειραματικών οργάνων (μέσω ενσωματωμένων αισθητήρων) ή ως μέσων προβολής διαδραστικών προσομοιώσεων, υποστηρίζει άριστα τη στρατηγική Πρόβλεψη-Παρατήρηση-Εξήγηση (P.O.E.). Έτσι, οι μαθητές οπτικοποιούν το αόρατο (π.χ. τη ροή των ηλεκτρονίων) και βιώνουν την απαραίτητη γνωστική σύγκρουση. Ταυτόχρονα, τα διαγνωστικά τεστ (MTDTs) προτείνεται όπως ψηφιοποιηθούν σε κατάλληλες πλατφόρμες (online testing) για την ταχεία, αποτελεσματική και ακριβή εξαγωγή διαγνωστικών αποτελεσμάτων στην τάξη σε πραγματικό χρόνο.



Συμπεριληπτική Εκπαίδευση και Διαφοροποίηση: Όπως κατέδειξε η ανάλυση, το παραδοσιακό μοντέλο αποτυγχάνει πολλές φορές, δημιουργώντας σοβαρά εμπόδια, ιδιαίτερα σε μαθητές με μαθησιακά κενά. Συνδεδεμένο με το εύρημα ότι ο χρόνος διδασκαλίας ρυθμίζει την αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων, προτείνεται η Διαφοροποιημένη Διδασκαλία. Αυτή πρέπει να περιλαμβάνει χαμηλότερο ρυθμό κάλυψης της ύλης και αυξημένο «χρόνο αναμονής» (wait time) κατά τις ερωταποκρίσεις, επιτρέποντας στους μαθητές να επεξεργαστούν τα δεδομένα της γνωστικής σύγκρουσης. Επιπλέον, η ελαχιστοποίηση των αμιγώς αναγνωστικών απαιτήσεων και η ένταξη πολυαισθητηριακών ερεθισμάτων (hands-on) είναι αναγκαία για την υπέρβαση των ελλειμμάτων αφαιρετικής συλλογιστικής.

6.1.2 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Σε ερευνητικό επίπεδο, τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης αναδεικνύουν συγκεκριμένα κενά στη βιβλιογραφία, τα οποία καλό θα ήταν να ληφθεί μέριμνα ώστε να καλυφθούν, προκειμένου να κατανοηθεί και να αντιμετωπιστεί πληρέστερα το φαινόμενο των λανθασμένων αντιλήψεων:



Διαχρονικές Μελέτες (Longitudinal Studies) για τη Διατήρηση της Γνώσης: Η ανάλυση κατέδειξε ότι οι στρατηγικές Εννοιολογικής Αλλαγής διαθέτουν υψηλή στατιστική αποτελεσματικότητα βραχυπρόθεσμα, ωστόσο επιβεβαίωσε παράλληλα και την ακραία ανθεκτικότητα των διαισθητικών παρανοήσεων. Συνεπώς, προτείνεται η διεξαγωγή διαχρονικών ερευνών (longitudinal studies) που θα παρακολουθούν τους μαθητές μακροπρόθεσμα. Η έρευνα οφείλει να μετατοπιστεί από την απλή αξιολόγηση της άμεσης αποτελεσματικότητας των παρεμβάσεων, στην επιβεβαίωση της σταθερότητας (retention) της νέας γνώσης, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν οι μαθητές διατηρούν την επιστημονική έννοια ή εάν επιστρέφουν σταδιακά στα αρχικά τους νοητικά μοντέλα.



Ανάπτυξη Διαγνωστικών Τεστ 5-Επιπέδων (Five-Tier Tests): Η μελέτη ανέδειξε τα πολυπαραγοντικά αίτια των παρανοήσεων (βιωματική εμπειρία, δάσκαλος, εγχειρίδια) και επιβεβαίωσε την απόλυτη υπεροχή των τεστ 4-επιπέδων στον ακριβή εντοπισμό της γνήσιας παρανόησης. Εντούτοις, επειδή τα εργαλεία 4-επιπέδων έχουν τον εγγενή περιορισμό ότι αδυνατούν να αποκαλύψουν την πηγή προέλευσης του σφάλματος, προτείνεται η ανάπτυξη και στατιστική επικύρωση διαγνωστικών εργαλείων 5-επιπέδων (five-tier diagnostics). Σε αυτά, το επιπλέον 5ο

επίπεδο θα ζητά ρητά από τον μαθητή να υποδείξει από πού άντλησε τη συγκεκριμένη πεποίθηση, παρέχοντας στους ερευνητές τα δεδομένα για τη στοχευμένη καταπολέμηση της ρίζας του προβλήματος.



Διεπιστημονικές Προσεγγίσεις (Interdisciplinary STEM Research): Η θεματική χαρτογράφηση έδειξε ότι τα εννοιολογικά εμπόδια μοιράζονται συχνά κοινές γνωστικές δομές που διαπερνούν πολλαπλά αντικείμενα (όπως η ευρεία χρήση του ανθρωπομορφισμού σε Χημεία και Βιολογία, ή η σύγχυση της έννοιας της «ενέργειας» σε όλες τις επιστήμες). Με βάση αυτό το εύρημα, προτείνεται η μελλοντική έρευνα να εγκαταλείψει τα «στεγανά» μεταξύ των επιμέρους επιστημονικών κλάδων. Είναι κρίσιμο να μελετηθεί διεπιστημονικά πώς μια παγιωμένη παρανόηση σε ένα αντικείμενο (π.χ. οι χημικοί δεσμοί) αλληλοεπιδρά ή παρεμποδίζει την εννοιολογική αλλαγή σε ένα άλλο (π.χ. η κυτταρική αναπνοή στο μάθημα της Βιολογίας).

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Almasri, F. (2024). Exploring the impact of Artificial Intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, 54, 977–997. Doi:10.1007/s11165-024-10176-3
- Adimayuda, R., Suhandi, A., Suhendi, E., Setiawan, A., Fratiwi, N. J., & Kapici, H. O. (2026). A review of college student in physics education: Type, cause and remediation misconception. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 7(1), 143-152. Doi:10.46843/jiecr.v7i1.2291
- Amiruddin, M. Z. B., Samsudin, A., Suhandi, A., & Coştu, B. (2024). Bibliometric investigation in misconceptions and conceptual change over three decades of science education. *International Journal of Educational Methodology*, 10(3), 367–385. Doi:10.12973/ijem.10.3.367
- Amrullah, L. A., Kamila, N. D., Sophian, N. C., Fitriya, N., Nurmayanti, & Bakti, S. (2025). Analysis of elementary school students' misconceptions in science concepts and their remediation strategies: A literature review (2015-2024). *Indonesian Journal of Elementary and Childhood Education*, 6(4), 221–230.
- Ash Shiddiqi, M. H., Arthamena, V. D., Ayyubi, M., Manarisip, A. J., & Aznam, N. (2024). Systematic literature review: Analysis of misconception problems and diagnostic instruments for learning chemistry. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(4), 1634–1643. Doi:10.29303/jppipa.v10i4.5189
- Assem, H. D., Nartey, L., Appiah, E., & Aidoo, J. K. (2023). A review of students' academic performance in physics: Attitude, instructional methods, misconceptions and teachers qualification. *European Journal of Education and Pedagogy*, 4(2), 273–278. Doi:10.24018/ejedu.2023.4.1.551
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston
- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Springer
- Briggs, A. G., Morgan, S. K., Sanderson, S. K., Schulting, M. C., & Wieseman, L. J. (2016). Tracking the resolution of student misconceptions about the central dogma of molecular biology. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(3), 339–350. Doi:10.1128/jmbe.v17i3.1077

- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241–1257. [Doi:10.1002/tea.3660301007](https://doi.org/10.1002/tea.3660301007)
- Covidence. (2021, June 15). The difference between a systematic review and a literature review. *Covidence Blog*. <https://www.covidence.org/blog/the-difference-between-a-systematic-review-and-a-literature-review/>
- Damsi, M., & Suyanto, S. (2023). Systematic literature review: Multiple-tier diagnostic instruments in measuring student chemistry misconceptions. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(5), 8–21. [Doi:10.29303/jppipa.v9i5.2600](https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i5.2600)
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105–225. [Doi:10.1080/07370008.1985.9649008](https://doi.org/10.1080/07370008.1985.9649008)
- diSessa, A. A. (2017). Knowledge in pieces: An episodic history of a research program. In K. Kampourakis & Michel J. Reiss (Eds.), *Conceptual Change in Biology* (pp. 31–48). Routledge.
- Guerra-Reyes, F., Guerra-Dávila, E., Naranjo-Toro, M., Basantes-Andrade, A., & Guevara-Betancourt, S. (2024). Misconceptions in the learning of natural sciences: A systematic review. *Education Sciences*, 14(5), Article 497. [Doi:10.3390/educsci14050497](https://doi.org/10.3390/educsci14050497)
- Islamiyah, K. K., Rahayu, S., & Dasna, I. W. (2022). The effectiveness of remediation learning strategy in reducing misconceptions on chemistry: A systematic review. *Tadris: Jurnal Keguruan dan Ilmu Tarbiyah*, 7(1), 135–145. [Doi:10.24042/tadris.v7i1.11140](https://doi.org/10.24042/tadris.v7i1.11140)
- Kuhn, T. S. (1996). *The structure of scientific revolutions* (3η έκδ.). University of Chicago Press. (Αρχική έκδοση το 1962)
- Kumandaş, B., Ateskan, A., & Lane, J. (2019). Misconceptions in biology: A meta-synthesis study of research, 2000–2014. *Journal of Biological Education*, 53(4), 350–364. [Doi:10.1080/00219266.2018.1490798](https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1490798)
- Kumar, S. (2024). An analysis of common misconceptions in chemistry education and practices. *NIILM International Journal of Applied and Behavioural Sciences (IJABS)*, 1(1), 1–11. [Doi:10.70388/ijabs24701](https://doi.org/10.70388/ijabs24701)
- Kusuma, P. N., & Redhana, I. W. (2025). Exploring the trends and strategies of physics misconception remediation: A systematic literature review. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(2), 177–187. <https://online-journal.unja.ac.id/EDP/article/view/44622>

- Ma, H., Yang, H., Li, C., Ma, S., & Li, G. (2025). The effectiveness and sustainability of tier diagnostic technologies for misconception detection in science education: A systematic review. *Sustainability*, 17(7), Article 3145. Doi:10.3390/su17073145
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *BMJ*, 339, b2535. Doi:10.1136/bmj.b2535
- Nicol, C. B., Gakuba, E., & Habinshuti, G. (2022). Students' opinions, views, and perceptions of science laboratory learning: A systematic review of the literature. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(3), em2087. Doi:10.29333/ejmste/11793
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 937–949. Doi:10.1002/tea.3660271003
- Oktavianty, E., Haratua, T. M. S., & Anuru, M. (2018). The effect of remediation on reducing misconception: A meta-analysis of student thesis on physics education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1), Article 012039. Doi:10.1088/1742-6596/1013/1/012039
- Olaogun, O. P., Skelton, A., Zafar, M., Hunsu, N. J., & Idowu, I. A. (2023). A systematic review of student misconceptions about electricity and electric circuit concepts. *2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. Doi:10.1109/FIE58773.2023.10343239
- Özmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147–159. Doi:10.1023/B:JOST.0000031255.92943.6d
- Pacaci, C., Ustun, U., & Ozdemir, O. F. (2024). Effectiveness of conceptual change strategies in science education: A meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(6), 1263–1325. Doi:10.1002/tea.21887
- Panagou, D., Kostara, C., Stylos, G., & Kotsis, K. (2024). Unraveling force and weight misconceptions: A study among medicine enrolled honors high school graduates. *European Journal of Physics Education*, 15(1), 25–46.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children* (M. Cook, Μετάφρ.). International Universities Press.
- Piaget, J. (1970). *Genetic epistemology* (E. Duckworth, Μετάφρ.). Columbia University Press

- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. Doi:10.1002/sce.3730660207
- Rahmadani, U., Sundari, P. D., Hidayati, H., & Dewi, W. S. (2023). Systematic review of misconceptions in kinematics: Identification, causes, and remediation. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(12), 10842–10850. Doi:10.29303/jppipa.v9i12.4956
- Resbiantoro, G., Setiani, R., & Dwikoranto (2022). A review of misconception in physics: The diagnosis, causes, and remediation. *Journal of Turkish Science Education*, 19(2), 403-427. Doi:10.36681/tused.2022.128
- Sambamurthy, N., & Edgcomb, A. D. (2018). A systematic literature review of misconceptions in linear circuit analysis. *Paper presented at 2018 ASEE Annual Conference & Exposition*, Salt Lake City, Utah. Doi:10.18260/1-2--29735
- Sataloff, R. T., Bush, M. L., Chandra, R., Chepeha, D., Rotenberg, B., Fisher, E. W., Goldenberg, D., Hanna, E. Y., Kerschner, J. E., Kraus, D. H., Krouse, J. H., Li, D., Link, M., Lustig, L. R., Selesnick, S. H., Sindwani, R., Smith, R. J., Tysome, J., Weber, P. C., & Welling, D. B. (2021). Systematic and other reviews: Criteria and complexities. *Journal of Otolaryngology - Head & Neck Surgery*, 50(1), Article 41. Doi:10.1186/s40463-021-00527-9
- Soeharto, Csapó, B., Sarimanah, E., Dewi, F. I., & Sabri, T. (2019). A review of students' common misconceptions in science and their diagnostic assessment tools. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 247–266. Doi:10.15294/jpii.v8i2.18649
- Suparman, A. R., Rohaeti, E., & Wening, S. (2024). Student misconception in chemistry: A systematic literature review. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 14(2), 238-252. Doi:10.47750/pegegog.14.02.28
- Surtiana, Y., Suhandi, A., Putri, K. L., Setiawan, W., Siahaan, P., Samsudin, A., & Costu, B. (2020). Reconstruction high school student's conception about parallel electrical circuit concept using Virtual Conceptual Change Laboratory (VCCLab). *Universal Journal of Educational Research*, 8(12B), 8169–8177. Doi:10.13189/ujer.2020.082620
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159–169. Doi:10.1080/0950069880100204

- Üce, M., & Ceyhan, İ. (2019). Misconception in chemistry education and practices to eliminate them: Literature analysis. *Journal of Education and Training Studies*, 7(3), 202–208. Doi:10.11114/jets.v7i3.3990
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)
- Wahyudi, M., Mufit, F., Festiyed, & Hidayati. (2024). Misconceptions and their remediation on high school physics temperature and heat materials: A systematic review. *Journal of Innovative Physics Teaching*, 2(2), 158–172. Doi:10.24036/jipt/vol2-iss2/80
- Wati, W., & Novita, D. (2021). Mereduksi miskonsepsi materi kesetimbangan kimia melalui penerapan strategi predict discuss explain observe discuss explain (PDEODE). *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 5(1), 1–10. Doi:10.23887/jjpk.v5i1.32399
- Widiyatmoko, A., & Shimizu, K. (2018). Factors contributing to students' misconceptions in light and optical instruments in Indonesia: A literature review. *Journal of International Development and Cooperation*, 13(10), 853-863.
- Ζιώγα, Σ., Καραμάνη, Κ. – Π., Κύρου, Θ., Μπαλωμένου, Λ., Μπούσδα, Φ., Νούλη, Ε., Ντάγλα, Ε., Πραμαντιώτη, Ε., Σαργιώτη, Α., Σταμούλη, Ε., & Μικρόπουλος, Α. (2022). Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες με φορητές συσκευές: μια βιβλιογραφική επισκόπηση. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 15–26.
- Μπελίτσου, Μ. Σ., Γκαϊντατζής, Π., & Μολοχίδης, Α. (2026). Εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών στις ιοντίζουσες και μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες: Βιβλιογραφική ανασκόπηση. *Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 14(2), 1–10. Doi:10.12681/codiste.9980
- Παναγοπούλου, Α. (2013). *Βάσεις Δεδομένων στην Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών σε Μαθητές με Μαθησιακές Δυσκολίες και Νοητική Καθυστέρηση: Μια Ανασκόπηση της Διεθνούς και Ελληνικής Βιβλιογραφίας* [Πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας].
- Πανάγου, Δ., & Κώτσης, Κ. Θ. (2023). Βιβλιογραφική ανασκόπηση των αντιλήψεων και των γνώσεων μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για την έννοια του ήχου.

*Πρακτικά 13ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και
Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ιωάννινα.*

Φάτσιου, Μ. (2018). *Διερεύνηση των αντιλήψεων πρωτοετών φοιτητών βιολογικών
τμημάτων για βιολογικές έννοιες* [Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία].
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.