ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Τόμ. 4, Αρ. 2 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ, Ειδικό Τεύχος

Ανάπτυξη και Πιλοτική Εφαρμογή Εργαλείου Μέτρησης Επιστημονικού Εγγραμματισμού Μαθητών Δημοτικού

Αικατερίνη Σαργιώτη, Αναστάσιος Εμβαλωτής

doi: 10.12681/riste.38070

Βιβλιογραφική αναφορά:

Σαργιώτη Α., & Εμβαλωτής Α. (2024). Ανάπτυξη και Πιλοτική Εφαρμογή Εργαλείου Μέτρησης Επιστημονικού Εγγραμματισμού Μαθητών Δημοτικού. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, *4*(2), 205–225. https://doi.org/10.12681/riste.38070

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 27/01/2026 05:27:14

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία
Ειδικό Τεύχος, 13ο Πανελλήνιο Συνέδριο, (2024), Τόμος 4, Αρ. 2, σελ. 205-225

Ανάπτυξη και Πιλοτική Εφαρμογή Εργαλείου Μέτρησης Επιστημονικού Εγγραμματισμού Μαθητών Δημοτικού

Αικατερίνη Σαργιώτη[1] και Αναστάσιος Εμβαλωτής[1]

[1]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
a.sargioti@uoi.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μέρος της μεθοδολογίας και των διαδικασιών εγκυροποίησης ενός εργαλείου μέτρησης επιστημονικού εγγραμματισμού μαθητών/τριών της τελευταίας τάξης του Δημοτικού Σχολείου και την προοπτική ανίχνευσης επίπεδων επιστημονικού εγγραμματισμού τους. Στη πιλοτική έρευνα, τα προκαταρκτικά αποτελέσματα της οποίας δημοσιεύουμε, συμμετείχε δείγμα 260 μαθητών/τριών, που απάντησε σε ειδικά διαμορφωμένο ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο. Τα αποτελέσματα των διαδικασιών εγκυροποίησης κατοχυρώνουν τη φαινομενική εγκυρότητα και την εγκυρότητα περιεχομένου και κατατάσσουν τους μαθητές/τριες σε τρία διαφορετικά επίπεδα επιστημονικού εγγραμματισμού (χαμηλό, μεσαίο, υψηλό).

Λέξεις κλειδιά: Επιστημονικός εγγραμματισμός, ανάπτυξη και εγκυροποίηση εργαλείου, μαθητές Δημοτικού Σχολείου

Abstract

The current paper presents part of the methods and procedures for validating a scientific literacy measurement tool for students in the last grade of primary school and the perspective of detecting their scientific literacy levels. In the pilot survey, the preliminary results of which we are publishing, a sample of 260 students participated, who responded to a specially designed electronic questionnaire. The results of the validation procedures establish face and content validity and classify students into three different levels of scientific literacy (low, medium, high).

Key words: Scientific literacy, instrument development and validation, elementary school students

Τα Προγράμματα Σπουδών του Δημοτικού Σχολείου στην Ελλάδα έχουν ενσωματώσει ποικιλία διαστάσεων και πτυχών του επιστημονικού εγγραμματισμού, εφαρμόζοντας σχετικές προτροπές της διεθνούς βιβλιογραφίας. Πρόσφατα, μάλιστα, επιχειρήθηκε η αναμόρφωση των Προγραμμάτων Σπουδών, με την Επιστήμη να προσεγγίζεται ως ευρύτερη έννοια μέσα από συνδυασμό διαφόρων γνωστικών πεδίων, στην προοπτική αρμονικότερης σύνδεσης της Επιστήμης με την Τεχνολογία και την Κοινωνία. Στόχος των Νέων Προγραμμάτων Σπουδών είναι η πλαισίωση ενός σύγχρονου σχολείου, ανοιχτό στις προκλήσεις του 21ου αιώνα, που θα εκπαιδεύει υπεύθυνους πολίτες, με ενεργό ρόλο και συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων και την επίλυση προβλημάτων (OECD, 2018, 2021).

Παρόλα αυτά, οι επιδόσεις των μαθητών/τριών στην Ελλάδα σε ζητήματα επιστημονικού εγγραμματισμού δημιουργούν προβληματισμούς στην εκπαιδευτική και επιστημονική κοινότητα (Σοφιανοπούλου κ.ά., 2017· Sargioti & Emvalotis, 2020· OECD, 2019), αναδεικνύοντας περαιτέρω το σημαντικό ρόλο της εκπαίδευσης στην προετοιμασία υπεύθυνων πολιτών. Προκειμένου να αξιοποιηθούν οι στόχοι της εκπαίδευσης, κρίνεται σκόπιμο να διερευνηθούν περαιτέρω και συστηματικά ζητήματα επιστημονικού εγγραμματισμού. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η πιλοτική εφαρμογή ενός ειδικά διαμορφωμένου εργαλείου, το οποίο μέσω των διαδικασιών εγκυροποίησής του θα επιχειρήσει να διερευνήσει τις διαστάσεις και να παρουσιάσει αρχικά αποτελέσματα προσδιορισμού των επιπέδων επιστημονικού εγγραμματισμού μαθητών/τριών της τελευταίας τάξης του Δημοτικού Σχολείου στην Ελλάδα.

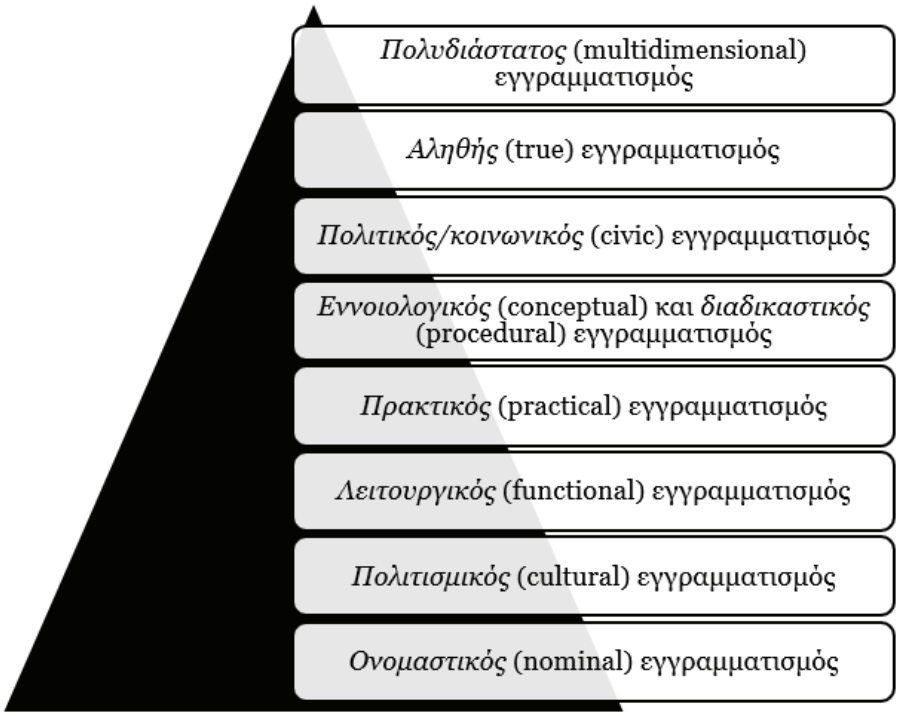
Εννοιολογικοί προσδιορισμοί

Βασική έννοια του ερευνητικού εγχειρήματος είναι ο επιστημονικός εγγραμματισμός. Ορίζεται ως η ικανότητα του ατόμου να σκέφτεται με επιστημονικό τρόπο, να κατανοεί επιστημονικά θέματα της καθημερινής ζωής, και να είναι σε θέση να συμμετέχει σε ερευνητικές συζητήσεις και διαδικασίες, χρησιμοποιώντας την επιστημονική γνώση για την εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει επιστημονικών αποδείξεων (OECD, 2016α· Roberts, 2007· Shen, 1975). Η έννοια του επιστημονικού εγγραμματισμού (scientific literacy), αν και συναφής, δεν θα πρέπει να συγχέεται με αυτή του εγγραμματισμού στις Φυσικές Επιστήμες (science literacy) (Holbrook & Rannikmae, 2009· Lau, 2009· Roberts, 2007). Ο Roberts (2007) διέκρινε τις δύο έννοιες προσδίδοντας διακριτό ρόλο στην Επιστήμη. Έτσι, ο εγγραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες (science literacy - vision I) στρέφεται μέσα στην ίδια την επιστήμη και επικεντρώνεται στη γνώση, το περιεχόμενο και στις μεθόδους ενός συγκεκριμένου επιστημονικού κλάδου, όπως είναι οι Φυσικές Επιστήμες (Roberts, 2007), και αποτελεί ιστορικά το εναρκτήριο σημείο της προσπάθειας οριοθέτησης της έννοιας Συμπληρωματικά, ο επιστημονικός εγγραμματισμός (scientific literacy - vision II) προσεγγίζει την επιστήμη εξωτερικά, χωρίς να εστιάζει σε συγκεκριμένο κλάδο, αλλά προάγει την επιστημονική συνιστώσα με έμφαση στα σύγχρονα καθημερινά ζητήματα που αντιμετωπίζει η κοινωνία και στην ικανότητα του ατόμου να λαμβάνει έγκυρες αποφάσεις ως πολίτης (Roberts, 2007· Sadler & Zeidler, 2009). Αυτό το πλαίσιο, περιγράφει την επιστημονική φύση του εγγραμματισμού

και περιλαμβάνει. Εκτός από την ειδική γνώση περιεχομένου της επιστήμης, τη σύνδεση της επιστήμης με την κοινωνία. Υπό αυτό το πρίσμα, η έννοια του επιστημονικού εγγραμματισμού επιχειρείται να προσδιοριστεί μέσα από τα διαφορετικά κινήματα της προοδευτικής εκπαίδευσης για την επιστήμη και την τεχνολογία, όπως είναι η *Δημόσια Κατανόηση της Επιστήμης*, τα *κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα* (socioscientific issues – SSI), αλλά και το *Κίνημα Επιστήμη-Τεχνολογία-Κοινωνία* (Science-Technology-Society / STS), το οποίο είναι και το πιο διαδεδομένο στη σχετική βιβλιογραφία (Sadler & Zeidler, 2009).

Μέσα από τη συστηματική μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, η συζήτηση για τον επιστημονικό εγγραμματισμό στην προοπτική λειτουργικοποίησης της έννοιας -και περαιτέρω μέτρησής της- επιτρέπει τη διάκριση επιμέρους πλαισίων (όπως φαίνονται και στο Σχήμα 1), τα οποία ξεκινάνε από (α) τον *ονομαστικό εγγραμματισμό* (nominal scientific literacy), που αποτελεί τη βάση και το χαμηλότερο επίπεδο επιστημονικού εγγραμματισμού, με τα άτομα να αναγνωρίζουν επιστημονικό λεξιλόγιο, χωρίς όμως να το κατανοούν επαρκώς (Bybee, 1997), και (β) συνεχίζουν σε επάλληλα επίπεδα που παρουσιάζουν τη σταδιακή ανάπτυξη των δεξιοτήτων και την προοδευτική εμβάθυνση στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών, στην προοπτική ανάπτυξης της επιστημονικής σκέψης ώστε να λαμβάνονται οι βέλτιστες αποφάσεις στην επίλυση καθημερινών προβλημάτων (Bybee, 1995, 1997· Shamos, 1995· Shen, 1975). Η διαδικασία εκβάλει στον *αληθή επιστημονικό εγγραμματισμό* (true scientific literacy), ο οποίος αποτελεί και το υψηλότερο επίπεδο επιστημονικού εγγραμματισμού και περιγράφει τις δεξιότητες των ατόμων να γνωρίζουν πλήρως και καθολικά επιστημονικά σχέδια και τεχνουργήματα, να αναγνωρίζουν τη σημασία της επιστημονικής έρευνας και να εφαρμόζουν διαδικασίες επιστημονικού συλλογισμού συνθέτοντας επιχειρήματα και απαντήσεις σε προβλήματα βάσει αποδείξεων (Shamos, 1995). Το τελευταίο επίπεδο, το οποίο και ενσωματώνει τα προηγούμενα, είναι ο *πολυδιάστατος επιστημονικός εγγραμματισμός* (multidimensional scientific literacy), σύμφωνα με το οποίο δεν αρκεί η απλή κατανόηση του επιστημονικού λεξιλογίου και των διαδικασιών της επιστήμης, αλλά οι δεξιότητες αυτές συμπληρώνονται από την κατανόηση όλων των πτυχών της επιστήμης ως κοινωνικό εγχείρημα, μέσα από την αλληλεπίδρασή της με την κοινωνία (Bybee, 1995, 1997).

Σχήμα 1. Πλαίσια Επιστημονικού Εγγραμματισμού



Σε συνέχεια της παραπάνω ιεράρχησης, στο πλαίσιο της έρευνας PISA (Programme for International Student Assessment) υιοθετείται ένα ιδιαίτερα επεξεργασμένο μοντέλο προσδιορισμού του επιστημονικού εγγραμματισμού, συνοδευόμενο από τη λειτουργικοποίηση επιμέρους διαστάσεών του, προκειμένου να διαμορφωθούν επίπεδα επιστημονικού εγγραμματισμού βάσει των γνώσεων που τα άτομα διαθέτουν για την επιστήμη και την έρευνα, αλλά και των δεξιοτήτων/ικανοτήτων που πρέπει να διαθέτουν προκειμένου να συμμετέχουν επαρκώς σε επιστημονικές δραστηριότητες.

Το 2006 το PISA εστίασε για πρώτη φορά συστηματικά σε διαστάσεις του επιστημονικού εγγραμματισμού, υιοθετώντας έναν ολοκληρωμένο ορισμό που περιλαμβάνει τη γνώση, την κατανόηση των χαρακτηριστικών της επιστήμης, την επίγνωση του κοινωνικού αντίκτυπου της επιστήμης και της τεχνολογίας και τη δέσμευση σε ζητήματα που σχετίζονται με την επιστήμη (OECD, 2006). Η συγκεκριμένη επιλογή ευθυγραμμίζεται με τον πολυδιάστατο επιστημονικό εγγραμματισμό του Bybee (1995, 1997) και την κοινωνικο-επιστημονική δέσμευση του Roberts (Vision II). Απορρίπτοντας μια 'δυαδική άποψη' περί επιστημονικού εγγραμματισμού, το PISA οργανώνει μια μετρική για την ανίχνευση στοιχείων που περιγράφουν διαφορετικά επίπεδα επάρκειας.

Το 2015, το PISA επαναπροσδιόρισε τον επιστημονικό εγγραμματισμό ώστε, πέρα από την επιστημονική γνώση και τις διαδικασίες της επιστήμης, να αναδειχθεί περαιτέρω η κοινωνική κατασκευή της επιστήμης, ενσωματώνοντας ηθικές, πολιτικές, κοινωνικές και πολιτιστικές διαστάσεις της. Το συγκεκριμένο μοντέλο υπογραμμίζει τη σχέση μεταξύ επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας, δίνοντας έμφαση σε δεξιότητες όπως η εξήγηση φυσικών φαινομένων, η αξιολόγηση της επιστημονικής έρευνας και η ερμηνεία των δεδομένων και ενσωματώνει την επίδραση των επιστημικών και επιστημολογικών αντιλήψεων (ή και πεποιθήσεων) στις στάσεις απέναντι στην επιστήμη και την τεχνολογία σε προσωπικό, τοπικό/εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο (OECD, 2016α).

Λειτουργικοί προσδιορισμοί

Στη βάση των θεωρητικών μοντέλων που προτείνονται από τη σχετική βιβλιογραφία, έχουν γίνει προσπάθειες μέτρησης των διαστάσεων του επιστημονικού εγγραμματισμού σε διεθνές επίπεδο. Πιο αναλυτικά, στο γνωστικό τομέα, η μέτρηση των επιπέδων του επιστημονικού εγγραμματισμού ξεκινάει από την αξιολόγηση της ικανότητας απλής ανάγνωσης και γραφής επιστημονικού κειμένου και λεξιλογίου (Chin et al., 2016· Van de Sande et al., 2019), και συνεχίζει με την αξιολόγηση της επιστημονικής γνώσης των ατόμων. Προτείνεται η διάκριση ανάμεσα (α) στη γνώση περιεχομένου με την κατανόηση βασικών εννοιών και κλάδων της επιστήμης (OECD, 2016α· Pollmeier et al., 2017· Solis et al., 2021· Zoupidis et al., 2016), (β) τη διαδικαστική γνώση, μέσω της ικανότητας διατύπωσης υποθέσεων (OECD, 2016α), σχεδιασμού και διεξαγωγής πειραμάτων (π.χ., εφαρμογή πειραματικού σχεδιασμού, στρατηγική ελέγχου μεταβλητών, Zoupidis et al., 2016), εξαγωγή και ερμηνεία μεταβλητών βάσει ενδείξεων (OECD, 2016α), και (γ) την επιστημική γνώση, η οποία επικεντρώνεται στην κατανόηση της φύσης της επιστήμης (OECD, 2016α· Zoupidis et al., 2016), και συγκεκριμένα, του σκοπού της επιστήμης (Hacıeminoğlu et al., 2014), της προσωρινής και εμπειρικής φύσης της επιστήμης (Cetin-Dindar, 2016· Hacıeminoğlu et al., 2014) και της πηγής των επιστημονικών θεωριών (Hacıeminoğlu et al., 2014). Για τη συνολική θεώρηση της έννοιας του επιστημονικού εγγραμματισμού, διερευνώνται, πέρα από τις δεξιότητες των ατόμων, και ζητήματα που σχετίζονται με τις στάσεις τους για την επιστήμη, και συγκεκριμένα τα κίνητρα (Ng & Chu, 2021), η ευχαρίστηση, το ενδιαφέρον και η περιέργεια για την επιστήμη, οι πεποιθήσεις για την επιστήμη και η αυτο-αποτελεσματικότητα επίλυσης προβλημάτων (Cetin-Dindar, 2016· Toma & Meneses Villagra, 2019· Xiao & Sandoval, 2017), οι ειδικές επιστημικές πεποιθήσεις (Mason et al., 2013· Schiefer et al., 2019), και οι αξίες για την επιστήμη (Toma, 2021) και την έρευνα στην επιστήμη.

Σε διεθνές επίπεδο, η έρευνα PISA αποτελεί το δημοφιλέστερο εγχείρημα μέτρησης πτυχών του επιστημονικού εγγραμματισμού 15-χρονων μαθητών/τριών σε κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα αξιοποιώντας το θεωρητικό μοντέλο των τεσσάρων διαστάσεων και συλλέγοντας συγκρίσιμα διεθνή δεδομένα σε διαφορετικούς εκπαιδευτικούς τομείς (OECD,

2016α). Για να επιτευχθεί αυτό, αναπτύσσονται θέματα που εστιάζουν στην αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών/τριών σε ζητήματα φυσικών επιστημών ενταγμένα σε προσωπικό, κοινωνικό και παγκόσμιο πλαίσιο. Από τα επίπεδα επίδοσης και τις εκάστοτε απαντήσεις των μαθητών/τριών προκύπτουν πληροφορίες για τις δεξιότητες/ικανότητες που επιτυγχάνουν (εξήγηση επιστημονικών φαινομένων, αξιολόγηση και σχεδιασμός επιστημονικής έρευνας, ερμηνεία δεδομένων) και για τα επίπεδα επιστημονικής γνώσης (γνώση περιεχομένου, διαδικαστική και επιστημική γνώση) (OECD, 2016α). Ταυτόχρονα, αξιολογούνται το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για την επιστήμη, η υποστήριξη της επιστημονικής έρευνας και η επίγνωση της ευθύνης απέναντι στο περιβάλλον (OECD, 2016α) ως δείκτες των στάσεων (όπως προκύπτουν από επιμέρους ερωτήσεις) που επιτρέπουν στους/στις μαθητές/τριες να είναι σε θέση να αποκτούν και να εφαρμόζουν την επιστημονική γνώση (OECD, 2016α).

Μετρήσεις Επιστημονικού Εγγραμματισμού στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του κύκλου της έρευνας PISA 2018, οι μαθητές στην Ελλάδα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα επιστημονικού εγγραμματισμού από το μέσο όρο των χωρών του ΟΟΣΑ, και μάλιστα το 78% φτάνει μόνο στο βασικό επίπεδο ικανοτήτων/δεξιοτήτων (OECD, 2019).

Τα αποτελέσματα (2015, 2018) δείχνουν ότι οι μαθητές/τριες εμφανίζουν περισσότερες δυσκολίες σε θέματα που απαιτούν επιστημονικές δεξιότητες (OECD, 2016β, 2019). Το ποσοστό των μαθητών/τριών που κατατάσσονται στα χαμηλά επίπεδα επιστημονικού εγγραμματισμού (OECD, 2016β, 2019) αυξάνεται, γεγονός που δημιουργεί ανησυχίες στην εκπαιδευτική κοινότητα και τους φορείς χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής.

Επίπεδα επιστημονικού εγγραμματισμού

Έχοντας ως αφετηρία την έρευνα PISA, τα επίπεδα επιστημονικού εγγραμματισμού προσεγγίζονται και προσδιορίζονται μέσα από διαδικασίες που ακολουθούν μια αυστηρή μεθοδολογία, αξιοποιώντας εργαλεία που έχουν διασφαλίσει ικανοποιητική εγκυρότητα κριτηρίου, αλλά και κατασκευαστική εγκυρότητα. Τα διαφορετικά επίπεδα του επιστημονικού εγγραμματισμού προκύπτουν εφαρμόζοντας διαφορετικά μοντέλα Item Response Theory (IRT) (OECD, 2016γ). Πιο αναλυτικά, εφαρμόζονται μοντέλα Rasch μίας παραμέτρου, τα οποία λαμβάνουν υπόψη την παράμετρο δυσκολίας (difficulty parameter) της ερώτησης και υπολογίζουν την πιθανότητα ένα άτομο να δώσει σωστή απάντηση στην ερώτηση βάσει της παραμέτρου δυσκολίας και της ικανότητας που το άτομο διαθέτει για την επίλυση του προβλήματος (OECD, 2016γ). Παρόλα αυτά, σε περιπτώσεις που τα πρώτα δεν παρουσιάζουν καλή προσαρμογή, εφαρμόζονται και μοντέλα δύο παραμέτρων (two-parameter logistic models) (IEA, 2011· OECD, 2016γ), τα οποία αποτελούν παραλλαγή των μοντέλων Rasch, και λαμβάνουν υπόψη μία επιπλέον παράμετρο, αυτή της διακριτικής ικανότητας (discrimination parameter) μιας ερώτησης, στον υπολογισμό της πιθανότητας σωστής απόκρισης στην ερώτηση.

Όπως προκύπτει από την εφαρμογή της σχετικής μεθοδολογίας, η κάθε ερώτηση των θεμάτων του PISA κατατάσσεται σε ένα διαφορετικό επίπεδο αναφορικά με τη δυσκολία της, στο οποίο οι μαθητές/τριες χαρακτηρίζονται από διαφορετικές γνώσεις και δεξιότητες που θα τους βοηθήσουν να απαντήσουν σωστά την εκάστοτε ερώτηση (OECD, 2016α· Σοφιανοπούλου κ.ά., 2017). Τα επίπεδα που προκύπτουν είναι επτά (7), όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 1:

Πίνακας 1. Γνώσεις και δεξιότητες επιπέδων επιστημονικού εγγραμματισμού (Σοφιανοπούλου κ.ά., 2017, σσ. 30-31)

Επίπεδο	Κατώτερο όριο βαθμολογίας	Χαρακτηριστικά θεμάτων/ερωτήσεων
6	708	Στο επίπεδο 6, οι μαθητές μπορούν να αντλήσουν από ένα εύρος επιστημονικών ιδεών και θεωριών για τις Επιστήμες της ζωής, της Γης και του Διαστήματος και να χρησιμοποιήσουν περιεχόμενο, διαδικασίες και επιστημική γνώση ώστε να προχωρήσουν σε επεξηγήσεις υποθέσεων νέων επιστημονικών φαινομένων, γεγονότων ή διαδικασιών ή και να κάνουν προβλέψεις. Κατά την ερμηνεία των δεδομένων μπορούν να διακρίνουν τις σχετικές από τις μη σχετικές πληροφορίες και να αντλήσουν γνώσεις που δεν εντοπίζονται στο σχολικό πρόγραμμα σπουδών. Επιπλέον μπορούν να διακρίνουν ανάμεσα σε επιχειρήματα που βασίζονται σε επιστημονικές αποδείξεις και θεωρίες από αυτά που λαμβάνουν υπόψη άλλες ερμηνείες. Οι μαθητές που κατατάσσονται στο επίπεδο 6 μπορούν να αξιολογήσουν τον σχεδιασμό πολύπλοκων πειραμάτων, ερευνών και προσομοιώσεων και να αιτιολογήσουν τις επιλογές τους.
5	633	Στο επίπεδο 5, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν αφηρημένες επιστημονικές ιδέες και θεωρίες για να εξηγήσουν μη σχετικά και περίπλοκα φαινόμενα, γεγονότα και διαδικασίες που περιλαμβάνουν πολλαπλές αιτιακές σχέσεις. Είναι ικανοί να εφαρμόσουν προηγμένες επιστημικές γνώσεις για να μελετήσουν το σχεδιασμό εναλλακτικών πειραματικών διαδικασιών αιτιολογώντας τις επιλογές τους, καθώς και να χρησιμοποιήσουν θεωρητικές γνώσεις για να ερμηνεύσουν τις πληροφορίες ή να κάνουν προβλέψεις. Οι μαθητές που κατατάσσονται στο επίπεδο 5 μπορούν να εκτιμήσουν πιθανούς τρόπους για τη διερεύνηση ερωτημάτων με επιστημονικό τρόπο και να αναγνωρίσουν τους περιορισμούς στην ερμηνεία δεδομένων, συνεκτιμώντας τις πηγές και τα σφάλματα αβεβαιότητας των επιστημονικών δεδομένων.
4	559	Στο επίπεδο 4, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν περίπλοκες ή αφηρημένες γνώσεις περιεχομένου, οι οποίες είτε παρέχονται είτε πρέπει να ανακληθούν, ώστε να δώσουν εξηγήσεις σε περίπλοκα ή μη σχετικά φαινόμενα και διαδικασίες. Μπορούν να πραγματοποιήσουν, σε ένα σαφώς ορισμένο πλαίσιο, πειράματα με δύο ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές. Μπορούν να επιχειρηματολογήσουν σχετικά με τον πειραματικό σχεδιασμό, βασιζόμενοι στη διαδικασία που ακολουθείται και στην επιστημική τους γνώση. Οι μαθητές που κατατάσσονται στο επίπεδο 4 μπορούν να ερμηνεύσουν δεδομένα που προέρχονται από ένα αρκετά περίπλοκο σύστημα ή από ένα μη σχετικό πλαίσιο, καταλήγουν σε ευρύτερα συμπεράσματα και επιχειρηματολογούν για τις επιλογές τους.

3	484	Στο επίπεδο 3, οι μαθητές χρησιμοποιούν πολύπλοκες γνώσεις σχετικά με το περιεχόμενο για να αναγνωρίσουν ή να ερμηνεύσουν σχετικά φαινόμενα. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν βοηθητικά στοιχεία για να εξηγήσουν λιγότερο σχετικές ή πιο περίπλοκες καταστάσεις. Μπορούν να πραγματοποιήσουν, σε ένα σαφώς ορισμένο πλαίσιο, απλά πειράματα, βασιζόμενοι στα στάδια της πειραματικής διαδικασίας και στην επιστημική τους γνώση. Οι μαθητές που κατατάσσονται στο επίπεδο 3 μπορούν να διακρίνουν τα επιστημονικά από τα μη επιστημονικά θέματα και να διατυπώσουν επιστημονικούς ισχυρισμούς.
2	410	Στο επίπεδο 2, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν γνώσεις από την καθημερινή ζωή και από τις διαδικασίες για τη διατύπωση επιστημονικών εξηγήσεων, την ερμηνεία δεδομένων και την αναγνώριση των ερευνητικών ερωτημάτων σε απλά πειράματα. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν απλές ή καθημερινές επιστημονικές γνώσεις για να αξιολογήσουν απλά δεδομένα και να διατυπώσουν έγκυρα συμπεράσματα. Οι μαθητές που κατατάσσονται στο επίπεδο 2 εμφανίζουν βασικές επιστημικές γνώσεις, καθώς είναι ικανοί να αναγνωρίζουν ερωτήματα και να τα διερευνούν με επιστημονικό τρόπο.
1α	335	Οι μαθητές στο επίπεδο 1α μπορούν να χρησιμοποιήσουν βασικές γνώσεις από την καθημερινή ζωή και από τις διαδικασίες για την αναγνώριση και την ερμηνεία απλών επιστημονικών φαινομένων. Μπορούν να αναλύσουν, χρησιμοποιώντας βοηθητικά στοιχεία, απλά επιστημονικά ερωτήματα, τα οποία περιλαμβάνουν έως δύο μεταβλητές. Μπορούν να αναγνωρίσουν απλές σχέσεις αιτίου-αποτελέσματος ή συσχέτισης και να ερμηνεύουν γραφικά ή οπτικά δεδομένα, χωρίς ιδιαίτερες γνωστικές απαιτήσεις. Οι μαθητές που κατατάσσονται στο επίπεδο 1α μπορούν να επιλέξουν τις καταλληλότερες επιστημονικές εξηγήσεις για σχετικά πλαίσια, σε τοπικό ή παγκόσμιο επίπεδο.
1β	261	Οι μαθητές στο επίπεδο 1β μπορούν να χρησιμοποιούν βασικές ή καθημερινές επιστημονικές γνώσεις για την αναγνώριση οικείων και απλών φαινομένων. Μπορούν να αναγνωρίσουν απλά δεδομένα, επιστημονικούς όρους και να ακολουθήσουν τις οδηγίες για την ολοκλήρωση μιας επιστημονικής διαδικασίας.

Βάσει των επιπέδων αυτών, οι επιδόσεις των μαθητών/τριών που απαντούν τα θέματα αυτά διακρίνονται σε τρία (3) επιμέρους επίπεδα, το χαμηλό, μεσαίο και υψηλό επίπεδο επίδοσης (επιστημονικού εγγραμματισμού, Σοφιανοπούλου κ.ά., 2017), όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2:

Πίνακας 2. Επίπεδα επιστημονικού εγγραμματισμού PISA
(Σοφιανοπούλου κ.ά., 2017, σ. 28)

Δυσκολία ερωτήσεων	Επίπεδα ερωτήσεων	Επίδοση μαθητή	Περιγραφή
Ερωτήσεις σχετικά υψηλής δυσκολίας	Ερώτηση επιπέδου 6	Μαθητής με σχετικά υψηλή επίδοση	Ο μαθητής αναμένεται να ολοκληρώσει επιτυχώς τα θέματα επιπέδου 1 έως 2, πιθανά και τα θέματα επιπέδου 4.
	Ερώτηση επιπέδου 5		
Ερωτήσεις μέτριας δυσκολίας	Ερώτηση επιπέδου 4	Μαθητής με μέτρια επίδοση	Ο μαθητής αναμένεται να ολοκληρώσει επιτυχώς τα θέματα επιπέδου 1 έως 2, πιθανά και τα θέματα επιπέδου 3, αλλά δεν απαντά σε θέματα επιπέδου 5 και 6, ίσως και θέματα επιπέδου 4.
	Ερώτηση επιπέδου 3		
Ερωτήσεις σχετικά χαμηλής δυσκολίας	Ερώτηση επιπέδου 2	Μαθητής με σχετικά χαμηλή επίδοση	Ο μαθητής δεν μπορεί να ολοκληρώσει επιτυχώς τα θέματα επιπέδου 2 έως 6, πιθανά και τα θέματα επιπέδου 1.
	Ερώτηση επιπέδου 1		

Η Παρούσα Έρευνα

Βάσει της μεθοδολογίας που ακολουθεί το PISA, στην επιλογή των θεμάτων για την ανίχνευση των επιπέδων επιστημονικού εγγραμματισμού δεν λαμβάνονται υπόψη τα Προγράμματα Σπουδών της εκάστοτε συμμετέχουσας χώρας, αλλά τα θέματα εστιάζουν στην εξέταση των δεξιοτήτων που έχει αναπτύξει ο/η κάθε μαθητής/τρια (Fernandez-Cano, 2016· Roberts, 2007).

Το γεγονός ότι η έρευνα PISA εφαρμόζεται σε μαθητές 15 ετών, σε συνδυασμό με τις χαμηλές επιδόσεις της χώρας μας, καθιστά απαραίτητη την εμβάθυνση στις αιτίες μέσω και της ανίχνευσης πρόδρομων μορφών επιστημονικού εγγραμματισμού. Έτσι, εκτιμήθηκε ότι είναι σημαντικό να διερευνηθεί ο επιστημονικός εγγραμματισμός των μαθητών/τριών στο τέλος της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Ωστόσο, δεδομένου ότι το PISA απευθύνεται σε μαθητές/τριες 15 ετών, ο βαθμός που οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν δεξιότητες επιστημονικού τους εγγραμματισμού στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση δεν έχει εξεταστεί συστηματικά. Ένας σημαντικός λόγος για αυτή την υστέρηση είναι ότι στη σχετική βιβλιογραφία παρατηρείται έλλειψη ενός έγκυρου και αξιόπιστου εργαλείου μέτρησης των επιμέρους πτυχών του επιστημονικού εγγραμματισμού μαθητών/τριών Δημοτικού τόσο σε διεθνές επίπεδο, και ειδικότερα στην Ελλάδα.

Συνεπώς, στόχος της παρούσας έρευνας είναι η ανάπτυξη και πιλοτική εφαρμογή ενός εργαλείου, το οποίο θα μετρήσει με έγκυρο τρόπο τις διαστάσεις επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών/τριών Δημοτικού Σχολείου στην Ελλάδα, και θα συμβάλλει στην πρωταρχική αναγνώριση των διαφορετικών επιπέδων του. Πιο αναλυτικά, η παρούσα έρευνα στοχεύει να απαντήσει στα εξής ερωτήματα:

1. Ποιες είναι οι διαστάσεις που μετράνε επιστημονικό εγγραμματισμό μαθητών/τριών της τελευταίας τάξης του Δημοτικού Σχολείου;
2. Ποια επίπεδα επιστημονικού εγγραμματισμού εμφανίζονται στους/στις μαθητές/τριες της τελευταίας τάξης του Δημοτικού Σχολείου;

Μεθοδολογία

Ερευνητική Διαδικασία

Η παρούσα εργασία αποτελεί πιλοτική έρευνα που υλοποιήθηκε στα πλαίσια ευρύτερης έρευνας, με στόχο την κατασκευή και εγκυροποίηση ενός εργαλείου που θα ανιχνεύει και θα μετρά πτυχές επιστημονικού εγγραμματισμού μαθητών/τριών Δημοτικού Σχολείου και γυμνασίου στην Ελλάδα. Η ανάπτυξη του εργαλείου έγινε έπειτα από συστηματική ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, σύνθεση των θεωρητικών παραδοχών και διατύπωση των ερευνητικών στοχεύσεων. Μετά την ανάπτυξή του ελέγχθηκε και αξιολογήθηκε από ειδικούς στο αντικείμενο και εκπαιδευτικούς για να διασφαλισθεί η εγκυρότητα περιεχομένου (content validity) και φαινομενική εγκυρότητα (face validity). Ο έλεγχος των δύο τύπων εγκυρότητας επέτρεψε την πιλοτική εφαρμογή του εργαλείου και τη συλλογή ερευνητικού υλικού από μαθητές/τριες της ΣΤ΄ τάξης Δημοτικών Σχολείων στην Ελλάδα. Η συλλογή των δεδομένων έγινε την άνοιξη του 2023, σε ηλεκτρονική μορφή μέσω της χρήσης tablet από κάθε μαθητή/τρια, με τη βοήθεια ειδικά σχεδιασμένης εφαρμογής. Η έρευνα έλαβε έγκριση από την Επιτροπή Δεοντολογίας του Πανεπιστημίου των συγγραφέων, ενώ η συγκατάθεση συμμετοχής στην έρευνα ζητήθηκε τόσο από τους γονείς των συμμετεχόντων όσο και από τους/τις ίδιους/ες μαθητές/τριες.

Συμμετέχοντες

Στην πιλοτική έρευνα συμμετείχαν 260 μαθητές/τριες 11,5 ετών (SD = 0.52), 124 κορίτσια και 129 αγόρια (48.8% και 50.8% του δείγματος αντίστοιχα).

Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Δεδομένου ότι πολλές από τις διαστάσεις του επιστημονικού εγγραμματισμού, όπως εντοπίζονται και στη σχετική βιβλιογραφία, ενσωματώνονται στα Προγράμματα Σπουδών του Δημοτικού Σχολείου, το προτεινόμενο εργαλείο αναπτύχθηκε βάσει των ειδικών Προγραμμάτων

Σπουδών (Μελέτη Περιβάλλοντος, Γεωγραφία, Φυσικά, Ιστορία, Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή). Οι δεξιότητες/ικανότητες των ατόμων οργανώθηκαν και λειτουργικοποιήθηκαν γύρω από τρεις διαστάσεις (Σχήμα 2):

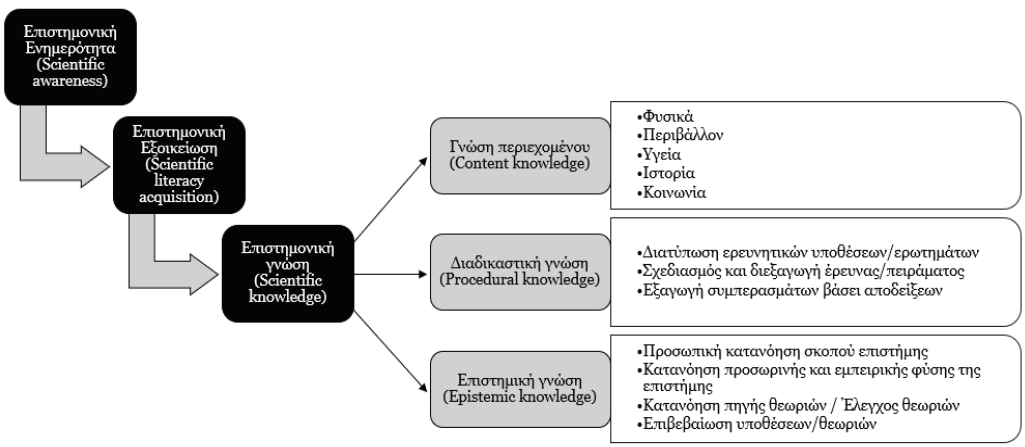
α) *Επιστημονική Ενημερότητα* (Scientific awareness), όπου ο/η μαθητής/τρια μπορεί να αναγνωρίζει, να διαβάζει και να γράφει όρους της επιστήμης.

β) *Επιστημονική Εξοικείωση* (Scientific literacy acquisition), όπου ο/η μαθητής/τρια εντοπίζει τις σχετικές με την επιστήμη έννοιες και ζητήματα και μπορεί να τα διακρίνει από τα μη επιστημονικά.

γ) *Επιστημονική Γνώση* (Scientific knowledge), η οποία με τη σειρά της διακρίνεται σε τρεις πτυχές:

1. *Γνώση Περιεχομένου* (Content knowledge), όπου παρατηρείται η κατανόηση βασικών επιστημονικών εννοιών, νόμων και θεωριών.
2. *Διαδικαστική Γνώση* (Procedural knowledge), κατά την οποία επιτυγχάνεται η κατανόηση των μεθόδων και διαδικασιών της επιστημονικής έρευνας.
3. Επιστημική Γνώση (Epistemic knowledge), που απαιτεί το άτομο να κατανοεί το σκοπό της επιστήμης, το γεγονός ότι η επιστήμη μπορεί να υποστεί αλλαγές μέσω διερεύνησης, τις πηγές των θεωριών, και να μπορεί να επιβεβαιώνει υποθέσεις.

Σχήμα 2. Διαστάσεις Επιστημονικού Εγγραμματισμού – Λειτουργικοποίηση



Προκειμένου να επιτευχθεί η ανίχνευση και μέτρηση των επιπέδων επιστημονικού εγγραμματισμού δημιουργήθηκε ειδική τράπεζα θεμάτων διαβαθμισμένης δυσκολίας στους κλάδους των φυσικών επιστημών και της ιστορίας. Δημιουργήθηκαν έξι διαφορετικά φυλλάδια

εργασίας (booklets) με επιλεγμένες ερωτήσεις από την τράπεζα θεμάτων. Κάθε φυλλάδιο περιλάμβανε δύο θέματα, ένα από τις Φυσικές Επιστήμες και ένα από την ιστορία, με συνολικά 20 ερωτήσεις σε μορφή ανοιχτού τύπου, πολλαπλών επιλογών, αντιστοίχισης και ερωτήσεις απλής επιλογής με τέσσερις προκαθορισμένες απαντήσεις. Η μία εκ των απαντήσεων ήταν πλήρως σωστή, η μία μερικώς σωστή (απουσίαζε ένα σημαντικό κομμάτι της απάντησης για να θεωρηθεί πλήρως σωστή) και δύο λανθασμένες. Κάθε ερώτηση συνοδευόταν από ένα κατάλληλα προσαρμοσμένο σύντομο ή πιο εκτενές κείμενο τω σχολικών εγχειριδίων, έτσι ώστε το επίπεδο τους να ανταποκρίνεται στη συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα. Όλες οι απαντήσεις κωδικοποιήθηκαν ως σωστές (1) και λάθος (0).

Εγκυρότητα Περιεχομένου και Φαινομενική Εγκυρότητα

Για τον έλεγχο της εγκυρότητας περιεχομένου και της φαινομενικής εγκυρότητας του εργαλείου χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες Item-Content Validity Index (I-CVI) και Scale-Content Validity Index (S-CVI) για την εκτίμηση της αντιπροσωπευτικότητας κάθε ερώτησης και της αντιπροσωπευτικότητας ομάδας ερωτήσεων, αντίστοιχα (Polit & Beck, 2006). Προσκλήθηκαν τρεις ειδικοί στο αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών και της συζήτησης που γίνεται αναφορικά με το τρίπτυχο επιστήμη-τεχνολογία-κοινωνία, καθώς και 12 εκπαιδευτικοί με εμπειρία στη διδασκαλία μαθημάτων επιστημών της Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού, οι οποίοι έχοντας στη διάθεσή τους τους λεπτομερείς εννοιολογικούς και λειτουργικούς ορισμούς της κάθε διάστασης, συμπλήρωσαν μια ειδικά διαμορφωμένη ρουμπρίκα, βαθμολογώντας την κάθε ερώτηση του εργαλείου αναφορικά με (α) το κατά πόσο οι ερωτήσεις αντιπροσωπεύουν εννοιολογικά τις επιμέρους διαστάσεις, (β) τη σαφήνεια και το βαθμό δυσκολίας των ερωτήσεων (MacKenzie et al., 2011), καθώς και (γ) την κατάταξη των ερωτήσεων σε επίπεδα του επιστημονικού εγγραμματισμού. Η βαθμολόγηση των ερωτήσεων από τους αξιολογητές έγινε σε μια 4βαθμη κλίμακα, οι τιμές της οποίας ήταν: 0 = Δεν γίνεται αποδεκτή ως έχει, 1 = Δεν γίνεται αποδεκτή χωρίς σημαντικές αναθεωρήσεις, 2 = Αποδεκτή με μικρές αναθεωρήσεις, και 3 = Αποδεκτή ως έχει. Σε συνέχεια της βαθμολόγησης της κάθε ερώτησης από τους αξιολογητές, έγινε επανακωδικοποίηση των τιμών από τους ερευνητές προκειμένου να διεξαχθούν οι περαιτέρω αναλύσεις. Οι τιμές της αρχικής 4βαθμης κλίμακας επανακωδικοποιήθηκαν ως εξής: 0 = Μη αποδεκτή ερώτηση (για τις αρχικές τιμές 0 και 1) και 1 = Αποδεκτή ερώτηση (για τις αρχικές τιμές 2 και 3). Από το σύνολο των 15 βαθμολογητών, οι έξι έδωσαν πλήρεις απαντήσεις με αξιοποιήσιμα δεδομένα, αριθμός που θεωρείται ικανοποιητικός από τη σχετική βιβλιογραφία (Lynn, 1986· Polit & Beck, 2006· Sangoseni et al., 2013).

Επίπεδα Επιστημονικού Εγγραμματισμού

Για την αρχική ανίχνευση των επιπέδων επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών/τριών, εφαρμόστηκαν μοντέλα δύο παραμέτρων (Two-Parameter Logistic (2PL) Models) των Item Response Theory (IRT), με τη χρήση του πακέτου ltm στην R (Rizopoulos, 2006), σε κάθε

επιμέρους διάσταση του επιστημονικού εγγραμματισμού, όπως προέκυψαν από τα αποτελέσματα του ελέγχου της εγκυρότητας περιεχομένου και φαινομενικής εγκυρότητας. Η πρώτη προϋπόθεση που ελέγχει την ύπαρξη μονοδιάστατου μοντέλου (unidimensionality) ελέγχθηκε με το πακέτο unidimTest στην R (Drasgow & Lissak, 1983). Η εφαρμογή του ελέγχου έδωσε μη στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα (*p-value* > 0.05), επομένως ικανοποιείται η προϋπόθεση. Η προϋπόθεση του local independence βασίστηκε στον συντελεστή Loevinger's H > 0,30, χρησιμοποιώντας το πακέτο «mokken» στο R (van der Ark, 2007). Η προϋπόθεση του monotonicity εμφανίστηκε σε ένα γράφημα με καμπύλη σχήματος S (Yang & Kao, 2014). Η τελευταία προϋπόθεση μεταξύ δύο ομάδων του φύλου εκτιμήθηκε μέσω του πακέτου difR στο R για το Differential Item Functioning (Magis et al., 2013) με βάση τη μέθοδο του Lord's chi-squared (Lord, 1980). Ο Πίνακας 4 δείχνει ενδεικτικά τα αποτελέσματα της πτυχής της «εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει ενδείξεων» της πτυχής της διαδικαστικής γνώσης και της πτυχής του «σκοπού της επιστήμης» της επιστημικής γνώσης.

Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε σε κάθε επιμέρους διάσταση του εργαλείου η ανάλυση συστάδων TwoStep Cluster Analysis, δεδομένου ότι οι μεταβλητές ήταν διχοτομικές. Οι συστάδες που δημιουργήθηκαν για κάθε επιμέρους διάσταση προσέδιδαν σε κάθε μεταβλητή διαφορετικό βαθμό σημασίας για τη διάκριση των επιπέδων επιστημονικού εγγραμματισμού.

Αποτελέσματα

Εγκυρότητα Περιεχομένου και Φαινομενική Εγκυρότητα

Οι εκτιμώμενοι δείκτες εγκυρότητας περιεχομένου και φαινομενικής εγκυρότητας για τις επιμέρους πτυχές της επιστημονικής γνώσης έδειξαν στην πλειοψηφία τους συμφωνία των βαθμολογητών μεγαλύτερη του 80%. Ωστόσο, οι διαστάσεις της επιστημονικής ενημερότητας και επιστημονικής εξοικείωσης φαίνεται να έχουν μη ικανοποιητικούς δείκτες εγκυρότητας περιεχομένου (Πίνακας 3). Λαμβάνοντας, λοιπόν, υπόψη τα επιμέρους σχόλια όλων των βαθμολογητών για βελτίωση των ερωτήσεων, το εργαλείο επεξεργάστηκε και αναμορφώθηκε, προκειμένου να εφαρμοστεί στη συνέχεια σε δείγμα μαθητών/τριών.

Πίνακας 3. Υπολογισμός του δείκτη Scale Content Validity Index Average (S-CVI/AVE) για κάθε διάσταση

Διαστάσεις επιστημονικού εγγραμματισμού	Φαινομενική Εγκυρότητα Face Validity	Εγκυρότητα Περιεχομένου Content Validity
Επιστημονική Ενημερότητα (Scientific awareness)	1.00	0.55
Επιστημονική Εξοικείωση (Scientific literacy acquisition)	0.98	0.60
Γνώση Περιεχομένου (Content knowledge)	1.00	0.84

Διαδικαστική Γνώση (Procedural knowledge)		
Διατύπωση ερευνητικών υποθέσεων/ερωτημάτων	1.00	0.83
Σχεδιασμός και διεξαγωγή έρευνας/πειράματος	0.98	0.98
Εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει αποδείξεων	0.97	0.92
Επιστημική Γνώση (Epistemic knowledge)		
Προσωπική κατανόηση σκοπού επιστήμης	0.99	0.96
Κατανόηση προσωρινής και εμπειρικής φύσης της επιστήμης	0.98	0.88
Κατανόηση πηγών θεωριών / Έλεγχος θεωριών	1.00	0.99
Επιβεβαίωση υποθέσεων/θεωριών	1.00	0.97
Για έξι ή περισσότερους βαθμολογητές, ≥80% συμφωνία είναι επαρκής (Sangoseni et al., 2013)		

Επίπεδα Επιστημονικού Εγγραμματισμού

Η ανάλυση του μοντέλου IRT 2PL έδειξε ότι η παράμετρος διάκρισης (discrimination parameter) στις ερωτήσεις (items) της διάστασης «διαδικαστική γνώση – εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει ενδείξεων» ήταν σημαντική με τιμή μεγαλύτερη από 0.3, υποδηλώνοντας τη διατήρηση τριών εκ των τεσσάρων στοιχείων, που φαίνονται στον Πίνακα 4. Για τις άλλες διαστάσεις (ενδεικτικά στον Πίνακα 4 φαίνονται οι τιμές για την πτυχή της «γνώσης περιεχομένου» και της πτυχής του «σκοπού της επιστήμης» της επιστημικής γνώσης, το εμπειρικό υλικό δεν ανταποκρίθηκε στα όρια που επιτρέπουν την αξιοποίηση των διαστάσεων.

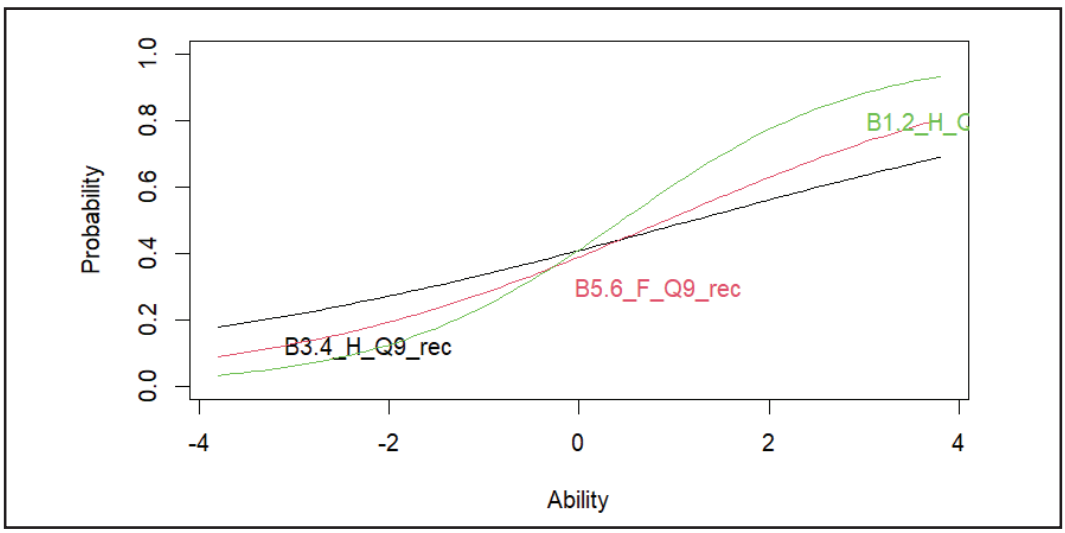
Πίνακας 4. IRT 2-PL Μοντέλα

Item	α	b	DIF Lord's χ^2
Γνώση περιεχομένου			
Ερώτηση 1 (B3_F_Q4_rec)	0.26	-0.27	0.35
Ερώτηση 2 (B4_F_Q4_rec)	0.55	-0.51	0.05
Ερώτηση 3 (B6_F_Q4_rec)	0.31	-1.27	0.78
Διαδικαστική γνώση - Εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει ενδείξεων			
Ερώτηση 1 (B1.2_H_Q9_rec)	0.79	0.45	0.13
Ερώτηση 2 (B3.4_H_Q9_rec)	0.31	1.20	0.04
Ερώτηση 3 (B5.6_F_Q9_rec)	0.49	0.92	0.19

Επιστημική γνώση - Σκοπός της επιστήμης			
Ερώτηση 1 (B1.2_H_Q6_rec)	0.27	-0.48	0.10
Ερώτηση 2 (B3.4_F_Q8_rec)	2.65	-0.10	0.21
Ερώτηση 3 (B5.6_H_Q6_rec)	0.58	-1.23	0.10
Σημείωση. Διατήρηση ερωτήσεων με παράμετρο διάκρισης (α 0.3) και παράμετρο δυσκολίας ($\lvert b \rvert \leq 3$). Μη στατιστικά σημαντικό DIF = Differential Item Functioning ($p > 0.05$) για τις ομάδες του φύλου.			

Στην Εικόνα 1 (Item Characteristic Curve) φαίνεται ότι η πιθανότητα σωστής απόκρισης σε μία ερώτηση εξαρτάται από το επίπεδο διαδικαστικής γνώσης αναφορικά με την πτυχή της εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει ενδείξεων.

Εικόνα 1. Item Characteristic Curves



Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε ανάλυση συστάδων δύο βημάτων TwoStep Cluster Analysis σε κάθε επιμέρους διάσταση του επιστημονικού εγγραμματισμού όπως αναγνωρίστηκαν στη βιβλιογραφία και στη συνέχεια επικυρώθηκαν από τους ειδικούς. Οι συστάδες που δημιουργήθηκαν για κάθε επιμέρους διάσταση προσέδιδαν σε κάθε μεταβλητή διαφορετικό βαθμό σημασίας για τη διάκριση των επιπέδων επιστημονικού εγγραμματισμού. Από την ανάλυση προέκυψαν τρία επίπεδα, τα οποία προσδιορίστηκαν ως χαμηλό, μεσαίο και υψηλό επίπεδο επιστημονικού εγγραμματισμού. Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης συστάδων και τις συχνότητες των μαθητών/τριών όπως κατατάσσονται σε κάθε επίπεδο του επιστημονικού εγγραμματισμού.

Πίνακας 5. Ανάλυση συστάδων και επίπεδα επιστημονικού εγγραμματισμού

Διαστάσεις επιστημονικού εγγραμματισμού	Χαμηλό επίπεδο	Μεσαίο επίπεδο	Υψηλό επίπεδο	*Shilouette Measuere of Cohesion and Separation*	*Ratio of Sizes*
Επιστημονική Ενημερότητα (Scientific awareness)					
Φυσικές Επιστήμες	98 (38.9%)	106 (42.1%)	48 (19.0%)	0.2	2.21
Ιστορία	81 (32.1%)	80 (31.7%)	91 (36.1%)	0.3	1.14
Επιστημονική Εξοικείωση (Scientific literacy acquisition)					
Φυσικές Επιστήμες	-	-	-	0.1	-
Ιστορία	-	-	-	0.1	-
Γνώση Περιεχομένου (Content knowledge)					
Φυσικές Επιστήμες	119 (47.2%)	66 (26.2%)	67 (26.6%)	0.3	1.80
Ιστορία	116 (46.0%)	68 (27.0%)	68 (27.0%)	0.3	1.71
Διαδικαστική Γνώση (Procedural knowledge)					
Διατύπωση ερευνητικών υποθέσεων/ερωτημάτων	78 (31.0%)	108 (42.9%)	66 (26.2%)	0.3	1.64
Σχεδιασμός και διεξαγωγή έρευνας/πειράματος	72 (28.6%)	72 (28.6%)	108 (42.9%)	0.3	1.50
Εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει αποδείξεων	112 (44.4%)	84 (33.3%)	56 (22.2%)	0.2	2
Επιστημική Γνώση (Epistemic knowledge)					
Προσωπική κατανόηση σκοπού επιστήμης	105 (41.7%)	85 (33.7%)	62 (24.6%)	0.4	1.69
Κατανόηση προσωρινής και εμπειρικής φύσης της επιστήμης	106 (42.1%)	51 (20.2%)	95 (37.7%)	0.3	2.08
Κατανόηση πηγών θεωριών / Έλεγχος θεωριών	87 (34.5%)	48 (19%)	117 (46.4%)	0.4	2.44
Επιβεβαίωση υποθέσεων/θεωριών	79 (31.3%)	62 (24.6%)	111 (44.0%)	0.8	1.79
Silhouette measure of cohesion and separation > 0.2 indicates a *fair* separation distance between clusters (Tkaczynski, 2016) An acceptable Ration of Sizes coefficient takes values < 3.0 (Rijbroek et al., 2019)					

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Στόχος της εργασίας ήταν η πιλοτική εφαρμογή ενός έγκυρου εργαλείου, το οποίο θα ανιχνεύει διαστάσεις του επιστημονικού εγγραμματισμού μαθητών/τριών της τελευταίας τάξης του Δημοτικού Σχολείου στην Ελλάδα και θα ανιχνεύει επίπεδα του επιστημονικού εγγραμματισμού. Έπειτα από την ανάπτυξη του εργαλείου, το περιεχόμενό του αξιολογήθηκε από ομάδα ειδικών και εκπαιδευτικών. Η ανάλυση των απαντήσεών τους διασφάλισε τη φαινομενική εγκυρότητα και μερικώς την εγκυρότητα περιεχομένου του εργαλείου.

Το επόμενο βήμα ήταν η πιλοτική εφαρμογή του εργαλείου σε δείγμα μαθητών/τριών Δημοτικών Σχολείων. Η εφαρμογή των μοντέλων δύο παραμέτρων (2 PL models) των IRT στα δεδομένα των μαθητών/τριών, όπως παρουσιάζεται ενδεικτικά και στη διάσταση «διαδικαστική γνώση – εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει ενδείξεων», έδωσε ικανοποιητικές τιμές στην παράμετρο διάκρισης (discrimination parameter), εξάγοντας ικανοποιητικά συμπεράσματα για την κατασκευαστική εγκυρότητα του εργαλείου. Τα εμπειρικά δεδομένα σε αυτή τη φάση δεν βοήθησαν στην εγκυροποίηση του εργαλείου, γεγονός το οποίο υπαγορεύει την διορθωμένη ως προς ορισμένα επανάληψη της διαδικασίας.

Η πρωταρχική ανάλυση των αποτελεσμάτων επέτρεψε μια πρώτη εκτίμηση των επιπέδων επιστημονικού εγγραμματισμού, στα οποία μπορούν να ενταχθούν οι μαθητές/τριες. Τα επίπεδα του επιστημονικού εγγραμματισμού προσδιορίστηκαν ως χαμηλό, μεσαίο και υψηλό επίπεδο επιστημονικού εγγραμματισμού, τα οποία είναι σε συμφωνία με το περιεχόμενο των επιπέδων που προτείνονται από το PISA βάσει των δεξιοτήτων που παρουσιάζουν οι μαθητές στο κάθε ένα (Πίνακας 2).

Περίπου οι έξι στους 10 μαθητές/τριες κατατάσσονται στο χαμηλό και μεσαίο επίπεδο επιστημονικού εγγραμματισμού, που αντιστοιχεί στα μεσαία και χαμηλότερα επίπεδα του PISA (OECD, 2019), με τους μαθητές/τριες να ανταποκρίνονται σε στοιχειώδη ζητήματα διαδικαστικής και επιστημικής γνώσης, εντοπίζοντας ερωτήσεις προς διερεύνηση και δίνοντας ενδείξεις ότι είναι σε θέση να διεξάγουν απλές και εν μέρει περίπλοκες έρευνες (Σοφιανοπούλου κ.ά., 2017). Μικρό είναι το ποσοστό των μαθητών/τριών που κατατάσσονται σε υψηλότερα επίπεδα επιστημονικού εγγραμματισμού, αντίστοιχα με τα υψηλότερα επίπεδα του PISA (OECD, 2019), στα οποία οι μαθητές/τριες είναι σε θέση να αξιολογούν μια επιστημονική έρευνα, να διακρίνουν τις πληροφορίες που θα τους επιτρέψουν να ερμηνεύσουν ένα αποτέλεσμα, να κατανοούν την πηγή των επιστημονικών δεδομένων και την αβεβαιότητα που αυτά εμπεριέχουν (Σοφιανοπούλου κ.ά., 2017). Τέλος, για τις υπόλοιπες δύο διαστάσεις τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μαθητές/τριες είναι επιστημονικά ενήμεροι αλλά όχι επαρκώς επιστημονικά εξοικειωμένοι. Αυτό μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός ότι οι ερωτήσεις τείνουν να ταυτίζονται εννοιολογικά με ερωτήσεις επιστημονικής ενημερότητας, εύρημα που αναδείχτηκε μέσω των χαμηλών δεικτών εγκυρότητας περιεχομένου πριν την εφαρμογή της πιλοτικής έρευνας. Σε κάθε περίπτωση οι μαθητές ανταποκρίθηκαν με τον ίδιο τρόπο τόσο στις ερωτήσεις επιστημών όσο και ιστορίας.

Προτάσεις Μελλοντικής Έρευνας

Τα αποτελέσματα της έρευνας αποτελούν προκαταρκτικά αποτελέσματα πιλοτικής μελέτης στα πλαίσια ευρύτερης έρευνας. Σε επόμενο χρόνο, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που προκύπτουν από την εφαρμογή των μοντέλων IRT, το ερευνητικό εργαλείο θα βελτιωθεί και ανακατασκευαστεί στα σημεία που πάσχει, προσεγγίζοντας, μέσω διαρκών ανατροφοδοτήσεων και αυστηρών ελέγχων εγκυρότητας, τις διαφορετικές διαστάσεις του επιστημονικού εγγραμματισμού μαθητών/τριών στο τέλος της πρωτοβάθμιας και στην αρχή του πρώτου κύκλου της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας & Καινοτομίας

Η ερευνητική εργασία υποστηρίχτηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) στο πλαίσιο της «3ης Προκήρυξης ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για Υποψήφιους/ες Διδάκτορες» (Αριθμός Υποτροφίας: 5702).

Βιβλιογραφία

Σοφιανοπούλου, Χ., Εμβαλωτής, Α., Πίτσια, Β. & Καρακολίδης, Α. (2017). *Έκθεση Αποτελεσμάτων του Διεθνούς Προγράμματος PISA 2015για την Αξιολόγηση των Μαθητών στην Ελλάδα*. Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ). http://iep.edu.gr/pisa/images/publications/reports/pisa_2015_greek_report.pdf

Bybee, R. W. (1995). Achieving scientific literacy. *The Science Teacher*, *62*, 28-33.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann.

Cetin-Dindar, A. (2016). Student motivation in constructivist learning environment. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12*(2), 233-247. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1399a

Chin, C. C., Yang, W. C., & Tuan, H. L. (2016). Argumentation in a socioscientific context and its influence on fundamental and derived science literacies. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *14*, 603-617. https://doi.org/10.1007/s10763-014-9606-1

Drasgow, F., & Lissak, R. I. (1983). Modified parallel analysis: a procedure for examining the latent dimensionality of dichotomously scored item responses. *Journal of Applied psychology*, *68*(3), 363. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0021-9010.68.3.363

Fernandez-Cano, A. (2016). A Methodological Critique of the PISA Evaluations. *RELIEVE*, *22*(1), 1-16. http://dx.doi.org/10.7203/relieve.22.1.8806

Hacıeminoğlu, E., Yılmaz-Tüzün, Ö., & Ertepınar, H. (2014). Development and validation of nature of science instrument for elementary school students. *Education 3-13, 42*(3),

258- 283. https://doi.org/10.1080/03004279.2012.671840

Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2009). The meaning of scientific literacy. *International journal of environmental and science education*, *4*(3), 275-288.

IEA. (2011). *TIMSS and PIRLS Achievement Scaling Methodology*. Retreived from https://timssandpirls.bc.edu/methods/pdf/TP11_Scaling_Methodology.pdf.

Lau, K. C. (2009). A critical examination of PISA's assessment on scientific literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *7*, 1061-1088. https://doi.org/10.1007/s10763-009-9154-2

Lord, F. (1980). *Applications of item response theory to practical testing problems*. Lawrence Erlbaum Associates.

Lynn, M. R. (1986). Determination and quantification of content validity. *Nursing research*, *35*(6), 382-386.

MacKenzie, S. B., Podsakoff, P. M., Podsakoff, N. P. (2011). Construct measurement and validation procedures in MIS and behavioral research: Integrating new and existing techniques. *MIS Quarterly*, *35*, 293-334. https://doi.org/10.2307/23044045

Magis, D., Beland, S., & Raiche, G. (2013). difR: Collection of methods to detect dichotomous Differential Item Functioning (DIF) in psychometrics. *R package version 5.0*. http://www.CRAN.R-project.org/package=difR

Mason, L., Boscolo, P., Tornatora, M. C., & Ronconi, L. (2013). Besides knowledge: A cross-sectional study on the relations between epistemic beliefs, achievement goals, self-beliefs, and achievement in science. *Instructional Science, 41*, 49-79. https://doi.org/10.1007/s11251-012-9210-0

Ng, D. T. K., & Chu, S. K. W. (2021). Motivating students to learn STEM via engaging flight simulation activities. *Journal of Science Education and Technology, 30*(5), 608-629. https://doi.org/10.1007/s10956-021-09907-2

OECD. (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. OECD Publishing.

OECD. (2016α). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. PISA. OECD. https://doi.org/10.1787/19963777

OECD. (2016β). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education, PISA*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/publications/pisa-2015-results-volume-i-9789264266490-en.htm

OECD. (2016γ). *PISA 2015 Technical Report*. Paris: OECD Publishing.

OECD. (2018). *Education for a bright future in Greece: Reviews of national policies for education*. OECD.

https://www.oecd.org/education/education-for-a-bright-future-in-greece-9789264298750-en.htm

OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What students know and can do*. PISA. OECD. https://www.oecd.org/education/pisa-2018-results-volume-i-5f07c754-en.htm

OECD (2021), *OECD Skills Outlook 2021: Learning for Life*, OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/0ae365b4-en

Polit, D. F., & Beck. C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing & Health*, *29*(5), 489–497. https://doi.org/10.1002/nur.20147

Pollmeier, J., Tröbst, S., Hardy, I., Möller, K., Kleickmann, T., Jurecka, A., & Schwippert, K. (2017). Science-P I: Modeling conceptual understanding in primary school. In D. Leutner, J. Fleischer, J. Grünkorn & E. Klieme (Eds.), *Competence assessment in education: Research, models and instruments*, 9-17. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50030-0_2

Rijbroek, B., Strating, M. M., Konijn, H. W., & Huijsman, R. (2019). Child protection cases, one size fits all? Cluster analyses of risk and protective factors. *Child abuse & neglect*, *95*, 104068. https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2019.104068

Rizopoulos, D. (2006). ltm: An R package for latent variable modeling and item response theory analyses. *Journal of Statistical Software*, *17*, 1-25. http://dx.doi.org/10.18637/jss.v017.i05

Roberts, D. A. (2007). Scientific Literacy/Science Literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 729-780). Lawrence Erlbaum Associates.

Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2009). Scientific literacy, PISA, and socioscientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *46*(8), 909-921. https://doi.org/10.1002/tea.20327

Sangoseni, O., Hellman, M., & Hill, C. (2013). Development and validation of a questionnaire to assess the effect of online learning on behaviors, attitudes, and clinical practices of physical therapists in the United States regarding evidenced-based clinical practice. *Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice*, *11*(2), 1–12. https://doi.org/10.46743/1540-580X/2013.1439

Sargioti, A., & Emvalotis, A. (2020). Attitudes towards science and the impact of epistemic beliefs on pre-service primary teachers' scientific literacy. *Educational Journal of the University of Patras Unesco Chair*, *7*(1), 175-189. https://efe.library.upatras.gr/ejupUNESCOchair/article/view/3239

Schiefer, J., Golle, J., Tibus, M., & Oschatz, K. (2019). Scientific reasoning in elementary

school children: Assessment of the inquiry cycle. *Journal of Advanced Academics*, *30*(2), 144-177. https://doi.org/10.1177/1932202X18825152

Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press.

Shen, B. S. P. (1975). Scientific literacy and the public understanding of science. In S. B. Day (Eds.), *Communication of scientific information* (pp. 44–52). Karger.

Solis, D. H., Hutchinson, D., & Longnecker, N. (2021, August). Formal learning in informal settings–increased physics content knowledge after a science centre visit. *Frontiers in Education*, *6*(698691), 1-12. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.698691

Tkaczynski, A. (2016). Segmentation Using Two-Step Cluster Analysis. In T. Dietrich, S. Rundle-Thiele & K. Kubacki (Eds.), *Segmentation in social marketing: Process, methods and application* (pp. 109-125). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1835-0_8

Toma, R. B. (2021). Measuring children's perceived cost of school science: Instrument development and psychometric evaluation. *Studies in Educational Evaluation*, *70*, 101009. https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2021.101009

Toma, R. B., & Meneses Villagra, J. A. (2019). Validation of the single-items Spanish-School Science Attitude Survey (S-SSAS) for elementary education. *Plos One*, *14*(1), e0209027. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209027

van der Ark, L. A. (2007). Mokken scale analysis in R. *Journal of Statistical Software*, *46*. https://doi.org/10.18637/jss.v020.i11

Van de Sande, E., Kleemans, T., Verhoeven, L., & Segers, E. (2019). The linguistic nature of children's scientific reasoning. *Learning and Instruction*, *62*, 20-26. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.02.002

Xiao, S., & Sandoval, W. A. (2017). Associations between attitudes towards science and children's evaluation of information about socioscientific issues. *Science & Education*, *26*, 247-269. https://doi.org/10.1007/s11191-017-9888-0

Yang, F. M., & Kao, S. T. (2014). Item response theory for measurement validity. *Shanghai archives of Psychiatry*, *26*(3). https://doi.org/10.3969%2Fj.issn.1002-0829.2014.03.010

Zoupidis, A., Pnevmatikos, D., Spyrtou, A., & Kariotoglou, P. (2016). The impact of procedural and epistemological knowledge on conceptual understanding: the case of density and floating–sinking phenomena. *Instructional Science*, *44*, 315-334. https://doi.org/10.1007/s11251-016-9375-z