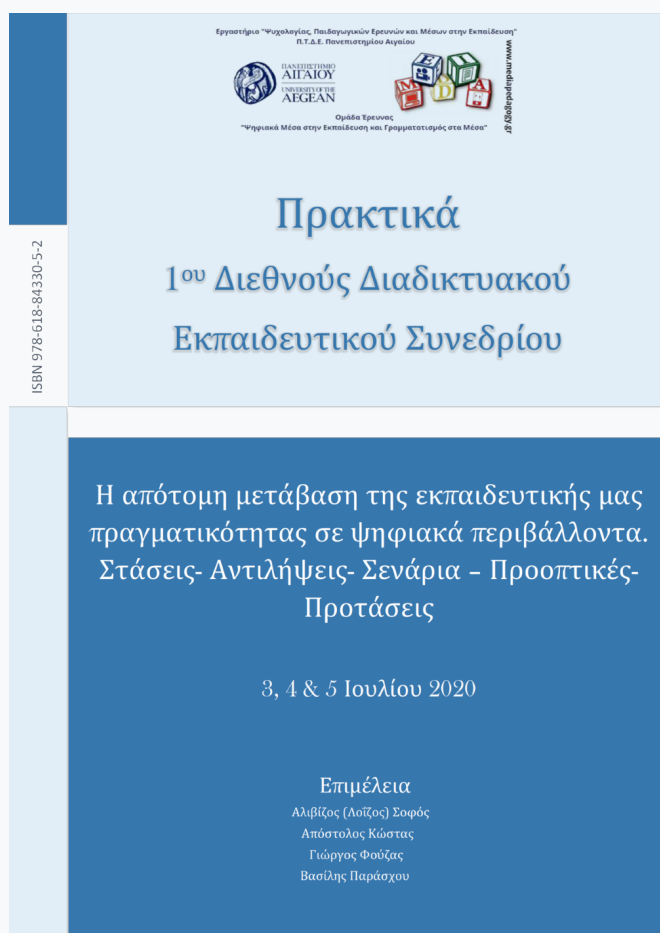


1ο Διεθνές Διαδικτυακό Εκπαιδευτικό Συνέδριο Από τον 20ο στον 21ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες

Αρ. 1 (2021)

Τόμος Πρακτικών 1ο Διαδικτυακό Εκπαιδευτικό Συνέδριο "Από τον 20ο στον 21ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες: Η απότομη μετάβαση της εκπαιδευτικής μας πραγματικότητας σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Στάσεις – Αντιλήψεις – Σενάρια – Προοπτικές – Προτάσεις



Στήριξη διεπιστημονικών αναστοχασμών στη σύγχρονη διδασκαλία Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών: ανάμεσα στο δια ζώσης και το εξ αποστάσεως

*Γεώργιος Κρητικός, Ανδρέας Μούτσιος-Ρέντζος,
Φραγκίσκος Καλαβάσης*

doi: [10.12681/online-edu.3235](https://doi.org/10.12681/online-edu.3235)

Στήριξη διεπιστημονικών αναστοχασμών στη σύγχρονη διδασκαλία Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών: ανάμεσα στο δια ζώσης και το εξ αποστάσεως

Γεώργιος Κρητικός¹, Ανδρέας Μούτσιος-Ρέντζος², Φραγκίσκος Καλαβάσης³
gkritikos@aegean.gr, moutsiosrent@primedu.uoa.gr, kalabas@aegean.gr

¹ Μέλος Ε.Δ.Ι.Π. Πανεπιστημίου Αιγαίου

² Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ

³ Καθηγητής Πανεπιστημίου Αιγαίου

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετάμε τους διεπιστημονικούς αναστοχασμούς που αναπτύσσονται ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, έχοντας σχεδιάσει ένα διεπιστημονικό αναστοχαστικό εργαλείο, τόσο για τη δια ζώσης, όσο και για τη διαδικτυακή αλληλεπίδραση των εκπαιδευτικών. Στο πλαίσιο αυτού του εργαλείου, οι εκπαιδευτικοί μελετούν χωρία από σχολικά εγχειρίδια, εστιάζοντας στη μαθηματική σημειογραφία, η οποία αποτελεί τον πυρήνα της επικοινωνίας των ιδεών των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Ο σχεδιασμός του εργαλείου περιλαμβάνει στάδια στα οποία οι εκπαιδευτικοί απαντούν αρχικά ατομικά, στη συνέχεια σε ομάδες του ίδιου κλάδου και, στο τελικό στάδιο, ανταλλάσσουν απόψεις στην ολομέλεια. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, οι σχολιασμοί των εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων εμφανίζουν αποκλίσεις, αλλά και συγκλίσεις, ενώ όλοι/ες σημειώνουν τη σημασία της διεπιστημονικής συνεργασίας και αλληλεπίδρασης μεταξύ των εκπαιδευτικών και μεταξύ των συγγραφέων των σχολικών εγχειριδίων για την βελτίωση της διδασκαλίας και μάθησης των μαθημάτων των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών.

Λέξεις κλειδιά: Διεπιστημονικότητα, Αναστοχασμός, Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες

Εισαγωγή

Η μαθηματική σημειογραφία είναι στον πυρήνα της επικοινωνίας των ιδεών των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, δημιουργώντας άρρητες συνδέσεις που συνυπάρχουν με συγκλίσεις και αποκλίσεις στις αποδεκτές για το κάθε επιστημονικό αντικείμενο νοηματοδοτήσεις. Σε αυτό το πλαίσιο και στον διδακτικό του μετασχηματισμό, αναπτύσσονται διδακτικές και μαθησιακές πρακτικές που οικοδομούν άρρητες συνδέσεις ή/και αποσυνδέσεις μεταξύ εννοιών από διαφορετικά μαθήματα όταν εμφανίζεται κοινή σημειογραφία, δηλώνοντας ή/και αποσιωπώντας νοηματοδοτήσεις μιας επιστήμης σε μια άλλη. Τέτοιες μη κατάλληλες διεπιστημονικές νοηματοδοτήσεις, ενδέχεται να οδηγήσουν σε μαθησιακά εμπόδια διεπιστημονικής βάσης που ξεπερνούν τα τεχνητά όρια της διαμερισματοποίησης της γνώσης. Βάσει αυτών, προτείνεται μία διεπιστημονική προσέγγιση της (συν)διδασκαλίας, όπου η αναζήτηση για τις αιτίες των μαθησιακών εμποδίων πραγματοποιείται μέσα από τη Διδακτική τόσο των Μαθηματικών, όσο και των Φυσικών Επιστημών.

Στο πλαίσιο αυτής της οπτικής και υπό συνθήκες που καθιστούν αναγκαία την εξ αποστάσεως σύγχρονη παρουσία των εκπαιδευτικών, σχεδιάσαμε το Διεπιστημονικό Αναστοχαστικό Εργαλείο (IRT, Interdisciplinary Reflective Tool). Το IRT είναι μία διαδικτυακή πλατφόρμα που συνιστά έναν τοπολογικό μετασχηματισμό ενός δια ζώσης σύγχρονου σχεδιασμού (Moutsios-Rentzos & Kalavasis, 2015) με στόχο την υποστήριξη

εκπαιδευτικών διαφορετικών κλάδων, ώστε μέσω ατομικών και συλλογικών διεπιστημονικών αναστοχασμών να επικοινωνήσουν τις διακριτές διδασκαλίες τους, εστιάζοντας στη σημασία της σύνδεσης της διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών.

Ο σχεδιασμός και των δύο προσεγγίσεων (IRT, δια ζώσης) περιλαμβάνει τέσσερα στάδια: α) οι εκπαιδευτικοί απαντούν ατομικά σε ερωτήσεις που αναφέρονται σε εμφανίσεις της ίδιας μαθηματικής σημειογραφίας σε επιλεγμένα χωρία από σχολικά εγχειρίδια Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, β) σε ομάδες του ίδιου κλάδου, απαντούν στις ίδιες ερωτήσεις ως ομάδα, γ) οι ίδιες ομάδες καταδεικνύουν και τεκμηριώνουν τα δύο σημαντικότερα προβλήματα που αφορούν στη διδασκαλία των δύο μαθημάτων και σχετίζονται με τις εμφανίσεις που παρατήρησαν, δ) όλες οι ομάδες παρουσιάζουν στην ολομέλεια τα δύο σημαντικότερα προβλήματα και ανταλλάσσουν απόψεις. Μέσω της συγκριτικής συζήτησης των δύο υλοποιήσεων θα επικεντρωθούμε στους διδακτικούς μετασχηματισμούς που επιτρέπουν τόσο αναλλοίωτες, όσο και συμπληρωματικές ποιότητες μάθησης.

Θεωρητικό πλαίσιο

Κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών σε μία σχολική τάξη λαμβάνουν χώρα άδηλες διδακτικό-μαθησιακές διεργασίες μέσω των κοινών τους σημειογραφιών (Καλαβάσης & Κρητικός 2017; Κρητικός & Μούτσιος-Ρέντζος 2018). Τα μηνύματα που λαμβάνουν οι μαθητές/τριες από τα διαφορετικά μαθήματα είναι διακριτά, αλλά και αλληλεπιδρώντα. Ωστόσο, τα μηνύματα αυτά δεν επικοινωνούν μεταξύ τους, καθώς τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (ΑΠΣ) αντιμετωπίζουν κάθε μάθημα ξεχωριστά, με αποτέλεσμα οι αλληλεπιδράσεις των μηνυμάτων και οι αποκωδικοποιήσεις τους να μην λαμβάνονται υπόψη κατά τη διδασκαλία. Έτσι, δημιουργούνται αόρατα εμπόδια στη σχεσιακή κατανόηση μονο/δι-επιστημονικών νοημάτων, ενώ οι μαθητές/τριες μπορεί να οδηγηθούν σε εναλλακτικές αντιλήψεις εξαιτίας των αυθαίρετων διασυνδέσεων ανάμεσα σε νοήματα που εξάγονται από διακριτές διδασκαλίες διαφορετικών μαθημάτων.

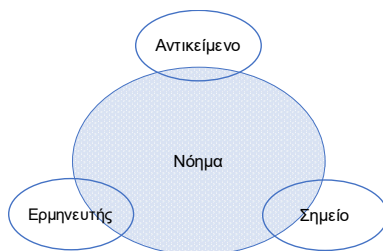
Έχοντας ως στόχο τη διερεύνηση κοινών σημειογραφιών ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη διαύλων επικοινωνίας ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς και τα μαθήματά τους, υιοθετούμε τη συστημική θεώρηση της σχολικής τάξης (Davis & Simmt 2003; Steffe, 2010), κατά την οποία η σχολική τάξη λειτουργεί ως ένα σύστημα, ως ένας μανθάνων οργανισμός. Ανάμεσα στα αλληλεπιδρώντα στοιχεία αυτού του συστήματος συμπεριλαμβάνονται τα σχολικά εγχειρίδια, οι εκπαιδευτικοί, οι μαθητές, οι γονείς, η κοινωνία, οι θεσμοί κ.ά. Στην παρούσα εργασία εστιάζουμε στους εκπαιδευτικούς, στα σχολικά εγχειρίδια και στις αλληλεπιδράσεις ανάμεσά τους.

Η διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας θα μπορούσε να προκύψει και να αναπτυχθεί μέσα από έναν αναστοχασμό των εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων στην κοινή σημειογραφία των σχολικών εγχειριδίων. Η διεπιστημονικότητα στηρίζεται στη διάκριση των επιστημονικών κλάδων, αναγνωρίζοντας και αναδεικνύοντας τις διαφορετικές επιστημονικές προσεγγίσεις. Μέσα από τη διεπιστημονικότητα στην εκπαίδευση, επιδιώκεται η διασύνδεση των διαφορετικών διδακτικών προσεγγίσεων σε ένα ενιαίο πρόγραμμα διδασκαλίας (Nikitina & Mansilla 2003).

Σύμφωνα με τον Duval (2006), το άτομο κατά τη μάθηση αποθηκεύει τις αναπαραστάσεις του σε ένα μητρώο, το οποίο διαρκώς ανακαλείται με στόχο τη χρήση, την αναθεώρηση, ή τον εμπλουτισμό των αναπαραστάσεων. Αντλώντας από αντίστοιχες εννοιολογήσεις επικοινωνιακών συστημάτων, στην παρούσα έρευνα υιοθετήθηκε η επικοινωνιακή τριάδα «σημείο, ερμηνευτής, επιστημικό αντικείμενο» (Μούτσιος-Ρέντζος, Κρητικός & Καλαβάσης, 2017) από την οποία το προκύπτει αντίστοιχο επικοινωνιακό νόημα (Σχήμα 1). Συνοπτικά,

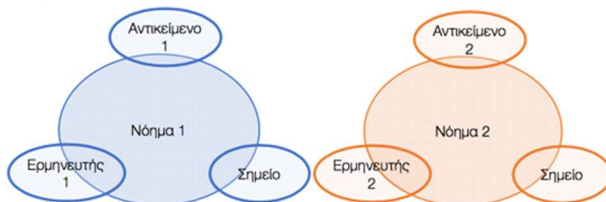
Από τον 20^ο στον 21^ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες Η απότομη μετάβαση της εκπαιδευτικής μας πραγματικότητας σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Στάσεις-Αντιλήψεις-Σενάρια-Προοπτικές-Προτάσεις

το σημείο ενεργοποιεί την επικοινωνιακή τριάδα και είναι δυνατό να είναι σύμβολο, εικόνα, λέξη κ.ά. αλλά και συνδυασμός αυτών ως μια σύνθετη ολότητα (μια φράση, μια εξίσωση κτλ). Το νόημα αναφέρεται στη διαδικασία νοηματοδότησης που αναδύεται κατά τη διδασκαλία ενός σχολικού μαθήματος, συμπεριλαμβάνοντας λεκτική και μη λεκτική επικοινωνία, πρακτικές, νόρμες κτλ. Οι ερμηνευτές είναι τα υποκείμενα που συμμετέχουν στις επικοινωνιακές διαδικασίες. Ένα άτομο μπορεί να συνιστά διαφορετικό ερμηνευτή για μια διαφορετική επικοινωνιακή κατάσταση, καθώς μπορεί να υποκειμενοποιείται με διαφορετικούς λόγους. Για παράδειγμα, ο ίδιος δάσκαλος πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αποτελεί διαφορετικό ερμηνευτή όταν διδάσκει Μαθηματικά και όταν διδάσκει Φυσικές Επιστήμες. Τα επιστημικά αντικείμενα αναφέρονται στην κατασκευή του θεσμικά αποδεκτού επιστημονικού αντικειμένου, όπως αυτό εννοιοποιείται από τον ερμηνευτή σε μια δεδομένη κατάσταση.



Σχήμα 1. Επικοινωνιακή τριάδα για την ανάδυση του επικοινωνιακού νοήματος. (Μούτσιος-Ρέντζος, Κρητικός & Καλαβάσης, 2017, σελ. 648)

Σε μία μονοεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας, τα νοήματα που αναδύονται από τις μονωμένες επικοινωνιακές τριάδες είναι μη επικοινωνούντα μεταξύ τους (Σχήμα 2), εξαιτίας της απομόνωσης των αντικειμένων και της έλλειψης επικοινωνίας των ερμηνευτών των διαφορετικών τριάδων. Αυτό σημαίνει ότι στους μαθητές/τριες δεν παρουσιάζονται οι διασυνδέσεις ανάμεσα στα δύο νοήματα, παρότι οι ίδιοι/ες ενδέχεται να αναγνωρίσουν κοινή σημειογραφία και, συνεπώς, να διασυνδέσουν τα νοήματα. Αυτή η διασύνδεση μπορεί να είναι είτε συμβατή με την επιστημονική αλήθεια, είτε να αποκλίνει από αυτήν, δημιουργώντας μαθησιακά εμπόδια.

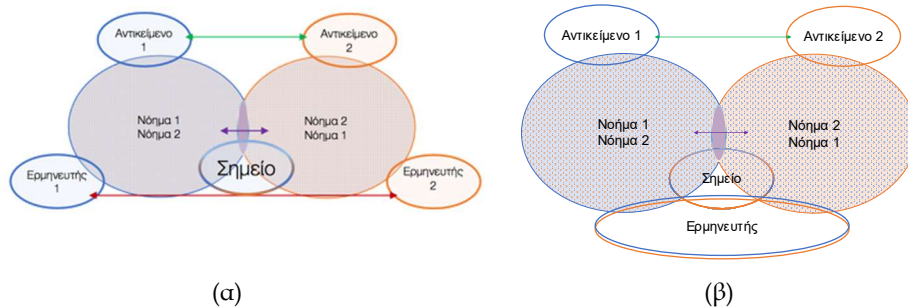


Σχήμα 2. Μη επικοινωνούσες νοηματοδοτήσεις σε μια μονοεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας. (Μούτσιος-Ρέντζος, Κρητικός & Καλαβάσης, 2017, σελ. 648)

Αντίθετα, σε μία διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας, τόσο τα αντικείμενα, όσο και οι ερμηνευτές επικοινωνούν, με αποτέλεσμα την επικοινωνία και τη συνύπαρξη των νοημάτων και στις δύο επικοινωνιακές τριάδες (Σχήμα 3α). Κάποιες φορές, μάλιστα, ο ερμηνευτής είναι κοινός και στις δύο τριάδες, όπως για παράδειγμα ο δάσκαλος στο δημοτικό, οποίος διδάσκει τόσο Μαθηματικά όσο και Φυσικές Επιστήμες, ή οι ίδιοι οι μαθητές/τριες

Από τον 20^ο στον 21^ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες Η απότομη μετάβαση της εκπαιδευτικής μας πραγματικότητας σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Στάσεις-Αντιλήψεις-Σενάρια-Προοπτικές-Προτάσεις

(Σχήμα 3β). Στην μονοεπιστημονική προσέγγιση του σχήματος 2, ακόμα και όταν πρόκειται για τον ίδιο δάσκαλο στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, θεωρείται διαφορετικός ερμηνευτής στις 2 τριάδες, καθώς δεν διασυνδέει τα αντικείμενα και τις διδασκαλίες μεταξύ τους. Το ίδιο συμβαίνει με τους/τις μαθητές/τριες, οι οποίοι/ες δέχονται διακριτά μαθησιακά ερεθίσματα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες κατά τη μονοεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας.



Σχήμα 3. Επικοινωνούντα νοήματα σε διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας (α) με διαφορετικούς ερμηνευτές, (β) με κοινό ερμηνευτή. (Μούτσιος-Ρέντζος, Κρητικός & Καλαβάσης, 2017, σελ. 648)

Στο πλαίσιο της διεπιστημονικής θεώρησης της σχολικής τάξης προσπαθούμε να αναδείξουμε τις δυνατότητες που απορρέουν τόσο από ατομικούς, όσο και από συλλογικούς αναστοχασμούς (Jay & Johnson, 2002; Nissilä, 2005). Υποστηρίζουμε ότι οι αναστοχαστικές συνεδρίες ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς διαφορετικών ειδικοτήτων διευρύνουν την οπτική των εκπαιδευτικών μιας ειδικότητας με βάση τα πλαίσια άλλων ειδικοτήτων, αναμορφώνοντας κατάλληλα τη διδασκαλία τους στο πλαίσιο μιας διεπιστημονικής προσέγγισης (Κρητικός & Μούτσιος-Ρέντζος, 2008). Στην παρούσα εργασία εστιάζουμε στη μεταγνωστική διαχείριση της γνώσης (Κρητικός & Dimitracopoulou, 2014) σε ένα διεπιστημονικό, δια ζώσης ή/και διαδικτυακό, τοπίο διδασκαλίας, το οποίο εμφανίζει μηχανικές δυσκολίες που μελετώνται στο πεδίο της Εκπαιδευτικής Μηχανικής (Καλαβάσης, 2013; Καλαβάσης & Κρητικός, 2017).

Έρευνα

Η έρευνα που πραγματοποιήσαμε αποτελεί μία πιλοτική εφαρμογή του διεπιστημονικού αναστοχαστικού εργαλείου IRT. Το δείγμα της έρευνας αποτελούνταν από 28 εκπαιδευτικούς με την ιδιότητα του/της μεταπτυχιακού/ής φοιτητή/τριας. Σε προηγούμενες έρευνες (Moutsios-Rentzos & Kalavasis 2015; Moutsios-Rentzos, Kritikos & Kalavasis, 2017) είχαμε σχεδιάσει το διεπιστημονικό αναστοχαστικό εργαλείο για εφαρμογή σε δια ζώσης συνεδρίες των εκπαιδευτικών. Το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διδακτική Θετικών Επιστημών και ΤΠΕ στην Εκπαίδευση: Διεπιστημονική Προσέγγιση» του Πανεπιστημίου Αιγαίου, στον οποίο τους/τις φοιτητές/τριες θα εφαρμόζαμε το εργαλείο, περιλαμβάνει τόσο δια ζώσης όσο και εξ αποστάσεως συνεδρίες. Με βάση αυτό το δεδομένο, σχεδιάσαμε τη διαδικτυακή έκδοση του διεπιστημονικού αναστοχαστικού εργαλείου IRT.

Μεθοδολογία

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του IRT, αρχικά οι συμμετέχοντες εργάζονται ατομικά, απαντώντας σε ένα ερωτηματολόγιο. Οι ερωτήσεις αναφέρονται σε συγκεκριμένα χωρία από σχολικά εγχειρίδια Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Στην πιλοτική εφαρμογή του IRT ζητήσαμε από τους/τις εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν να μελετήσουν παραδείγματα σχετικά με την έννοια του «εμβαδού», από σχολικά βιβλία Μαθηματικών και Φυσικής και να επικεντρωθούν στις εμφανίσεις του συμβόλου «=» (Knuth, Alibali, Hattikudur, McNeil & Stephens, 2008). Τα ερωτήματα στα οποία κλήθηκαν να απαντήσουν ήταν τα εξής:

1. Μπορείτε να εντοπίσετε εμφανίσεις και χρήσεις του συμβόλου «=» οι οποίες ενδεχομένως να δημιουργούσαν προβλήματα στην κατανόηση ιδεών των Μαθηματικών από τα παιδιά; Ειδικότερα
 - Ποια από τα προβλήματα στη μάθηση των Μαθηματικών που εντοπίσατε θεωρείτε ότι προέρχονται από μη συμβατές ήδη διδαχθείσες γνώσεις των Μαθηματικών;
 - Ποια από τα προβλήματα στη μάθηση των Μαθηματικών που εντοπίσατε θεωρείτε ότι προέρχονται από μη συμβατές ήδη διδαχθείσες γνώσεις της Φυσικής;
2. Μπορείτε να εντοπίσετε εμφανίσεις και χρήσεις του συμβόλου «=» οι οποίες ενδεχομένως να δημιουργούσαν προβλήματα στην κατανόηση ιδεών της Φυσικής από τα παιδιά; Ειδικότερα
 - Ποια από τα προβλήματα στη μάθηση της Φυσικής που εντοπίσατε θεωρείτε ότι προέρχονται από μη συμβατές ήδη διδαχθείσες γνώσεις της Φυσικής;
 - Ποια από τα προβλήματα στη μάθηση της Φυσικής που εντοπίσατε θεωρείτε ότι προέρχονται από μη συμβατές ήδη διδαχθείσες γνώσεις των Μαθηματικών;
3. Ποιες θα ήταν οι συμβουλές σας
 - σε έναν/μία συνάδελφο που διδάσκει Μαθηματικά, προκειμένου να τον/την βοηθήσετε να αποφύγει αυτά τα πιθανά προβλήματα που θα αντιμετωπίσουν οι μαθητές;
 - σε έναν/μία συνάδελφο που διδάσκει Φυσική, προκειμένου να τον/την βοηθήσετε να αποφύγει αυτά τα πιθανά προβλήματα που θα αντιμετωπίσουν οι μαθητές;
 - στον/στη συγγραφέα σχολικού εγχειριδίου;

Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες/ουσες εργάζονται σε ομάδες από μέλη της ίδιας ειδικότητας, απαντώντας σε ένα ομαδικό ερωτηματολόγιο που βασίζεται στα ίδια (με το προηγούμενο βήμα) χωρία από τα σχολικά εγχειρίδια.

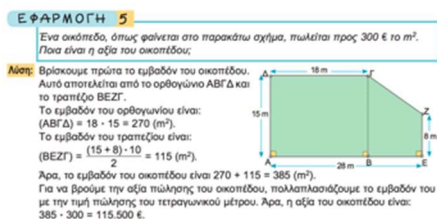
Τέλος, ζητάμε από όλες τις ομάδες διαφορετικών ειδικοτήτων να αναστοχαστούν, παρουσιάζοντας στην ολομέλεια τους αναστοχασμούς που είχαν καταγράψει προηγουμένως ως ομάδα.

Σε όλη τη διάρκεια της ενασχόλησης με το IRT, οι συμμετέχοντες/ουσες ενεργοποιούν διεπιστημονικές ανατοχαστικές διεργασίες, τις οποίες μπορούμε να τις κατατάξουμε σε δύο κατηγορίες. Στη μία κατηγορία διακρίνουμε τον ίδιο-αναστοχασμό από τον συλλογικό αναστοχασμό. Ο ίδιο-αναστοχασμός λαμβάνει χώρα στο πρώτο βήμα, όπου ο/η κάθε εκπαιδευτικός αναστοχάζεται ατομικά πάνω στα προς μελέτη χωρία των σχολικών εγχειριδίων. Η διεπιστημονική φύση του αναστοχασμού έγκειται στο γεγονός ότι οι εκπαιδευτικοί μιας ειδικότητας μελετούν χωρία και από άλλες ειδικότητες. Ο συλλογικός αναστοχασμός ενεργοποιείται στο δεύτερο και τρίτο βήμα, όπου οι εκπαιδευτικοί εκφράζουν την άποψή τους είτε στην ομάδα τους είτε στην ολομέλεια.

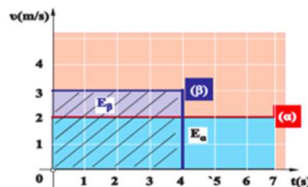
Στη δεύτερη κατηγορία διεπιστημονικών αναστοχαστικών διεργασιών διακρίνουμε τον αναστοχασμό μιας οπτικής από τον αναστοχασμό διασταυρούμενων οπτικών. Ο αναστοχασμός μιας οπτικής εμφανίζεται στα δύο πρώτα βήματα, όπου οι εκπαιδευτικοί εργάζονται είτε ατομικά είτε σε ομάδα μιας ειδικότητας. Ο αναστοχασμός διασταυρούμενων

οπτικών συμβαίνει στο τρίτο βήμα, κατά την ολομέλεια των ομάδων διαφορετικών ειδικοτήτων.

Στην πιλοτική εφαρμογή του IRT οι συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να απαντήσουν και να σχολιάσουν απαντήσεις άλλων συμμετεχόντων, σε ερωτήματα που σχετίζονταν με εμφανίσεις και χρήσεις του συμβόλου της ισότητας «=». Δύο παραδείγματα χωρίων, που μελέτησαν οι εκπαιδευτικοί για τα Μαθηματικά (Β' Γυμνασίου) και τη Φυσική (Α' Λυκείου), φαίνονται στην Εικόνα 1.



(α) (Βλαμός κ.ά., 2007, σελ. 122)



Εικόνα 1.1.12
 Γραφική παράσταση της ταχύτητας των κινητών σε συνάρτηση με το χρόνο. Τα εμβαδά E_α (μπλε) και E_β (γραμμωσιασμένο), δίνουν τις μετατοπίσεις των κινητών α, β, αντίστοιχα.

Οι ευθείες (α) και (β) είναι παράλληλες στον άξονα του χρόνου.

Υπολογίζοντας τα εμβαδά E_α και E_β μεταξύ των αντίστοιχων ευθειών (α), (β) και των αξόνων ταχύτητα - χρόνος, βρίσκουμε:

$$E_\alpha = \text{βάση} \cdot \text{ύψος} = 7s \cdot 2m/s = 14m,$$

δηλαδή τη μετατόπιση του κινητού α

$$\text{και } E_\beta = \text{βάση} \cdot \text{ύψος} = 4s \cdot 3m/s = 12m,$$

δηλαδή τη μετατόπιση του κινητού β.

Μπορούμε λοιπόν από τη γραφική παράσταση $v = f(t)$ να υπολογίζουμε τη μετατόπιση Δx , βρίσκοντας το αντίστοιχο εμβαδόν που περιγράφεται μεταξύ των αξόνων v, t και της ευθείας που παριστά την ταχύτητα.

(β) (Βλάχος κ.ά., 2002, σελ. 45)

Εικόνα 1. Παράδειγμα χωρίων από σχολικά εγχειρίδια για διεπιστημονικό αναστοχασμό εκπαιδευτικών Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.

Αποτελέσματα

Παρακάτω παραθέτουμε αποσπάσματα σχολιασμών των εκπαιδευτικών που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Αναφορικά με τις εμφανίσεις που εντοπίστηκαν και ενδεχομένως να δημιουργούσαν προβλήματα στην κατανόηση ιδεών στα Μαθηματικά και τη Φυσική, ένας Μαθηματικός σχολίασε: « $E = \text{βάση} \times \text{Ύψος}$, δηλαδή μήκη. Έπειτα, πάλι = και η βάση είναι sec ενώ το ύψος km/h/s μονάδες που δυσκολεύουν πολύ, χωρίς ουσιαστικό λόγο». Ο συγκεκριμένος εκπαιδευτικός εστίασε στις μονάδες μέτρησης, θεωρώντας ότι ο πολλαπλασιασμός μονάδων, οι οποίες δεν είναι μέτρα ή πολλαπλάσια ή υποπολλαπλάσια του μέτρου, δημιουργεί δυσκολίες στη μάθηση, καθώς το εμβαδό προκύπτει να έχει μονάδες μέτρησης διαφορετικές από τα τετραγωνικά μέτρα (ή πολλαπλάσια, υποπολλαπλάσια). Δηλαδή, προκύπτει μία ισότητα που στο ένα μέλος έχει ένα σύμβολο για το εμβαδό, ενώ στο άλλο μέλος μία αριθμητική τιμή ενός φυσικού μεγέθους, όπως η ταχύτητα. Αυτό, σύμφωνα με τον εκπαιδευτικό, έρχεται σε αντίθεση με τις γνώσεις που απέκτησαν τα παιδιά σε προηγούμενες τάξεις στα Μαθηματικά, όπου το εμβαδό εκφράζει το μέγεθος μιας επιφάνειας.

Από την άλλη, ένας Φυσικός σχολίασε: «*Δυσκολία εξίσωσης του εμβαδού του ορθογώνιου όπως το έμαθαν με τα μαθηματικά με την μετατόπιση του κινητού στην φυσική.*». Βλέπουμε δηλαδή μία αντίθετη άποψη σε σχέση με αυτήν του Μαθηματικού. Ο Φυσικός θεωρεί ότι τα παιδιά πρέπει να διευρύνουν την έννοια του εμβαδού, επεκτείνοντας το νόημα του εμβαδού και σε άλλα

φυσικά μεγέθη, πέρα από την επιφάνεια γεωμετρικών σχημάτων. Έτσι, εντοπίζει ένα ζήτημα της διδασκαλίας των Μαθηματικών που δημιουργεί πρόβλημα στη μάθηση εννοιών της Φυσικής.

Ένας άλλος Φυσικός αναφέρθηκε στις συνεχείς ισότητες: «Χρησιμοποιεί την ισότητα για την εύρεση του εμβαδού ορθογωνίου από τα μαθηματικά και με συνεχείς ισότητες το εξισώνει με την ταχύτητα». Ο συγκεκριμένος Φυσικός θεωρεί ότι οι συνεχείς και διαδοχικές ισότητες σε μια γραμμή δημιουργούν πρόβλημα, καθώς η ισότητα ξεκινάει με το εμβαδό ενός γεωμετρικού σχήματος και καταλήγει στην αριθμητική τιμή της ταχύτητας. Αυτή η άποψη φαίνεται να συγκλίνει σε ένα βαθμό με την άποψη του προηγούμενου Μαθηματικού, αλλά και με του προηγούμενου Φυσικού. Αναγνωρίζει το πρόβλημα συμβατότητας με προηγούμενες γνώσεις για την έννοια του εμβαδού κατά τη μετάβαση από τα Μαθηματικά στη Φυσική, αλλά ταυτόχρονα εντοπίζει το πρόβλημα στη χρήση του συμβόλου της ισότητας.

Ένας άλλος Μαθηματικός κατέγραψε το εξής σχόλιο: «Η μόνιμη δυσκολία στην επίλυση τύπων. Από τα μαθηματικά έχει βγει εκτός ύλης. Στη Φυσική γίνεται προσπάθεια να διδαχθεί το μαθηματικό κομμάτι της επίλυσης τύπων κι έτσι δημιουργείται πρόβλημα στην κατανόηση από τους μαθητές». Εδώ φαίνεται να σημειώνεται ένα θεσμικό ζήτημα που αφορά στη διδακτέα ύλη των Μαθηματικών, η οποία επηρεάζει τη διδασκαλία της Φυσικής. Συγκεκριμένα, η επίλυση τύπων είναι εκτός της διδακτέας ύλης στα Μαθηματικά. Ωστόσο, επειδή η επίλυση τύπων είναι αναγκαία στη διδασκαλία της Φυσικής, τα παιδιά τη διδάσκονται στο μάθημα της Φυσικής. Αυτή η διαπίστωση του εκπαιδευτικού δείχνει ότι αναγνωρίζει τη σημασία της διεπιστημονικής διασύνδεσης ανάμεσα στη διδασκαλία των Μαθηματικών και τη διδασκαλία της Φυσικής, καθώς θεωρεί ότι η ύλη των Μαθηματικών θα πρέπει να είναι συμβατή με τη διδασκαλία της Φυσικής και, ενδεχομένως, το αντίστροφο.

Αναφορικά με τις συμβουλές που έδωσαν σε συναδέλφους ίδιας ή άλλης ειδικότητας και σε συγγραφείς σχολικών εγχειριδίων, ένας Μαθηματικός σημείωσε: «Να μην βάζει τις μονάδες μέτρησης στις ενδιάμεσες πράξεις μόνο στο τελικό αποτέλεσμα.», ενώ ένας άλλος Μαθηματικός: «Να αποφεύγει τις πολλές ισότητες». Τα αντίστοιχα σχόλια δύο Φυσικών ήταν: «Να γράφουν μονάδες μέτρησης [οι μαθηματικοί].» και «Να μην χρησιμοποιεί συνεχόμενες ισότητες». Βλέπουμε δηλαδή τόσο αποκλίσεις όσο και συγκλίσεις ανάμεσα στις απόψεις των Μαθηματικών και των Φυσικών. Οι Μαθηματικοί θεωρούν ότι η γραφή των μονάδων μέτρησης δίπλα σε κάθε αριθμητική τιμή δημιουργεί πρόβλημα, ενώ αντίθετα οι Φυσικοί θεωρούν ότι κάτι τέτοιο, όχι μόνο είναι επιστημονικά ορθό, αλλά επιπλέον διευκολύνει τη μετάβαση από τη μάθηση στα Μαθηματικά στη μάθηση στη Φυσική. Το σημείο σύγκλισης των Μαθηματικών με τους Φυσικούς εντοπίζεται στις πολλαπλές συνεχείς ισότητες. Και οι δύο ειδικότητες θεωρούν ότι το σύμβολο της ισότητας θα πρέπει να έχει μόνο δύο μέλη.

Τέλος, όσον αφορά στους σχολιασμούς των εκπαιδευτικών στην ολομέλεια, παραθέτουμε δύο ενδεικτικά σχόλια: «Σε οποιοδήποτε πρόβλημα, να συμβουλευτεί έναν συνάδελφο της άλλης ειδικότητας στην περίπτωση που ο ίδιος αδυνατεί να εξομαλύνει τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν.» και «Στον συγγραφέα σχολικού εγχειριδίου θα προτείναμε να συμβουλευτεί μια διεπιστημονική ομάδα (Μαθηματικών & Φυσικών) για το πώς θα μπορούσε να διαχειριστεί αυτό το ζήτημα το σχολικό εγχειρίδιο.». Τα σχόλια επισημαίνουν τη σημασία των διεπιστημονικών αναστοχαστικών συνδιαλέξεων μεταξύ εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων, τόσο σε επίπεδο διδασκαλίας, όσο και σε επίπεδο συγγραφής σχολικών εγχειριδίων.

Συζήτηση & Συμπεράσματα

Στο τρέχον ΑΠΣ, η διαμερισματοποίηση των γνωστικών αντικειμένων δημιουργεί φραγμούς στην επικοινωνία των εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων. Ωστόσο, οι μαθητές/τριες δημιουργούν συσχετισμούς ανάμεσα σε νοήματα που εμφανίζουν παρόμοια σημειογραφία.

Από τον 20^ο στον 21^ο αιώνα μέσα σε 15 ημέρες Η απότομη μετάβαση της εκπαιδευτικής μας πραγματικότητας σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Στάσεις-Αντιλήψεις-Σενάρια-Προοπτικές-Προτάσεις

Όταν αυτοί οι συσχετισμοί είναι μη συμβατοί με την επιστημονική αλήθεια, τότε ενδέχεται να δημιουργούν αντίστοιχα μαθησιακά εμπόδια. Συνήθως, η αναζήτηση των αιτιών σε ένα γνωστικό αντικείμενο γίνεται με αναφορά τη Διδακτική του αντικειμένου αποκλειστικά. Με τη διεπιστημονική προσέγγιση της (συν)διδασκαλίας στα Μαθηματικά και τη Φυσική, αναζητούνται τα αίτια των μαθησιακών εμποδίων, τόσο μέσα από τη Διδακτική των Μαθηματικών, όσο και από τη Διδακτική της Φυσικής.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας πιλοτικής έρευνας σχετικά με τις εμφανίσεις του σημείου « \Rightarrow » σε χωρία εμφάνισης της έννοιας του εμβαδού, οι Μαθηματικοί φαίνεται να εστιάζουν την προσοχή τους στη χρήση μονάδων μέτρησης, για τον υπολογισμό του εμβαδού, θεωρώντας ότι θα πρέπει να είναι αποκλειστικά μέτρα (ή πολλαπλάσια, υποπολλαπλάσια). Σε αντίθετη περίπτωση, θα πρέπει τουλάχιστον να αποφεύγονται οι μονάδες μέτρησης για να μην προκαλείται πρόβλημα συμβατότητας με τη διδασκαλία στα Μαθηματικά. Αντίθετα, οι Φυσικοί θεωρούν ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν το νόημα του εμβαδού μιας γραφικής παράστασης, καθώς έχουν μάθει στα Μαθηματικά να υπολογίζουν το εμβαδό με τετραγωνικές μονάδες μήκους. Έτσι, εντοπίζουν μία στερεοτυπική γνώση των μαθητών για το εμβαδό, η οποία προκύπτει από τη διδασκαλία των Μαθηματικών.

Οι συμβουλές προς τους συναδέλφους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Μαθηματικά ή Φυσική, αλλά και προς τους συγγραφείς των σχολικών εγχειριδίων εμφανίζουν σημεία απόκλισης, αλλά και σύγκλισης. Η απόκλιση εμφανίζεται και πάλι στις μονάδες μέτρησης, ενώ η σύγκλιση στις διαδοχικές ισότητες. Οι Μαθηματικοί προτείνουν στους Φυσικούς να αποφεύγονται οι μονάδες μέτρησης κατά τη διαδοχή των πράξεων, ενώ οι Φυσικοί αντιπροτείνουν στους Μαθηματικούς να τις χρησιμοποιούν πάντα. Ωστόσο, συμφωνούν στο ζήτημα των διαδοχικών ισωτήτων, θεωρώντας ότι οι πολλαπλές ισότητες σε μία γραμμή προκαλούν σύγχυση στα παιδιά και προτείνουν να αποφεύγονται.

Τα αποτελέσματα του αναστοχαστικού διαδικτυακού διαλόγου έδειξαν μία σύγκλιση προς την αναγκαιότητα για επικοινωνία μεταξύ των μαθημάτων των Μαθηματικών και της Φυσικής, δια μέσου των εκπαιδευτικών και των συγγραφέων των σχολικών εγχειριδίων. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνεται να συμφωνούν με τα αποτελέσματα προηγούμενης έρευνας που είχαμε πραγματοποιήσει με το διεπιστημονικό αναστοχαστικό εργαλείο δια ζώσης. Επομένως, ο διαδικτυακός μετασχηματισμός του εργαλείου δεν αλλοίωσε τα βασικά χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων του.

Ωστόσο, η δια ζώσης αλληλεπίδραση μεταξύ των εκπαιδευτικών δεν υποκαθίσταται πλήρως από την διαδικτυακή. Για παράδειγμα, η διαδικτυακή (σύγχρονη ή ασύγχρονη) αλληλεπίδραση υστερεί σημαντικά στη μη λεκτική επικοινωνία. Αυτό φάνηκε και κατά την εφαρμογή του IRT, κατά την οποία οι εκπαιδευτικοί δήλωσαν ότι θα προτιμούσαν τη δια ζώσης συνεδρία, ώστε να επικοινωνούν καλύτερα τα μηνύματά τους. Από την άλλη, η διαδικτυακή επικοινωνία έχει το πλεονέκτημα της ευελιξίας του χρόνου. Για παράδειγμα, δύο ή περισσότεροι εκπαιδευτικοί μιας σχολικής μονάδας θα μπορούσαν να ανταλλάξουν απόψεις εκτός του συμβατικού ωραρίου της σχολικής μονάδας. Επιπλέον, όταν πρόκειται για ασύγχρονη επικοινωνία, δίνεται η δυνατότητα για ακόμα μεγαλύτερη ευελιξία χρόνου.

Δεδομένων των συνθηκών της πανδημίας COVID19, η ένταξη των τεχνολογικών εφαρμογών διαδικτυακής αλληλεπίδρασης στη σχολική πραγματικότητα είναι αναγκαία. Απαιτείται λοιπόν η ανάπτυξη και χρήση υποστηρικτικών διαδικτυακών εργαλείων για την επικοινωνία και τον διεπιστημονικό αναστοχασμό των εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων. Με το IRT προσπαθήσαμε να υλοποιήσουμε ένα διαδικτυακό μετασχηματισμό ενός δια ζώσης διεπιστημονικού αναστοχαστικού εργαλείου. Στο προσεχές μέλλον σκοπεύουμε να επεκτείνουμε την εφαρμογή του σε σχολικές μονάδες και σε συμπλέγματα σχολικών μονάδων.

Αναφορές

- Davis, B., & Simmt, E. (2003). Understanding learning systems: Mathematics education and complexity science. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(2), 137-167.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, 103-131.
- Jay, J. K., & Johnson, K. L. (2002). Capturing complexity: a typology of reflective practice for teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 18, 73-85.
- Jones, I., & Pratt, D. (2012). A Substituting Meaning for the Equals Sign in Arithmetic Notating Tasks. *Journal for Research in Mathematics Education*, 43(1), 2-33.
- Knuth, E.J., Alibali, M.W., Hattikudur, S., McNeil, N.M., & Stephens, A.C. (2008). The Importance of Equal Sign Understanding in the Middle Grades. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 13(9), 514-519.
- Kritikos, G., & Dimitracopoulou, A. (2014). The Impact of the Analogical Reflection on the Metacognitive Awareness. *The International Journal of Science, Mathematics and Technology Learning*, 20(4), 39-50.
- Moutsios-Rentzos, A., & Kalavasis, F. (2015). Reflective activities upon teaching practices reflexes: grades and errors. *Proceedings of CIEAEM 67. Quaderni di Ricerca in Didattica (Mathematics)*, 25(2), 665-669.
- Moutsios-Rentzos, A., Kritikos, G., & Kalavasis, F. (2017). Functions of operations and operands in school mathematics and physics: a complex interdisciplinary (de)mathematised phenomenology. *Quaderni di Ricerca in Didattica (Mathematics)*, 27(2), 297-299.
- Nikitina, S., & Mansilla, V. B. (2003). Three strategies for interdisciplinary math and science teaching: A case of the Illinois Mathematics and Science Academy. Cambridge, MA: Project Zero, Harvard University.
- Nissilä, S.P. (2005). Individual and collective reflection: How to meet the needs of development in teaching. *European Journal of Teacher Education*, 28(2), 209-219.
- Steffe, L.P. (2010). Perspectives on collaborative research in mathematics education with interdisciplinary connections. In S.A. Chamberlin, & L.L. Hatfield (Eds.), *New perspectives and directions for collaborative research in mathematics education: Papers from a planning conference for WISDOMe*, WISDOMe Monograph, College of Education, University of Wyoming, Laramie WY, 1, 11-28.
- Βλάμος, Π., Δρούτσας, Π., Πρέσβης, Γ., & Ρεκούμης, Κ. (2007). *Μαθηματικά Γ' Γυμνασίου*, Βιβλίο Μαθητή, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Βλάχος, Ι., Κόκκοτας, Π., Γραμματικάκης, Ι., Περιστερόπουλος, Π., Καραπαναγιώτης, Β., & Τιμόθεου, Γ. (2002). *Φυσική Γενικής Παιδείας Α' Τάξης Ενιαίου Λυκείου*, Βιβλίο Μαθητή, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Καλαβάσης, Φ. (2013). Η έννοια του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού: Μια διεπιστημονική πραγματικότητα μάθησης και επικοινωνίας. Στο Μ. Μείμαρης (Επιμ.), *Τμήμα Επικοινωνίας και Μέσων Μαζικής Επικοινωνίας: 20 χρόνια και κάτι...* (σελ. 346-360), Αθήνα: Gutenberg.
- Καλαβάσης, Φ., & Κρητικός, Γ. (2017). Η διεπιστημονική καλλιέργεια στην ταυτότητα της σχολικής μονάδας. Στο Α. Κοντάκος & Φ. Καλαβάσης (Επιμ.), *Θέματα Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού* (τ.9, σελ. 55-68), Αθήνα: Διάδραση.
- Κρητικός, Γ., & Μούτσιος-Ρέντζος, Α. (2018). Μηχανική των διεπιστημονικών αναστοχασμών στη σχολική μονάδα. Στο Α. Κοντάκος & Φ. Καλαβάσης (Επιμ.), *Θέματα Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού* (τ.10, σελ. 111-126), Αθήνα: Διάδραση.
- Μούτσιος-Ρέντζος, Α., Κρητικός, Γ., & Καλαβάσης, Φ. (2017). Διεπιστημονικές αναστοχαστικές διαδρομές ανάμεσα στα μαθηματικά και τη φυσική: σημεία, αντικείμενα, ερμηνευτές και νοήματα. *Πρακτικά 34^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας με Διεθνή Συμμετοχή «Πάντα κατ' αριθμόν γίνονται»* (σελ. 643-653). Ελληνική Μαθηματική Εταιρεία, Λευκάδα, 03-05 Νοεμβρίου.