ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα διερευνητικής μάθησης για τη δημόσια υγεία

Δημήτρης Χαλκίδης, Γεωργία Ιατράκη, Παύλος Γκαϊντατζής, Αναστάσιος Μικρόπουλος

doi: 10.12681/codiste.7007

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 16/12/2025 03:43:45

ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ

Δημήτρης Χαλκίδης[1], Γεωργία Ιατράκη[2], Παύλος Γκαϊντατζής[3], Αναστάσιος Μικρόπουλος[4]

[1]Απόφοιτος ΔΠΜΣ Διδακτική της Βιολογίας ΕΚΠΑ, [2]Διδακτόρισσα ΠΤΔΕ Παν. Ιωαννίνων, [3]Υποψ. Διδάκτορας ΠΤΔΕ Παν. Ιωαννίνων, [4]Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Ιωαννίνων

amikrop@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο πλαίσιο του προγράμματος εκπαίδευσης στης Φυσικές Επιστήμες PAFSE, αναπτύχθηκαν 24 νέα διαδραστικά και δυναμικά Ψηφιακά Μαθησιακά Αντικείμενα, όπως προσομοιώσεις, οπτικοποιήσεις, εννοιολογικοί χάρτες, χάρτες, χρονογραμμές και περιβάλλοντα κριτικής ανάγνωσης πηγών. Εστιάζουν σε κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα σχετιζόμενα με τη Δημόσια Υγεία και τις μεταδοτικές ασθένειες, αναδεικνύουν πολλαπλές αναπαραστάσεις των Φυσικών Επιστημών, αναδεικνύουν διεπιστημονικές συνδέσεις και τη σημασία των Μαθηματικών στις Φυσικές Επιστήμες. Είναι διαθέσιμα στο αποθετήριο Photodentro PAFSE στην αγγλική και ελληνική γλώσσα. Το εργαστήριο απευθύνεται σε ερευνητές και εκπαιδευτικούς γενικής και ειδικής δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και αποσκοπεί στην εξοικείωση των συμμετεχόντων με το παραχθέν λογισμικό και την ενσωμάτωσή του στο πλαίσιο διερευνητικής μάθησης με συμμετοχικές τεχνικές όπως η δομημένη διερεύνηση, η καθοδηγούμενη διερεύνηση, η επιχειρηματολογία και η επίλυση προβλήματος.

Λέξεις κλειδιά: Ψηφιακά Μαθησιακά Αντικείμενα, Μάθηση μέσω Διερεύνησης, Δημόσια Υγεία

DIGITAL LEARNING OBJECTS FOR INQUIRY-BASED LEARNING ON PUBLIC HEALTH

Dimitris Chalkidis[1], Georgia Iatraki[2], Pavlos Gaintatzis[3], Tassos A. Mikropoulos[4]

[1]Master Graduate in Didactics of Biology, National and Kapodistrian University of Athens, [2]Ph.D., Department of Primary Education, University of Ioannina, [3]Ph.D. Candidate, Department of Primary Education, University of Ioannina, [4]Professor, University of Ioannina

amikrop@uoi.gr

ABSTRACT

24 new dynamic and interactive Digital Learning Objects (simulations, visualizations, concept maps, maps, timelines, environments of critical appraisal of sources, etc.) were developed within the PAFSE science education project. They focus on socio-scientific topics related to Public Health and communicable diseases. They offer multiple representations of natural phenomena, and highlighting transdisciplinary topics and the use of Mathematics in Science. They are accessible in English and Greek on the Photodentro PAFSE repository. The workshop aims at secondary teachers, educators, and researchers of general and special education in order to familiarize them with the software and suggest its contextualization within the inquiry-based learning framework with techniques, such as structured inquiry, guided inquiry, argumentation, and problem solving.

Keywords: Digital Learning Objects, Inquiry-based Learning, Public Health

ΣΥΝΟΨΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Εισαγωγή

Η πανδημία COVID-19 ανέδειξε σημαντικά ελλείμματα στον γραμματισμό όλων των πολιτών, συμπεριλαμβανομένων των ατόμων με αναπηρία ή/και με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες, αναφορικά με τις Φυσικές Επιστήμες και τις Επιστήμες Υγείας (Pakkari & Okan, 2020). Αυτά τα ελλείμματα επιστημονικής γνώσης, οι παρανοήσεις και προσωπικές απόψεις για τη Φύση της Επιστήμης και τις σχέσεις Κοινωνίας και Επιστήμης οδήγησαν (Μελαγωνίτου, 2023), σε σημαντικό βαθμό, σε λήψη αποφάσεων ασύμβατων με τα επιστημονικά δεδομένα, καθώς και την υιοθέτηση παράτολμων συμπεριφορών (Reiss, 2022˙ Zhao & Knobel, 2021). Η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες φάνηκε να μην έχει επιτύχει στην επιστημονική καλλιέργεια του γενικού κοινού, με αποτέλεσμα να κρίνεται απαραίτητη η αναμόρφωσή της. Σε αυτό το πλαίσιο της οποίας μπορεί να συμβάλει η υιοθέτηση μαθησιακών περιβαλλόντων υποστηριζόμενων από ψηφιακή τεχνολογία (Ampatzidis & Armeni, 2022), συμπεριλαμβανόμενων των μαθητών με Νοητική Αναπηρία (ΝΑ) (Mikropoulos & Iatraki, 2023).

Προς αυτόν τον σκοπό, ομάδα του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση) ανέπτυξε 24 νέα Ψηφιακά Μαθησιακά Αντικείμενα (Gaintatzis et al., 2023) ενσωματωμένα στις μαθησιακές ακολουθίες 4 διδακτικών σεναρίων τα οποία υλοποιήθηκαν πιλοτικά σε 18 Γυμνάσια της Ελλάδας κατά το έτος 2022-2023 στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Ερευνητικού Προγράμματος HORIZON 2020 Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες «Partnerships for Science Education» (PAFSE, https://pafse.eu/). Ως Ψηφιακά Μαθησιακά Αντικείμενα (ΨΜΑ) αναφέρεται μια υποκατηγορία των Ανοικτών Μαθησιακών Πόρων που αποτελείται από μικρές, αυτόνομες ψηφιακές μαθησιακές μονάδες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπό διαφορετικές εκπαιδευτικές συνθήκες (Topali & Mikropoulos, 2019).

Πιο συγκεκριμένα, τρία από τα σενάρια απευθύνονται σε μαθητές τυπικής ανάπτυξης με αντικείμενα τη μαθηματική αναπαράσταση των επιδημιών και την επίδραση των μη φαρμακευτικών παρεμβάσεων, τις κοινωνικές διαστάσεις των επιδημιών, και το επιστημονικό υπόβαθρο του εμβολιασμού στο πλαίσιο της Δημόσιας Υγείας και της σχετικής επιστημονικής παραπληροφόρησης (Chalkidis et al., 2022). Αποσκοπούν στην απόκτηση γνώσεων επιστημονικού περιεχομένου, στην ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης και στην ανάδειξη των διεπιστημονικών συνδέσεων και του κοινωνικού πλαισίου της επιστήμης (Lederman, 2018˙ Osborne, 2014). Το τέταρτο σενάριο αφορά στην εκπαίδευση μαθητών με ελαφρά ΝΑ για την απόκτηση περιεχομένου επιστημονικού γραμματισμού και δεξιοτήτων διερεύνησης με στόχο την ισότιμη συμμετοχή και συμπερίληψή τους σε ζητήματα Φυσικών Επιστημών και Επιστημών Υγείας της σύγχρονης κοινωνίας (Courtenay & Perera, 2020˙ Delgado et al., 2019).

Σκοπός και απαιτούμενες υποδομές του εργαστηρίου

Το εργαστήριο απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς Φυσικών Επιστημών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Γυμνασίου και Λυκείου, γενικής και ειδικής εκπαίδευσης), διδάσκοντες σε προπτυχιακά και μεταπτυχιακά προγράμματα σπουδών με επιστημονικά αντικείμενα σχετικά με Διδακτική και Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών, Διδακτική της Βιολογίας, Τεχνολογίες Μάθησης και Αγωγή Υγείας, προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών με ενδιαφέρον για συναφή πεδία Επιστημών της Αγωγής, καθώς και ερευνητές σχετιζόμενους με τη Διδασκαλία και τη Μάθηση σε αντίστοιχα πεδία.

Οι σκοποί του εργαστηρίου είναι:

- Η ενημέρωση των συμμετεχόντων για το ερευνητικό πρόγραμμα PAFSE, και ιδιαιτέρως για το διαθέσιμο ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό.
- Η εξοικείωση των συμμετεχόντων με τον πρακτικό χειρισμό επιλεγμένων ΨΜΑ.
- Η βιωματική επαφή των συμμετεχόντων με ενδεικτικά εκπαιδευτικά πλαίσια αξιοποίησης τους (όπως η γενική τάξη, αλλά και η ειδική τάξη στην οποία συμπεριλαμβάνονται μαθητές με ΝΑ), και εκπαιδευτικών βαθμίδων (μέσω τροποποιήσεων και προσαρμογών με βάση τους στόχους και το περιεχόμενο του γνωστικού αντικειμένου).

- Η αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογικών μέσων κατά τον σχεδιασμό διερευνητικών διδακτικών προσεγγίσεων μέσω διαφορετικών τεχνικών ενεργού μάθησης (όπως η δομημένη διερεύνηση, ο έλεγχος μεταβλητών, η χρήση μοντέλων, η επίλυση προβλήματος, η επιχειρηματολογία, η μελέτη επιλεγμένων περιπτώσεων Επιστήμης-Τεχνολογίας-Κοινωνίας, και ειδικότερα στο πλαίσιο της ειδικής εκπαίδευσης η ανάλυση έργου, η χρονική καθυστέρηση και οι προτροπές).

Για την υλοποίηση του εργαστηρίου απαιτείται εργαστήριο Η/Υ με σύνδεση στο Διαδίκτυο, με έναν Η/Υ να αναλογεί ανά ομάδα ενός έως ατόμων, και Η/Υ με δυνατότητα κεντρικής προβολής.

Τα Ψηφιακά Μαθησιακά Αντικείμενα

Τα ΨΜΑ βρίσκονται διαθέσιμα ελεύθερα στο αποθετήριο Ανοικτών Εκπαιδευτικών Πόρων Φωτόδεντρο PAFSE (http://photodentro.pafse.eu/), διαθέσιμα σε ελληνική και αγγλική γλώσσα. Απευθύνονται σε μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου και τα 4 από αυτά απευθύνονται σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ, και εκπαιδευτικούς αντίστοιχων βαθμίδων.

Συνολικά, τα ΨΜΑ είναι σχεδιασμένα κατά τρόπο που να ενισχύουν τη νοηματοδοτημένη (meaningful) μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες προωθώντας την ενεργό μάθηση, την κριτική σκέψη, την οπτικοποίηση και μοντελοποίηση φυσικών φαινομένων, την παροχή πολλαπλών αναπαραστάσεών τους, τον πειραματισμό, την καλλιέργεια μεταγνωσιακών δεξιοτήτων, και την εξωτερίκευση και διαμόρφωση νοητικών μοντέλων, ορισμένα από τα οποία υποστηρίζονται από τη δυναμική και διαδραστική φύση τους (Jonassen et al., 1998˙ Jonassen & Cho, 2008). Στα ΨΜΑ περιλαμβάνονται διαδραστικά μοντέλα και μαθηματικές προσομοιώσεις, διαδραστικοί χάρτες και χρονογραμμές, δυναμικές οπτικοποιήσεις, εννοιολογικοί χάρτες, περιβάλλοντα κριτικής ανάγνωσης πηγών, παιχνίδια ρόλων, και άλλων τύπων δυναμικά μαθησιακά μικροπεριβάλλοντα (Gaintatzis et al., 2023).

Τα ΨΜΑ δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στην πραγμάτευση κοινωνικοεπιστημονικών ζητήματων σχετιζόμενων με τη δημόσια υγεία (Freedman et al., 2009) και τις μεταδοτικές ασθένειες, όπως οι κοινωνικές και υγειονομικές ανισότητες, η κριτική αποτίμηση της επιστημονικής πληροφορίας (Chinn, 2011), τα μέτρα υγιεινής και οι μη φαρμακευτικές παρεμβάσεις (Zhao & Knobel, 2021), η αποτελεσματικότητα εμβολίων (Reiss, 2022), οι πρόσφατες επιδημίες, πανδημίες και ανθρωποζωονόσοι (Morens & Fauci, 2020), ποικίλες διεπιστημονικές διασυνδέσεις, και η σημασία των μαθηματικών στις φυσικές επιστήμες (Ancker & Kaufman, 2007). Εν γένει, η σύμπραξη μεταξύ της διερευνητικής προσέγγισης μάθησης και του περιεχομένου διδασκαλίας κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων ήταν καίριο σημείο κατά τον σχεδιασμό του εκπαιδευτικού λογισμικού (Constantinou & Rybska, 2024).

Τα ΨΜΑ που αφορούν τη περίπτωση των μαθητών με ΝΑ έχουν σχεδιαστεί με προσαρμογές και διευκολύνσεις για τους μαθητές, ακολουθώντας τον Καθολικό Σχεδιασμό για τη Διδασκαλία και τη Μάθηση, καθώς και τις προαναφερόμενες διδακτικές τεχνικές της ανάλυσης έργου, της χρονικής καθυστέρησης και των προτροπών ενσωματωμένες στην διδακτική προσέγγιση της δομημένης διερεύνησης (Mallidis-Malessas et al., 2021).

ΣΥΝΟΨΕΙΣ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Η διάρκεια του εργαστηρίου εξαρτάται από το πλήθος ΨΜΑ που θα εξεταστούν. Προτείνεται εργαστήριο διάρκειας 120 λεπτών, κατά το οποίο θα εξεταστούν εκτενώς 6 ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα γενικής και 4 ειδικής εκπαίδευσης. Εν γένει, οι εκπαιδευόμενοι έδειξαν αρκετά θετική στάση προς την εκπαιδευτική αξία των ΨΜΑ που χειρίστηκαν, τα χειρίστηκαν με αρκετό ενθουσιασμό και πέραν των δραστηριοτήτων που προβλέπονταν από τα φύλλα εργασίας, ιδιαίτερα στις διαδραστικές μαθηματικές προσομοιώσεις και τους διαδραστικούς χάρτες. Οι επιμορφωτικές δραστηριότητες ολοκληρώθηκαν με επιτυχία από τους εκπαιδευόμενους, οι οποίοι δήλωσαν θετική στάση έναντι στην αξιοποίησή τους κατά τη σχολική διδασκαλία είτε στο μάθημα της Βιολογίας, είτε σε διαθεματικές προεκτάσεις διαφόρων μαθημάτων (π.χ. Ιστορία). Σε αρκετές περιπτώσεις οι εκπαιδευόμενοι ξαφνιάστηκαν από τα δεδομένα που προέκυπταν από

τα ΨΜΑ (π.χ. διάφορες επιδημίες ανά χώρα, επιπτώσεις ασθενειών σε ανεμβολίαστο πληθυσμό, αναγκαίο ποσοστό εμβολιαστικής κάλυψης για επίτευξη ανοσίας αγέλης). Ιδιαίτερη δυσκολία παρατηρήθηκε μόνο από άτομα με μη βιολογικό υπόβαθρο κατά τον χειρισμό του ΨΜΑ για τους διάφορους τύπους εμβολίων, λόγω της εξειδικευμένης γνώσης περιεχομένου που εμπεριέχει.

Αρχικά, παρουσιάζεται συνοπτικά το πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος PAFSE και το αποθετήριο των Αποθετήριο Μαθησιακών Πόρων Φωτόδεντρο PAFSE, μαζί με ορισμένα στατιστικά δεδομένα από την εφαρμογή των σεναρίων. Ορίζεται το πλαίσιο των Ανοικτών Εκπαιδευτικών Πόρων, των Ψηφιακών Μαθησιακών Αντικειμένων, καθώς και των χαρακτηριστικά τους (Τζιμογιάννης, 2019). Παρέχονται παραδείγματα όλων των τύπων ΨΜΑ που έχουν κατασκευαστεί εντός του έργου PAFSE και γενικές διδακτικές κατευθύνσεις ως προς τη διερευνητική μάθηση και τη συμμετοχική διδασκαλία (Κουμαράς, 2017˙ Φλογαΐτη κ. ά., 2021˙ Banchi & Bell, 2008).

1η και 2η Δραστηριότητα: Μοντελοποίηση μιας επιδημίας και μη φαρμακευτικές παρεμβάσεις

Οι συμμετέχοντες λαμβάνουν θέση στους Η/Υ και χειρίζονται το ΨΜΑ «Μοντέλο SIR μιας επιδημίας και μη φαρμακευτικές παρεμβάσεις» (https://photodentro.pafse.eu/handle/8586/35). Πρόκειται για μια διαδραστική, δυναμική προσομοίωση μιας επιδημίας σε υποθετική πόλη βάσει του επιδημιολογικού μοντέλου SIR (Susceptible, Infectious, Recovered). Κατά τη διάρκεια της επιδημίας ο χειριστής μπορεί να μεταβάλει ποσοτικές και ποιοτικές μεταβλητές που αφορούν την ασθένεια, την οργάνωση της πόλης, τα τηρούμενα μέτρα προστασίας και να παρατηρήσουν την επίδρασή τους στην εξέλιξη μιας επιδημίας. Επειδή το μαθησιακό περιβάλλον της προσομοίωσης είναι σύνθετο η πρώτη δραστηριότητα στοχεύει στην εξοικείωση των εκπαιδευόμενων με αυτό. Οι ερωτώμενοι παρατηρούν το γραφικό περιβάλλον της προσομοίωσης και τη γραφική παράσταση της επιδημικής καμπύλης, καθώς και τις μεταβολές τους κατά την διεξαγωγή μια επιδημίας, και τα αντίστοιχα χρονικά της στάδια. Καταγράφουν αριθμητικά μέτρα (διάρκεια ασθένειας, μέγιστος αριθμός νεκρών, συνολικός αριθμός νεκρών) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μαθηματική περιγραφή τους και διερευνούν κατά πόσο το μοντέλο είναι σχεδιασμένο με απόλυτη αιτιοκρατία ή εμπεριέχει στοχαστικότητα ως προς την έκβαση επιδημίας δεδομένων αρχικών συνθηκών (Ampatzidis & Armeni, 2022˙ Krell et al, 2015).

Η δεύτερη δραστηριότητα εστιάζει στους τρόπους διδακτικής αξιοποίησης της προσομοίωσης μέσω της διερευνητικής τεχνικής του ελέγχου μεταβλητών (Κουμαράς, 2017˙ Χαλκιά, 2010). Διακρίνουν τις μεταβλητές αναλόγως με τον τύπο τους (ποσοτικές ή ποιοτικές) και τις αντιστοιχίζουν με καταστάσεις του πραγματικού φαινομένου που αναπαριστά το μοντέλο (Χαλκιά, 2010). Διεξάγουν οι ίδιοι σύντομες απλές διερευνήσεις επίδρασης μιας ανεξάρτητης μεταβλητής (π.χ. μεταδοτικότητα ασθένειας) σε εξαρτημένες μεταβλητές (μέτρα μέτρα μαθηματικής περιγραφής επιδημίας), διαφόρων τύπων ανάλογα με την ηλικία και τις δεξιότητες των μαθητών στους οποίους απευθύνονται (Banchi & Bell, 2008).

Σε κάθε περίπτωση διερεύνησης διατυπώνεται το αρχικό καθοδηγητικό διερευνητικό ερώτημα (Banchi & Bell, 2008˙ Lederman, 2018) και αναλύεται ώστε να καθοριστούν οι ανεξάρτητες μεταβλητές που μεταβάλλονται, οι εξαρτημένες μεταβλητές που παρατηρούνται και καταγράφονται, καθώς και οι μεταβλητές που παραμένουν σταθερές κατά τη διάρκεια της διερεύνησης (Χαλκιά, 2010). Μετά την καταγραφή και οργάνωση των αποτελεσμάτων εξάγονται συμπεράσματα σε συμφωνία με αυτά (Banchi & Bell, 2008˙ Lederman, 2018) και ερμηνεύονται στο πλαίσιο μιας πραγματικής κοινωνίας αντί του μοντέλου. Οι εκπαιδευόμενοι εφαρμόζουν τη διερεύνηση του ίδιου ερωτήματος με τη μορφή δομημένης διερεύνησης (structured inquiry), κατά την οποία παρέχεται υψηλός βαθμός καθοδήγησης που συμπεριλαμβάνει το διερευνητικό ερώτημα και αναλυτικές οδηγίες για την καταγραφή και ανάλυση δεδομένων (Banchi & Bell, 2008), με δύο διαφορετικές διαρθρώσεις. Η μία διάρθρωση περιλαμβάνει καταγραφή και επεξεργασία ποσοτικών δεδομένων και προτείνεται για μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας ενώ ή άλλη περιλαμβάνει καταγραφή και επεξεργασία ποιοτικών δεδομένων (αύξηση/μείωση, μεγάλο/μικρό) και προτείνεται για μαθητές μικρότερης ηλικίας (Κουμαράς, 2017). Τέλος, προτείνουν –ως εκπαιδευτικοί- τρόπους διδακτικής αναπλαισίωσης του ίδιου διερευνητικού ερωτήματος με τη μορφή καθοδηγούμενης διερεύνησης (guided inquiry) κατά την οποία η λήψη αποφάσεων για τη μεθοδολογία μελέτης του δοθέντος ερωτήματος εναποτίθεται στους μαθητές, με την παροχή κατάλληλη υποστήριξης όπου χρειάζεται (Banchi & Bell,

2008). Συζητείται, επίσης, η έννοια του πειραματικού σφάλματος και πώς αντικατοπτρίζεται κατά την παρούσα διερεύνηση.

3η Δραστηριότητα: Φύση των επιστημονικών μοντέλων

Κατά τη συγκεκριμένη δραστηριότητα οι εκπαιδευόμενοι εξοικειώνονται με τη χρήση της συγκεκριμένης προσομοίωσης για την ανάδειξη επιστημολογικών στοιχείων όπως η φύση και η λειτουργία των μοντέλων στην Επιστήμη, εν γένει, η οποία αποτελεί συχνά σημείο παρανόησης ειδικά για τη χρήση μοντέλων στις Επιστήμες της Ζωής (Krell et al., 2015). Οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να εφαρμόσουν δύο διδακτικές προσεγγίσεις (Χαλκιά, 2010) που προτείνονται για την ανάδειξη της διάκρισης του επιστημονικού μοντέλου από το πραγματικό φυσικό φαινόμενο, και στη συνέχεια αναστοχάζονται –ως εκπαιδευτικοί- σχετικά με τη διδακτική αξία των τεχνικών. Αρχικά, καλούνται να συγκρίνουν το επιδημιολογικό μοντέλο με το πραγματικό αναπαριστώμενο φαινόμενο (επιδημία), και να καταγράψουν συγκλίσεις και αποκλίσεις μεταξύ τους. Εν γένει, παρατηρείται πως είτε ορισμένες παράμετροι παραλείπονται από το μοντέλο (π.χ. εμβολιασμός), είτε αναπαριστώνται σκοπίμως σε μη ρεαλιστική κλίμακα (π.χ. πληθυσμός), είτε αναπαριστώνται με πολύ πιο απλό τρόπο (π.χ. φαρμακευτικές μάσκες ενός τύπου). Στη συνέχεια οι εκπαιδευόμενοι χειρίζονται την προσομοίωση «Μοντέλο SIR μιας επιδημίας» (https://photodentro.pafse.eu/handle/8586/48), που αποτελεί μια διαφορετική εκπαιδευτική αναπαράσταση ενός μοντέλου SIR. Οι εκπαιδευόμενοι καταγράφουν τις συγκλίσεις και τις αποκλίσεις μεταξύ των δύο μοντέλων και συζητούν υπό ποιες συνθήκες θεωρούν ότι είναι καταλληλότερη η χρήση καθενός από αυτά (π.χ. χρήση απλούστερου μοντέλου για λήψη αδρών αποτελεσμάτων πιο άμεσα ή χρήση τους από μη εξοικειωμένους μαθητές). Με αυτόν τον τρόπο αναδεικνύεται η σημασία ύπαρξης διαφορετικών μοντέλων (αναπαραστάσεων) του ίδιου φυσικού φαινομένου και οι εκπαιδευόμενοι συζητούν πώς θα προσέγγιζαν την έννοια του επιστημονικού μοντέλου με τους μαθητές τους (Χαλκιά, 2010˙ Krell et al., 2015).

4η και 5η Δραστηριότητα: Ανάπτυξη επιχειρηματολογίας για τη χρησιμότητα των εμβολίων

Οι συγκεκριμένες δραστηριότητες αποσκοπούν στη χρήση δύο προσομοιώσεων από τους εκπαιδευόμενους με σκοπό την ανάδειξη του οφέλους του εμβολιασμού στη Δημόσια Υγεία υπό ποικίλες συνθήκες, καθώς είναι ένα ζήτημα που φέρει αρκετές παρανοήσεις από μεγάλο τμήμα του πληθυσμού (Μελαγωνίτου 2023˙ Reiss, 2022), καθώς και ανάδειξη τρόπων όπως προώθησής τους κατά τη διδασκαλία.

Οι εκπαιδευόμενοι χειρίζονται την προσομοίωση «Παράμετροι που επηρεάζουν την ανοσία αγέλης» (https://photodentro.pafse.eu/handle/8586/171). Πρόκειται, επίσης, για ένα μαθηματικό μοντέλο SIR μιας επιδημίας σε έναν πληθυσμό, αλλά με λιγότερες παραμέτρους προς χειρισμό σε σχέση με το προηγούμενο. Οι παραμέτρους εστιάζουν σε ζητήματα εμβολιασμού και περιλαμβάνουν τη μεταδοτικότητα της ασθένειας, τη διάρκεια της ασθένειας, την εμβολιαστική κάλυψη και την αποτελεσματικότητα του εμβολίου ως προς την ασθένεια, και περιλαμβάνονται και συγκεκριμένες τιμές πραγματικών ασθενειών και εμβολίων. Έχοντας εξοικειωθεί με τη διαδικασία διερεύνησης μέσω χειρισμού μεταβλητών, οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να χρησιμοποιήσουν την προσομοίωση για να βρουν το κρίσιμο (ελάχιστο) ποσοστό εμβολιαστικής κάλυψης για τις περιπτώσεις πραγματικών ασθενειών όπως η ιλαρά και η διφθερίτιδα. Συζητούν κατά πόσο η οπτικοποίηση που παρέχεται από την προσομοίωση μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της ανοσίας αγέλης και αν μπορεί να επιτευχθεί ανοσία αγέλης –και σε ποιο κρίσιμο ποσοστό- σε αυτές τις δύο περιπτώσεις. Στηριζόμενοι στα ευρήματα και δεδομένα της έρευνάς τους καλούνται να επιχειρηματολογήσουν κατά πόσο εξηγείται η αναγκαιότητα του εμβολιασμού έναντι της ιλαράς και διφθερίτιδας ή αν χρειάζονται και συμπληρωματικά στοιχεία. Στη συνέχεια καλούνται να επιχειρηματολογήσουν γιατί είναι απαραίτητος ο εμβολιασμός έναντι της ιλαράς σε πολύ μικρή ηλικία και γιατί σημειώνονται εξάρσεις της νόσου σε περιοχές που μειώνεται έστω και λίγο η εμβολιαστική κάλυψη.

Στην επόμενη δραστηριότητα οι εκπαιδευόμενοι χειρίζονται την προσομοίωση «Δραστικότητα και παρενέργειες εμβολίων» (https://photodentro.pafse.eu/handle/8586/160). Πρόκειται για μια οπτικοποίηση πιθανοτήτων που περιγράφουν τι ποσοστό αναμένεται να μείνει υγιές ή χωρίς συμπτώματα, να εμφανίσει με ελαφρά συμπτώματα, να εμφανίσει βαριές επιπλοκές ή να πεθάνει, σε έναν εικονικό πληθυσμό 100 ατόμων.

Οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να επιλέξουν μια ασθένεια και ανά ασθένεια εμφανίζονται 3 τέτοιοι πληθυσμοί ο ένας δίπλα στον άλλον που αντιστοιχούν στη μόλυνση μη εμβολιασμένου πληθυσμού, στη μόλυνση εμβολιασμένου πληθυσμού και στις επιπτώσεις του ίδιου του εμβολίου. Οι εκπαιδευόμενοι πρέπει μέσω της διεξαγωγής κατάλληλων συγκρίσεων μεταξύ πραγματικών αριθμητικών δεδομένων να συμπληρώσουν στην επιχειρηματολογία υπέρ του εμβολιασμού έναντι της ιλαράς και της διφθερίτιδας, την οποία εκκίνησαν κατά την προηγούμενη δραστηριότητα. Το συγκεκριμένο ΨΜΑ αναδεικνύει τη σημασία του εμβολιασμού για την πρόληψη θανάτων και επιπλοκών, ακόμα και αν το εν λόγω εμβόλιο δεν προστατεύει από τη μετάδοση της ασθένειας ή τη νόσηση, τουλάχιστον σε μεγάλο βαθμό.

Στο τέλος των δύο δραστηριοτήτων οι εκπαιδευόμενοι εκπαιδευτικοί καλούνται να προτείνουν τρόπους χρήσης των δύο ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων (συμπληρωματικά ή μεμονωμένα) σε μαθητές διαφόρων ηλικιών για την ανάδειξη της αναγκαιότητας του εμβολιασμού. Σχολιάζονται, επίσης, τα διαφορετικά μαθησιακά οφέλη των δύο ΨΜΑ, καθώς και οι διαφορές τους ως προς το επιστημονικό περιεχόμενο. Σχολιάζεται, επίσης, η συνεισφορά των δύο ΨΜΑ σχετικά με την αναπαράσταση και κατανόηση μαθηματικών δεδομένων (π.χ. πιθανότητες) στο πλαίσιο της Υγείας (Ancker & Kaufman, 2007).

6η Δραστηριότητα: Τύποι εμβολίων

Οι εκπαιδευόμενοι χειρίζονται το ΨΜΑ «Δράση διαφορετικών τύπων εμβολίων» (https://photodentro.pafse.eu/handle/8586/172). Πρόκειται για μια διαδραστική δυναμική παρουσίαση με χρήση animation, που παρουσιάζει τα βασικά στάδια κατασκευής και δράσης 8 διαφορετικών τύπων εμβολίων, παλαιότερης και πιο σύγχρονης τεχνολογίας. Οι εκπαιδευόμενοι επιλέγουν έναν τύπο εμβολίου της προτίμησής τους και πλοηγούνται στα στάδια κατασκευής και δράσης του, με σκοπό την εξοικείωση με το μαθησιακό περιβάλλον. Κατόπιν, οι εκπαιδευόμενοι ασκούνται σε μια ενδεικτική διδακτική πλαισίωση του ΨΜΑ εντός μιας μαθητοκεντρικής συμμετοχικής διαδικασίας, και ειδικότερα τη συνθήκη μιας επίλυσης προβλήματος (problem solving) (Φλογαΐτη κ. ά., 2021). Αρχικά τους παρέχονται περιγραφές τριών υποθετικών μικροοργανισμών (πολύ μολυσματικός ιός με μελετημένο γονιδίωμα και επιφανειακές πρωτεΐνες που απομονώνονται δύσκολα, νέα πολύ μολυσματική παραλλαγή ιού με συγγενική καλά μελετημένη και ελάχιστα μολυσματική παραλλαγή του, και νέο βακτήριο με άγνωστο DNA με χαρακτηριστικές πρωτεΐνες στο κυτταρικό τοίχωμα που παράγει επικίνδυνες τοξικές ουσίες). Στη συνέχεια, αφήνονται να εξερευνήσουν προσεκτικά 4 τύπους εμβολίων (εμβόλιο τοξίνης, εμβόλιο υπομονάδων, εμβόλιο ανασυνδυασμένων μικροοργανισμών, εμβόλιο RNA), να καταγράψουν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης κάθε τύπου εμβολίου ανά περίπτωση μικροοργανισμού και εν τέλει να επιχειρηματολογήσουν ποιος θα ήταν ο καταλληλότερος τύπος εμβολίου ανά περίπτωση. Η συγκεκριμένη πρόταση διατυπώνεται ως μιας μορφής αξιοποίησης του ΨΜΑ για την ανάπτυξη επιστημονικών δεξιοτήτων, δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας και δεξιοτήτων κριτικής σκέψης υψηλού επιπέδου (Constantinou & Rybska, 2024).

7η Δραστηριότητα: Αξιοποίηση διαδραστικών χαρτών για κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα

Οι εκπαιδευόμενοι χειρίζονται το ΨΜΑ «Χάρτης και χρονογραμμή μεταδοτικών ασθενειών» (https://photodentro.pafse.eu/handle/8586/47). Πρόκειται για μια δυναμική και διαδραστική χρονογραμμή συνοδευόμενη από παγκόσμιο χάρτη, στην οποία ο χειριστής επιλέγει μια μεταδοτική ασθένεια και μέσω πλοήγησης στη χρονογραμμή παρατηρεί τις αυξήσεις και μειώσεις της συχνότητας κρουσμάτων της ασθένειας ανά χώρα μέσω αντίστοιχης μεταβολής της έντασης του χρώματος της κάθε χώρας. Η επιλογή κάθε χώρας συνοδεύεται με εμφάνιση αντίστοιχης γραφικής παράστασης της συχνότητας των κρουσμάτων ως προς τον χρόνο. Για την εξοικείωσή τους με το περιβάλλον, οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να εντοπίσουν από δύο παραδείγματα ενδημιών, επιδημιών και πανδημιών μέσω της εφαρμογής προσδιορίζοντας την ασθένεια, το χρονικό διάστημα και την περιοχή ανά περίπτωση. Ζητείται από τους εκπαιδευόμενους να σκεφτούν πώς θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν το συγκεκριμένο ΨΜΑ κατά τη διδασκαλία και ποια θα ήταν τα αναμενόμενα μαθησιακά οφέλη. Τονίζονται τα κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα που αναδεικνύονται από τα δεδομένα του συγκεκριμένου ΨΜΑ (π.χ. γεωγραφική ανισοκατανομή ασθενειών, εξάλειψη ασθενειών με την πάροδο του χρόνου, τοπικές επανεμφανίζεις επιδημικών εξάρσεων) καθώς και η

διαθεματική και διεπιστημονική φύση του συγκεκριμένου ΨΜΑ (Βιολογία, Ιστορία, Γεωγραφία, Κοινωνικές Επιστήμες, Μαθηματικά). Οι προσεγγίσεις που προτείνονται εμπίπτουν κατά βάση στην ανάπτυξη διαθεματικών εργασιών εμβάθυνσης σε συγκεκριμένες περιπτώσεις που περιλαμβάνονται στο ΨΜΑ (π.χ. ιστορία της Ιλαράς στην Ελλάδα, εμβολιασμός και εξάλειψη ασθενειών) μέσω προσεγγίσεων όπως οι μελέτες περίπτωσης, τα σχέδια εργασίας (πρότζεκτ) και οι διαθεματικές δημιουργικές εργασίες (Φλογαΐτη κ. ά., 2021). Στη συνέχεια ωθούνται πώς θα μπορούσε να ενταχθεί το ΨΜΑ για τη μελέτη καθοδηγητικών διερευνητικών ερωτημάτων (Banchi & Bell, 2008), όπως η συγκριτική μελέτη του βαθμού εξάπλωσης ή των κρουσμάτων διαφόρων ασθενειών. Αρκετοί εκπαιδευόμενοι τόνισαν τη σημασία του ΨΜΑ για τη σύνδεση με κοινωνικά θέματα (π.χ. παιδική θνησιμότητα από ασθένειες στο παρελθόν) ή θέματα Τοπικής Ιστορίας. Στην ίδια λογική έγινε, ακόμα, επίδειξη του ΨΜΑ «Χάρτης προέλευσης μεταδοτικών ασθενειών» (https://photodentro.pafse.eu/handle/8586/170).

8η Δραστηριότητα: ΨΜΑ για μαθητές με ελαφρά Νοητική Αναπηρία (ΝΑ)

Σε αυτό το σημείο επιδεικνύονται στους εκπαιδευόμενους ΨΜΑ που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για μαθητές με ελαφρά ΝΑ, καθώς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του λογισμικού που ανταποκρίνεται στο μαθησιακό και ψυχοπαιδαγωγικό προφίλ των μαθητών (Delgado et al., 2019˙ Mallidis-Malessas et al., 2021). Το συγκεκριμένο σκέλος του εργαστηρίου απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς Φυσικών Επιστημών με εξειδίκευση στην ειδική εκπαίδευση και μελετά συνολικά τέσσερα ΨΜΑ. Τα ΨΜΑ που εξετάζονται είναι ο «Εννοιολογικός χάρτης μετάδοσης COVID-19 για μαθητές με Νοητική Αναπηρία» (https://photodentro.pafse.eu/handle/8586/38), ο «Εννοιολογικός χάρτης συμπτωμάτων COVID-19 για μαθητές με Νοητική Αναπηρία» (https://photodentro.pafse.eu/handle/8586/37), ο «Εννοιολογικός χάρτης COVID-19 για μαθητές με Νοητική Αναπηρία» (https://photodentro.pafse.eu/handle/8586/30) και το «Αλληλεπιδραστικό infographic COVID-19» (https://photodentro.pafse.eu/handle/8586/39). Τα τρία πρώτα περιλαμβάνουν διαδραστικούς εννοιολογικούς χάρτες με κεντρική έννοια τη μεταδοτική ασθένεια. Ειδικότερα, παρουσιάζονται η περιγραφή ενός ιού, τα συμπτώματα και οι τρόποι μετάδοσής του με απλά βήματα ανάλυσης έργου, καθώς και ενδιάμεσες επιβραβεύσεις, οι οποίες στοχεύουν στην ενίσχυση του κινήτρου συμμετοχής και στη διατήρηση της συγκέντρωσης (χαρακτηριστικά ελλείμματα των μαθητών με ελαφρά ΝΑ). Ο εννοιολογικός χάρτης εμφανίζεται στους μαθητές σταδιακά, ανά απλή πρόταση τη φορά, την οποία οι μαθητές οφείλουν να συμπληρώσουν με μία λέξη από ένα περιορισμένο σύνολο επιλογών (αξιοποιείται η τεχνική ανάλυσης έργου και η μέθοδος Easy to Read/Κείμενο για Όλους). Οι λέξεις συνοδεύονται από ανάλογες οπτικοποιήσεις, οι οποίες συμβάλλουν στη μείωση του γνωστικού φορτίου των μαθητών και στην ενίσχυση των μνημονικών διεργασιών. Με τη συμπλήρωση της κατάλληλης λέξης παρέχεται άμεση ανατροφοδότηση και επιβράβευση στον μαθητή ώστε να ενθαρρυνθεί να συνεχίσει. Ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να κάνει όσες προσπάθειες χρειαστεί για την επιτυχή ολοκλήρωση της δραστηριότητας. Επισημαίνεται ότι εφόσον συμπληρωθεί σωστά μία πρόταση εμφανίζεται η επόμενη προς συμπλήρωση, η οποία συναρμόζει με την πρώτη. Στο τέλος σχηματίζεται ένας πλήρης εννοιολογικός χάρτης από όλες τις προτάσεις, τον οποίο ο μαθητής μπορεί να δει ολοκληρωμένο. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στη χρήση λίγων κεντρικών και σχετικά απλών λέξεων, σε αντιστοίχιση με εικονίδια, ώστε να προαχθεί επιτυχώς η νοηματική δόμηση χωρίς να υπάρχει ουσιαστική έκπτωση του νοηματικού περιεχομένου και υπέρμετρη επιβάρυνση του γνωσιακού φορτίου του μαθητή (Delgado et al., 2010). Κατά αυτόν τον τρόπο προάγεται η ανάπτυξη βασικών γνώσεων, δεξιοτήτων και συμπεριφορών στους μαθητές.

Το τέταρτο ΨΜΑ αφορά ένα δυναμικό infographic το οποίο στοχεύει στην ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων και την επίλυση προβλήματος μέσω της εξάσκησης σε δεξιότητες διερεύνησης για τη συμπερίληψη των μαθητών στη γενική τάξη και στην ευρύτερη κοινωνία (Courtenay & Perera, 2020). Οι μαθητές χρειάζεται να χαρακτηρίσουν ορισμένες πρακτικές στο φάσμα της βασικής υγιεινής (π.χ. χρήση αντισηπτικού, ανταλλαγές χρημάτων) και να τα χαρακτηρίσουν ως κατάλληλα ή ακατάλληλα. Η απεικόνιση των πρακτικών καθώς και της «καταλληλότητας» και «ακαταλληλότητας» γίνεται με απλά εικονίδια σε ευθυγράμμιση με το προφίλ και τις ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες των μαθητών. Σε κάθε σωστό χαρακτηρισμό πρακτικής από τους μαθητές παρέχεται άμεση θετική ανατροφοδότηση (ενίσχυση). Σε όλα τα ΨΜΑ η εξειδικευμένη ορολογία αντικαταστάθηκε από χαρακτηριστικές εικόνες των κεντρικών εννοιών με σκοπό την ουσιαστική εννοιολογική κατανόηση των μαθητών, την αποτελεσματική απομνημόνευση αλλά

και την απόκτηση βασικού λεξιλογίου, σύμφωνα με τις αρχές του καθολικού σχεδιασμού. Οι εκπαιδευόμενοι ειδικής αγωγής και εκπαίδευσης συζητούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ΨΜΑ που τα καθιστούν κατάλληλα για την συμπερίληψη μαθητών και τη διδασκαλία τους σε συνθήκες ειδικής και γενικής τάξης. Ορισμένοι εκπαιδευόμενοι παρατήρησαν τη δυνατότητα χρήσης των ΨΜΑ και σε παιδιά προσχολικής ηλικίας τυπικής ανάπτυξης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το έργο έχει λάβει χρηματοδότηση από το πρόγραμμα Horizon 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης - Πρόγραμμα Έρευνας και Καινοτομίας βάσει της συμφωνίας υπ' αριθμόν 101006468.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κουμαράς, Π. (2017). *Διδάσκοντας Φυσική αύριο … με στόχο την καλλιέργεια γνώσεων και ικανοτήτων για τη ζωή*. Gutenberg, Αθήνα.

Μελαγωνίτου, Α. (2023). *Η Ψευδοεπιστήμη την εποχή της COVID-19.* Διπλωματική Εργασία. Εθνικό και Καποδιστρικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/3338714.

Τζιμογιάννης, Α. (2019). *Ψηφιακές Τεχνολογίες και Μάθηση του 21ου αιώνα*. Κριτική, Αθήνα.

Φλογαΐτη, Ε., Λιαράκου, Γ., & Γαβριλάκης, Κ. (2021). *Συμμετοχικές μέθοδοι διδασκαλίας και μάθησης: Εφαρμογές στην εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία.* Πεδίο, Αθήνα.

Χαλκιά, Κ. (2010). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις* (Α΄ Τόμος). Πατάκη, Αθήνα.

Ampatzidis, G., & Armeni, A. (2022). Designing a learning environment to teach about COVID-19. *Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση*, *11*(8B), 169-175.

Ancker, J. S., & Kaufman, D. (2007). Rethinking health numeracy: a multidisciplinary literature review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 14(6), 713-721.

Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, *46*(2), 26.

Chalkidis, D., Santos, C., & Mikropoulos, T. A. (2022). Partnerships for Science Education: Public health education and awareness with digital technologies. *13th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, 29th August – 2nd September, Nicosia, Cyprus.

Chinn, D. (2011). Critical health literacy: A review and critical analysis. *Social Science & Medicine*, *73*(1), 60-67.

Constantinou, C. P., & Rybska, E. (2024). Design principles for integrating science practices with conceptual understanding: an example from a digital learning environment on microbial resistance to antibiotics. *Humanities and Social Sciences Communications, 11*(1), 1-12.

Courtenay, K., & Perera, B. (2020). COVID-19 and people with intellectual disability: Impacts of a pandemic. *Irish Journal of Psychological Medicine*, *37*(3), 231-236.

Delgado, P., Ávila, V., Fajardo, I., & Salmerón, L. (2019). Training young adults with intellectual disability to read critically on the internet. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities, 32*(3), 666–677.

Freedman, D. A., Bess, K. D., Tucker, H. A., Boyd, D. L., Tuchman, A. M., & Wallston, K. A. (2009). Public health literacy defined. *American Journal of Preventive Medicine*, *36*(5), 446-451.

Gaintatzis, P., Chalkidis, D., Iatraki, G., Mikropoulos T. A., Megalou, E., & Santos, C. (2023). Designing Digital Learning Objects for Public Health. Στο *4ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέριο Ηλεκτρονική Μάθηση και Ανοικτοί Εκπαιδευτικοί Πόροι - Πρακτικά Εργασιών* (σ. 21-23). Αθήνα.

Jonassen, D. H., Carr, C., & Yueh, H. P. (1998). Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking. *TechTrends*, *43*(2), 24-32.

Jonassen, D., & Cho, Y. H. (2008). Externalizing mental models with mindtools. *In Understanding Models for Learning and Instruction* (pp. 145-159). Springer, Boston.

Krell, M., Reinisch, B., & Krüger, D. (2015). Analyzing students' understanding of models and modeling referring to the disciplines biology, chemistry, and physics. *Research in Science Education, 45*, 367-393.

Lederman, N. G. (2018). Nature of scientific knowledge and scientific inquiry in biology teaching. In Kampourakis, K., & Reiss,, M. (Eds). *Teaching biology in schools* (pp. 216-235). Routledge.

Mallidis-Malessas, P., Iatraki, G., & Mikropoulos, T. A. (2021). Teaching Physics to Students With Intellectual Disabilities Using Digital Learning Objects. *Journal of Special Education Technology*. https://doi.org/10.1177/01626434211054441

Mikropoulos, T. A., & Iatraki, G. (2023). Digital technology supports science education for students with disabilities: A systematic review. *Education and Information Technologies*, *28*(4), 3911-3935.

Morens, D. M., & Fauci, A. S. (2020). Emerging pandemic diseases: how we got to COVID-19. *Cell*, *182*(5), 1077-1092.

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, *25*(2), 177-196.

Paakkari, L., & Okan, O. (2020). COVID-19: health literacy is an underestimated problem. *The Lancet Public Health*, 5(5), e249-e250.

Reiss, M. J. (2022). Trust, science education and vaccines. *Science & Education*, *31*(5), 1263-1280.

Topali, P., & Mikropoulos, T. A. (2019). Digital learning objects for teaching computer programming in primary students. In *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education: First International Conference, TECH-EDU 2018, Thessaloniki, Greece, June 20–22, 2018, Revised Selected Papers 1* (pp. 256-266). Springer International Publishing.

Zhao, X., & Knobel, P. (2021). Face mask wearing during the COVID-19 pandemic: comparing perceptions in China and three European countries. *Translational behavioral medicine*, 11(6), 1199-1204.