

## ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ CHATGPT ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης

Καθηγητής ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

[kkotsis@uoi.gr](mailto:kkotsis@uoi.gr)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή διερευνά τις πιθανές χρήσεις του ChatGPT στη διδασκαλία της φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο, ιδιαίτερα σε συνδυασμό πειραμάτων. Η έρευνα υπογραμμίζει τη σημασία των πειραμάτων και διευκρινίζει πώς το ChatGPT μπορεί να ενισχύσει αυτή τη διαδικασία παρέχοντας στιγμιαία ανατροφοδότηση, επιτρέποντας διαδραστικές προσομοιώσεις και παρουσιάζοντας προσαρμοσμένες διαδρομές μάθησης. Το ChatGPT βοηθά στην αποσαφήνιση δύσκολων ιδεών για τους μαθητές, προωθεί την κριτική σκέψη και καλλιεργεί ένα συνεχές περιβάλλον μάθησης με τη συμμετοχή των μαθητών σε διάλογο. Η ενσωμάτωση του ChatGPT υποστηρίζει τους στόχους του προγράμματος σπουδών και ενθαρρύνει ένα δια βίου ενδιαφέρον για την επιστήμη μεταξύ των μαθητών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα εργαλεία που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, όπως το ChatGPT, έχουν την ικανότητα να αλλάζουν ουσιαστικά τις παραδοσιακές προσεγγίσεις διδασκαλίας, ενισχύοντας τη συμμετοχή των μαθητών, την κατανόηση και τη συνολική εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα.

**Λέξεις κλειδιά:** ChatGPT, διδασκαλία Φυσικής, πειράματα, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

**Αναφορά:** Κώτσης, Κ. Θ. (2025). Χρήση του ChatGPT για τη Διδασκαλία της Φυσικής με Πειράματα στο Δημοτικό Σχολείο, στο Κώτσης Κ.Θ. & Στύλος Γ., (Επιμέλεια), Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επετειακός Τόμος για τα 40 χρόνια του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων, Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. ISBN: 978-618-82063-5-9

## USES OF CHATGPT IN PRIMARY SCHOOL PHYSICS EDUCATION WITH HANDS-ON EXPERIMENTS

Konstantinos T. Kotsis

*Department of Primary Education, University of Ioannina, Greece*

[kkotsis@uoi.gr](mailto:kkotsis@uoi.gr)

### ABSTRACT

*This paper explores the potential applications of ChatGPT in primary school physics education, particularly when integrated with hands-on experiments. The study emphasizes the importance of experiential learning and how ChatGPT can enhance this process by providing real-time feedback, facilitating interactive simulations, and offering personalized learning pathways. ChatGPT helps students clarify complex concepts, encourages critical thinking, and fosters a continuous learning environment by engaging students in dialogue. ChatGPT's integration supports curriculum objectives and inspires a lifelong passion for science among young learners. The findings suggest that AI-driven tools like ChatGPT can significantly transform traditional educational methods, improving student engagement, comprehension, and overall instructional effectiveness.*

**Keywords:** *ChatGPT, Physics Teaching, hands-on experiments, Primary Education*

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ειδικά σε τομείς όπως η φυσική, η ενσωμάτωση των σύγχρονων τεχνολογιών στις παραδοσιακές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις αναδιαμορφώνει τις παιδαγωγικές μεθόδους στο σύγχρονο εκπαιδευτικό τοπίο. Η τεχνητή νοημοσύνη – και συγκεκριμένα το ChatGPT – παρουσιάζει πρωτοφανείς ευκαιρίες για την ενίσχυση τόσο της εμπλοκής όσο και της κατανόησης των μαθητών (Sharma & Yadav, 2023). Αυτή η εργασία διερευνά τις διάφορες εφαρμογές του ChatGPT στη διδασκαλία της φυσικής του Δημοτικού Σχολείου, ιδιαίτερα στο πλαίσιο των πειραμάτων. Μέσω διαδραστικών διαλόγων και εξατομικευμένων σχολίων, το ChatGPT μπορεί να διευκρινίσει πολύπλοκες έννοιες, επιτρέποντας στους νέους μαθητές να τις κατανοήσουν πιο αποτελεσματικά (Orara et al., 2023). Επιπλέον, η αξιοποίηση εργαλείων επεξεργασίας φυσικής γλώσσας δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να διευκολύνουν σε βάθος συζητήσεις που διεγείρουν την κριτική σκέψη και την περιέργεια για επιστημονική έρευνα (Adeshola & Adepoju, 2023). Η εξέταση του ρόλου του ChatGPT στη διερευνητική μάθηση εκτείνεται πέρα από την απλή διάδοση περιεχομένου,

παρέχοντας βοήθεια επίλυσης προβλημάτων σε πραγματικό χρόνο και διαδρομές μάθησης προσαρμοσμένες στις ατομικές απαιτήσεις των μαθητών, στοχεύοντας, παράλληλα, στη γεφύρωση του χάσματος γνώσεων (Javaid et al., 2023). Ενθαρρύνοντας τους μαθητές να διερευνήσουν θεωρητικές έννοιες σε συνδυασμό με πραγματικές εφαρμογές, τέτοιες αλληλεπιδράσεις εμπλουτίζουν το πρόγραμμα σπουδών και συνδράμουν στη βαθύτερη κατανόηση των θεμελιωδών αρχών της φυσικής. Το ChatGPT εμπλουτίζει τα πειράματα δημιουργώντας ένα περιβάλλον ευνοϊκό για έρευνα και καινοτομία, ενισχύοντας έτσι τη συνολική διαδικασία μάθησης. Η αξιολόγηση των δυνατοτήτων του ChatGPT στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση απαιτεί σίγουρα διεξοδική εξέταση της παιδαγωγικής αποτελεσματικότητας και της ανάπτυξης των μαθητών (Zhang & Tur, 2024). Υποστηρίζοντας την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στη διερευνητική μάθηση, υπογραμμίζεται η σημασία των διαδραστικών τεχνολογιών στη διαμόρφωση των μελλοντικών εκπαιδευτικών παραδειγμάτων.

Η προώθηση του επιστημονικού αλφαριθμητισμού και της κριτικής σκέψης μέσω της διδασκαλίας της φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο είναι ένα πρωταρχικό μέλημα (Vieira & Tenreiro-Vieira, 2016). Η έγκαιρη ενασχόληση με έννοιες της φυσικής βοηθά τα παιδιά να κατανοήσουν τον κόσμο μέσω διερεύνησης και πειραμάτων, προωθώντας τη συμμετοχή και τη διατήρηση της γνώσης (Radu & Schneider, 2019). Η τεχνολογία, ιδιαίτερα εξελιγμένα εργαλεία όπως τα chatbots, μπορούν να ενισχύσουν αυτή την εκπαιδευτική διαδικασία παρέχοντας άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες και διευκολύνοντας διαδραστικές συζητήσεις σχετικά με τις αρχές της φυσικής. Για παράδειγμα, τα chatbots μπορούν να απλοποιήσουν πολύπλοκα θέματα και να καθοδηγήσουν τους μαθητές μέσω πειραμάτων προσφέροντας οφέλη, όπως σε τομείς, όπου οι τεχνολογίες chatbot έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματικές (Hostetter et al., 2024). Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ικανοποιήσουν τα διαφορετικά στυλ μάθησης και τις ανάγκες των νέων μαθητών ενσωματώνοντας αυτούς τους ψηφιακούς πόρους, προετοιμάζοντας, παράλληλα, τους μαθητές ώστε να μπορούν να ανταποκρίνονται στις εξελισσόμενες απαιτήσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας (Hu et al., 2024). Κατά συνέπεια, η εξέλιξη της διδασκαλίας της φυσικής μέσω καινοτόμων μεθόδων παραμένει ουσιαστική για την περαιτέρω ανάπτυξη του διερευνητικού τρόπου σκέψης.

Η ενθάρρυνση των δεξιοτήτων της κριτικής σκέψης και της περιέργειας μεταξύ των μαθητών του Δημοτικού Σχολείου, καθώς και η ενεργός συμμετοχή σε πραγματικά πειράματα, ενισχύει σημαντικά την εκπαιδευτική εμπειρία (Wu et al., 2018). Οι μαθητές που συμμετέχουν σε δραστηριότητες που σχετίζονται με έννοιες της φυσικής όχι μόνο ενισχύουν την κατανόησή τους για την επιστημονική μέθοδο αλλά και βελτιώνουν την ικανότητά τους να κατανοούν πιο αποτελεσματικά τις αφηρημένες έννοιες. Με τη συμμετοχή σε πειράματα, οι μαθητές δημιουργούν συνδέσεις μεταξύ θεωρητικής γνώσης και πρακτικής εφαρμογής, βελτιώνοντας έτσι τη διατήρηση και την κατανόηση της γνώσης τους (Sandoval, 2005). Επιπλέον, καθώς οι μαθητές συχνά συνεργάζονται σε ομάδες για να προτείνουν υποθέσεις, να κάνουν δοκιμές και να αναλύσουν δεδομένα, τα πειράματα προωθούν την ομαδική εργασία και τις δεξιότητες επικοινωνίας (Holstermann et al., 2010). Αυτό το συνεργατικό περιβάλλον ενθαρρύνει

την ένταξη και μια ποικιλία προοπτικών, ενισχύοντας τελικά τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Η ενσωμάτωση του πειραματισμού σε ένα πρόγραμμα σπουδών βοηθά στην ανακούφιση των προκλήσεων που σχετίζονται με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας που βασίζονται σε διαλέξεις, μετατρέποντας έτσι την εκπαίδευση σε μία διαδραστική διαδικασία που έχει απήχηση στους μικρούς μαθητές (Steffe & Gale, 2012).

Η τεχνητή νοημοσύνη κέρδισε πρόσφατα την προσοχή στην εκπαιδευτική τεχνολογία, με το ChatGPT να αναδύεται ως μετασχηματιστικό εργαλείο τόσο για εκπαιδευτικούς όσο και για μαθητές (Alam, 2021). Ιδιαίτερα στο πλαίσιο της διδασκαλίας της φυσικής του Δημοτικού Σχολείου, αυτή η πλατφόρμα προσφέρει άμεση ανατροφοδότηση και εξατομικευμένες αλληλεπιδράσεις, οι οποίες μπορεί να είναι εξαιρετικά επωφελείς. Μέσω διαλόγων που βασίζονται στην έρευνα και τη διαδραστική επίλυση προβλημάτων, το ChatGPT δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν πολύπλοκες έννοιες μέσω προσαρμοσμένων μαθησιακών εμπειριών. Επιπλέον, υπογραμμίζεται ότι η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα και να διευκολύνει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση τεχνολογικών και παραδοσιακών μεθόδων διδασκαλίας (Staikova et al., 2024). Έχει αναφερθεί ότι οι αποτελεσματικές στρατηγικές αύξησης δεδομένων μπορούν να εμπλουτίσουν την ποιότητα των αλληλεπιδράσεων, διασφαλίζοντας ότι οι μαθητές λαμβάνουν ποικίλες, σχετικές απαντήσεις, προσαρμοσμένες στις συγκεκριμένες μαθησιακές τους ανάγκες (Martin & Graulich, 2024). Κατά συνέπεια, οι δυνατότητες του ChatGPT στην εκπαίδευση εκτείνεται πέρα από την απλή παράδοση περιεχομένου, καθώς υπόσχονται ένα βαθύτερο και με μεγαλύτερη εμπλοκή περιβάλλον μάθησης για τους νεαρούς μαθητές.

## **ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ CHATGPT**

Η ενσωμάτωση του ChatGPT στην εκπαίδευση της φυσικής στο σχολείο, ειδικά όταν περιέχει πειράματα, έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει σημαντικά την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών. Το ChatGPT χρησιμεύει ως ένα πρόσθετο εκπαιδευτικό εργαλείο που προωθεί τη βαθύτερη εμπλοκή με σύνθετες έννοιες, μέσω άμεσων απαντήσεων και προσαρμοσμένων επεξηγήσεων. Για παράδειγμα, όταν οι μαθητές εκπαιδεύονται στους νόμους της κίνησης και της δύναμης κατά τη διάρκεια πρακτικών δράσεων, το ChatGPT μπορεί να παρέχει παραδείγματα και διαδραστικούς διαλόγους που να διευκρινίζουν αυτές τις ιδέες σε πραγματικό χρόνο. Με βάση την τρέχουσα έρευνα, η εμπιστοσύνη στη διαμεσολάβηση της τεχνολογίας υποδεικνύει τη θετική αλληλεπίδραση με το ChatGPT, καθώς βοηθά τους μαθητές να αποκτήσουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στο μαθησιακό τους περιβάλλον, αυξάνοντας έτσι την πρόθεσή τους να παραμένουν αφοσιωμένοι κατά τη διάρκεια διδασκαλίας της φυσικής. Μία μεθοδική ανάλυση της επιρροής του ChatGPT για τη διδασκαλία της γλώσσας έδειξε ότι μπορεί να επιτρέψει την αυτοκατευθυνόμενη μάθηση (Li et al., 2024), η

οποία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και στη φυσική, επιτρέποντας στους μαθητές να διερευνήσουν τις ιδέες τους μόνοι τους, ενώ θα λαμβάνουν ταυτόχρονα χρήσιμα σχόλια από την ΑΙ.

Η διευκόλυνση των διαδραστικών συνεδριών ερωτήσεων-απαντήσεων βελτιώνει σημαντικά την κατανόηση των σύνθετων εννοιών της φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση από τους μαθητές (Ramirez, 2021). Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν έναν διάλογο που να διευκρινίζει τις τυχόν παρανοήσεις και να διεγείρει την κριτική σκέψη, επιτρέποντας στους μαθητές να θέτουν ερωτήσεις σχετικά με τα πειράματά τους. Αυτή η διαδραστική μορφή βοηθά στη διάκριση μεταξύ της επιφανειακής και της βαθύτερης εννοιολογικής κατανόησης, καθώς οι μαθητές διατυπώνουν τις σκέψεις και τις δράσεις τους σε πραγματικό χρόνο. Η άμεση ανατροφοδότηση που παρέχεται κατά τη διάρκεια αυτής της διεργασίας προωθεί την αίσθηση του ανήκειν σε μία ομάδα και τη συνεργατική μάθηση, ενισχύοντας ένα περιβάλλον όπου οι μαθητές νιώθουν άνετα να εκφράσουν οποιαδήποτε σύγχυση ή περιέργεια χωρίς το φόβο της κρίσης. Καθώς οι παρανοήσεις αντιμετωπίζονται έγκαιρα, οι μαθητές είναι πιο πιθανό να διατηρήσουν τη γνώση και να εφαρμόσουν τις έννοιες αποτελεσματικά σε πρακτικά σενάρια (Katz et al., 2021). Είναι γνωστό, άλλωστε, ότι η ενσωμάτωση δομημένων ερωτήσεων-απαντήσεων στην εκπαίδευση της φυσικής μέσω πειραμάτων, εμπλουτίζει τη μαθησιακή εμπειρία, επιφέροντας θετικά εκπαιδευτικά αποτελέσματα στην κατανόηση θεμελιωδών αρχών (Bobrowsky et al., 2014).

Αξιοποιώντας την τεχνολογία και την ανάλυση δεδομένων, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν αποτελεσματικά εξατομικευμένα σενάρια μάθησης που να καλύπτουν τις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών για τη διδασκαλία της φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Αυτή η προσέγγιση στηρίζεται στην πεποίθηση ότι κάθε μαθητής έχει μοναδικά δυνατά σημεία, αδυναμίες και ενδιαφέροντα, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τα επίπεδα εμπλοκής και κατανόησής του. Χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως το ChatGPT, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αναπτύξουν εξατομικευμένο εκπαιδευτικό υλικό και πρακτικά πειράματα που να συνάδουν με μεμονωμένα στυλ μάθησης (Mikeladze, 2023). Για παράδειγμα, οι μαθητές που αντιμετωπίζουν δυσκολίες με την έννοια της βαρύτητας μπορεί να επωφεληθούν από διαδραστικές προσομοιώσεις που να απεικονίζουν την αντίστοιχη δύναμη σε διάφορες καταστάσεις. Αντίθετα, ένας άλλος μαθητής που δείχνει ιδιαίτερη προτίμηση στην αφήγηση θα μπορούσε να εμπλακεί πιο ουσιαστικά μέσα από μαθήματα με άξονα αφηγηματικές μεθόδους ή ιστορίες σχετικά με την επιστημονική ανακάλυψη. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να προσαρμόσουν τις οδούς μάθησης για να εξασφαλίσουν ότι οι μαθητές εμπλέκονται αλλά και υποστηρίζονται από τη συνεχή αξιολόγηση της προόδου τους, μέσω διαμορφωτικών αξιολογήσεων, ενισχύοντας τη συνολική τους εμπειρία και ενθαρρύνοντας τη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών της φυσικής (Miao et al., 2021).

Η ενσωμάτωση του ChatGPT στον σχεδιασμό μαθημάτων και στο πρόγραμμα σπουδών αποτελεί μια ευκαιρία για τους εκπαιδευτικούς για τη διδασκαλία της φυσικής

του Δημοτικού Σχολείου. Αξιοποιώντας τις προηγμένες δυνατότητες επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (Yildiz, 2023), οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν εξατομικευμένο εκπαιδευτικό υλικό, διασφαλίζοντας την τήρηση συγκεκριμένων μαθησιακών στόχων, καλύπτοντας παράλληλα τις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών. Για παράδειγμα, το ChatGPT μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία λεπτομερών περιγραμμάτων μαθημάτων που ενσωματώνουν πειράματα, ενισχύοντας την εμπλοκή των μαθητών μέσω διαδραστικών μαθησιακών εμπειριών. Η παροχή άμεσης ανατροφοδότησης σχετικά με το περιεχόμενο του μαθήματος επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να βελτιώσουν τις προσεγγίσεις τους, προωθώντας έναν επαναληπτικό σχεδιασμό που να ανταποκρίνεται σε πολύ καλές παιδαγωγικές πρακτικές. Πέρα από τη δομή του μαθήματος, το ChatGPT μπορεί να διευκολύνει τη δημιουργία διαφοροποιημένων αξιολογήσεων, επιτρέποντας στους δασκάλους να αξιολογήσουν ολόπλευρα την κατανόηση των μαθητών. Η ενσωμάτωση αυτού του εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης βελτιώνει τελικά τον σχεδιασμό του προγράμματος σπουδών, προωθώντας ένα πιο εξατομικευμένο και αποτελεσματικό εκπαιδευτικό περιβάλλον που ευνοεί την επιστημονική έρευνα και την περιέργεια μεταξύ των νεαρών μαθητών (Juuti, 2005).

## **ΔΙΕΥΚΟΛΥΝΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟ CHATGPT**

Η ενσωμάτωση του ChatGPT στην εκπαίδευση της φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο προσφέρει μία επαναστατική προσέγγιση για τη διευκόλυνση των πειραμάτων. Παρέχοντας υποστήριξη σε πραγματικό χρόνο, το ChatGPT μπορεί να χρησιμεύσει ως διαδραστικός οδηγός που θα καθοδηγεί τους μαθητές μέσω πειραματικών διαδικασιών, ενισχύοντας τόσο την ενασχόλησή τους, όσο και την κατανόηση. Αυτός ο εικονικός βοηθός μπορεί να συνδράμει στην αποσαφήνιση πολύπλοκων εννοιών, όπως η μηχανική της δυναμικής των ρευστών ή η σημασία των υλικών που χρησιμοποιούνται σε πειράματα. Επιπλέον, το ChatGPT μπορεί να δημιουργήσει προσαρμοσμένες προτάσεις πειραμάτων με βάση τις εσφαλμένες αντιλήψεις των μαθητών, τα επίπεδα γνώσης και τους μαθησιακούς στόχους, ενισχύοντας ένα περιβάλλον όπου επικρατεί η διερεύνηση και η έρευνα (Kotsis, 2024a). Επίσης, μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν αποτελεσματικά σχέδια μαθημάτων για να αντιμετωπίσουν παρανοήσεις σχετικά με τις έννοιες της φυσικής (Weber et al., 2024). Αυτή η προσέγγιση διασφαλίζει ότι οι μαθητές εμπλέκονται σε δραστηριότητες και αναπτύσσουν δεξιότητες κριτικής σκέψης, ανοίγοντας τον δρόμο για βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών αρχών, καθιστώντας, παράλληλα, τη μάθηση διαδραστική και ευχάριστη.

Η διασφάλιση ότι οι μαθητές κατανοούν πολύπλοκες έννοιες της φυσικής μέσω πειραμάτων απαιτεί έναν δομημένο σχεδιασμό. Τα αρχικά βήματα περιλαμβάνουν τη διατύπωση μίας σαφούς υπόθεσης και τον εντοπισμό σχετικών μεταβλητών, επιτρέποντας στους μαθητές να ασχοληθούν κριτικά με την επιστημονική διαδικασία. Στη συνέχεια, αναπτύσσεται μία μεθοδολογία, όπου βήμα προς βήμα διευκολύνει την κατανόηση των μαθητών, παρέχοντάς τους ένα αναπαραγόμενο πλαίσιο, το οποίο

ενισχύει την εμπιστοσύνη τους στη διεξαγωγή πειραμάτων. Η ενσωμάτωση εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης όπως το ChatGPT μπορεί να παρέχει στους μαθητές την απαιτούμενη βοήθεια σε πραγματικό χρόνο σε αυτή τη φάση, ενισχύοντας έτσι τα κίνητρα και την αυτοαποτελεσματικότητά τους, όπως σημειώθηκε στην πρόσφατη έρευνα για τον αντίκτυπο της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση της γλώσσας (Teng, 2024). Καθώς οι μαθητές εξελίσσονται μέσα από το πείραμα, η συνεχής συλλογή δεδομένων και η επαναληπτική ανατροφοδότηση γίνονται ζωτικής σημασίας. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία καλλιεργεί αναλυτικές δεξιότητες και παρακινεί την αυτόνομη μάθηση, προετοιμάζοντας τους μαθητές για μελλοντικές επιστημονικές έρευνες (Baig & Yadegaridehkordi, 2023). Τελικά, αυτή η δομημένη καθοδήγηση ενθαρρύνει μια βαθύτερη κατανόηση της φυσικής μέσω της ενεργούς συμμετοχής στη διαδικασία μάθησης.

Επιπλέον, τα πρωτόκολλα ασφαλείας και οι καλές πρακτικές είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ακεραιότητας των πειραμάτων φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Bhunja & Tehranipoor, 2018). Η θέσπιση σαφών κατευθυντήριων γραμμών για την ασφάλεια διαμορφώνει ένα περιβάλλον που προάγει τη συμμετοχή των μαθητών ενώ, ταυτόχρονα, μετριάζει αποτελεσματικά τους κινδύνους που σχετίζονται με τον πειραματισμό (Bhute et al., 2021). Αρχικά, είναι απαραίτητο να διεξάγονται αξιολογήσεις κινδύνου πριν από οποιοδήποτε πείραμα, εντοπίζοντας πιθανούς κινδύνους και προσδιορίζοντας τις απαραίτητες προφυλάξεις. Τελικά, η τήρηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας προστατεύει τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς και ενισχύει την εκπαιδευτική εμπειρία, επιτρέποντας τη βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών μέσω της πρακτικής άσκησης (Henderson & Milstein, 2003).

Η ενσωμάτωση της επίλυσης προβλημάτων σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια των πρακτικών δραστηριοτήτων είναι ζωτικής σημασίας για την ενίσχυση της γνωστικής εμπλοκής στη διδασκαλία της φυσικής του Δημοτικού Σχολείου. Η δυναμική αυτή διαδικασία ενθαρρύνει τους μαθητές να εφαρμόζουν θεωρητικές έννοιες και καλλιεργεί την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες συνεργασίας (Gwangwana, 2021). Όταν οι μαθητές αντιμετωπίζουν προκλήσεις κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, πρέπει να συμμετέχουν σε έναν επαναληπτικό διάλογο, εξετάζοντας τις υποθέσεις τους και προσαρμόζοντας τις προσεγγίσεις τους με βάση την άμεση ανατροφοδότηση. Η χρήση εργαλείων όπως το ChatGPT μπορεί να διευκολύνει αυτή τη συμμετοχή, παρέχοντας άμεση πρόσβαση σε εξηγήσεις, στρατηγικές αντιμετώπισης προβλημάτων και σχετικές επιστημονικές αρχές, εμπλουτίζοντας τη μαθησιακή εμπειρία. Η ανταπόκριση τέτοιων συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να εντοπίσουν κοινές παρανοήσεις σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στοχευμένες παρεμβάσεις που να εδραιώνουν την κατανόηση (Kotsis, 2024b). Κατά συνέπεια, η επίλυση προβλημάτων σε πραγματικό χρόνο, που ενισχύεται από τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης, δημιουργεί ένα διαδραστικό περιβάλλον μάθησης που προωθεί τη βαθύτερη κατανόηση και εφαρμογή των εννοιών της φυσικής στους νεαρούς μαθητές (Miao et al., 2021).

## **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ CHATGPT**

Η ενσωμάτωση chatbots, όπως το ChatGPT, σε μηχανισμούς αξιολόγησης και ανάδρασης, αποτελεί μια μεταμορφωτική ευκαιρία στην εκπαίδευση της φυσικής του Δημοτικού Σχολείου, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται παράλληλα σε πειράματα. Η ικανότητα του ChatGPT να παρέχει άμεση, εξατομικευμένη ανατροφοδότηση (Abas et al., 2023), μπορεί να ενισχύσει σημαντικά τη συμμετοχή των μαθητών και την κατανόηση περίπλοκων επιστημονικών εννοιών. Προσφέροντας εξατομικευμένες αξιολογήσεις με βάση τις ατομικές επιδόσεις, οι εκπαιδευτικοί μπορούν γρήγορα να εντοπίσουν και να αντιμετωπίσουν τα μαθησιακά κενά σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, η ενσωμάτωση πλατφορμών διαλόγου με γνώμονα την τεχνητή νοημοσύνη ευθυγραμμίζεται με τις αναδυόμενες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία, επιτρέποντας ένα πιο διαδραστικό και αποτελεσματικότερα ανταποκρινόμενο περιβάλλον μάθησης. Πρόσφατη έρευνα υπογραμμίζει ότι το ChatGPT επιδεικνύει ανώτερη απόδοση στην απόκριση σε ερωτήματα (Hostetter et al., 2024). Είναι μία ανεκτίμητη πηγή για την υποστήριξη των εκπαιδευτικών και των μαθητών, καθώς ενισχύει τη βαθύτερη κατανόηση των βασικών αρχών, προωθώντας, παράλληλα, την ανεξάρτητη έρευνα. Αυτή η ικανότητα είναι απαραίτητη, καθώς ενθαρρύνει τους μαθητές να διερευνήσουν και να πειραματιστούν, ισχυροποιώντας τη θεωρητική γνώση μέσω πρακτικής εφαρμογής και ενισχύοντας τα συνολικά εκπαιδευτικά αποτελέσματα (Staikova et al., 2024).

Η χρήση τεχνικών διαμορφωτικής αξιολόγησης μέσω του ChatGPT μπορεί να μεταμορφώσει τη δυναμική της μάθησης στη διδασκαλία της φυσικής του Δημοτικού Σχολείου, ιδιαίτερα όταν ενσωματώνονται πειράματα. Το ChatGPT μπορεί να διευκολύνει την ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο για τα πειράματα των μαθητών, αποτελώντας ένα διαδραστικό εργαλείο, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να μετρήσουν αμέσως την κατανόηση και να εντοπίσουν παρανοήσεις. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να συμμετάσχουν σε διάλογο με το ChatGPT για να εξηγήσουν τις πειραματικές διαδικασίες ή τα αποτελέσματά τους, ωθώντας το AI να αναλύσει τις απαντήσεις τους και να παράσχει προσαρμοσμένες προτάσεις για βελτίωση ή περαιτέρω εξερεύνηση (Kotsis, 2024c). Αυτή η διαδικασία ενισχύει τις δεξιότητες κριτικής σκέψης και καλλιεργεί ένα συνεχές περιβάλλον μάθησης όπου οι μαθητές αισθάνονται ότι ενθαρρύνονται να διερευνήσουν και να εξερευνήσουν έννοιες σε βαθύτερο επίπεδο. Επιπλέον, τα πλούσια δεδομένα που παράγονται μέσω αυτών των αλληλεπιδράσεων μπορούν να εξελίξουν τις εκπαιδευτικές στρατηγικές, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να προσαρμόσουν τις μεθόδους και το υλικό τους ανταποκρινόμενοι στις ανάγκες και το επίπεδο κατανόησης των μαθητών, ενισχύοντας έτσι τη συνολική διδακτική αποτελεσματικότητα στην τάξη (Mecouch, 2006· Keeley, 2008).

Η ενσωμάτωση του ChatGPT στις εκπαιδευτικές διαδικασίες υπόσχεται βελτίωση της απόδοσης και της κατανόησης των μαθητών μέσω της άμεσης ανατροφοδότησης



(Kotsis, 2024c). Στο πλαίσιο της διδασκαλίας της φυσικής εκπαίδευσης του Δημοτικού Σχολείου, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια πειραμάτων, τέτοιες άμεσες απαντήσεις μπορούν να διευκολύνουν τη βαθύτερη κατανόηση σύνθετων εννοιών. Η ανατροφοδότηση που παρέχεται σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να εντοπίζουν και να αντιμετωπίζουν εγκαίρως τις εσφαλμένες αντιλήψεις, ενισχύοντας ένα περιβάλλον που ευνοεί τη μάθηση (Kotsis, 2024b). Σύγχρονη έρευνα έχει δείξει ότι η βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης επηρεάζει θετικά τα κίνητρα και τη συμμετοχή των μαθητών, με εντυπωσιακά μαθησιακά αποτελέσματα (Teng, 2024). Η ανάλυση συναισθήματος από μελέτες στη νοσηλευτική εκπαίδευση δείχνει ότι υπάρχουν θετικές εμπειρίες από την τεχνητή νοημοσύνη, οι οποίες δύνανται να βρίσκουν εφαρμογή, κατά τον ίδιο τρόπο, για τους μαθητές φυσικής, ενισχύοντας τη μάθησή τους και την εφαρμογή των επιστημονικών αρχών (Gunawan et al., 2024). Χρησιμοποιώντας το ChatGPT ως υποστηρικτικό εκπαιδευτικό εργαλείο, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εξασφαλίσουν ότι οι μαθητές θα λαμβάνουν άμεση επικοινωνιακή κριτική, γεφυρώνοντας τελικά τα κενά στην κατανόηση και προωθώντας την ακαδημαϊκή επιτυχία.

Η αποτελεσματική ανάλυση δεδομένων αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο για τη συνεχή βελτίωση των μεθοδολογιών διδασκαλίας, ιδιαίτερα στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών, όπου τα εμπειρικά στοιχεία μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στις διδακτικές βελτιώσεις. Με τη συστηματική αξιολόγηση των μετρήσεων της απόδοσης και της ενασχόλησης των μαθητών, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εντοπίσουν επιτυχημένες στρατηγικές αλλά και τομείς που χρήζουν βελτίωσης (Wong & Liem, 2022). Η ενσωμάτωση εργαλείων όπως το ChatGPT μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να αναλύσουν αυτά τα δεδομένα και να δημιουργήσουν νέες παιδαγωγικές ιδέες. Οι πιθανές χρήσεις των εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να εξορθολογήσουν τις εργασίες επεξεργασίας δεδομένων, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να επικεντρωθούν σε ποιοτικές βελτιώσεις στην προσέγγισή τους. Για παράδειγμα, μία πρόσφατη μελέτη υπογραμμίζει πώς το συναίσθημα για την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στη νοσηλευτική εκπαίδευση αντανακλά κυρίως θετικά αποτελέσματα, υποδηλώνοντας μια αλλαγή παραδείγματος στις εκπαιδευτικές πρακτικές (Gunawan et al., 2024). Ομοίως, η ανάλυση των τάσεων στις δημοσιεύσεις που σχετίζονται με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης σε ανάλογη οδοντιατρική έρευνα δείχνει μια αυξανόμενη αποδοχή της τεχνολογίας ως ουσιαστικού πλεονεκτήματος στον ακαδημαϊκό λόγο και την πρακτική (Uribe, 2024). Μέσω αυτής της θεώρησης, η ανάλυση δεδομένων καθίσταται καθοριστική για την προώθηση μίας κουλτούρας συνεχούς βελτίωσης στις μεθόδους διδασκαλίας, ειδικά στο πλαίσιο της διδασκαλίας της φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση με τη χρήση πειραμάτων.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ**

Η ενσωμάτωση του ChatGPT στη διδασκαλία της φυσικής για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση προβλέπεται να είναι σημαντική ενισχύοντας την εμπλοκή και την κατανόηση των μαθητών μέσω πειραμάτων. Διευκολύνοντας τις διαδραστικές προσομοιώσεις και την άμεση ανατροφοδότηση, το ChatGPT μπορεί να αποσαφηνίσει

θεωρητικές έννοιες της φυσικής ενώ επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνήσουν πρακτικές εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η προσέγγιση ευθυγραμμίζεται με τις τρέχουσες εκπαιδευτικές τάσεις που τονίζουν τη σημασία της διερευνητικής μάθησης, της εμπάθυσης της κατανόησης και της καλλιέργειας δεξιοτήτων κριτικής σκέψης. Καθώς το εκπαιδευτικό τοπίο εξελίσσεται με την τεχνολογία, η αξιοποίηση καινοτόμων εργαλείων όπως το ChatGPT μπορεί να οδηγήσει σε μετασχηματιστικά αποτελέσματα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ενθαρρύνοντας μία γενιά επιστημονικά εγγράμματων ατόμων και ενισχύοντας την περιέργεια των μικρών μαθητών (Adnan et al., 2024).

Η έρευνα για την ενσωμάτωση του ChatGPT για τη διδασκαλία της φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο αποκαλύπτει αρκετά χρήσιμα ευρήματα που υπογραμμίζουν τον πιθανό αντίκτυπό τους στη μάθηση. Συγκεκριμένα, η χρήση εργαλείων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αυξήσει αποτελεσματικά την εκπαιδευτική εμπειρία, επιτρέποντας την εξατομικευμένη διδασκαλία και διευκολύνοντας τα πρακτικά πειράματα, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για την εμπλοκή των μαθητών. Επίσης, οι αποτελεσματικές στρατηγικές αύξησης δεδομένων μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την απόδοση του μοντέλου μηχανικής μάθησης, βελτιώνοντας τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα. Η ικανότητα του ChatGPT να παραφράζει το εκπαιδευτικό περιεχόμενο και να δημιουργεί συνθετικές απαντήσεις, όχι μόνο αντιμετωπίζει τις προκλήσεις των περιορισμένων δεδομένων εκπαίδευσης, αλλά επιτρέπει επίσης πιο δυναμικές αλληλεπιδράσεις που ευθυγραμμίζονται με τις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών. Επιπλέον, η κατανόηση της διασταύρωσης της τεχνητής νοημοσύνης και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας έχει επιπτώσεις πέρα από τα ακαδημαϊκά περιβάλλοντα, καθώς αυτά τα εργαλεία μπορούν να ενισχύσουν τη μεγαλύτερη συνειδητοποίηση της επιστημονικής δεοντολογίας μεταξύ των μαθητών. Αξιοποιώντας το ChatGPT, οι εκπαιδευτικοί μπορούν ενδεχομένως να μεταμορφώσουν τον τρόπο διδασκαλίας των εννοιών της φυσικής, κάνοντας τη διαδικασία μάθησης πιο αποτελεσματική, σχετική και ελκυστική για τους μαθητές του Δημοτικού Σχολείου.

Η δυνατότητα προώθησης της εκπαίδευσης της φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο μέσω της ενσωμάτωσης του ChatGPT προσκαλεί μια πολύπλευρη προσέγγιση για περαιτέρω έρευνα και εφαρμογή. Οι μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να διερευνήσουν τα παιδαγωγικά πλαίσια που ευθυγραμμίζουν τις δυνατότητες του ChatGPT με καθιερωμένες θεωρίες μάθησης, ιδιαίτερα στο πλαίσιο των πρακτικών πειραμάτων. Οι ερευνητές πρέπει να αξιολογήσουν όχι μόνο την αποτελεσματικότητα του ChatGPT ως συμπληρωματικού εκπαιδευτικού εργαλείου αλλά και τον αντίκτυπό του στη συμμετοχή των μαθητών και στην κατανόηση των εννοιών της φυσικής. Επιπλέον, υπάρχει επιτακτική ανάγκη να αξιολογηθεί η προσαρμοστικότητα του ChatGPT σε διαφορετικά περιβάλλοντα μάθησης και δημογραφικά στοιχεία των μαθητών για να κατανοηθεί η αποτελεσματικότητά του στην προώθηση της εκπαίδευσης χωρίς αποκλεισμούς. Στο μέλλον, η συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών, τεχνολόγων και ερευνητών θα είναι ζωτικής σημασίας για το σχεδιασμό πειραματικών μελετών που βελτιώνουν τις τεχνικές ολοκλήρωσης και αντιμετωπίζουν τυχόν προκλήσεις,

διασφαλίζοντας έτσι ότι η εφαρμογή του ChatGPT εμπλουτίζει την εκπαιδευτική εμπειρία με απτούς και ουσιαστικούς τρόπους.

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης σε εκπαιδευτικά πλαίσια, προκαλεί μία μετασχηματιστική αλλαγή στις παιδαγωγικές μεθοδολογίες και στα μαθησιακά αποτελέσματα. Τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης, που παραδειγματίζονται από πλατφόρμες όπως το ChatGPT, διευκολύνουν εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες που καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες των μαθητών, επιτρέποντας μια πιο λεπτή ενασχόληση με πολύπλοκες επιστημονικές έννοιες. Προάγοντας διαδραστικά και προσαρμοστικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, αυτές οι τεχνολογίες ενισχύουν την κατανόηση και τη διατήρηση μέσω άμεσης ανατροφοδότησης και προσαρμοσμένων πόρων. Ωστόσο, είναι ζωτικής σημασίας να αναγνωρίσουμε τους περιορισμούς των εργαλείων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, ιδίως όσον αφορά την ανάγκη για ανθρώπινη εποπτεία για την προώθηση της κριτικής σκέψης και της δεοντολογίας. Δίνοντας έμφαση σε μία ισορροπημένη προσέγγιση, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να αξιοποιήσουν την τεχνητή νοημοσύνη ως συμπληρωματικό πόρο αντί να αντικαταστήσουν τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας. Εν κατακλείδι, η στρατηγική και στοχαστική ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στη διδασκαλία της φυσικής μπορεί να ενδυναμώσει τους μικρούς μαθητές, εξοπλίζοντάς τους με τις αναλυτικές δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την πλοήγηση σε έναν κόσμο που βασίζεται όλο και περισσότερο στα δεδομένα, διασφαλίζοντας, παράλληλα, την ακεραιότητα της εκπαιδευτικής εμπειρίας.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Abas, M. A., Arumugam, S. E., Yunus, M. M., & Rafiq, K. R. M. (2023). ChatGPT and personalized learning: Opportunities and challenges in higher education. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 13(12). <http://doi.org/10.6007/IJARBSS/v13-i12/20240>
- Adeshola, I., & Adepoju, A. P. (2023). The opportunities and challenges of ChatGPT in education. *Interactive Learning Environments*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253858>
- Adnan, M., Xiao, B., Ali, M. U., Bibi, S., Yu, H., Xiao, P., Zhao, P., Wang, H., & An, X. (2024). Human inventions and its environmental challenges, especially artificial intelligence: New challenges require new thinking. *Environmental Challenges*, 16, 100976. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100976>
- Alam, A. (2021). Possibilities and Apprehensions in the Landscape of Artificial Intelligence in Education. *2021 International Conference on Computational Intelligence and Computing Applications (ICCICA)*, Nagpur, India, pp. 1-8, <https://doi.org/10.1109/ICCICA52458.2021.9697272>

- Baig, M. I., & Yadegaridehkordi, E. (2023). ChatGPT in the higher education: A systematic literature review and research challenges. *International Journal of Educational Research*, 127, 102411. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102411>
- Bhunja, S., & Tehranipoor, M. M. (2018). *Hardware security: a hands-on learning approach*. Morgan Kaufmann.
- Bhute, V. J., Inguva, P., Shah, U., & Brechtelsbauer, C. (2021). Transforming traditional teaching laboratories for effective remote delivery—A review. *Education for Chemical Engineers*, 35, 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.01.008>
- Bobrowsky, M., Korhonen, M., & Kohtamäki, J. (2014). *Using physical science gadgets and gizmos, grades 6-8: Phenomenon-based learning* (Vol. 1). NSTA Press.
- Gunawan, J., Aunguroch, Y., & Montayre, J. (2024). ChatGPT integration within nursing education and its implications for nursing students: A systematic review and text network analysis. *Nurse Education Today*, 141, 106323. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2024.106323>
- Gwangwava, N. (2021). Learning design thinking through a hands-on learning model. *International Journal of Innovative Teaching and Learning in Higher Education (IJITLHE)*, 2(1), 1-19. <https://doi.org/10.4018/IJITLHE.20210101.oa4>
- Henderson, N., & Milstein, M. M. (2003). *Resiliency in schools: Making it happen for students and educators*. Corwin press.
- Holstermann, N., Grube, D., & Bögeholz, S. (2010). Hands-on activities and their influence on students' interest. *Research in Science Education*, 40, 743-757. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9142-0>
- Hostetter, H., Naser, M., Huang, X., & Gales, J. (2024). The role of large language models (AI chatbots) in fire engineering: An examination of technical questions against domain knowledge. *Natural Hazards Research*. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2024.06.003>
- Hu, K., Xu, K., Xia, Q., Li, M., Song, Z., Song, L., & Sun, N. (2024). An overview: Attention mechanisms in multi-agent reinforcement learning. *Neurocomputing*, 598, 128015. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.128015>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Khan, S., & Khan, I. H. (2023). Unlocking the opportunities through ChatGPT Tool towards ameliorating the education system. *BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations*, 3(2), 100115. <https://doi.org/10.1016/j.tbench.2023.100115>
- Juuti, K. (2005). Towards primary school physics teaching and learning: design research approach. *Didacta Varia*, 10(1), 89-92.

- Katz, S., Albacete, P., Chounta, I. A., Jordan, P., McLaren, B. M., & Zapata-Rivera, D. (2021). Linking dialogue with student modelling to create an adaptive tutoring system for conceptual physics. *International journal of artificial intelligence in education*, 31(3), 397-445. <https://doi.org/10.1007/s40593-020-00226-y>
- Keeley, P. (2008). *Uncovering student ideas in science: Another 25 formative assessment probes*. NSTA press.
- Kotsis, K. T. (2024d). ARTIFICIAL INTELLIGENCE CREATES FAIRY TALES FOR PHYSICS TEACHING IN PRIMARY EDUCATION. *European Journal of Open Education and E-learning Studies*, 9(1), 1-16. <http://doi.org/10.46827/ejoe.v9i1.5250>
- Kotsis, K. T. (2024a). Correcting Students' Misconceptions in Physics Using Experiments Designed by ChatGPT. *European Journal of Contemporary Education and E-Learning*, 2(2), 83-100. [https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2\(2\).07](https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2(2).07)
- Kotsis, K. T. (2024b). ChatGPT Develops Physics Experiment Worksheets for Primary Education Teachers. *European Journal of Education Studies*, 11(5). 1-20. <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v11i5.5274>
- Kotsis, K. T. (2024c). Integration of Artificial Intelligence in Science Teaching in Primary Education: Applications for Teachers. *European Journal of Contemporary Education and E-Learning*, 2(3), 27-43. [https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2\(3\).04](https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2(3).04)
- Li, B., Lowell, V. L., Wang, C., & Li, X. (2024). A systematic review of the first year of publications on ChatGPT and language education: Examining research on ChatGPT's use in language learning and teaching. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100266. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100266>
- Martin, P. P., & Graulich, N. (2024). Navigating the data frontier in science assessment: Advancing data augmentation strategies for machine learning applications with generative artificial intelligence. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100265. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100265>
- Mecouch, S. (2006). Uncovering Student Ideas in Science: 25 Formative Assessment Probes. *The Science Teacher*, 73(3), 82.
- Miao, F., Holmes, W., Huang, R., & Zhang, H. (2021). *AI and education: A guidance for policymakers*. Unesco Publishing.
- Mikeladze, T. (2023). Creating teaching materials with ChatGPT. In *Proceedings of the IRCEELT—2023 13th International Research Conference on Education, Tbilisi, Georgia* (pp. 5-6).
- Opara, E., Mfon-Ette Theresa, A., & Aduke, T. C. (2023). ChatGPT for teaching, learning and research: Prospects and challenges. *Opara Emmanuel Chinonso, Adalikwu Mfon-Ette Theresa, Tolorunleke Caroline Aduke (2023). ChatGPT for*

- Teaching, Learning and Research: Prospects and Challenges. Glob Acad J Humanit Soc Sci*, 5(2), 33-40, <https://doi.org/10.36348/gajhss.2023.v05i02.001>
- Radu, I., & Schneider, B. (2019). What can we learn from augmented reality (AR)? Benefits and drawbacks of AR for inquiry-based learning of physics. In *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-12). <https://doi.org/10.1145/3290605.3300774>
- Ramirez, H. J. M. (2021). Facilitating Computer-Supported Collaborative Learning with Question-Asking Scripting Activity and its Effects on Students' Conceptual Understanding and Critical Thinking in Science. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 29(1).
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656. <https://doi.org/10.1002/sce.20065>
- Sharma, S., & Yadav, R. (2023). Chat GPT – A Technological Remedy or Challenge for Education System. *Global Journal of Enterprise Information System*, 14(4), 46-51. Retrieved from <https://www.gjeis.com/index.php/GJEIS/article/view/698>
- Staikova, M., Ivanova, V., & Chivarov, N. (2023). Students understanding for AI in different educational levels. *IFAC-PapersOnLine*, 58(3), 182-186. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.147>
- Steffe, L. P., & Gale, J. (Eds.). (2012). *Constructivism in Education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203052600>
- Teng, M. F. (2024). ChatGPT is the companion, not enemies: EFL learners' perceptions and experiences in using ChatGPT for feedback in writing. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 100270. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100270>
- Uribe, S. E., & Maldupa, I. (2024). Estimating the Use of ChatGPT in Dental Research Publications. *Journal of Dentistry*, 105275. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105275>
- Vieira, R. M., & Tenreiro-Vieira, C. (2016). Fostering scientific literacy and critical thinking in elementary science education. *International Journal of science and mathematics education*, 14(4), 659-680. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9605-2>
- Weber, A., Péliissier, A., & Rodríguez Martínez, M. (2024). T-cell receptor binding prediction: A machine learning revolution. *ImmunoInformatics*, 15, 100040. <https://doi.org/10.1016/j.immuno.2024.100040>
- Wong, Z. Y., & Liem, G. A. D. (2022). Student engagement: Current state of the construct, conceptual refinement, and future research directions. *Educational Psychology Review*, 34(1), 107-138. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09628-3>

- Wu, H., Kuo, Y., Wu, K., Jen, H., & Hsu, S. (2018). Learning benefits of secondary school students' inquiry-related curiosity: A cross-grade comparison of the relationships among learning experiences, curiosity, engagement, and inquiry abilities. *Science Education*, 102(5), 917-950. <https://doi.org/10.1002/sce.21456>
- Yıldız, T. A. (2023). The Impact of ChatGPT on Language Learners' Motivation. *Journal of Teacher Education and Lifelong Learning*, 5(2), 582-597. <https://doi.org/10.51535/tell.1314355>
- Zhang, P., & Tur, G. (2024). A systematic review of ChatGPT use in K-12 education. *European Journal of Education*, 59(2), e12599. <https://doi.org/10.1111/ejed.12599>