

Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση

Τόμ. 13, Αρ. 3 (2026)

ICODL2025



ΠΡΑΚΤΙΚΑ

13ο Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή
& Εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση

ISBN: 978-618-5335-29-8

Ανοικτή & Εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση:

**Οι Δεξιότητες του 21ου Αιώνα
& η Πρόκληση της Τεχνητής Νοημοσύνης**

ΤΟΜΟΣ 3

5-7/12 2025

ΕΑΠ Πάτρα & Εξ Αποστάσεως



**Σχεδιασμός Πιλοτικής Παρέμβασης για Εξ
Αποστάσεως Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών με
Arduino IoT Cloud και Generative AI**

*Θεόδωρος Σπασόπουλος, Δημήτριος Σωτηρόπουλος,
Μιχαήλ Καλογιαννάκης*

doi: [10.12681/icodl.8529](https://doi.org/10.12681/icodl.8529)

Copyright © 2026, Θεόδωρος Σπασόπουλος, Δημήτριος
Σωτηρόπουλος, Μιχαήλ Καλογιαννάκης



Άδεια χρήσης [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Σχεδιασμός Πιλοτικής Παρέμβασης για Εξ Αποστάσεως Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών με Arduino IoT Cloud και Generative AI

Design of a Pilot Intervention for Remote Teaching of Natural Sciences Using Arduino IoT Cloud and Generative AI

Θεόδωρος Σπασόπουλος

Υποψήφιος Διδάκτορας
Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
sptheodo@uth.gr

Δημήτριος Σωτηρόπουλος

Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό
Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
dsotiropoulos@uth.gr

Μιχαήλ Καλογιαννάκης

Καθηγητής
Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
mkalogian@uth.gr

Περίληψη

Η εξ αποστάσεως διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) παραμένει πρόκληση, καθώς αρκετές φορές περιορίζεται ο πειραματισμός, μειώνεται η αλληλεπίδραση και δυσχεραίνεται η ενεργός συμμετοχή των φοιτητών/τριών. Η παρούσα εργασία παρουσιάζει πρόταση διδακτικής παρέμβασης που συνδυάζει την ηλεκτρονική πλακέτα Arduino, την πλατφόρμα Arduino IoT (Internet of Things) Cloud και εργαλεία Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης (Generative Artificial Intelligence, GenAI). Η πρόταση εντάσσεται σε διδακτορική διατριβή η οποία είναι σε εξέλιξη. Η παρέμβαση βρίσκεται στο στάδιο του σχεδιασμού για πιλοτική υλοποίηση, επιδιώκοντας την καλλιέργεια επιστημονικής σκέψης, την ενίσχυση του τεχνολογικού αλφαριθμητισμού και την ανάπτυξη δεξιοτήτων TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) στους/στις μελλοντικούς/ές εκπαιδευτικούς (Pre-Service Teachers – PSTs). Η μεθοδολογία οργανώνεται γύρω από Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) πέντε διακριτών φάσεων: (α) εξοικείωση με τον εξοπλισμό, (β) σχεδιασμός πειράματος, (γ) εκτέλεση σε κατ' οίκον περιβάλλον, (δ) ανάλυση δεδομένων με υποστήριξη GenAI και (ε) αναστοχαστικός σχεδιασμός μικροδιδασκαλίας. Η πιλοτική εφαρμογή αναμένεται να αποτυπώσει την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης, να καταγράψει

προκλήσεις και να αναδείξει καλές πρακτικές για την αξιοποίηση του Arduino και των εργαλείων GenAI στη διδασκαλία STEM σε εξ αποστάσεως μαθησιακά περιβάλλοντα.

Λέξεις-κλειδιά

Arduino, εξ αποστάσεως εκπαίδευση, IoT Cloud, Generative AI, STEM, TPACK

Abstract

Distance teaching of Science Education (SE) remains a challenge, as experimentation is often limited, interaction is reduced, and students' active participation is hindered. This paper presents a proposal for a teaching intervention that combines the Arduino board, the Arduino IoT (Internet of Things) Cloud platform, and Generative Artificial Intelligence (GenAI) tools. The proposal is part of an ongoing doctoral dissertation. The intervention is currently in the design phase for pilot implementation, aiming to foster scientific reasoning, enhance technological literacy, and develop Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) skills among Pre-Service Teachers (PSTs). The methodology is structured around a Teaching and Learning Sequence (TLS) of five distinct phases: (a) familiarization with the equipment, (b) experimental design, (c) home-based execution, (d) data analysis supported by GenAI, and (e) reflective microteaching design. The pilot application is expected to assess the effectiveness of the intervention, document challenges, and identify best practices for utilising Arduino and GenAI tools in STEM teaching within distance learning environments.

Keywords

Arduino, Distance Learning, IoT Cloud, Generative AI, STEM, TPACK

Εισαγωγή

Η εξ αποστάσεως διδασκαλία των ΦΕ εξακολουθεί να αποτελεί σημαντική πρόκληση, κυρίως λόγω της περιορισμένης δυνατότητας πειραματισμού, της μειωμένης αλληλεπίδρασης και του κινδύνου παθητικής μάθησης εκ μέρους των εκπαιδευομένων (Chanchaev et al., 2022). Η εμπειρία της πανδημίας ανέδειξε ακόμη περισσότερο αυτές τις αδυναμίες, αποκαλύπτοντας την ανάγκη για καινοτόμες λύσεις που θα υποστηρίζουν ενεργό συμμετοχή, διαδραστική εμπλοκή και

συνεργατική μάθηση σε ψηφιακά περιβάλλοντα (Lopes, 2024; Henshaw, 2025; Gopinathan et al., 2022). Μέχρι σήμερα, οι περισσότερες προσεγγίσεις εξ αποστάσεως εκπαίδευσης (ΕΞΑΕ) στις ΦΕ δεν υποστηρίζουν την ενεργή μάθηση και τον ουσιαστικό πειραματισμό, αφήνοντας κενό στην ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων (Chanchaeva et al., 2022; Ukhurebor et al., 2025). Η παρούσα εργασία επιχειρεί να καλύψει αυτό το κενό, συνδυάζοντας τεχνολογίες αιχμής, για να καταστήσει τη μάθηση περισσότερο συμμετοχική και βιωματική, στο διερευνητικό πλαίσιο της σύγχρονης διδακτικής των ΦΕ.

Στο πλαίσιο των απαιτήσεων του 21^{ου} αιώνα και της προώθησης των δεξιοτήτων STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics), η καλλιέργεια επιστημονικής σκέψης και τεχνολογικού αλφαριθμητισμού στους μελλοντικούς/ές εκπαιδευτικούς είναι κρίσιμη, καθώς αυτοί/ές καλούνται να προετοιμάσουν μαθητές/τριες για κοινωνίες που απαιτούν κριτική σκέψη, δημιουργικότητα και ικανότητα αξιοποίησης ψηφιακών τεχνολογιών (UNESCO, 2021; Dare et al., 2021; Varlik, 2025). Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, έχουν προταθεί τεχνολογίες που υποστηρίζουν τη βιωματική μάθηση. Η πλατφόρμα Arduino IoT Cloud και η ηλεκτρονική πλακέτα Arduino παρέχουν δυνατότητες για απομακρυσμένα πειράματα, με παρακολούθηση και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (Zafar et al., 2018a), προσφέροντας προσιτές και αποτελεσματικές λύσεις (Azad et al., 2021).

Η GenAI αναφέρεται σε τεχνολογίες που βασίζονται σε μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (Large Language Models, LLMs) τα οποία έχουν τη δυνατότητα να παράγουν νέο περιεχόμενο, όπως κείμενο, εικόνες, προγράμματα ή δεδομένα, με βάση τα πρότυπα που έχουν μάθει από εκτεταμένα σύνολα πληροφοριών (Teo et al., 2024). Στο πεδίο της εκπαίδευσης, τα εργαλεία GenAI, όπως το ChatGPT, μπορούν να αξιοποιηθούν όχι μόνο για τη δημιουργία μαθησιακού υλικού και την ενίσχυση της κριτικής σκέψης των φοιτητών/τριών, αλλά και ως γνωστικοί και παιδαγωγικοί συνεργάτες, υποστηρίζοντας την ανάλυση δεδομένων, την παραγωγή γραφημάτων και τον σχεδιασμό κατάλληλα προσαρμοσμένων δραστηριοτήτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Spasopoulos et al., 2025; Ruiz-Rojas et al., 2024).

Η αξιοποίηση εργαλείων GenAI στη διδασκαλία των ΦΕ μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα. Αρχικά, διευκολύνει την κατανόηση σύνθετων εννοιών

μέσω παραδειγμάτων, αναλογιών και πολυτροπικών αναπαραστάσεων, καθιστώντας το μαθησιακό περιεχόμενο πιο προσιτό (Sotiropoulos & Kalogiannakis, 2025; Abualrob, 2025). Παράλληλα, συμβάλλει στον σχεδιασμό μαθημάτων, παρέχοντας ιδέες για δραστηριότητες, πειράματα και αξιολογήσεις, γεγονός που μειώνει τον απαιτούμενο χρόνο προετοιμασίας (Lee & Zhai, 2024; Van Den Berg & Du Plessis, 2023). Επιπλέον, ενισχύει την εξατομίκευση της διδασκαλίας, καθώς μπορεί να προσαρμόζει τις απαντήσεις στις ανάγκες και το επίπεδο γνώσης των φοιτητών/τριών, υποστηρίζοντας παράλληλα πιο διερευνητικές μορφές μάθησης (Baidoo-Anu & Ansah, 2023). Τα χαρακτηριστικά αυτά καταδεικνύουν ότι η ενσωμάτωση του ChatGPT δεν αποτελεί απλώς τεχνολογική καινοτομία, αλλά εργαλείο που μπορεί να αναβαθμίσει την ποιότητα της μαθησιακής εμπειρίας, εφόσον χρησιμοποιείται με κριτική και παιδαγωγικά τεκμηριωμένη προσέγγιση. Η αξιοποίησή τους ωστόσο απαιτεί κριτικό και παιδαγωγικά τεκμηριωμένο χειρισμό, κατάλληλο σχεδιασμό προτροπών (prompt engineering) και υψηλό επίπεδο ψηφιακού γραμματισμού (Sotiropoulos & Kalogiannakis, 2025), ώστε τα εργαλεία αυτά να ενσωματωθούν ουσιαστικά στη μαθησιακή διαδικασία (Noroozi et al., 2024). Θεωρητικά πλαίσια, όπως το TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge), εξασφαλίζουν την ισορροπημένη ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών, παιδαγωγικών στρατηγικών για τη διδακτική των ΦΕ και γνωστικού περιεχομένου (Yan et al., 2024; Peikos & Stavrou, 2025). Ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται ότι είναι και η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης κάτι που δυνητικά μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές και τις μαθήτριες να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με την αλληλεπίδρασή τους με αυτήν την ίδια την τεχνολογία (Xenakis et al., 2024).

Σε μελέτες που εξετάστηκαν στον τομέα της εκπαίδευσης στις ΦΕ, δεν εντοπίστηκε καμία περίπτωση όπου το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και η GenAI έχουν συνδυαστεί για την υλοποίηση εξ αποστάσεως πειραμάτων, ειδικά για μελλοντικούς/κές εκπαιδευτικούς. Μία πρόσφατη ενδιαφέρουσα μελέτη ανέφερε την προοπτική χρήσης του ChatGPT σε δια ζώσης εργαστήριο Φυσικής, στο οποίο συμμετείχαν προπτυχιακοί εκπαιδευτικοί, καταγράφοντας βελτίωση στην εννοιολογική κατανόηση και θετικές στάσεις, παρά τις προκλήσεις που σχετίζονται με ακρίβεια και προκατάληψη (Παπακωνσταντίνου κ.ά., 2025; Kalogiannakis et al.,

2025). Παράλληλα, έρευνες που αξιοποίησαν συσκευές IoT (π.χ. Arduino Nano με Bluetooth Low Energy) ανέδειξαν τη συμβολή τους στην ενίσχυση της πειραματικής διδασκαλίας (Baotong et al., 2025), υπογραμμίζοντας την ανάγκη εξοικείωσης με την τεχνολογία. Άλλες εργασίες διερεύνησαν τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας, της παιχνιδοποίησης και της ψηφιακής συνεργασίας, χωρίς ωστόσο να εστιάσουν στο πλαίσιο των μελλοντικών εκπαιδευτικών ή στον συνδυασμό IoT και GenAI (Ugras et al., 2024; Κρασά, 2023; Σωτηρόπουλος, 2025) από την προσχολική εκπαίδευση (Ugras et al., 2025).

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τον σχεδιασμό και την επικείμενη πιλοτική εφαρμογή παρέμβασης για φοιτητές/τριες παιδαγωγικών τμημάτων, με στόχο την ανάπτυξη επιστημονικής σκέψης, τεχνολογικού αλφαριθμητισμού και δεξιοτήτων TRACK. Η μεθοδολογική προσέγγιση βασίζεται σε Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) πέντε φάσεων, που περιλαμβάνει πειράματα στο σπίτι με χρήση Arduino και ασύρματη μετάδοση δεδομένων μέσω IoT Cloud, ανάλυση αποτελεσμάτων με υποστήριξη GenAI και αναστοχαστικό σχεδιασμό μικροδιδασκαλίας.

Θεωρητικό Πλαίσιο

Φυσικές Επιστήμες και Εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση

Η διδασκαλία των ΦΕ σε εξ αποστάσεως περιβάλλοντα παραμένει πρόκληση, κυρίως λόγω της απουσίας άμεσης αλληλεπίδρασης με εργαστηριακό εξοπλισμό και του κινδύνου περιορισμένης μαθησιακής εμπλοκής (Καριώτογλου, 2021; Ψύλλος, 2021). Ωστόσο, το πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM και οι δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα (Επικοινωνία, Συνεργασία, Κριτική Σκέψη, Δημιουργικότητα) καθιστούν αναγκαία την καλλιέργεια επιστημονικής σκέψης και τεχνολογικού αλφαριθμητισμού (Chasokela & Moyo, 2025; Yoma et al., 2025).

Οι ψηφιακές τεχνολογίες μπορούν να λειτουργήσουν ως «παιδαγωγική σκαλωσιά» (scaffolding), υποστηρίζοντας τη γνώση μέσα από διερευνητικές και ενεργητικές μαθησιακές προσεγγίσεις (Σακελλαρίου κ.ά., 2024). Για να επιτευχθεί αυτό στο πλαίσιο της εξΑΕ, απαιτείται κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό με σαφείς μαθησιακούς στόχους και υψηλό επίπεδο διαδραστικότητας, προκειμένου να ενισχυθεί η ενεργός συμμετοχή και η ουσιαστική κατανόηση. Η συνδυασμένη αξιοποίηση κατάλληλων τεχνολογικών εργαλείων και σύγχρονων παιδαγωγικών στρατηγικών καθίσταται,

επομένως, κρίσιμη για τη μετάβαση από την παθητική παρακολούθηση σε βιωματική μαθησιακή εμπειρία (Μπεμπή & Καλογιαννάκης, 2023; Νιανιούρης & Καλογιαννάκης, 2020).

Η Συμβολή του Arduino και του IoT Cloud στη Βιωματική και ΕξΑΕ των Φυσικών Επιστημών

Η ενσωμάτωση του Arduino IoT Cloud στη διδασκαλία των ΦΕ συμβάλλει στην ενίσχυση της διερευνητικής μάθησης, στην ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων και στην καλλιέργεια επιστημονικής σκέψης (Ariza et al., 2025; Samala et al., 2024). Μέσω της πρακτικής ενασχόλησης, οι μελλοντικοί/ές εκπαιδευτικοί μαθαίνουν να σχεδιάζουν και να υλοποιούν διασυνδεδεμένα πειραματικά συστήματα, αναπτύσσοντας παράλληλα τον τεχνολογικό αλφαριθμητισμό.

Η δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης και ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μετατρέπει την παθητική εξ αποστάσεως μάθηση σε ενεργητική, βιωματική διαδικασία (Ga et al., 2021; Bento et al., 2023). Η συνδυαστική αξιοποίηση Arduino, IoT Cloud και GenAI προσφέρει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο που υποστηρίζει τόσο τη μελέτη φυσικών φαινομένων όσο και την καλλιέργεια δεξιοτήτων STEM, προετοιμάζοντας τους εκπαιδευτικούς για τις απαιτήσεις της σύγχρονης εκπαίδευσης και της δια βίου μάθησης (Hyun et al., 2021).

Ενσωμάτωση του πλαισίου TPACK και αξιοποίηση της GenAI

Το TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) είναι ένα θεωρητικό πλαίσιο που περιγράφει το είδος της γνώσης που απαιτείται από τον/την εκπαιδευτικό για την αποτελεσματική ενσωμάτωση της τεχνολογίας στη διδακτική πράξη. Βασίζεται στη σύνθεση τριών βασικών διαστάσεων: της γνώσης περιεχομένου (Content Knowledge – CK), της παιδαγωγικής γνώσης (Pedagogical Knowledge – PK) και της τεχνολογικής γνώσης (Technological Knowledge – TK) (Mishra et al., 2023; Tseng et al., 2022). Για την έρευνά μας, η ενσωμάτωση του Arduino IoT Cloud και της GenAI δεν αποτελεί απλή τεχνολογική προσθήκη, αλλά στρατηγική που επιδιώκει την παράλληλη ανάπτυξη και των τριών διαστάσεων.

Η τεχνολογική διάσταση ενισχύεται μέσω της εξοικείωσης με σύγχρονα εργαλεία και IoT περιβάλλοντα (Feldman-Maggor et al., 2025). Η παιδαγωγική διάσταση

καλλιεργείται με τον σχεδιασμό κατάλληλων δραστηριοτήτων και την εφαρμογή διαφοροποιημένης διδασκαλίας (Kim et al., 2024). Η γνωστική διάσταση αφορά την κατανόηση και ερμηνεία φυσικών φαινομένων μέσα από ανάλυση αυθεντικών δεδομένων (Sotiropoulos & Kalogiannakis, 2025).

Η GenAI φαίνεται να μπορεί να λειτουργεί ως συνδετικός κρίκος, παρέχοντας υποστήριξη στον σχεδιασμό μαθημάτων και στην ανάλυση δεδομένων, όταν χρησιμοποιείται κριτικά και παιδαγωγικά τεκμηριωμένα (Lee & Zhai, 2024). Έτσι, το TRACK προσφέρει ένα συνεκτικό πλαίσιο για την ισορροπημένη ενσωμάτωση τεχνολογίας, παιδαγωγικής και επιστημονικής γνώσης στη διδασκαλία των ΦΕ. Συνοψίζοντας, το θεωρητικό πλαίσιο TRACK παρέχει τη βάση για τον σχεδιασμό της παρούσας παρέμβασης, εξασφαλίζοντας ότι τεχνολογία (Arduino/IoT, GenAI), παιδαγωγική (διδακτική ακολουθία) και περιεχόμενο (ΦΕ) μπορούν να συνδυαστούν δημιουργικά για τη διδασκαλία των ΦΕ.

Μεθοδολογική Προσέγγιση

Ερευνητικά Ερωτήματα

Το παραπάνω συνοπτικό αρχικό θεωρητικό πλαίσιο υποστηρίζει τον σχεδιασμό της προτεινόμενης πιλοτικής εφαρμογής, η οποία εντάσσεται στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής που βρίσκεται σε εξέλιξη. Με βάση το θεωρητικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε προηγουμένως και στην επερχόμενη φάση πιλοτικής υλοποίησης της παρέμβασης θα πραγματοποιηθεί ερευνητική μελέτη με συγκεκριμένα ερευνητικά ερωτήματα, που αφορούν την αποτελεσματικότητα της προσέγγισης στην ενίσχυση επιστημονικής σκέψης και την καλλιέργεια δεξιοτήτων TRACK:

1. Σε ποιο βαθμό η συνδυαστική χρήση Arduino IoT Cloud και εργαλείων GenAI ενισχύει την ανάπτυξη επιστημονικής σκέψης στους/στις μελλοντικούς/ες εκπαιδευτικούς;
2. Πως η προτεινόμενη ΔΜΑ συμβάλει στην καλλιέργεια των διαστάσεων του πλαισίου του TRACK μέσω της εφαρμογής εξ αποστάσεως πειραμάτων στις ΦΕ με υποστήριξη GenAI;

Μεθοδολογικός σχεδιασμός

Η πιλοτική εφαρμογή προγραμματίζεται να διεξαχθεί με μικτή μεθοδολογική παρέμβαση για την αποτίμηση της προτεινόμενης πρακτικής και την καταγραφή των επιμέρους προκλήσεων που σχετίζονται με την υλοποίησή της ακολουθώντας όλους τους κανόνες δεοντολογίας της έρευνας (Petousi & Sifaki, 2020). Η παρέμβαση προβλέπεται να υλοποιηθεί σε πέντε διακριτές φάσεις, οι οποίες συνοψίζονται στο Σχήμα 1, ώστε να καταστεί σαφής η ροή της μαθησιακής διαδικασίας.



Σχήμα 1. Φάσεις της Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ): (1) Εισαγωγή – Βασικές έννοιες, (2) Σχεδιασμός διάταξης, (3) Εκτέλεση πειράματος, (4) Ανάλυση αποτελεσμάτων, (5) Αναστοχασμός.

Πιο αναλυτικά:

(α) Εξοικείωση με τον εξοπλισμό: οι συμμετέχοντες/ουσες θα γνωρίσουν το Arduino και την πλατφόρμα IoT Cloud.

(β) Σχεδιασμός πειράματος: διαμόρφωση σεναρίων πειραματισμού με χρήση αισθητήρων και δεδομένων.

(γ) Εκτέλεση σε κατ' οίκον περιβάλλον: υλοποίηση πειραμάτων με απομακρυσμένη παρακολούθηση δεδομένων.

(δ) Ανάλυση δεδομένων με υποστήριξη GenAI: χρήση εργαλείων GenAI για ερμηνεία, δημιουργία γραφημάτων και επεξήγηση αποτελεσμάτων.

(ε) Αναστοχαστικός σχεδιασμός μικροδιδασκαλίας: οι συμμετέχοντες/ουσες θα σχεδιάσουν μικροδιδασκαλίες αξιοποιώντας τα δεδομένα που συνέλεξαν.

Βασικός σκοπός της πιλοτικής εφαρμογής αποτελεί ο έλεγχος και η βελτίωση της ΔΜΑ. Στο πλαίσιο αυτό, η πιλοτική φάση θα επιτρέψει την ανίχνευση και διόρθωση πιθανών αδυναμιών στον σχεδιασμό, την επαλήθευση της δυνατότητας ακριβούς καταγραφής δεδομένων και την αξιολόγηση της σαφήνειας και της δυνατότητας υλοποίησης κάθε φάσης, σε συνάρτηση με τα διαθέσιμα υλικά και τον χρόνο. Εφόσον κριθεί απαραίτητο, μπορεί να ακολουθήσει και δεύτερη πιλοτική εφαρμογή.

Η πιλοτική εφαρμογή θα υλοποιηθεί σε ένα αρχικό μικρό δείγμα προπτυχιακών φοιτητών/τριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Ειδικής Αγωγής, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η παρέμβαση θα διεξαχθεί σε διάρκεια 4 εβδομάδων, στο πλαίσιο μεικτού περιβάλλοντος μάθησης (online σύγχρονες συναντήσεις και ασύγχρονη εργασία). Για τη συλλογή δεδομένων θα χρησιμοποιηθούν ποσοτικά και ποιοτικά εργαλεία, ώστε να διασφαλιστεί η πληρότητα της ανάλυσης. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες/ουσες θα διατηρούν αναστοχαστικά ημερολόγια, στα οποία θα καταγράφονται προβληματισμοί, δυσκολίες που προέκυψαν και στρατηγικές που υιοθετήθηκαν για την επίλυσή τους.

Η αξιολόγηση της παρέμβασης θα βασιστεί σε τρεις κύριους δείκτες:

(α) την ανάπτυξη επιστημονικής σκέψης, η οποία θα αξιολογηθεί μέσω ανάλυσης των πειραματικών δραστηριοτήτων και της ικανότητας των συμμετεχόντων /ουσών να ερμηνεύουν δεδομένα και να διατυπώνουν υποθέσεις,

(β) την καλλιέργεια των διαστάσεων του ΤΡΑΚΚ (Τεχνολογική, Παιδαγωγική και Γνωστική), και

(γ) το επίπεδο ψηφιακού γραμματισμού και κριτικής χρήσης των εργαλείων GenAI.

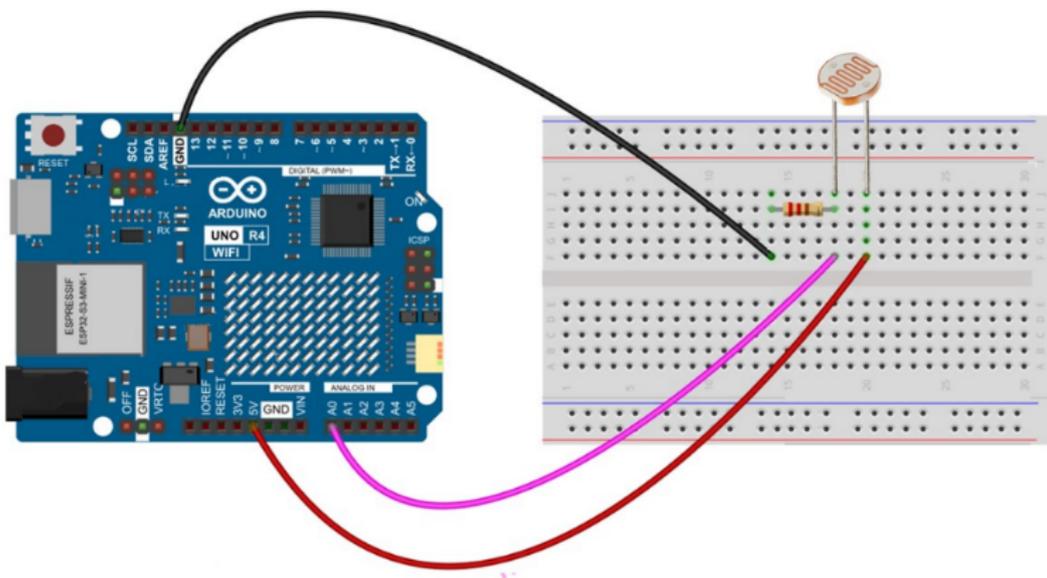
Οι δείκτες αυτοί θα συνδεθούν με τις μαθησιακές δραστηριότητες κάθε φάσης της ΔΜΑ, ώστε να εξασφαλιστεί η εγκυρότητα και η συνοχή της αξιολόγησης.

Με βάση την παρούσα πρόταση σχεδιασμού, οι συμμετέχοντες/ουσες προβλέπεται να ενεργοποιηθούν ταυτόχρονα με διττό ρόλο: τόσο ως «μαθητές/τριες» που συμμετέχουν σε βιωματικό πείραμα όσο και ως «εκπαιδευτικοί» που σχεδιάζουν διδασκαλίες, εφαρμόζοντας τις αρχές του ΤΡΑΚΚ.

Πιο συγκεκριμένα:

- 1^η Φάση (Εισαγωγή): Προβλέπεται να πραγματοποιηθεί εισαγωγή στις βασικές έννοιες του φωτός (διάδοση, απορρόφηση, ανάκλαση), καθώς και παρουσίαση των βασικών αρχών λειτουργίας του Arduino και της GenAI.

- 2^η Φάση (Σχεδιασμός Διάταξης): Οι φοιτητές/τριες αναμένεται να εξοικειωθούν με τον εξοπλισμό μέσω ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού, που θα περιλαμβάνει οδηγίες σύνδεσης πλακέτας και αισθητήρων, λειτουργία breadboard, διασύνδεση με Arduino IoT Cloud και βασικές εντολές προγραμματισμού στο Arduino IDE. Σκοπός είναι να αποκτήσουν βασική αυτονομία στη δημιουργία ενός πλήρους πειραματικού συστήματος με δυνατότητα συλλογής και οπτικοποίησης δεδομένων μέσω WiFi.
- 3^η Φάση (Εκτέλεση Πειράματος): Η διεξαγωγή του πειράματος προγραμματίζεται να γίνει σε ατομικό επίπεδο από κάθε φοιτητή/τρια, με αντικείμενο π.χ. τη μέτρηση της έντασης φωτός που ανακλάται από επιφάνειες διαφορετικού χρώματος. Η χρήση φωτοαντίστασης (LDR) συνδεδεμένης στο Arduino UNO R4 WiFi θα επιτρέψει τη συλλογή δεδομένων, τα οποία θα αποστέλλονται ασύρματα στο cloud dashboard για αποθήκευση και περαιτέρω ανάλυση (Σχήμα 2). Με αυτό τον τρόπο, αναμένεται να αναπτυχθούν βασικές δεξιότητες πειραματισμού σε εξ αποστάσεως περιβάλλον.



Σχήμα 2. Προτεινόμενη διάταξη σύνδεσης αισθητήρα φωτός (LDR) με Arduino UNO R4 WiFi για εξ αποστάσεως πείραμα μέτρησης έντασης φωτός.

- 4^η Φάση (Ανάλυση Αποτελεσμάτων): Προβλέπεται η αξιοποίηση εργαλείων GenAI (π.χ. ChatGPT) για την ανάλυση και οπτικοποίηση των δεδομένων, τη δημιουργία γραφημάτων, καθώς και για την παραγωγή φύλλων εργασίας, ερωτήσεων κατανόησης ή διδακτικών δραστηριοτήτων. Μέσω κατάλληλων

προτροπών (prompts), οι φοιτητές/τριες αναμένεται να ενισχυθούν στην ανάπτυξη επιστημονικής επιχειρηματολογίας και στη δημιουργική ερμηνεία των ευρημάτων.

- 5^η Φάση (Αναστοχασμός & Μικροδιδασκαλία): Στο τελικό στάδιο, οι συμμετέχοντες/ουσες καλούνται να αναστοχαστούν σχετικά με τη μαθησιακή τους πορεία, να αναγνωρίσουν τις δυσκολίες που συνάντησαν και τις στρατηγικές που αξιοποίησαν για να τις ξεπεράσουν. Στη συνέχεια, σχεδιάζουν μια σύντομη διδακτική παρέμβαση, βασισμένη στο πείραμα που υλοποίησαν, με στόχο να συνδυάσουν τεχνολογικά εργαλεία, επιστημονικές έννοιες και παιδαγωγικές πρακτικές. Η μικροδιδασκαλία αυτή ενσωματώνει τις αρχές του πλαισίου TRACK και προάγει την παιδαγωγική αξιοποίηση του IoT και των εργαλείων GenAI. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, οι συμμετέχοντες/ουσες εξασκούνται στη σύνθεση διδακτικού υλικού και στην κριτική αποτίμηση της μαθησιακής εμπειρίας τους.

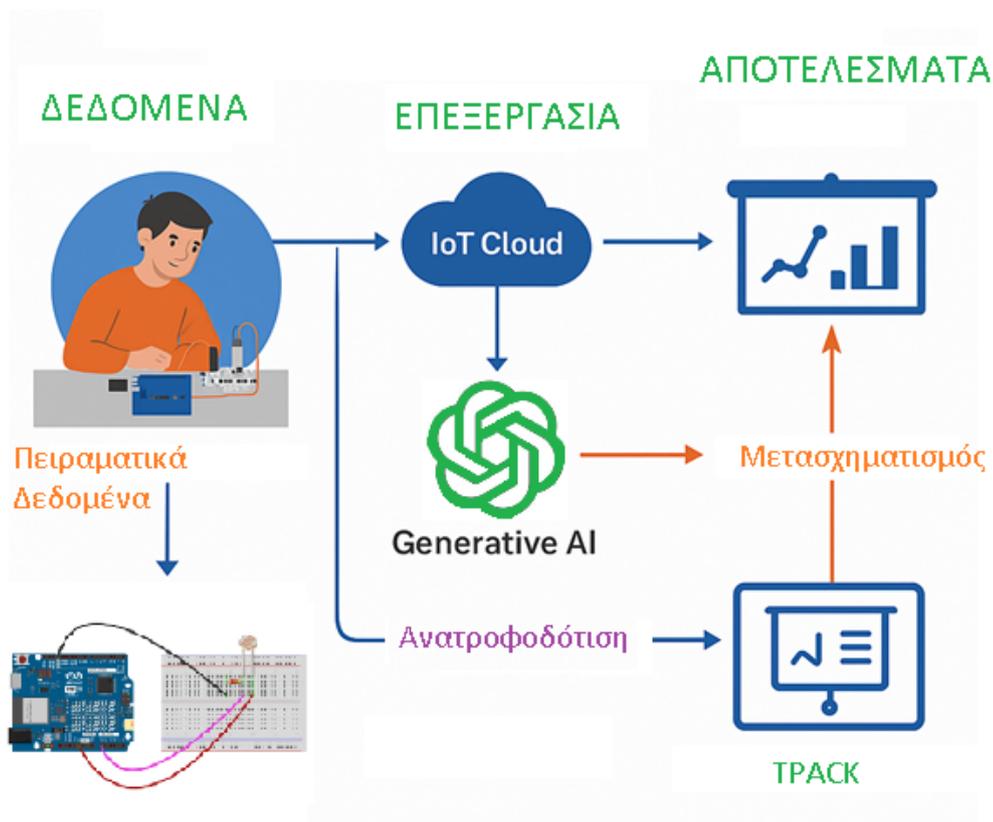
Ο Πίνακας 1 που ακολουθεί συνοψίζει την προτεινομένη δομή της ΔΜΑ. Κάθε φάση περιλαμβάνει σαφώς καθορισμένο διδακτικό προσανατολισμό, ενσωματώνει επιλεγμένα τεχνολογικά εργαλεία (Arduino, IoT Cloud, GenAI) και περιλαμβάνει δραστηριότητες που προάγουν τη βιωματική μάθηση, την επιστημονική διερεύνηση και την ανάπτυξη παιδαγωγικών δεξιοτήτων. Η προοδευτική διαβάθμιση των φάσεων επιδιώκει την ενίσχυση των διαστάσεων του πλαισίου TRACK μέσω μιας εναλλακτικής, τεχνολογικά υποστηριζόμενης εξ αποστάσεως μαθησιακής εμπειρίας.

Πίνακας 1. Προτεινόμενες Φάσεις της Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) με αντίστοιχους διδακτικούς στόχους, εργαλεία και σχεδιαζόμενες δραστηριότητες.

Φάση	Προβλεπόμενος Διδακτικός Στόχος	Προτεινόμενα Εργαλεία	Σχεδιαζόμενες Εκπαιδευτικές Δραστηριότητες
1 ^η Εισαγωγή	Διδασκαλία βασικών εννοιών Φυσικής & Τεχνολογίας (φως, Arduino, GenAI)	Ψηφιακό υλικό, παρουσιάσεις	Εισήγηση, παρακολούθηση video
2 ^η Σχεδιασμός διάταξης	Εξοικείωση με εξοπλισμό & ρύθμιση πειράματος	Arduino UNO R4 WiFi, αισθητήρες, IoT Cloud, breadboard	Σύνδεση πλακέτας, αισθητήρων, σύνδεση με Arduino Cloud

3 ^η Εκτέλεση πειράματος	Διεξαγωγή πειράματος σε συνθήκες πραγματικού χρόνου	Φωτοαντίσταση (LDR), Arduino IDE, Cloud Dashboard	Καταγραφή μετρήσεων φωτός
4 ^η Ανάλυση αποτελεσμάτων	Ανάπτυξη επιστημονικής σκέψης & επιχειρηματολογίας	ChatGPT, φύλλα εργασίας, γραφήματα	Ανάλυση δεδομένων, δημιουργία γραφημάτων, διατύπωση υποθέσεων
5 ^η Αναστοχασμός & Μικροδιδασκαλία	Ενοποίηση γνώσης, αναστοχασμός, εφαρμογή	ChatGPT, PowerPoint/Canva, Φύλλα Σχεδιασμού Μαθήματος	Σχεδιασμός μικροδιδασκαλίας, παρουσίαση, αυτοαξιολόγηση

Συνολικά, η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση επιδιώκει να μετασχηματίσει την εξ αποστάσεως διδασκαλία των ΦΕ από μια θεωρητική και παθητική εμπειρία σε μια ενεργητική και τεχνολογικά υποστηριζόμενη μαθησιακή διαδικασία. Μέσω της ενσωμάτωσης επιστημονικής διερεύνησης, χρήσης σύγχρονων ψηφιακών εργαλείων και αναστοχαστικού σχεδιασμού, επιδιώκεται η συστηματική ενίσχυση της διδακτικής επάρκειας σύμφωνα με τις αρχές του πλαισίου TRACK (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Προτεινόμενη Ροή Δεδομένων και Διδακτικής Υποστήριξης σε Πλαίσιο Εξ Αποστάσεως Πειραματισμού με IoT και GenAI

Η σχεδιαζόμενη παρέμβαση προβλέπει την ενεργοποίηση και των τριών διαστάσεων του TPACK: της τεχνολογικής (μέσω Arduino και εργαλείων GenAI), της παιδαγωγικής (μέσω δομημένου διδακτικού σχεδιασμού) και της γνωστικής (μέσω της επιστημονικής διερεύνησης φυσικών φαινομένων). Η GenAI, όταν αξιοποιείται μεθοδικά και με κατάλληλα διαμορφωμένο παιδαγωγικό πλαίσιο για τη διδακτική των ΦΕ, δύναται να λειτουργήσει όχι απλώς ως βοηθητικό εργαλείο, αλλά ως μηχανισμός ενίσχυσης της επαγγελματικής ανάπτυξης του/της μελλοντικού/κής εκπαιδευτικού (Lee & Zhai, 2024; Peikos & Stavrou, 2025; Blonder et al., 2024; Bae et al., 2024; Wang T. et al., 2025).

Η πιλοτική αυτή φάση έχει ως βασικό στόχο την διερεύνηση της λειτουργικότητας και της παιδαγωγικής δυναμικής της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης, καθώς και την ταυτοποίηση πιθανών βελτιωτικών ρυθμίσεων ενόψει μελλοντικών εφαρμογών σε μεγαλύτερη κλίμακα καθώς και στην κυρίως φάση της έρευνας για τη διδακτορική διατριβή.

Κριτική Αποτίμηση και Περιορισμοί

Η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση αναδεικνύει σημαντικές δυνατότητες για την ενίσχυση της εξ αποστάσεως διδασκαλίας των ΦΕ, αξιοποιώντας χαμηλού κόστους τεχνολογίες όπως το Arduino IoT Cloud, σε συνδυασμό με εργαλεία GenAI. Ωστόσο, η εφαρμογή της συνοδεύεται από ορισμένους περιορισμούς και προκλήσεις που απαιτούν προσεκτική διαχείριση.

Πρώτον, το μέγεθος δείγματος της πιλοτικής φάσης θα είναι σχετικά περιορισμένο σε ένα εκπαιδευτικό ίδρυμα, γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων. Τα συμπεράσματα αναμένεται να είναι ενδεικτικά και θα χρειαστεί περαιτέρω έρευνα σε μεγαλύτερη κλίμακα για τη βελτίωση του αρχικού σχεδιασμού μας.

Δεύτερον, ενδέχεται να προκύψουν τεχνικές δυσκολίες που σχετίζονται με τη λειτουργία της πλατφόρμας Arduino IoT Cloud, τη συνδεσιμότητα και τον απαιτούμενο εξοπλισμό που πρέπει να διαθέτουν οι συμμετέχοντες/ουσες. Για τον μετριασμό αυτών των κινδύνων προβλέπεται παροχή αναλυτικών οδηγιών και υποστηρικτικού υλικού (π.χ. βιντεομαθήματα και εργαλεία βοήθειας με GenAI).

Τρίτον, η καμπύλη μάθησης για την εξοικείωση με το Arduino, το IoT περιβάλλον και τα εργαλεία GenAI ενδέχεται να επηρεάσει την πορεία της παρέμβασης, καθώς αρχικά οι φοιτητές/τριες θα εστιάσουν στην κατανόηση της τεχνολογίας. Για αυτό τον λόγο θα προσφερθεί σταδιακή καθοδήγηση και υλικό εξάσκησης.

Τέταρτον, το περιβάλλον της εφαρμογής δεν είναι πλήρως ελεγχόμενο, καθώς οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται σε ατομικό επίπεδο. Παράγοντες όπως ο διαθέσιμος χρόνος, ο χώρος ή η πρόσβαση σε σταθερή σύνδεση μπορεί να διαφοροποιήσουν την εμπειρία των συμμετεχόντων/ουσών.

Τέλος, υπάρχει ο κίνδυνος υπερεξάρτησης από τα εργαλεία GenAI (cognitive offloading), γεγονός που ενδέχεται να περιορίσει την ανάπτυξη κριτικής σκέψης. Για την αντιμετώπιση αυτού του κινδύνου θα δοθεί έμφαση στην καλλιέργεια δεξιοτήτων ψηφιακού γραμματισμού και στην κριτική χρήση των προτεινόμενων εργαλείων.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, η πιλοτική εφαρμογή αναμένεται να προσφέρει πολύτιμες ενδείξεις για τη σκοπιμότητα και την αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης παρέμβασης, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση βιώσιμων πρακτικών για την ενσωμάτωση τεχνολογιών IoT και GenAI στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών.

Συμπεράσματα και Προοπτικές

Η παρούσα πρόταση δεν παρουσιάζει στην τρέχουσα μορφή της εμπειρικά ευρήματα, αλλά επικεντρώνεται στον αναλυτικό σχεδιασμό μιας πιλοτικής διδακτικής και ερευνητικής παρέμβασης, στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής, η οποία όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα μέρη του κειμένου μας βρίσκεται σε εξέλιξη. Κατά τη διάρκεια του συνεδρίου ενδέχεται να παρουσιαστούν και τα αρχικά αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας. Το κείμενο περιγράφει τους στόχους, τη μεθοδολογική προσέγγιση και τα αναμενόμενα οφέλη της παρέμβασης, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για μελλοντική εφαρμογή και αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς της. Η προτεινόμενη παρέμβαση συνδυάζει τη χρήση Arduino IoT Cloud και εργαλείων GenAI, με στόχο την ενίσχυση της επιστημονικής διερεύνησης, του τεχνολογικού αλφαριθμητισμού και την καλλιέργεια των διαστάσεων του πλαισίου TRACK σε μελλοντικούς/κές εκπαιδευτικούς ΦΕ.

Μέσω hands-on πειραμάτων σε ατομικό επίπεδο, με χαμηλού κόστους εξοπλισμό και ασύρματη μετάδοση δεδομένων, οι συμμετέχοντες/ουσες αναμένεται να αποκτήσουν βιωματική εμπειρία σε απομακρυσμένα μαθησιακά περιβάλλοντα. Η GenAI λειτουργεί ως γνωστικός και παιδαγωγικός υποστηρικτής, προσφέροντας βοήθεια στη συγγραφή κώδικα, στην ανάλυση δεδομένων και στη δημιουργία διδακτικών σεναρίων. Η στοχευμένη χρήση της προβλέπεται να ενισχύσει τον αναστοχασμό και τη μεταγνωστική σκέψη, απαιτώντας παράλληλα ανάπτυξη κριτικής ψηφιακής παιδείας.

Μελλοντικά, η προτεινόμενη παρέμβαση μπορεί να επεκταθεί και σε γνωστικά αντικείμενα όπως η Χημεία, η Βιολογία ή η Γεωγραφία, και να υποστηρίξει διαθεματικά σενάρια που ευθυγραμμίζονται με τη λογική της εκπαίδευσης STEM, χωρίς να ταυτίζεται πλήρως με αυτή. Παράλληλα, μπορεί να ενσωματωθεί σε περιβάλλοντα μεικτής μάθησης (blended learning), συνδυάζοντας δια ζώσης και εξ αποστάσεως πειραματισμό. Η ανάπτυξη υποστηρικτικού υλικού, όπως βιντεομαθημάτων και έξυπνων chatbots, καθώς και η δημιουργία έτοιμων διδακτικών σεναρίων, θα διευκολύνουν την ευρεία χρήση της εφαρμογής. Επιπλέον, η υιοθέτηση της παρέμβασης σε διαφορετικά εκπαιδευτικά επίπεδα μπορεί να προωθήσει τη διαθεματική μάθηση και την καλλιέργεια δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα. Συνολικά, η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση φιλοδοξεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ θεωρίας και πράξης στην εξ αποστάσεως διδασκαλία ΦΕ, αξιοποιώντας τις δυνατότητες του IoT και της GenAI για τη δημιουργία κριτικά σκεπτόμενων και τεχνολογικά εγγράμματων εκπαιδευτικών.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ξενόγλωσση

- Abualrob, M. M. (2025). Innovative teaching: How pre-service teachers use artificial intelligence to teach science to fourth graders. *Contemporary Educational Technology*, 17(1), ep547. <http://doi.org/10.30935/cedtech/15686>
- Ariza, J., Restrepo, M., & Hernández, C. (2025). Generative AI in Engineering and Computing Education: A Scoping Review of Empirical Studies and Educational Practices. *IEEE Access*, 13, 30789-30810. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3541424>
- Azad, A. (2021). Design and Development of Remote Laboratories with Internet of Things Setting. *Advances in Internet of Things*, 11, 95-112. <https://doi.org/10.4236/ait.2021.113007>
- Bae, H., Hur, J., Park, J., Choi, G. W., & Moon, J. (2024). Pre-Service Teachers' Dual Perspectives on Generative AI: Benefits, Challenges, and Integration into Their Teaching and Learning. *Online Learning*, 28(3), 131-156. <https://doi.org/10.24059/olj.v28i3.4543>
- Baidoo-Anu, D., & Ansah, L. O. (2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. *Journal of AI*, 7(1), 52-62. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4337484>
- Baotong, S., Nedkun, P., & Chinwong, S. (2025). Enhancing physics education with IoT: a comprehensive approach to thermal expansion and cooling experiments. *Physica Scripta*, 100(3), 036101. <https://doi.org/10.1088/1402-4896/adb702>
- Bento, A. C., Hurtado, C. V., Gatti, D. C., Garza, C. M. S., Fadul, D. O., & Camacho-Léon, S. (2023). Practical Results for IoT Virtual Classes with Arduino IoT Cloud. 2023 *IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/CHILECON60335.2023.10418658>
- Blonder, R., Feldman-Maggor, Y., & Rap, S. (2024). Are They Ready to Teach? Generative AI as a Means to Uncover Pre-Service Science Teachers' PCK and Enhance Their Preparation Program *Journal of Science Education and Technology*, 1-10 <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10180-2>
- Chanchaeva, E. A., Kurilenko, T. K., Nedelski, V. O., Kruglikova, E. V., & Grjibovski, A. M. (2022). The effectiveness of distance and traditional teaching natural sciences: A comparative analysis. *Science for Education Today*, 12(3), 149-168. <https://doi.org/10.15293/2658-6762.2203.08>
- Dare, E. A., Keratithamkul, K., Hiwatig, B. M., & Li, F. (2021). Beyond Content: The Role of STEM Disciplines, Real-World Problems, 21st Century Skills, and STEM Careers within Science Teachers' Conceptions of Integrated STEM Education. *Education Sciences*, 11(11), 737. <https://doi.org/10.3390/educsci11110737>
- Chasokela, D., & Moyo, F. (2025). Science, Technology, Engineering, and Mathematics Learning Technology Implementation to Address 21st-Century Skills: The Zimbabwean Higher Education Context. In *Insights Into International Higher Education Leadership and the Skills Gap* (pp. 319-344). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3443-0.ch013>
- Feldman-Maggor, Y., Blonder, R., & Alexandron, G. (2025). Perspectives of Generative AI in Chemistry Education Within the TPACK Framework. *Journal of Science Education and Technology*, 34(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10147-3>

- Ga, S.-H., Cha, H.-J., & Kim, C.-J. (2021). Adapting Internet of Things to Arduino-based Devices for Low-Cost Remote Sensing in School Science Learning Environments. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 17(02), pp. 4–18. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i02.20089>
- Gopinathan, S., Kaur, A.H., Veeraya, S., & Raman, M. (2022). The Role of Digital Collaboration in Student Engagement towards Enhancing Student Participation during COVID-19. *Sustainability*, 14(11):6844. <https://doi.org/10.3390/su14116844>
- Henshaw, C.A. (2025). Multimedia Learning and UDL in UK Higher Education. *Journal of advanced research in education*, 4(2), 27–33. <https://www.pioneerpublisher.com/jare/article/view/1258>
- Hyun, S.-H., Cha, H.-J., & Kim, J.-C. (2021a). Adapting Internet of Things to Arduino-based Devices for Low-Cost Remote Sensing in School Science Learning Environments. *Int. J. Online Biomed. Eng.*, 17, 4–18. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i02.20089>
- Kalogiannakis, M., Papakonstantinou, N., & Sotiropoulos, D. (2025). From Support Tool to Learning Partner: A Systematic Review of GenAI Integration in University Science Labs. *Creative Education*, 16(9), under publication.
- Καριώτογλου, Π. (2021). Ο Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου και η Αναγκαιότητα στη Διδακτική Φυσικών Επιστημών: Ζητήματα, Ευρήματα και Προτάσεις. *Ερευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, 1(1), 39–62. <https://doi.org/10.12681/riste.27268>
- Kim, H., Song, J., & Ha, S. (2024). TPACK expression patterns in preservice teachers' design of innovative physics teaching and learning materials. *J. Comput. Assist. Learn.*, 40, 1552–1566. <https://doi.org/10.1111/jcal.12965>
- Κρασιά, Μ., Μιχάηλου, Ά., Κωνσταντά, Μ., & Φραγκάκη, Μ. (2023). Αυθεντικές Δραστηριότητες και Ενσυναίσθητη Συνεργασία στην εξΑΕ. *Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση*, 12(4), 44-63. <https://doi.org/10.12681/icodl.5663>
- Lee, G.-G., & Zhai, X. (2024). Using ChatGPT for Science Learning: A Study on Pre-service Teachers' Lesson Planning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 1643–1660. <https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3401457>
- Lopes, L. A. (2024). Creative challenge to stimulate student engagement in natural science education in distance learning. *Pedagogical Research*, 9(1), em0184. <https://doi.org/10.29333/pr/14054>
- Mishra, P., Warr, M., & Islam, R. (2023). TPACK in the age of ChatGPT and Generative AI. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 39(4), 235–251. <https://doi.org/10.1080/21532974.2023.2247480>
- Μπεμπή, Μ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2023). Δημιουργία Πολυμορφικού Εκπαιδευτικού Περιβάλλοντος με τη μεθοδολογία της ΕξΑΕ για την ενότητα των Φυσικών της ΣΤ' Τάξης του Δημοτικού «Κυκλοφορικό σύστημα». *Ανοικτή Εκπαίδευση*, 19(1), 84-110, <https://doi.org/10.12681/jode.31077>
- Νιανιούρης, Α., & Καλογιαννάκης, Μ. (2020). Δημιουργία Πολυμορφικού Εκπαιδευτικού Περιβάλλοντος με τη μέθοδο της ΕξΑΕ στην ενότητα «Ερευνών και Ανακαλύπτω» της Στ' τάξης: «Αναπνευστικό σύστημα». *Ανοικτή Εκπαίδευση*, 16(1), 145-175, <https://doi.org/10.12681/jode.22858>
- Noroozi, O., Soleimani, S., Farrokhnia, M., & Banhashem, S. K. (2024). Generative AI in Education: Pedagogical, Theoretical, and Methodological Perspectives. *International Journal of Technology in Education*, 7(3), 373-385. <https://doi.org/10.46328/ijte.845>

- Παπακωνσταντίνου, Ν., Σωτηρόπουλος, Δ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2025). Εισαγωγή Τεχνολογιών Τεχνητής Νοημοσύνης σε Πειραματική διαδικασία στις Φυσικές Επιστήμες σε Μελλοντικούς Εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Στο Α. Μολοχίδης κ.ά. (Επιμ.) *Πρακτικά 14^{ου} Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, Θεσσαλονίκη, 12-14 Απριλίου 2025, <https://doi.org/10.12681/codiste.7742>
- Peikos, G., & Stavrou, D. (2025). ChatGPT for Science Lesson Planning: An Exploratory Study Based on Pedagogical Content Knowledge. *Education Sciences*, 15(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/educsci15030338>
- Petousi, V., & Sifaki, E. (2020). Contextualizing harm in the framework of research misconduct. Findings from a discourse analysis of scientific publications, *International Journal of Sustainable Development*, 23(3/4), 149-174, <https://doi.org/10.1504/IJSD.2020.10037655>
- Psillos, D., & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical Issues Related to Designing and Developing Teaching-Learning Sequences. In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences: Introducing the Science of Materials in European Schools* (pp. 11–34). *Springer Netherlands*. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_2
- Ruiz-Rojas, L. I., Salvador-Ullauri, L., & Acosta-Vargas, P. (2024). Collaborative working and critical thinking: Adoption of generative artificial intelligence tools in higher education. *Sustainability*, 16(13), 5367. <https://doi.org/10.3390/su16135367>
- Σακελλαρίου, Σ., Σοφιανίδης, Ά., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2024). Διδακτικές Παρεμβάσεις σε Μαθητές/Μαθήτριες Λυκείου στη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών με τη Χρήση ενός Παιδαγωγικού Πράκτορα σε Συνεργατικό Πλαίσιο. Στο Α. Ζουπίδης, Ι. Λεύκος, Α. Μολοχίδης, Ε. Πετρίδου (Επιμ.), *Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών/τριών Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 89-96, Αλεξανδρούπολη, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο, Θράκης, 16-18 Σεπτεμβρίου 2022, <https://doi.org/10.12681/nrcodiste.5967>
- Samala, A., Rawas, S., Wang, T., Reed, J., Kim, J., Howard, N., & Ertz, M. (2024). Unveiling the landscape of generative artificial intelligence in education: a comprehensive taxonomy of applications, challenges, and future prospects. *Educ. Inf. Technol.*, 30, 3239-3278. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12936-0>
- Sotiropoulos, D., & Kalogiannakis, M. (2025). Using GenAI Tools to Enhance Teaching and Learning in Science. *14th "New Perspectives in Science Education-International Conference"* (19 March 2025, Online Event, 20-21 March 2025 in Florence, Italy) (1st ed.). <https://conference.pixel-online.net/NPSE/files/npse/ed0014/FP/1306-PRS7231-FP-NPSE14.pdf>
- Σωτηρόπουλος, Δ. (2025). Μπορεί η Παραγωγική Τεχνητή Νοημοσύνη να βοηθήσει τους/τις Εκπαιδευτικούς στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών; Στο Α. Μολοχίδης κ.ά. (Επιμ.) *Πρακτικά 14^{ου} Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, Θεσσαλονίκη, 12-14 Απριλίου 2025, <https://doi.org/10.12681/codiste.7690>

- Spasopoulos, T., Sotiropoulos, D., & Kalogiannakis, M. (2025). Generative AI in Pre-Service Science Teacher Education: A Systematic Review. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 5(2), 1501-1523. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2025.02.007>
- Teo, Z. L., Quek, C. W. N., Wong, J. L. Y., & Ting, D. S. W. (2024). Cybersecurity in the generative artificial intelligence era. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, 13(4), 100091. <https://doi.org/10.1016/j.apjo.2024.100091>
- Tseng, J.-J., Chai, C. S., Tan, L., & Park, M. (2022). A critical review of research on technological pedagogical and content knowledge (TPACK) in language teaching. *Computer Assisted Language Learning*, 35(4), 948–971. <https://doi.org/10.1080/09588221.2020.1868531>
- Ugras, H., Ugras, M., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2024). Innovative early childhood STEM education with ChatGPT: Teacher perspectives. *Technology, Knowledge and Learning*, 30, (2025), 809–831. <https://doi.org/10.1007/s10758-024-09804-8>
- Uğraş, M., Çakır, Z., Zacharis, G., & Kalogiannakis, M. (2025). ChatGPT in Early Childhood Science Education: Can it Offer Innovative Effective Solutions to Overcome Challenges? *Computers* (under publication)
- Ukhurebor, K. E., Egenti, G., & Uduehi, I. (2025). Virtual laboratories for engineering and science education in open and distance learning. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 9(1), 9054. <https://doi.org/10.24294/jipd9054>
- UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>
- Van Den Berg, G., & Du Plessis, E. (2023). ChatGPT and Generative AI: Possibilities for Its Contribution to Lesson Planning, Critical Thinking and Openness in Teacher Education. *Education Sciences*, 13(10), 998. <https://doi.org/10.3390/educsci13100998>
- Varlik, S. (2025). Research Literacy, Socio-Scientific Reasoning, And Problem-Solving Skills In Science Teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 24(2), 377-389. <https://doi.org/10.33225/jbse/25.24.377>
- Wang, T., Ye, R. & Long, T. (2024). Exploring Pre-service Science Teachers' Cognitive and Emotional Patterns in the Video-based Multimodal Analysis Integrated Collective Reflection: An Epistemic Network Analysis. *2024 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, 416–420. <https://doi.org/10.1109/ISET61814.2024.00088>
- Yan, L., Greiff, S., Teuber, Z., & Gašević, D. (2024). Promises and challenges of generative artificial intelligence for human learning. *Nature Human Behaviour*, 8(10), 1839–1850. <https://doi.org/10.1038/s41562-024-02004-5>
- Yoma, F., Ranuharja, F., Fauzihardani, E., & Rino, R. (2025). The Impact of Digital Technology and 21st Century Skills on Employee Performance. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Pendidikan*, 18(1), 602-611. <https://doi.org/10.24036/jtip.v18i1.863>
- Xenakis, A., Dimos, I., Feidakis, M., Sotiropoulos, D., Kalovrektis, K., & Nikolaou, G. (2024). An LLM-Based Smart Repository Platform to Support Educators With Computational Thinking, AI, and STEM Activities. *Empowering STEM Educators With Digital Tools*, 107–136. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-9806-7.ch005>
- Ψύλλος Δ. (2021). Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Ψηφιακές Τεχνολογίες: Όψεις και Μετασχηματισμοί. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, 1(1), 191–212. <https://doi.org/10.12681/riste.27276>

Zafar, S., Miraj, G., Baloch, R., Murtaza, D., & Arshad, K. (2018a). An IoT Based Real-Time Environmental Monitoring System Using Arduino and Cloud Service. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 8(4), Article 4. <https://doi.org/10.48084/etasr.2144>

Όροι Έκδοσης, Πνευματικά Δικαιώματα και Ακαδημαϊκή Δεοντολογία

Η παρούσα έκδοση περιλαμβάνει τις εισηγήσεις που παρουσιάστηκαν στο πλαίσιο των εργασιών του Συνεδρίου. Οι απόψεις που διατυπώνονται στα κείμενα είναι αποκλειστικά προσωπικές απόψεις των συγγραφέων και δεν εκφράζουν απαραίτητα τις θέσεις της Οργανωτικής ή της Επιστημονικής Επιτροπής.

Ευθύνη Συγγραφέων & Πνευματικά Δικαιώματα: Κάθε συγγραφέας φέρει την πλήρη και αποκλειστική ευθύνη για το περιεχόμενο του κειμένου του. Οι συγγραφείς εγγυώνται ότι τα κείμενά τους αποτελούν προϊόν πρωτότυπης επιστημονικής εργασίας και ότι έχουν εξασφαλίσει όλες τις απαραίτητες γραπτές άδειες για τη χρήση υλικού (εικόνες, διαγράμματα, εκτενή αποσπάσματα κ.λπ.) που υπόκειται σε πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

Χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης (TN): Στο πλαίσιο της ακαδημαϊκής ακεραιότητας, οι συγγραφείς δηλώνουν ότι η χρήση εργαλείων Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης (GenAI), όπου αυτή πραγματοποιήθηκε, περιορίστηκε αποκλειστικά σε υποστηρικτικό επίπεδο (π.χ. γλωσσική επιμέλεια, οργάνωση δομής). Η τελική επιστημονική κρίση, η επαλήθευση των πηγών και η αυθεντικότητα των συμπερασμάτων παραμένουν αποκλειστική ευθύνη των φυσικών προσώπων-συγγραφέων.

Οι επιμελητές/τριες της έκδοσης και οι διοργανωτές του Συνεδρίου δεν φέρουν καμία ευθύνη για τυχόν παραβιάσεις πνευματικών δικαιωμάτων τρίτων ή για την επιστημονική ακρίβεια των στοιχείων που παρατίθενται από τους συγγραφείς.