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

Οι δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών του Λυκείου

Παναγιώτα Ηλιού, Μιχαήλ Σκουμιός

doi: 10.12681/codiste.7312

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 08/12/2025 08:08:18

ΟΙ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΣΥΛΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

Παναγιώτα Ηλιού[1], Μιχαήλ Σκουμιός[2]

[1]Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης, [2]Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Αιγαίου

skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία εστιάζει στη μελέτη των δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών της Β΄ τάξης του Λυκείου. Το δείγμα της έρευνας αποτελούσαν 100 μαθητές οι οποίοι φοιτούσαν στη Β΄ τάξη του Λυκείου. Για τη συλλογή των δεδομένων αξιοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο επιστημονικού συλλογισμού του Lawson. Ως δεδομένα της έρευνας θεωρήθηκαν οι απαντήσεις τις οποίες έδωσαν οι μαθητές στις ερωτήσεις που περιλαμβάνονταν στο ερωτηματολόγιο. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι οι δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού των περισσότερων μαθητών δεν είναι ανεπτυγμένες σε ικανοποιητικό βαθμό. Συνεπώς, συνιστάται η ανάπτυξη στρατηγικών διδασκαλίας που υποστηρίζουν την ανάπτυξη των δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών.

Λέξεις κλειδιά: δεξιότητες, επιστημονικός συλλογισμός, δευτεροβάθμια εκπαίδευση

HIGH SCHOOL STUDENTS' SCIENTIFIC REASONING SKILLS

Authors: Panagiota Iliou[1], Michael Skoumios[2]

Affiliations: [1]Secondary Education, [2]Department of Primary Education, University of the Aegean

skoumios@rhodes.aegean.gr

ABSTRACT

This study focuses on the investigation of the scientific reasoning skills of second grade high school students. The sample of the study consisted of 100 students who were in the second grade of high school. Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning was used to collect the data. The data of the study were the responses that the students gave to the questions included in the questionnaire. The analysis of the data revealed that the scientific reasoning skills of most of the students were not developed to a satisfactory degree. Therefore, it is recommended to develop teaching strategies that support the development of students' scientific reasoning skills.

Keywords: skills, scientific reasoning, secondary education

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο εκπαιδευτικών ερευνών που μελετούν τις δεξιότητες συλλογισμού των μαθητών. Ειδικότερα, εστιάζεται στη μελέτη των δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Κρίνεται σημαντική η διερεύνηση των δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών, αφού αυτές σχετίζονται με την υψηλή ακαδημαϊκή επίδοση (Ahmad et al., 2020˙ Coletta & Phillips, 2005). Επιπρόσθετα, οι δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού θεωρούνται αναγκαίες όχι μόνο για τους μαθητές που θα ασχοληθούν με κάποιο επιστημονικό πεδίο επαγγελματικά, αλλά για όλους τους πολίτες (Bao et al., 2009). Η ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων θα επιτρέψει στους μαθητές (και αυριανούς πολίτες) να χειριστούν με επιτυχία προβλήματα στη μελλοντική τους σταδιοδρομία (Bao et al., 2018).

Ο όρος επιστημονικός συλλογισμός αντιπροσωπεύει ένα σύνολο δεξιοτήτων που εμπλέκονται σε μια επιστημονική διερεύνηση (Zimmerman, 2007). Ειδικότερα, περιλαμβάνει δεξιότητες που αφορούν στη συστηματική διερεύνηση ενός προβλήματος, τη διατύπωση και τον έλεγχο υποθέσεων, τον έλεγχο και τη διαχείριση των μεταβλητών, την αξιολόγηση πειραματικών αποτελεσμάτων (Bao et al., 2018), τη συλλογή και ανάλυση αποδεικτικών στοιχείων και τη συγκρότηση επιχειρημάτων που βασίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία (Köksal-Tuncer & Sodian, 2018).

Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης έχουν αναπτύξει ικανοποιητικά ορισμένες δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού όπως η διατήρηση της μάζας και του όγκου, ο αναλογικός και συνδυαστικός συλλογισμός, ενώ δεν έχουν επαρκώς ανεπτυγμένες άλλες δεξιότητες όπως η αναγνώριση και έλεγχος μεταβλητών, ο πιθανοτικός και υποθετικο-παραγωγικός συλλογισμός (Bezci & Sungur, 2021˙ Effendy et al., 2018˙ Piraksa et al., 2019˙ Yediarani et al, 2019).

Παρά τη σημασία που αποδίδεται στις δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού, η έρευνα που μελετά το επίπεδο ανάπτυξής τους στους μαθητές είναι περιορισμένη και εστιάζεται σε ένα μικρό αριθμό χωρών και σε ορισμένες μόνο από αυτές τις δεξιότητες (Bezci & Sungur, 2021). Επίσης, απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν συστηματικά το σύνολο των δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών στη χώρα μας. Σε αυτό το ζήτημα εστιάζεται η παρούσα εργασία. Ειδικότερα, μελετά τις δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών της Β΄ τάξης του Λυκείου.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα εργασία επιδιώκει να απαντήσει στο ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα: σε ποιο βαθμό είναι ανεπτυγμένες οι δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών που φοιτούν στην Β΄ τάξη του Λυκείου;

Η μέθοδος της έρευνας που επιλέχθηκε στην εργασία αυτή ήταν η ποσοτική. Το δείγμα της έρευνας απετέλεσαν 100 μαθητές της Β΄ τάξης του Λυκείου. Πραγματοποιήθηκε ενημέρωση προς τους γονείς των μαθητών σχετικά με τους στόχους και το περιεχόμενο της έρευνας και δόθηκε η συγκατάθεσή τους.

Το εργαλείο συλλογής των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα για την αξιολόγηση των δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών ήταν το γραπτό τεστ LCTSR (Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning) (Lawson, 2000). Το LCTSR αποτελείται από 12 ζεύγη ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής (24 ερωτήσεις συνολικά). Η πρώτη ερώτηση κάθε ζεύγους έχει μια σειρά από απαντήσεις και ακολουθείται από μια δεύτερη με μια σειρά επιλογών που αφορούν το σκεπτικό στο οποίο βασίζεται η απάντηση στην προηγούμενη ερώτηση. Το συγκεκριμένο ερευνητικό εργαλείο επικεντρώνεται σε έξι δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού: διατήρηση μάζας (ερωτήσεις 1-2), διατήρηση όγκου (ερωτήσεις 3-4), αναλογικός συλλογισμός (ερωτήσεις 5-8), έλεγχος μεταβλητών (ερωτήσεις 9-14), συλλογιστική με πιθανότητες (ερωτήσεις 15-18), συσχετιστικός συλλογισμός (ερωτήσεις 19-20) και υποθετικο-παραγωγικός συλλογισμός (ερωτήσεις 21-24).

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις 1 και 2 που σχετίζονται με τη διατήρηση της μάζας.

Σχήμα 1. Οι ερωτήσεις 1 και 2 του LCTSR που εστιάζονται στη δεξιότητα επιστημονικού συλλογισμού που αφορά στη διατήρηση της μάζας (Lawson, 2000).

Ερώτηση 1
Σου δίνονται δύο πήλινες σφαίρες ίδιου μεγέθους και σχήματος οι οποίες ζυγίζουν ακριβώς το ίδιο. Η μία από τις δύο σφαίρες πλάθεται και γίνεται επίπεδη σε σχήμα δίσκου. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;
(α) το σώμα που έχει σχήμα δίσκου ζυγίζει περισσότερο από τη σφαίρα
(β) τα σώματα συνεχίζουν να ζυγίζουν το ίδιο
(γ) η σφαίρα ζυγίζει περισσότερο από το σώμα που έχει σχήμα δίσκου.

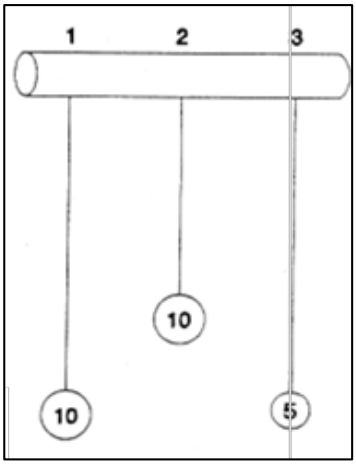
Ερώτηση 2
Η απάντηση που επέλεξες είναι η σωστή γιατί:
(α) το σώμα που έχει σχήμα δίσκου έχει μεγαλύτερη επιφάνεια
(β) η σφαίρα πιέζει περισσότερο προς τα κάτω σε ένα συγκεκριμένο σημείο
(γ) όταν κάτι αποκτά επίπεδο σχήμα χάνει βάρος
(δ) δεν έχει προστεθεί ή αφαιρεθεί πηλός
(ε) όταν κάτι αποκτά επίπεδο σχήμα παίρνει βάρος.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις 9 και 10 που σχετίζονται με τον έλεγχο των μεταβλητών.

Σχήμα 2. Οι ερωτήσεις 9 και 10 του LCTSR που εστιάζονται στη δεξιότητα επιστημονικού συλλογισμού που αφορά στον έλεγχο των μεταβλητών (Lawson, 2000).

Ερώτηση 9

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τρία νήματα που κρέμονται από μια μπάρα. Κάθε νήμα έχει κρεμασμένο στην άκρη του ένα μεταλλικό βαρίδιο. Τα νήματα 1 και 3 έχουν το ίδιο μήκος. Το νήμα 2 είναι πιο κοντό. Βαρίδια των 10 μονάδων βάρους κρέμονται στα νήματα 1 και 2, ενώ στο νήμα 3 κρέμεται ένα βαρίδιο 5 μονάδων βάρους. Τα νήματα με τα βαρίδια μπορούν να αιωρούνται μπρος και πίσω και ο χρόνος για μια ολόκληρη αιώρηση μπορεί να μετρηθεί.



Θέλετε να διερευνήσετε εάν το μήκος του νήματος επηρεάζει το χρόνο που διαρκεί μια ολόκληρη αιώρηση. Ποια νήματα θα χρησιμοποιούσατε για να το βρείτε;

(α) μόνο ένα νήμα
(β) και τα τρία νήματα
(γ) τα νήματα 2 και 3
(δ) τα νήματα 1 και 3
(ε) τα νήματα 1 και 2

Ερώτηση 10

Η απάντηση που επέλεξες είναι η σωστή γιατί:

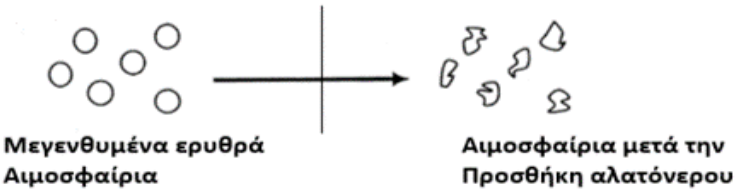
(α) πρέπει να χρησιμοποιθούν τα νήματα με το μεγαλύτερο μήκος
(β) πρέπει να συγκρίνεις τα νήματα με το μικρότερο και το μεγαλύτερο βάρος
(γ) μόνο τα μήκος των νημάτων πρέπει να διαφέρει
(δ) πρέπει να γίνουν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί
(ε) τα βάρη πρέπει να διαφέρουν.

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις 23 και 24 που σχετίζονται με τον υποθετικο-παραγωγικό συλλογισμό.

Σχήμα 3. Οι ερωτήσεις 23 και 24 του LCTSR που εστιάζονται στη δεξιότητα επιστημονικού συλλογισμού που αφορά στον υποθετικο-παραγωγικό συλλογισμό (Lawson, 2000).

Ερώτηση 23

Ένας μαθητής τοποθετεί μια σταγόνα αίμα στη διαφάνεια ενός μικροσκοπίου και την παρατηρεί. Όπως φαίνεται στο σχήμα τα μεγεθυμένα ερυθρά αιμοσφαίρια μοιάζουν σαν μικρές κυκλικές σφαίρες. Αφού τοποθέτησε μερικές σταγόνες αλατόνερου στη σταγόνα αίματος, ο μαθητής παρατήρησε ότι τα ερυθρά αιμοσφαίρια μειώνονται σε μέγεθος.



Η παρατήρηση αυτή δημιουργεί ένα ενδιαφέρον ερώτημα: Γιατί τα ερυθρά αιμοσφαίρια εμφανίζονται μικρότερα;

Δίνονται δύο πιθανές εξηγήσεις.

1η εξήγηση: τα ιόντα του αλατιού (Na^+ , Cl^-) πιέζουν τις μεμβράνες των αιμοσφαιρίων και έτσι τα αιμοσφαίρια εμφανίζονται μικρότερα.

2η εξήγηση: τα μόρια του νερού προσκολλώνται στα ιόντα αλατιού, απομακρύνονται από τα αιμοσφαίρια και έτσι αυτά γίνονται μικρότερα.

Για να ελέγξει αυτές τις εξηγήσεις ο μαθητής διαθέτει, αλατόνερο, ζυγαριά ακρίβειας, πλαστικές σακούλες γεμάτες με νερό (το πλαστικό λειτουργεί ως η μεμβράνη του αιμοσφαιρίου). Το πείραμα περιλαμβάνει το προσεχτικό ζύγισμα της σακούλας με το νερό μέσα σε διάλυμα αλατόνερου για δέκα λεπτά και έπειτα ξαναζύγισμα της σακούλας.

Ποιο αποτέλεσμα θα έδειχνε ότι η εξήγηση 1 πιθανόν να μην είναι σωστή;

α) η σακούλα χάνει βάρος

β) η σακούλα ζυγίζει το ίδιο

γ) η σακούλα φαίνεται μικρότερη

Ερώτηση 24

Ποιο αποτέλεσμα θα έδειχνε ότι η εξήγηση 2 είναι πιθανόν λανθασμένη;

α) η σακούλα χάνει βάρος

β) η σακούλα ζυγίζει το ίδιο

γ) η σακούλα φαίνεται μικρότερη.

Το ερωτηματολόγιο μεταφράστηκε από την αγγλική στην ελληνική γλώσσα και ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε ώστε η μετάφραση να είναι όσο το δυνατόν πιο πιστή και ταυτόχρονα η περιγραφή των ερωτήσεων να είναι κατανοητή στους μαθητές. Το ερωτηματολόγιο εφαρμόστηκε αρχικά σε δέκα μαθητές (πιλοτική έρευνα). Επίσης, δόθηκε σε δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Με βάση τις παρατηρήσεις έγιναν οι αναγκαίες αλλαγές και ετοιμάστηκαν στη τελική του μορφή.

Το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε σε 100 μαθητές της Β΄ τάξης Λυκείων μιας αστικής περιοχής. Η έρευνα διεξάχθηκε το μήνα Φεβρουάριο του 2022. Για την ανάλυση των δεδομένων έγινε χρήση περιγραφικής στατιστικής.

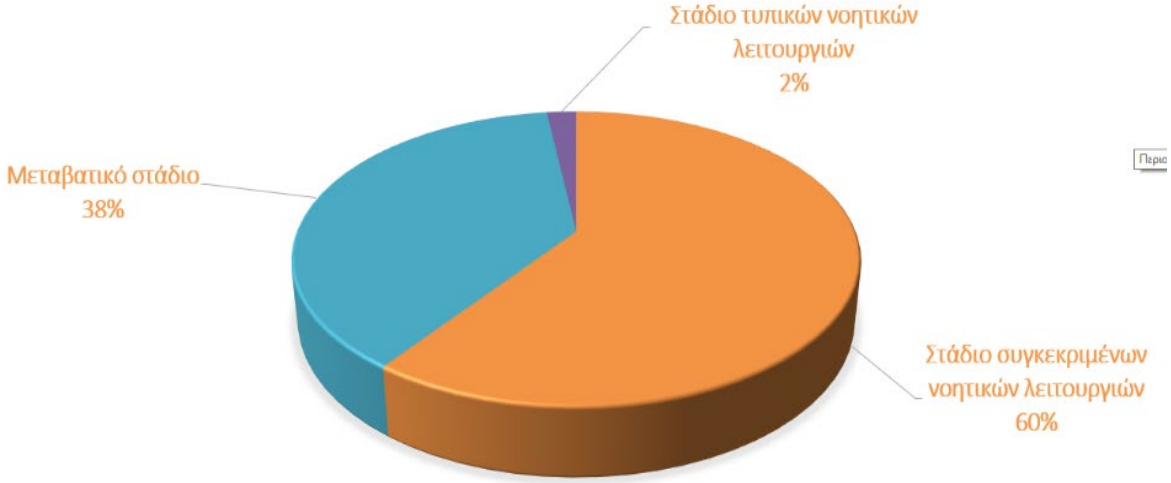
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται τα ποσοστά των ορθών απαντήσεων των μαθητών της Β΄ τάξης Λυκείου σε κάθε μια από τις δώδεκα διαστάσεις των δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού που εξετάστηκαν. Προέκυψε ότι με εξαίρεση μια διάσταση (διατήρηση μάζας) τα ποσοστά επιτυχίας των μαθητών στις έντεκα υπόλοιπες διαστάσεις των δεξιοτήτων κρίνονται χαμηλά.

Σχήμα 4. Τα ποσοστά των ορθών απαντήσεων των μαθητών Β΄ Λυκείου στις δώδεκα διαστάσεις των δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού.

Επιπρόσθετα, υπολογίστηκε το πλήθος των σωστών απαντήσεων που έδωσε κάθε μαθητής, έτσι ώστε με βάση την ταξινόμηση του Lawson (2007) να προσδιοριστεί σε ποιο στάδιο επιστημονικού συλλογισμού βρίσκονται οι μαθητές (στάδιο συγκεκριμένων νοητικών λειτουργιών, μεταβατικό στάδιο, στάδιο τυπικών νοητικών λειτουργιών). Προέκυψε ότι η πλειοψηφία των μαθητών (60%) κατατάσσεται στο κατώτερο επίπεδο επιστημονικού συλλογισμού, σύμφωνα με τους Lawson et al. (2007), δηλαδή αυτό των συγκεκριμένων νοητικών λειτουργιών. Το 38% των μαθητών ανήκει στο ενδιάμεσο επίπεδο επιστημονικού συλλογισμού (μεταβατικό στάδιο), ενώ μόνο το 2% εντάσσεται στο υψηλότερο επίπεδο επιστημονικού συλλογισμού (στάδιο τυπικών νοητικών λειτουργιών) (Σχήμα 5).

Σχήμα 5. Η κατανομή των μαθητών στα επίπεδα επιστημονικού συλλογισμού των Lawson et al. (2007).



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία αποσκοπούσε στη μελέτη των δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών που φοιτούσαν στην Β΄ τάξη του Λυκείου. Ειδικότερα, διερεύνησε το βαθμό στον οποίο είναι ανεπτυγμένες οι δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών, μέσω ερωτηματολογίου.

Η μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας για τις δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών οι οποίοι φοιτούν στη Β΄ τάξη του Λυκείου, έδειξε ότι αυτές δεν είναι ανεπτυγμένες σε ικανοποιητικό βαθμό. Το συμπέρασμα της παρούσας εργασίας βρίσκονται σε συμφωνία με συμπεράσματα αντίστοιχων ερευνών σε άλλες χώρες από τις οποίες προέκυψε ότι οι μαθητές οι οποίοι φοιτούν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση έχουν επαρκώς ανεπτυγμένες μόνο πρώιμες δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού και όχι δεξιότητες οι οποίες απαιτούν ανώτερες συλλογιστικές ικανότητες (Bezci & Sungur, 2021˙ Piraksa et al., 2014). Τα συμπεράσματα αυτά μπορούν να αποδοθούν στις διδακτικές προσεγγίσεις που συνήθως υιοθετούνται στις σχολικές τάξεις, σύμφωνα με τις οποίες κυριαρχεί η μεταφορά γνώσεων από τους εκπαιδευτικούς προς τους μαθητές (Antoniadou & Skoumios, 2013˙ Chionidou-Moskofoglou et al., 2019). Η έμφαση στην απομνημόνευση πληροφοριών δεν εξοικειώνει τους μαθητές με δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού (Owusu Achiaw & Owusu, 2023˙ Zulkipli et al., 2020). Κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή στρατηγικών διδασκαλίας που υποστηρίζουν την ανάπτυξη δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού στους μαθητές (Urdanivia Alarcon et al., 2023).

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας υπόκεινται σε περιορισμούς που αφορούν στο δείγμα της και στην αποκλειστική χρήση ερωτηματολογίου.

Προτείνεται να μελετηθούν οι δεξιότητες επιστημονικού συλλογισμού των μαθητών όλου του εύρους της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Επιπρόσθετα, προτείνεται να διερευνηθεί η επίδραση στρατηγικών διδασκαλίας που υποστηρίζουν την ανάπτυξη δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού στις δεξιότητες που αναπτύσσουν οι μαθητές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ahmad, M., Shah, M. A. H., & Raheem, M. A. (2020). Scientific Reasoning Ability and Academic Achievement of Secondary School Students. *Global Regional Review, V(I)*, 356-363. https://doi.org/10.31703/grr.2020(V-I).39

Antoniadou, P. & Skoumios, M. (2013). Primary teachers' conceptions about science teaching and learning. *The International Journal of Science in Society,* 4 (1), 69-82. https://doi.org/10.18848/1836-6236/CGP/v04i01/59280

Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J. (2018). Validity evaluation of the Lawson classroom test of scientific reasoning. *Physical Review Physics Education Research, 14,* 020106. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020106

Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., Liu, Q., Ding, L., Cui, L., Luo, Y., Wang, Y., Li, L., & Wu, N. (2009). Learning and Scientific Reasoning. *Science, 323*(5914), 586-587.

Bezci, F. & Sungur, S. (2021). How is Middle School Students' Scientific Reasoning Ability Associated with Gender and Learning Environment? *Science Education International, 32*(2), 96-106. https://doi.org/10.33828/sei.v32.i2.2

Chionidou-Moskofoglou, M., Skoumios, M. & Karampelas, K. (2019). Primary Teachers' Teaching Practices in Mathematics and Science Classes. A descriptive Research Approach. *Mediterranean Journal for Research in Mathematics Education*, 16, 7-18.

Coletta, V. P. & Phillips, J. A. (2005). Interpreting FCI scores: normalized gain, reinstruction scores, and scientific reasoning ability. *American Journal of Physics, 73*(12), 1172-1179.

Effendy, S., Hartono, Y. & Ian, Ms. (2018). The Ability of Scientific Reasoning and Mastery of Physics Concept of State Senior High School Students in Palembang City. *Conference: Proceedings of the International Conference on Science and Education and Technology* (ISET 2018). http://dx.doi.org/10.2991/iset-18.2018.102

Köksal-Tuncer, Ö. & Sodian, B. (2018). The development of scientific reasoning: Hypothesis testing and argumentation from evidence in young children. *Cognitive Development, 48,* 135–145. https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2018.06.011

Lawson, A. E. (2000). The generality of hypothetico-deductive reasoning: making scientific thinking explicit. *The American Biology Teacher, 62*(7), 482-495. http://dx.doi.org/10.1662/0002-7685(2000)062[0482:TGOHDR]2.0.CO;2

Lawson, A. E., Banks, D. L., Logvin, M. (2007). Self-efficacy, reasoning ability, and achievement in college biology. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(5), 706–724. https://doi.org/10.1002/tea.20172

Owusu Achiaw, A., & Owusu, K. A. (2023). Assessing Ghanaian primary school pupils' scientific reasoning skills. *Eurasian Journal of Science and Environmental Education, 3*(2), 99-107. https://doi.org/10.30935/ejsee/13886

Piraksa, C., Srisawasdi, N., & Koul, R. (2014). Effect of Gender on Student's Scientific Reasoning Ability: A Case Study in Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 116*(1), 486-491. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.245

Urdanivia Alarcon, D.A., Talavera-Mendoza, F., Rucano Paucar, F.H., Cayani Caceres, K.S. & Machaca Viza, R. (2023). Science and inquiry-based teaching and learning: a systematic review. *Frontiers Education, 8,* 1170487. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1170487

Yediarani, R.D., Maison, M. & Syarkowi, A. (2019). Scientific Reasoning Abilities Profile of Junior High School Students in Jambi. *Indonesian Journal of Science and Education 3*(1), 21-25. https://doi.org/10.31002/ijose.v3i1.627

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, *27*, 172-223. https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001

Zulkipli, Z. A., Yusof, M. M. M., Ibrahim, N., Dalim, S. F. (2020). Identifying scientific reasoning skills of science education students. *Asian Journal of University Education*, *16(*3), 275-280. https://doi.org/10.24191/ajue.v16i3.10311