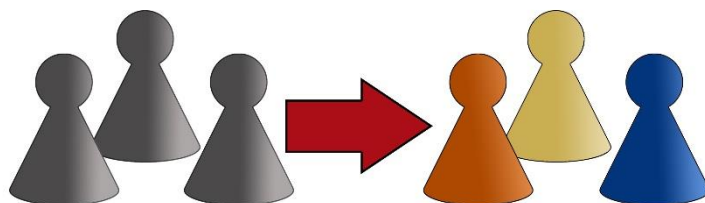
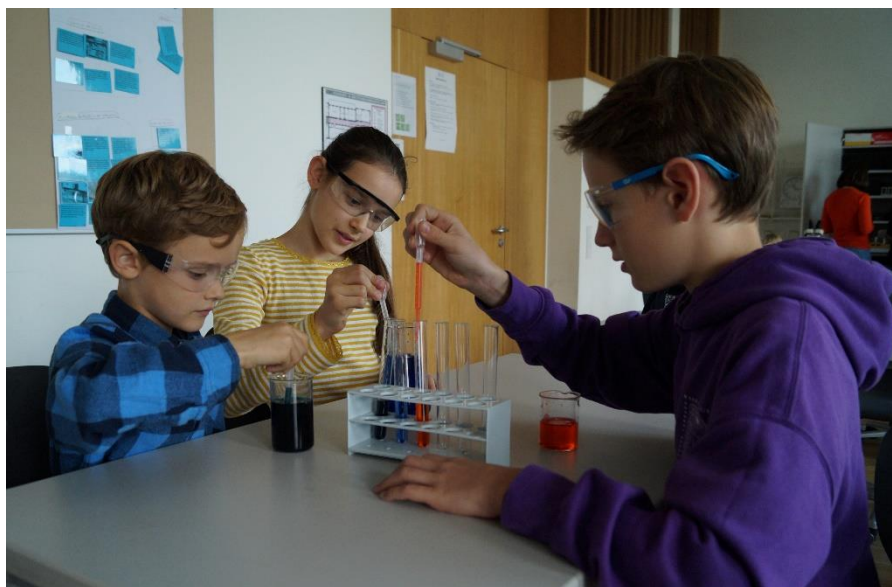


Armin Baur, Natalie Baumgartner-Hirscher, Antti Lehtinen, Caroline Neudecker,
Pasi Nieminen, Marios Papaevripidou, Susanne Rohrmann, Iris Schiffel, Martina Schuknecht,
Lisa Virtbauer, Nikoletta Xenofontos

Διαφοροποίηση στη Μάθηση με Διερώτηση

Ένα Εργαλείο Διαφοροποίησης με Επίκεντρο τον
Πειραματισμό



Με συγχρηματοδότηση από το
πρόγραμμα «Erasmus+»
της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Διαφοροποίηση στη Μάθηση με Διερώτηση Ένα Εργαλείο Διαφοροποίησης με Επίκεντρο τον Πειραματισμό

Επιμέλεια:

Armin Baur, Natalie Baumgartner-Hirscher, Antti Lehtinen, Caroline Neudecker, Pasi Nieminen,
Marios Papaevripidou, Susanne Rohrmann, Iris Schiffli, Lisa Virtbauer, Nikoletta Xenofontos

1^η Έκδοση, 2022

Heidelberg, University of Education

Im Neuenheimer Feld 561

69120 Heidelberg

Germany

Οι φωτογραφίες στο εξώφυλλο είναι από την Iris Schiffli και τη Natalie Baumgartner-Hirscher

Χρηματοδότηση

Αυτό το έργο έλαβε χρηματοδότηση από το πρόγραμμα Erasmus+ Στρατηγικές Συμπράξεις για τη σχολική εκπαίδευση, της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Αριθμός Συμφωνίας: 2019-1-DE03-KA201-059602).



Με συγχρηματοδότηση από το
πρόγραμμα «Erasmus+»
της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Εθνικός Συντονιστής:

Pädagogischer Austauschdienst des Sekretariats der Kultusministerkonferenz

Nationale Agentur für EU-Programme im Schulbereich

Graurheindorfer Straße 157

53117 Bonn

Η υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στην παραγωγή της παρούσας έκδοσης δεν συνιστά αποδοχή του περιεχομένου, το οποίο αντικατοπτρίζει αποκλειστικά τις απόψεις των συντακτών, και η Επιτροπή δεν μπορεί να αναλάβει την ευθύνη για οποιαδήποτε χρήση των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτήν.



Η δημοσίευση, συμπεριλαμβανομένων όλων των μερών της, προστατεύεται με πνευματική ιδιοκτησία. Το κείμενο δημοσιεύεται υπό τη δημόσια άδεια Creative Commons Αναφορά Παρόμοια Διανομή 4.0 (CC BY-SA 4.0). Το πλήρες κείμενο της άδειας υπάρχει στην ιστοσελίδα: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>. Η εκμετάλλευση που υπερβαίνει το πεδίο εφαρμογής της άδειας CC BY-SA 4.0 απαγορεύεται χωρίς τη συγκατάθεση των δημιουργών. Οι εικόνες και άλλο υλικό τρίτων που περιέχεται σε αυτό το έργο υπόκεινται επίσης στην προαναφερθείσα άδεια Creative Commons, εκτός εάν αναφέρεται διαφορετικά στη λεζάντα της πηγής/εικόνας. Εάν το εν λόγω υλικό δεν υπόκειται στην προαναφερθείσα άδεια Creative Commons και η εν λόγω πράξη δεν επιτρέπεται από τον νόμο, πρέπει να ληφθεί η συγκατάθεση του αντίστοιχου κατόχου πνευματικών δικαιωμάτων για τις προαναφερόμενες περαιτέρω χρήσεις του υλικού.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	9
2. Διαφοροποίηση και Υποστήριξη Μάθησης.....	13
Iris Schiffli, Natalie Baumgartner-Hirscher	
3. Μάθηση με Διερώτηση	29
Armin Baur, Nikoletta Xenofontos, Marios Papaevripidou	
4. Πειράματα και Αξιοποίησή τους στη Μάθηση με Διερώτηση.....	53
Susanne Rohrmann, Lisa Virtbauer, Armin Baur	
5. Αξιολόγηση στη Μάθηση με Διερώτηση	72
Antti Lehtinen, Pasi Nieminen, Iris Schiffli, Natalie Baumgartner-Hirscher	
6. Εργαλείο Διαφοροποίησης για τη Μάθηση με Διερώτηση	93
Armin Baur, Nikoletta Xenofontos, Pasi Nieminen, Susanne Rohrmann	
7. Παραδείγματα Μαθημάτων: Εφαρμογή του Εργαλείο Διαφοροποίησης.	137
8. Κανονισμοί Ασφάλειας για Εργαστηριακή Εργασία.	223
Susanne Rohrmann, Lisa Virtbauer	
9. Ευχαριστίες.	233

Οι συγγραφείς

Η **Natalie Baumgartner-Hirscher** (Dr.) σπούδασε Μαθηματικά και Βιολογία στο Πανεπιστήμιο Paris-Lodron-University στο Σάλτσμπουργκ. Μετά τις σπουδές της ξεκίνησε να εργάζεται σε Λύκειο διδάσκοντας μαθήματα φυσικών επιστημών, θέση που κατέχει μέχρι σήμερα. Εργάζεται στη Σχολή Εκπαίδευσης στο Σάλτσμπουργκ από το 2013 και ολοκλήρωσε εκεί το διδακτορικό της στον τομέα της διδακτικής των ΜΜΕ και της σεξουαλικής διαπαιδαγώγησης. Οι κύριοι τομείς ενασχόλησής της είναι η διδακτική της βιολογίας και η εκπαίδευση εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Ο **Armin Baur** (Prof. Dr.) σπούδασε διδασκαλία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στο Πανεπιστήμιο Εκπαίδευσης του Λούντβιχσμπουργκ. Μετά την ολοκλήρωση των σπουδών του εργάστηκε ως εκπαιδευτικός δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και ως βοηθός ερευνητής στο Πανεπιστήμιο Εκπαίδευσης της πόλης Schwäbisch Gmünd. Σήμερα εργάζεται ως καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Εκπαίδευσης της Χαϊδελβέργης. Ο Armin Baur εξειδικεύεται στην επιστήμη της βιολογίας και τη διδακτική της. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα εστιάζουν στα λάθη και τις παρανοήσεις των μαθητών/τριών ενώ διεξάγει ανεξάρτητα πειράματα και προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης στον τομέα του πειραματισμού.

Ο **Antti Lehtinen** (Dr.) εργάζεται ως λέκτορας σε κοινή θέση μεταξύ του Τμήματος Φυσικής και του Τμήματος Εκπαίδευσης Εκπαιδευτικών στο Πανεπιστήμιο της Γιουβάσκουλα, Φινλανδία. Απέκτησε μεταπτυχιακό δίπλωμα μάστερ στην Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών Φυσικής και διδακτορικό τίτλο στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες από το Πανεπιστήμιο της Γιουβάσκουλα. Διδάσκει μαθήματα για προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και καθηγητές φυσικής. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα περιλαμβάνουν τη μάθηση με διερώτηση από το δημοτικό έως την ανώτερη εκπαίδευση, την αλληλεπίδραση στην τάξη, τις προσομοιώσεις και άλλες εκπαιδευτικές τεχνολογίες και τη διδασκαλία και μάθηση της φυσικής πανεπιστημιακού επιπέδου.

Η **Caroline Neudecker** (Mag. BSc) σπούδασε οικολογία και βιοποικιλότητα, καθώς και βιολογία/περιβαλλοντικές σπουδές και γεωγραφία/οικονομία για το επάγγελμα του εκπαιδευτικού στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Διδάσκει αυτά τα μαθήματα και διευθύνει το εργαστήριο φυσικών επιστημών στο BORG Straßwalchen. Εκτός από την ιδιότητα της ως εκπαιδευτικός, εργάζεται και ως λέκτορας για τη διδακτική γνωστικών αντικειμένων στη Σχολή Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου του Σάλτσμπουργκ. Είναι επίσης η διευθύντρια παιδαγωγικών/διδακτικής στο Spürnasenecke GmbH (Εργαστήριο Ερευνών για Παιδιά) με επίκεντρο στην ανάπτυξη πειραμάτων

στο πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση για όλα τα πεδία STEAM, καθώς και την κατάρτιση εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Ο **Pasi Nieminen** (Dr.) είναι λέκτορας στο Τμήμα Εκπαίδευσης Εκπαιδευτικών στο Πανεπιστήμιο της Γιουβάσκουλα (JYU), Φινλανδία. Ολοκλήρωσε το μεταπτυχιακό του στην Επιμόρφωση Ειδικών Εκπαιδευτικών στο JYU (με ειδίκευση στη φυσική). Μετά την αποφοίτησή του δίδαξε φυσική, χημεία και μαθηματικά σε γυμνάσιο. Για την απόκτηση του διδακτορικού του ασχολήθηκε με την εκμάθηση της φυσικής με πολλαπλές αναπαραστάσεις. Μετά τη διατριβή του (2013) έχει εργαστεί σε εθνικά και διεθνή έργα που εστιάζουν στη διερεύνηση της επιστήμης και των μαθηματικών από διαφορετικές οπτικές γωνίες, όπως διαμορφωτική και αθροιστική αξιολόγηση, επιχειρηματολογία, καθοδήγηση εκπαιδευτικών και διαφοροποίηση.

Ο **Marios Papaevripidou** (Dr.) είναι Ειδικό Εκπαιδευτικό Προσωπικό για την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες και Ερευνητικός Συνεργάτης στην Ομάδα Έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας (ReSciTEG) του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου. Είναι κάτοχος πτυχίου Επιστημών της Αγωγής και έχει ολοκληρώσει μεταπτυχιακές σπουδές (μάστερ και διδακτορικό) στη Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, στο Πανεπιστήμιο Κύπρου. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα εστιάζονται στη χρήση της μοντελοποίησης ως γνωστικού εργαλείου και ως διδακτικής προσέγγισης για τη διδασκαλία και μάθηση στις φυσικές επιστήμες, καθώς επίσης και στην ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για την προώθηση της επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών στους τομείς STEM/STEAM/STEAME. Συμμετείχε σε διάφορα ερευνητικά έργα τα οποία επικεντρώνονταν στην ενίσχυση της ικανότητας των μαθητών στα πεδία STEM, μέσω δραστηριοτήτων μοντελοποίησης και διερώτησης, και στην προετοιμασία εκπαιδευτικών ώστε να είναι ικανοί να διδάσκουν φυσικές επιστήμες αξιοποιώντας τη μοντελοποίηση και την τεχνολογία.

Η **Susanne Rohrmann** (Dr.) εργάζεται σε μόνιμη θέση ως ακαδημαϊκός ανώτερος σύμβουλος / ανώτερος λέκτορας στο Πανεπιστήμιο Εκπαίδευσης στη Χαϊδελβέργη. Σπούδασε βιολογία και χημεία για διδασκαλία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Έλαβε το διδακτορικό της στον τομέα της θαλάσσιας μυκητολογίας. Η διδασκαλία της στο πανεπιστήμιο επικεντρώνεται στη βοτανική, τον πειραματισμό στις φυσικές επιστήμες στο σχολείο, την οικολογία και εκδρομές στο εσωτερικό και στο εξωτερικό. Σε ερευνητικό πεδίο, ασχολείται επί του παρόντος με το Erasmus+ έργο, DifferentiatInq.

Η **Iris Schiffl** (Ass.-Prof. Priv.-Doz. MMag. Dr.) σπούδασε βιολογία, εκπαιδευτική ψυχολογία και φιλοσοφική, καθώς και ψυχολογία στο Πανεπιστήμιο του Σάλτσμπουργκ. Εργάστηκε ως καθηγήτρια βιολογίας, φυσικής, ψυχολογίας και φιλοσοφίας καθώς ολοκλήρωνε το πτυχίο της στην κλινική ψυχολογία και τη ψυχολογία της υγείας, και το διδακτορικό στη διδακτική της βιολογίας. Μετά την

εντριβή της με τη διδακτική της βιολογίας άρχισε να εργάζεται στο τμήμα διδακτικής της επιστήμης στο Πανεπιστήμιο του Σάλτσμπουργκ. Οι κύριοι τομείς έρευνάς της είναι η διάγνωση και η προαγωγή των επιστημονικών ικανοτήτων, τα θέματα υγείας στην εκπαίδευση στη βιολογία και η προϋπηρεσία των εκπαιδευτικών στο σχολείο κατά τη διάρκεια της πανεπιστημιακής τους εκπαίδευσης.

Η **Martina Schuknecht** (f) σπούδασε χημεία, ιστορία και παιδαγωγικά στο Τεχνικό Πανεπιστήμιο του Βερολίνου, αποκτώντας τα προσόντα που την κατέστησαν ικανή να εργαστεί σε σχολεία και να διδάξει τα μαθήματα της χημείας και της ιστορίας (Sekundarstufe I και II). Αφού ολοκλήρωσε τις σπουδές της, εργάστηκε αρχικά ως εκπαιδευτικός στο Friedrich-Schiller-Gymnasium στο Λούντβιχσμπουργκ. Αργότερα συνέχισε τη δουλειά της στο «Gemeinschaftsschule Innenstadt» (κοινοτικό σχολείο - όλα τα επίπεδα του γερμανικού σχολικού συστήματος) στο Λούντβιχσμπουργκ. Μάλιστα, αποτέλεσε ενεργό ιδρυτικό μέλος του συγκεκριμένου σχολείου, δύο χρόνια πριν από την λειτουργία του. Από το σχολικό έτος 2017/2018 είναι εκπαιδευτική σύμβουλος που υποστηρίζει άλλους εκπαιδευτικούς για το σχολικό μάθημα «επιστήμη και τεχνική (NwT)» και για το μάθημα της χημείας, ακολουθώντας το πλαίσιο του Γερμανικού Εκπαιδευτικού Σχεδίου της Βάδης-Βυρτεμβέργης.

Η **Lisa Virtbauer** (Dr.) εργάζεται ως Ανώτερος Επιστήμονας στη Σχολή Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Paris Lodron του Σάλτσμπουργκ. Αφού ολοκλήρωσε τις σπουδές της στο ίδιο πανεπιστήμιο, δίδαξε βιολογία, ψυχολογία και φιλοσοφία σε διάφορα σχολεία. Επιπλέον, εργάστηκε ως εκπαιδύτρια ζωολογικού κήπου στο ζωολογικό κήπο του Σάλτσμπουργκ. Αυτή τη στιγμή ηγείται του σχολικού κέντρου βιολογίας στο πανεπιστήμιο, το οποίο επικεντρώνεται στην εργασία με ζώα στα μαθήματα βιολογίας. Προϋπηρεσιακοί και ασκούμενοι εκπαιδευτικοί, εκπαιδεύονται πώς μπορούν να χρησιμοποιούν τα ζώα στο σχολείο. Στη διατριβή της ασχολήθηκε με τα συναισθήματα και το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών κατά την ενασχόληση με τα ζωντανά πλάσματα, καθώς και με τις στάσεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση των ζώων στα μαθήματά τους. Περαιτέρω κεντρικά σημεία της διδασκαλίας και της έρευνάς της αποτελούν τα πειράματα σε μαθήματα βιολογίας καθώς και η διερευνητική μάθηση.

Η **Nikoletta Xenofontos** (Dr.) Η Νικολέττα Ξενοφώντος έχει ολοκληρώσει βασικές σπουδές στο Πανεπιστήμιο Κύπρου (Πτυχίο Επιστημών της Αγωγής) και μεταπτυχιακό στο πρόγραμμα "Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες" (M.A. και PhD). Τα ερευνητικά της ενδιαφέροντα επικεντρώθηκαν στην ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών/τριών και στην απόκτηση δεξιοτήτων διερώτησης, με την υποστήριξη τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης με διερώτηση. Ειδικότερα, μελέτησε την επίδραση διαφόρων υποστηρικτικών εργαλείων, ενσωματωμένων σε τεχνολογικά υποστηρικτικά περιβάλλοντα διερώτησης που περιλαμβάνουν εικονικό πειραματισμό. Από το 2008-

2017 εργάστηκε ως βοηθός διδασκαλίας στο Πανεπιστημίου Κύπρου και συμμετείχε σε διάφορα εθνικά και ευρωπαϊκά ερευνητικά έργα που αφορούσαν στη μάθηση με διερώτηση και την αξιοποίησης της τεχνολογίας. Επί του παρόντος συμμετέχει σε ερευνητικά έργα για την εκπαίδευση STEM και την εκπαιδευτική ρομποτική.

Συντονιστές εκπαιδευτικοί από τα σχολεία εταίρους

Η **Claudia Kriechbaum** (Mag. Mag.) σπούδασε βιολογία/ζωολογία στο Πανεπιστήμιο της Βιέννης και στο Πανεπιστήμιο für Bodenkultur της Βιέννης και εργάστηκε στον τομέα της υδάτινης οικολογίας. Αργότερα, ολοκλήρωσε την εκπαίδευση εκπαιδευτικών στη βιολογία και τις επιστήμες της γης στο Πανεπιστήμιο Paris Lodron του Σάλτσμπουργκ. Αρχικά εργάστηκε ως εκπαιδευτικός βιολογίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στο σχολείο Bundesrealgymnasium Brucknerstraße, Wels και έπειτα, κατά το σχολικό έτος 2013/14, μεταφέρθηκε στο σχολείο Bundesrealgymnasium Schloss Wagrain, Vöcklabruck.

Η **Caroline Neudecker** (Mag. BSc) σπούδασε οικολογία και βιοποικιλότητα, καθώς και βιολογία/περιβαλλοντικές σπουδές και γεωγραφία/οικονομία για το επάγγελμα του εκπαιδευτικού στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Διδάσκει αυτά τα μαθήματα και διευθύνει το εργαστήριο φυσικών επιστημών στο BORG Straßwalchen. Εκτός από την ιδιότητα της ως εκπαιδευτικός, εργάζεται και ως λέκτορας για τη διδακτική γνωστικών αντικειμένων στη Σχολή Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου του Σάλτσμπουργκ. Είναι επίσης η διευθύντρια παιδαγωγικών/διδακτικής στο Spürnasenecke GmbH (Εργαστήριο Ερευνών για Παιδιά) με επίκεντρο στην ανάπτυξη πειραμάτων στο πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση για όλα τα πεδία STEAM, καθώς και την κατάρτιση εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Ο **Sami Santavuori** (m) είναι καθηγητής (MSc) μαθηματικών, φυσικής και χημείας. Εργάστηκε για περίπου 20 χρόνια σε γυμνάσια και λύκεια στη Φιλανδία. Συνεργάστηκε με το Πανεπιστήμιο της Γιουβάσκουλα για τον σκοπό διαφόρων έργων που αφορούσαν σε διάφορες πτυχές της μάθησης.

Η **Martina Schuknecht** (f) σπούδασε χημεία, ιστορία και παιδαγωγικά στο Τεχνικό Πανεπιστήμιο του Βερολίνου, αποκτώντας τα προσόντα που την κατέστησαν ικανή να εργαστεί σε σχολεία και να διδάξει τα μαθήματα της χημείας και της ιστορίας (Sekundarstufe I και II). Αφού ολοκλήρωσε τις σπουδές της, εργάστηκε αρχικά ως εκπαιδευτικός στο Friedrich-Schiller-Gymnasium στο Λούντβιχσμπουργκ. Αργότερα συνέχισε τη δουλειά της στο «Gemeinschaftsschule Innenstadt» (κοινοτικό σχολείο - όλα τα επίπεδα του γερμανικού σχολικού συστήματος) στο Λούντβιχσμπουργκ. Μάλιστα, αποτέλεσε ενεργό ιδρυτικό μέλος του συγκεκριμένου σχολείου, δύο χρόνια πριν από την λειτουργία του. Από το σχολικό έτος 2017/2018 είναι εκπαιδευτική σύμβουλος που υποστηρίζει

άλλους εκπαιδευτικούς για το σχολικό μάθημα «επιστήμη και τεχνική (NwT)» και για το μάθημα της χημείας, ακολουθώντας το πλαίσιο του Γερμανικού Εκπαιδευτικού Σχεδίου της Βάδης-Βυρτεμβέργης.

Ο **Vasilis Teneketzidis** γεννήθηκε και σπούδασε στην Ελλάδα. Είναι κάτοχος πτυχίου Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών, Τμήμα Φυσικής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Από το 2005 ζει και εργάζεται στην Κύπρο ως καθηγητής φυσικής σε δημόσια σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Οργανισμοί εταίροι του έργου

Τα σχολεία εταίροι του έργου:



BRG Schloss Wagrain
Schlossstraße 31
4840 Vöcklabruck
Austria



Bundesoberstufenrealgymnasium Straßwalchen
Braunauerstraße 6
5204 Straßwalchen
Austria



Lykeio Aradippou
Anagenniseos 5
7101 Aradippou
Cyprus



Vaajakummun koulu
Harjutie 2A
40800 Vaajakoski
Finland



*Gemeinschaftsschule
Innenstadt Ludwigsburg*
Alleenstraße 21
71638 Ludwigsburg
Germany

Τα πανεπιστήμια εταίροι του έργου:



*Paris-Lodron-Universität
Salzburg*
Kapitelgasse 4-6
5020 Salzburg
Austria



University of Cyprus
Kallipoleos Street 75
1678 Nicosia
Cyprus



University of Jyväskylä
Seminaarinkatu 15
40100 Jyväskylä
Finland



University of Education
Keplerstraße 87
69120 Heidelberg
Germany

1 Εισαγωγή

Η εφαρμογή της εσωτερικής διαφοροποίησης στην τάξη έχει καταστεί ένα σημαντικό θέμα για όλα τα σχολικά μαθήματα (Heymann, 2010). Εσωτερική διαφοροποίηση σημαίνει ότι οι μαθητές/τριες μιας τάξης χωρίζονται σε ομάδες και αξιοποιούν διαφορετικό μαθησιακό υλικό ή στρατηγικές μάθησης, έτσι ώστε η μαθησιακή επιτυχία να μπορεί να διασφαλιστεί για όλους/ες. Αυτές οι ομάδες μπορεί να είναι ομοιογενείς, για παράδειγμα ομάδες ατόμων υψηλών επιδόσεων, ομάδες ατόμων χαμηλών επιδόσεων και ομάδες ατόμων με ενδιάμεσες επιδόσεις, ή ετερογενείς ομάδες. Στις ετερογενείς ομάδες οι μαθητές/τριες μπορούν να υποστηρίζονται μεταξύ τους ανάλογα με τις δυνατότητές τους. Υπάρχουν διαφορετικές έννοιες της εσωτερικής διαφοροποίησης που αφορούν στα ενδιαφέροντα των μαθητών/τριών, στις προηγούμενες γνώσεις, στο γνωστικό στάδιο ανάπτυξης ή στις δεξιότητες. Έννοιες διαφοροποίησης για την υποστήριξη της ατομικής προόδου – διαφοροποίηση απόδοσης – υπάρχουν κυρίως για δεξιότητες που βασίζονται στο περιεχόμενο, για τη μαθηματική ικανότητα, καθώς και για την ανάγνωση και τη γραφή, (βλ. Tomlinson & Moon, 2013). Διαφοροποίηση για τα μαθήματα φυσικών επιστημών (βιολογία, χημεία και φυσική) που αφορά στις διαδικαστικές ικανότητες δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί. Ωστόσο, η σημασία των διαδικαστικών ικανοτήτων σε θέματα φυσικών επιστημών είναι επίσης αδιαμφισβήτητη (Bybee, 2002; Hodson, 2014). Η εξειδικευμένη δημοσίευση “Science Education for Responsible Citizenship” της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Hazelkorn et al., 2015), προτείνει μια ενισχυμένη πρακτική των προσεγγίσεων που βασίζονται στην έρευνα για τη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών. Η μάθηση με διερώτηση είναι μια τέτοια προσέγγιση. Η σχέση μεταξύ των διαδικαστικών δεξιοτήτων και της μάθησης με διερώτηση είναι ότι οι ίδιοι/ες οι μαθητές/τριες κατασκευάζουν νέα γνώση μέσω των δικών τους διερευνήσεων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, κατά τη γνώμη μας, η εφαρμογή της μάθησης με διερώτηση δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί αν οι μαθητές/τριες δεν κατανοήσουν, δεν εκτελέσουν και δεν εξασκήσουν τις μεθόδους της επιστημονικής έρευνας. Ο πειραματισμός κατέχει εξέχουσα θέση στις μεθόδους επιστημονικής έρευνας (Baur & Emden, 2020; Emden & Baur, 2017; Schwichow et al., 2016). Η κάλυψη όλων των μεθόδων επιστημονικής έρευνας σε ένα βιβλίο δεν θεωρείται από εμάς κάτι πρακτικό, για τον λόγο ότι θα γίνει μια επιφανειακή αναφορά στις διαφορετικές μεθόδους επιστημονικής έρευνας που δεν θα είναι ικανή να αναδείξει την πραγματική τους αξία. Ως εκ τούτου, ο πειραματισμός ως η ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος στη μάθηση με διερώτηση και η διαφοροποίηση βάση των διαδικαστικών ικανοτήτων κατά τον πειραματισμό, αποτελούν το επίκεντρο αυτού του βιβλίου. Οι διαδικαστικές ικανότητες στην επιστημονική έρευνα που αξιοποιεί τον πειραματισμό είναι για παράδειγμα: ικανότητες διατύπωσης ερευνητικών ερωτημάτων, διατύπωσης υποθέσεων, σχεδιασμού πειραμάτων, εκτέλεσης πειραμάτων και εξαγωγής συμπερασμάτων (Mayer et al., 2008; Schmidt, 2016).

Κατά τη γνώμη μας, η εκμάθηση των διαδικαστικών ικανοτήτων μπορεί να υποβοηθηθεί μέσω διαφοροποίησης και υποστήριξης προσαρμοσμένης στις δεξιότητες των μαθητών/τριών. Η υποστήριξης μάθησης (scaffolding) είναι μια διαδικασία κατά την οποία οι εκπαιδευόμενοι/ες εργάζονται σε εργασίες χρησιμοποιώντας βοηθήματα, υποδείξεις, προτροπές κ.λπ., με την απουσία των οποίων δεν θα μπορούσαν να ολοκληρώσουν τις εργασίες. Η υποστήριξη μάθησης είναι μια δυναμική διαδικασία κατά την οποία προσφέρεται βοήθεια στους/στις μαθητές/τριες, σύμφωνα με τις τρέχουσες ικανότητές τους, μέχρι να οδηγηθούν σε αυτόνομη εκτέλεση της υποστηριζόμενης εργασίας (Pea, 2004). Η υποστήριξη μπορεί να θεωρηθεί ως βοήθημα που θα οδηγήσει τους/τις μαθητές/τριες στο επόμενο επίπεδο. Εκτός από την υποστήριξη, η διαφοροποίηση είναι επίσης καθοριστικής σημασίας. Η διαφοροποίηση προσφέρει στους/στις μαθητές/τριες ένα εξατομικευμένο περιβάλλον μάθησης (επιλέγοντας ένα επίπεδο στο οποίο μπορεί να ανταπεξέλθει ο/η εκπαιδευόμενος/η). Αυτό το περιβάλλον ενισχύει την απόδοση ορισμένων δεξιοτήτων, αλλά ταυτόχρονα συνεχίζει να αποτελεί μια πρόκληση για τους/τις μαθητές/τριες. Ως εκ τούτου, οι μαθητές/τριες θα πρέπει να εργάζονται με πειραματικές εργασίες που περιλαμβάνουν διαφορετικά επίπεδα ανοικτότητας. Η εργασία των μαθητών/τριών με εντελώς ανοιχτές πειραματικές εργασίες είναι ένας εκπαιδευτικός στόχος στα επιστημονικά μαθήματα, αλλά οι μαθητές/τριες πρέπει πρώτα να μάθουν να πειραματίζονται ανοιχτά και χρειάζονται ένα προσαρμοστικό περιβάλλον μάθησης για αυτή τη μαθησιακή διαδικασία. Επιπλέον, η διαφοροποίηση στη διατύπωση των εργασιών και στην παρουσίαση του προβλήματος που πρέπει να λυθεί με ένα πείραμα αποδεικνύεται ευεργετική. Η διάγνωση και η ανατροφοδότηση είναι απαραίτητα για τη διευκόλυνση των μαθησιακών διαδικασιών των μαθητών/τριών (Ingenkamp & Lissmann, 2008). Επομένως, η ανάπτυξη των εννοιών διαφοροποίησης (διαφοροποίηση βάση απόδοσης) απαιτεί ενδελεχή γνώση των παρανοήσεων, των λαθών και των δυσκολιών των μαθητών/τριών (τα λάθη γίνονται αντιληπτά ως ευκαιρία μάθησης και όχι ως ελλείψεις), γνώση σχετικά με μεθόδους διάγνωσης και ανατροφοδότησης και, φυσικά, γνώση σχετικά με τη διαφοροποίηση και την υποστήριξη στο εν λόγω γνωστικό αντικείμενο (σε αυτό το έργο τα γνωστικά αντικείμενα υπό έμφαση είναι η βιολογία, η χημεία και η φυσική). Οι εταίροι του Ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου Erasmus+ *Differentiation in Inquiry-based Learning with Focus on Experimentation* (Ακρωνύμιο *DifferentiatInq*) συγκέντρωσαν αυτήν την τεχνογνωσία για τη μάθηση με διερώτηση, τη διαμορφωτική αξιολόγηση, την παιδαγωγική διάγνωση, τη διαφοροποίηση, τα λάθη και τις παρανοήσεις των μαθητών/τριών, ώστε να αναπτύξουν μια έννοια για τη διδακτική πρακτική στο πλαίσιο του πειραματισμού (Εργαλείο Διαφοροποίησης). Αυτή η έννοια προσαρμόστηκε σύμφωνα με σχολικές ανάγκες που προέκυψαν από συνεντεύξεις με εκπαιδευτικούς των σχολείων που συμμετείχαν στο έργο, υποβλήθηκε σε διαδικασία αναθεώρησης από τρεις εξωτερικούς εμπειρογνώμονες και παρουσιάστηκε στους

εκπαιδευτικούς των σχολείων εταίρων. Οι εξωτερικοί εμπειρογνώμονες ήταν ο Prof. Dr. Markus Emden (Πανεπιστήμιο Εκπαίδευσης της Ζυρίχης, Εκπαίδευση για τη Χημεία), η Prof. Dr. Manuela Welzel-Breuer (Πανεπιστήμιο Εκπαίδευσης της Χαϊδελβέργης, Εκπαίδευση για τη Φυσική) και ο Prof. Dr. Marcus Hammann (Πανεπιστήμιο Münster, Εκπαίδευση για τη Βιολογία).

Τα σχόλια που λάβαμε από τους/τις εκπαιδευτικούς μέσω των συνεντεύξεων που πραγματοποιήσαμε μας έδειξαν ότι μια λεπτομερής παρουσίαση και επεξήγηση της μάθησης με διερώτηση και του πειραματισμού, ήταν ζωτικής σημασίας για τους σκοπούς αυτού του βιβλίου. Για τον λόγο αυτό συμπεριλάβαμε στο βιβλίο το Κεφάλαιο 3 *Μάθηση με Διερώτηση* και το Κεφάλαιο 4 *Πειράματα και Αξιοποίησή τους στη Μάθηση με Διερώτηση*. Και τα δύο κεφάλαια προσφέρουν ορισμούς και περαιτέρω επεξηγήσεις. Καθώς η διαφοροποίηση και η υποστήριξη αποτελούν βασικά μέρη του αντικειμένου αυτού του βιβλίου, το Κεφάλαιο 2 *Διαφοροποίηση και Υποστήριξη* εισάγει τις δύο έννοιες και προσφέρει θεωρητικές εκτιμήσεις καθώς και πρακτικά ζητήματα σχετικά με τη διαφοροποίηση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Το Κεφάλαιο 5 *Αξιολόγηση στη Μάθηση με Διερώτηση* περιγράφει διαφορετικούς στόχους και μεθόδους για την αξιολόγηση των διδασκαλικών ικανοτήτων των μαθητών/τριών. Στο Κεφάλαιο 6 *Εργαλείο Διαφοροποίησης για τη Μάθηση με Διερώτηση*, η διαφοροποίηση και η υποστήριξη συνδυάζονται με τη μάθηση με διερώτηση και συγκεκριμένα με τον πειραματισμό. Το Εργαλείο Διαφοροποίησης προσφέρει ένα πλαίσιο με πέντε επίπεδα λήψης αποφάσεων για τη δημιουργία εξατομικευμένων περιβαλλόντων μάθησης (μία απόφαση για την επιλογή του πεδίου της γνώσης και τέσσερις αποφάσεις για τον σχεδιασμό της διαφοροποίησης). Οι αποφάσεις πρέπει να ληφθούν για να σχεδιαστεί ένα εξατομικευμένο περιβάλλον μάθησης και μια μαθησιακή διαδικασία που να ανταποκρίνεται στις ικανότητες κάθε μαθητή/τριας. Το Κεφάλαιο 7 *Παραδείγματα Μαθημάτων: Εφαρμογή του Εργαλείου Διαφοροποίησης* αποτελείται από διάφορα παραδείγματα για εφαρμογή στη διδασκαλία. Τέλος, το Κεφάλαιο 8 *Κανονισμοί Ασφάλειας για Εργαστηριακή Εργασία* παρέχει καθοδήγηση σχετικά με τις πτυχές ασφάλειας κατά τον πειραματισμό.

Βιβλιογραφία

- Baur, A., & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International*, 1–12.
- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Ed.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 21–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Emden, M., & Baur, A. (2017). Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren – Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 1–19.
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M. et al. (2015). *Science education for responsible citizenship: Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education*. EUR: 26893 EN. Publications Office of the European Union.
- Heymann, H.W. (2010). Binnendifferenzierung – eine Utopie? *Pädagogik*, 62(11), 6–11.

- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36, 2534–2553.
- Ingenkamp, K., & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik* (6. Auflage). Beltz.
- Mayer, J., Grube, C., & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms, & A. Sandmann (Ed.), *Forschungen zur Fachdidaktik: Vol. 10. Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. Band 3. Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBiO, Essen 2007* (pp. 63–79). StudienVerlag.
- Pea, R.D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 423–451.
- Schmidt, D. (2016). *Modellierung experimenteller Kompetenzen sowie ihre Diagnostik und Förderung im Biologieunterricht*. Logos.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37–63.
- Tomlinson, C.A., & Moon, T.R. (2013). *Assessment and student success in a differentiated classroom*. ASCD.

2. Διαφοροποίηση και Υποστήριξη Μάθησης

Η διαφοροποίηση – η προσαρμογή της διδασκαλίας σε ατομικές διαφορές – είναι ζωτικής σημασίας για τα ακαδημαϊκά και μη ακαδημαϊκά αποτελέσματα (Westwood, 2001). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι αντιμετώπισης της ποικιλομορφίας των μαθητών/τριών. Το πρώτο επίπεδο διαφοροποίησης είναι η «εξωτερική διαφοροποίηση», η οποία διαχωρίζει παιδιά και νέους/ες με παρόμοια επιτεύγματα, ενδιαφέροντα ή ικανότητες και λαμβάνει χώρα για σκοπούς σχολικής οργάνωσης. Στη Γερμανία και την Αυστρία αυτό συμβαίνει συνήθως μετά το δημοτικό σχολείο, στη Φινλανδία και την Κύπρο αυτό γίνεται αργότερα (περισσότερα στο Παράδειγμα 2.2). Εάν βρισκόμαστε ήδη στο εκπαιδευτικό επίπεδο, μιλάμε για «εσωτερική διαφοροποίηση» όταν εφαρμόζουμε τη διαφοροποίηση. Η εσωτερική διαφοροποίηση λαμβάνει υπόψη τις διαφορές των μαθητών/τριών και προσπαθεί να βρει κατάλληλες προσεγγίσεις στο αντίστοιχο περιβάλλον. Όπως θα εξηγηθεί αργότερα, η διαφοροποίηση μπορεί να εφαρμοστεί σε ομοιογενείς ομάδες, ετερογενείς ομάδες και σε ατομική εργασία. Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στις δυνατότητες εσωτερικής διαφοροποίησης σε επίπεδο διδασκαλίας και θα χρησιμοποιούμε από εδώ και στο εξής τον όρο «διαφοροποίηση».

Παρόλο που η διαφοροποίηση είναι σημαντική για τη μάθηση, δεν χρησιμοποιείται τόσο συχνά στη διδασκαλία όσο θα έπρεπε (Tomlinson, 2014). Οι συνεντεύξεις που πραγματοποιήσαμε με 30 εκπαιδευτικούς αποκάλυψαν μερικούς από τους λόγους. Μερικοί από τους ερωτηθέντες εκπαιδευτικούς δεν θεώρησαν τις τάξεις τους ως αρκετά ετερογενείς. Η έννοια της διαφοροποίησης και το πώς χρησιμοποιείται στην τάξη δεν ήταν σαφής, ή οι εκπαιδευτικοί δεν είχαν αρκετές πληροφορίες για το πως να τη διαχειριστούν. Η διαφοροποίηση θεωρήθηκε μάλλον περίπλοκη και χρονοβόρα. Οι συνθήκες στο σχολείο δεν θεωρήθηκαν ότι υποστηρίζουν τη διαφοροποιημένη διδασκαλία και μάθηση. Από την άλλη πλευρά, οι εκπαιδευτικοί εκτίμησαν την ετερογένεια των μαθητών/τριών στην τάξη, καθώς επιτρέπει διαφορετικές οπτικές και προσεγγίσεις, για παράδειγμα, να μαθαίνει το κάθε παιδί με τον δικό του ρυθμό και να μαθαίνει το κάθε παιδί καθώς αλληλοεπιδρά με άλλα παιδιά. Η κοινωνική επάρκεια μπορεί επίσης να προωθηθεί με αυτόν τον τρόπο (συνεντεύξεις με εκπαιδευτικούς από την Κύπρο, την Αυστρία, τη Φινλανδία και τη Γερμανία κατά την προετοιμασία αυτού του βιβλίου, που πραγματοποιήθηκαν το 2019, N = 30).

Υπάρχουν πολλοί αξιοσημείωτοι λόγοι για τους οποίους η διαφοροποίηση μπορεί να μην χρησιμοποιείται στο σχολείο. Υπάρχουν όμως και πολλοί λόγοι για τους οποίους κάθε προσπάθεια αξίζει και είναι απολύτως απαραίτητη. Κατά τη γνώμη μας, η διαφοροποίηση δεν σημαίνει απαραίτητα περισσότερη δουλειά για τους/τις εκπαιδευτικούς. Αυτό το κεφάλαιο αρχικά παρέχει επιχειρήματα για τη διαφοροποιημένη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται δυνατότητες χειρισμού της διαφοροποίησης στην τάξη. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται

στο θέμα της υποστήριξης μάθησης (scaffolding) – μια αποτελεσματική δυνατότητα για τους/τις εκπαιδευτικούς να αντιδρούν στις ανάγκες των μαθητών/τριών και να τους καθοδηγούν στο επόμενο επίπεδο ανάπτυξης (Schnotz, 2006). Στην υποστήριξη μάθησης προσφέρεται στους/στις μαθητές/τριες στήριξη υπό τη μορφή μιας «βοηθητικής σκαλωσιάς», ώστε να μπορέσουν να επιτύχουν το έργο τους ανεξάρτητοι. Η υποστήριξη μάθησης μπορεί να θεωρηθεί ως βοήθεια, ώστε οι μαθητές/τριες να κάνουν το επόμενο δυσκολότερο βήμα. Μέσω της διαφοροποίησης, προσφέρεται στους/στις εκπαιδευόμενους/νες ένα εξατομικευμένο περιβάλλον μάθησης. Η διαφοροποίηση και η υποστήριξη μάθησης αλληλεπικαλύπτονται και δεν μπορούν πάντα να διακριθούν μεταξύ τους.

2.1 Ετερογένεια στο περιβάλλον της τάξης

Παράδειγμα 2.1

Η Λουκία, 13 ετών, είναι μια επιμελής μαθήτρια. Έχει τεράστια προϋπάρχουσα γνώση, αλλά έχει προβλήματα με την οργάνωση της δουλειάς της. Ο Χρυσόστομος, 12 ετών, ενδιαφέρεται πραγματικά για τις φυσικές επιστήμες και τα μαθηματικά. Έχει προβλήματα με την κατανόηση και τη γραφή. Ο Άλι, 13 ετών, είναι καινούριος στην τάξη. Η κύρια εστίαση του πρώην εκπαιδευτικού του στις φυσικές επιστήμες ήταν η αναπαραγωγή της γνώσης. Επομένως, στην τάξη δεν εργάστηκαν σε συνεργατικά ή ανοικτά περιβάλλοντα.

Η κα Ελένη εργάζεται εδώ και τρία χρόνια ως καθηγήτρια φυσικών επιστημών σε Γυμνάσιο. Η τάξη της αποτελείται από 26 μαθητές/τριες με διαφορετικό κοινωνικό και πολιτισμικό υπόβαθρο. Εκτός από αυτές τις διαφορές, υπάρχει μια τεράστια ποικιλία στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές/τριες κάνουν τη δουλειά τους. Τα μονοπάτια μάθησης, οι προϋποθέσεις και η προϋπάρχουσα γνώση είναι μόνο μερικές από αυτές. Η κα Ελένη σχεδιάζει μάθημα βασισμένο στη μάθηση με διερώτηση, με έμφαση στους μονοκύτταρους οργανισμούς. Τι πρέπει λοιπόν να λάβει υπόψη; Υπάρχει η ανάγκη κάθε μαθητής/τρια να πετύχει τον ίδιο στόχο; Εάν ναι, πώς μπορεί η εκπαιδευτικός να υποστηρίξει τις μαθησιακές διαδικασίες;

Το παράδειγμα 2.1 δείχνει ότι οι τάξεις δεν είναι ομοιογενείς ομάδες. Οι μαθητές/τριες είναι άτομα που διαφέρουν σε διάφορες πτυχές – ορισμένες από τις πτυχές συνδέονται στενά με τη μάθηση ενός θέματος, όπως οι προϋπάρχουσες γνώσεις ή το ενδιαφέρον για το θέμα. Άλλες επηρεάζουν τη μάθηση σε όλα τα θέματα, όπως η αναγνωστική ικανότητα, η ψηφιακή ικανότητα ή οι θεμελιώδεις μαθηματικές ικανότητες, καθώς και οι μεταγνωστικές δεξιότητες ή οι δεξιότητες αυτο-οργάνωσης. Παρόλο που οι μαθητές/τριες είναι άτομα τα οποία διαφέρουν με ποικίλους τρόπους, μπορεί να μοιράζονται ορισμένες πτυχές. Για παράδειγμα, σε ένα μάθημα φυσικών επιστημών ορισμένοι

μαθητές/τριες μπορεί να μοιράζονται το ίδιο ενδιαφέρον για τα επιστημονικά θέματα και τις μεθόδους που ακολουθούνται.

Οι όροι «ετερογένεια» και «ομοιογένεια» βρίσκονται σε αντίθεση. Η αντίθεση μεταξύ αυτών των δύο όρων συζητείται συχνά στους κλάδους της παιδαγωγικής και αποτελεί ένα πραγματικό πρόβλημα για τους/τις ενεργούς εκπαιδευτικούς στην τάξη (Buholzer & Kummer Wyss, 2010). Ο όρος «ετερογένεια» – ή τα συνώνυμα του «ποικιλομορφία», «πολλαπλότητα» ή «ποικιλία» – παρουσιάζεται ως πολυεπίπεδος και περίπλοκος. Δεν υπάρχει πραγματική συμφωνία για τον ορισμό του (Zulliger & Tanner, 2013). Γενικά, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι ο όρος σημαίνει την ποικιλομορφία των μαθητών/τριών σε ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά (Martschinke, 2015; Scholz, 2012).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι οι εκπαιδευτικοί στις τάξεις τους αντιμετωπίζουν ομοιογένεια και ετερογένεια, ισότητα και διαφορετικότητα. Πριν από τη συζήτηση για το θέμα που λαμβάνει χώρα στις μέρες μας, ο Herbart (1776-1841) αναγνώρισε την ανάγκη εστίασης στη μαθησιακή πρόοδο του κάθε μαθητή/τριας. Οι μαθητές/τριες διαφέρουν ως προς την προσωπικότητα, τις προϋποθέσεις, τις δεξιότητες, τα talenta τους και ως εκ τούτου διαφέρουν και οι ανάγκες τους. Σήμερα οι εκπαιδευτικοί μπορεί να αντιλαμβάνονται ότι υπάρχει μεγαλύτερη ετερογένεια στις τάξεις τους, λόγω κοινωνικών και πολιτικών απαιτήσεων, όπως η αναδιάρθρωση των σχολικών συστημάτων (δημόσια και κοινοτικά σχολεία), η επιθυμία για εκπαίδευση χωρίς αποκλεισμούς ή οι γλωσσικές και διαπολιτισμικές δεξιότητες λόγω της μετανάστευσης (Dixon et al., 2014). Δίνοντας σημασία σε αυτές τις διαφορές επιτρέπεται σε όλους τους/τις μαθητές/τριες να βιώσουν έναν βαθμό θριάμβου, ενώ παράλληλα διατηρούν τις διαφορές τους. Αντίθετα, η χρήση μιας προσέγγισης διδασκαλίας για όλους τους/τις μαθητές/τριες, βασισμένη στον/στην μέσο/η μαθητή/τρια, παραβλέπει τις δυνατότητες, τα ενδιαφέροντα και τις μαθησιακές απαιτήσεις τους (Subban, 2006).

Άσκηση 2.1

Φανταστείτε μια τάξη ή μια ομάδα μαθητών/τριών που διδάσκετε. Ποιες είναι οι κοινές πτυχές που έχουν οι μαθητές/τριες αυτής της τάξης; Σε ποιες πτυχές πιστεύετε ότι διαφέρουν οι μαθητές/τριες; Πώς νιώθετε όταν διδάσκετε αυτή την ιδιαίτερη τάξη, με όλα τα πράγματα που μοιράζονται ή διαφέρουν;

Οι διαφορές επηρεάζουν τη διδασκαλία σας; Εάν ναι, εμποδίζουν ή διευκολύνουν τη διδασκαλία σας;

Πώς χρησιμοποιείτε τις ομοιότητες και τις διαφορές των μαθητών/τριών στη διδασκαλία σας;

Είστε καλά προετοιμασμένοι για τη διδασκαλία αυτής της ιδιαίτερης ομάδας μαθητών/τριών, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις ανάγκες τους;

Η προσαρμογή της διδασκαλίας στις απαιτήσεις των μαθητών/τριών επηρεάζει θετικά τα ακαδημαϊκά επιτεύγματά τους (Baumgartner et al., 2003; Firmender et al., 2013; Valiandes, 2015). Οι μαθητές/τριες μαθαίνουν πιο αποτελεσματικά, όταν έρχονται αντιμέτωποι με προκλήσεις με τον κατάλληλο τρόπο, στο μέτρο των δυνατοτήτων τους (Subban, 2006; Tomlinson, 2014). Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές των μαθητών/τριών ενισχύεται το κίνητρο τους, δίνοντάς τους την αίσθηση της αυτονομίας και την εμπειρία της ικανότητας (Deci & Ryan, 2008).

2.2. Η διαφοροποίηση ως απάντηση στην ετερογένεια

Παρόλο που η ετερογένεια των μαθητών/τριών μπορεί να θεωρηθεί και ως θετικός εμπλουτισμός για τη μάθηση, συχνά συνδέεται με αναστολή της μαθησιακής προόδου ή της επίτευξης ικανοτήτων και καθιστά τη διδασκαλία πιο περίπλοκη. Ως εκ τούτου, έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες για τη μείωση της πολυπλοκότητας στο σχολικό σύστημα, η οποία προκαλείται από ετερογενείς ομάδες μάθησης. Συχνά αυτές οι προσπάθειες αποτελούν θέμα εκπαιδευτικής πολιτικής. Η ετερογένεια που προκαλείται από διαφορές στην επίδοση μειώνεται στα σχολικά συστήματα τα οποία διαχωρίζουν τους/τις μαθητές/τριες ανάλογα με τα επίπεδα επίδοσής τους (για παράδειγμα, τα δημόσια σχολεία σε γερμανόφωνες χώρες). Η ετερογένεια που προκαλείται από τα ατομικά ενδιαφέροντα επιλύεται προσφέροντας θέματα ανά τάξεις ή ακόμα και σχολεία (για παράδειγμα επιστημονικές τάξεις, αθλητικές τάξεις, μουσικές τάξεις). Τέτοιες προσπάθειες διαφοροποίησης ανήκουν στην κατηγορία εξωτερική διαφοροποίηση, καθώς προσπαθούν να λύσουν τα προβλήματα που προκαλούνται από την ετερογένεια εκτός της διδασκαλίας στην τάξη, με τον σχηματισμό πιο ομοιογενών ομάδων, διαχωρίζοντας τους/τις μαθητές/τριες βάσει των διαφορών τους (Scholz, 2012).

Παράδειγμα 2.2

Σχολικοί κλάδοι και σχολικά συστήματα με επιλογή

Γενικά, μπορεί να γίνει διάκριση των χωρών σχετικά με το πότε διαχωρίζουν τους/τις μαθητές/τριες. Σε μερικές χώρες αυτό γίνεται στο τέλος της κατώτερης δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης – για παράδειγμα η Κύπρος διαχωρίζει τους/τις μαθητές/τριες στην ηλικία των 12 ετών ή η Φινλανδία διαχωρίζει τους/τις μαθητές/τριες στην ηλικία των 16 ετών. Σε άλλες χώρες με σχολικά συστήματα επιλογής, ο διαχωρισμός γίνεται νωρίς. Οι γερμανόφωνες χώρες, για παράδειγμα η Αυστρία και ένα μεγάλο μέρος της Γερμανίας, διαχωρίζουν τους/τις μαθητές/τριες αμέσως μετά το δημοτικό σχολείο σε ηλικία 10 ετών, ανάλογα με τα επιτεύγματά τους. Η υποκείμενη πεποίθηση είναι ότι οι ομοιογενείς τάξεις είναι πιο εύκολο να εκπαιδευτούν και τα επιτεύγματά τους είναι καλύτερα από τις ετερογενείς τάξεις, επειδή οι ισχυρότεροι/ες μαθητές/τριες μπορούν να ανταποκριθούν καλύτερα σε προκλήσεις και οι πιο αδύναμοι μαθητές μπορούν να υποστηριχθούν καλύτερα (Kiel et al., 2015).

Η εθνική έκθεση εκπαίδευσης για την Αυστρία δείχνει ότι ο διαχωρισμός μετά το δημοτικό οδηγεί σε υψηλότερη ομοιότητα επίδοσης από ότι στο δημοτικό σχολείο (Breit et al., 2019). Η κατάσταση στη Γερμανία είναι παρόμοια. Ωστόσο, τα δεδομένα από την PISA (2001, 2015) δείχνουν επικαλύψεις μεταξύ των επιτευγμάτων στο διαφοροποιημένο σχολικό σύστημα στη Γερμανία για τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες (Reiss et al., 2016). Υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ των πρώιμων διαχωριστικών συστημάτων και της εκπαιδευτικής αδικίας. Τα δεδομένα δείχνουν ότι οι μαθητές/τριες που απέκτησαν υψηλότερο επίπεδο εκπαίδευσης μετά το δημοτικό σχολείο (με βάση τους βαθμούς τους ή τις εισαγωγικές εξετάσεις), είναι συχνά παιδιά από γονείς με τριτοβάθμια εκπαίδευση και επιτυγχάνουν επίσης καλύτερες επιδόσεις στο απολυτήριο (Bruneforth et al., 2016).

Γενικά, δεν υπάρχει συμφωνία για τη σχέση μεταξύ ετερογένειας και επιτεύγματος. Μελέτες αποδεικνύουν ότι δεν υπάρχει επίδραση από την ετερογένεια στην ατομική μάθηση των μαθητών/τριών (π.χ., Gröhlich et al., 2009). Τα δεδομένα από την εθνική έκθεση εκπαίδευσης της Αυστρίας δείχνουν επίσης στοιχεία ετερογένειας σε σχέση με το κοινωνικό, πολιτιστικό και γλωσσικό υπόβαθρο των μαθητών/τριών. Μάλιστα, με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται το ποσοστό των μαθητών/τριών που επιλέγουν την τριτοβάθμια εκπαίδευση, μετά την πρωτοβάθμια εκπαίδευση σε διαχωριστικά συστήματα (Bruneforth et al., 2016). Ως εκ τούτου, η ετερογένεια στις τάξεις αυξάνεται ακόμη και σε διαχωριστικά σχολικά συστήματα.

Παρόλες τις προσπάθειες για τη δημιουργία ομοιογενών ομάδων μάθησης, η εξωτερική διαφοροποίηση μειώνει μόνο ορισμένες πτυχές της ετερογένειας, ενώ άλλες πτυχές δεν επηρεάζονται καθόλου. Επομένως, η αντιμετώπιση των διαφορών στις τάξεις με λογικό τρόπο επαφίεται στην ευθύνη των εκπαιδευτικών.

Οι εκπαιδευτικοί αντιδρούν στην ετερογένεια με διαφορετικούς τρόπους. Αντιδρούν με παθητικό τρόπο, αγνοώντας τις διαφορές των μαθητών/τριών, προγραμματίζοντας και διδάσκοντας για έναν/μία μέσο/η μαθητή/τρια. Ο υποκατάστατος τρόπος απαιτεί από τους/τις ίδιους/ες τους/τις μαθητές/τριες να προσαρμοστούν στην τάξη. Οι διαφορετικές απαιτήσεις μάθησης πρέπει να μειωθούν εκ των προτέρων, για παράδειγμα προσφέροντας ενισχυτικά μαθήματα για μαθητές/τριες με μαθησιακές δυσκολίες. Στόχος είναι οι μαθητές/τριες με μαθησιακές δυσκολίες να μπορούν ανεξάρτητα να παρακολουθούν τι συμβαίνει στην τάξη. Οι ενεργές μορφές αντίδρασης των εκπαιδευτικών παρέχουν υποστήριξη για ολόκληρη την τάξη ή για ομάδες μαθητών/τριών. Αυτό σημαίνει ότι ο εκπαιδευτικός προσαρμόζει τη διδασκαλία στη διαφορετικότητα των μαθητών/τριών και παρέχει βοήθεια σε διαφορετικές ομάδες μαθητών/τριών. Ο εκπαιδευτικός παρέχει κυρίως βοήθεια σε διαφορετικές ομοιογενείς ομάδες, αλλά είναι επίσης δυνατό να σχηματιστούν ετερογενείς ομάδες στις οποίες οι μαθητές/τριες μπορούν να υποστηριχθούν μεταξύ τους. Εάν οι

μαθητές/τριες με ετερογενείς ικανότητες πρόκειται να επιτύχουν τον ίδιο στόχο, εναπόκειται στον/στην εκπαιδευτικό να βρει διαφορετικούς τρόπους για ομάδες με διαφορετικά επίπεδα ικανότητας. Σε αυτή την περίπτωση, μιλάμε και για συγκλίνουσα ποικιλομορφία. Μια δεύτερη πιθανότητα είναι οι μαθητές/τριες με παρόμοια επίπεδα ικανότητας να πρέπει να επιτύχουν διαφορετικούς στόχους. Σε αυτή την περίπτωση, ο στόχος και οι τρόποι επίτευξής του ποικίλλουν. Αυτός ο τύπος διαφοροποίησης ονομάζεται και αποκλίνουσα (Deunk et al., 2018).

Οι προληπτικές διδακτικές ευκαιρίες πηγαίνουν ένα βήμα παραπέρα για να βοηθήσουν ατομικά μαθητές/τριες με διαφορετικούς μαθησιακούς στόχους (Martschinke, 2015· Weinert, 1997), που θα οδηγήσει σε μεγαλύτερο εύρος βοήθειας σε πρακτικό επίπεδο, δίνοντας έμφαση σε συγκεκριμένους/νες μαθητές/τριες που χρειάζονται βοήθεια. Όλες οι προσπάθειες αντιμετώπισης της ετερογένειας στη διδασκαλία, ενεργά ή προληπτικά, αποτελούν μέρος της εσωτερικής διαφοροποίησης.

Η εσωτερική διαφοροποίηση εμπεριέχει διαφορετικές μεθόδους μάθησης στην τάξη. Σε αντίθεση με την εξωτερική διαφοροποίηση, δεν διαχωρίζεται ολόκληρη η τάξη. Είναι όμως απαραίτητο να διευρυνθούν οι δραστηριότητες της τάξης, για να παρέχονται στους/στις μαθητές/τριες διαφοροποιημένα και προσαρμοσμένα θέματα και μαθησιακό υλικό. Σε φάσεις αυτό-μάθησης, οι μαθητές/τριες μπορούν να εργαστούν με τον δικό τους ρυθμό ενώ λαμβάνουν κατάλληλη υποστήριξη από τον/την εκπαιδευτικό. Επομένως, ο/η εκπαιδευτικός χρειάζεται ειδικά προσόντα. Αυτές οι δεξιότητες συχνά συνοψίζονται στον όρο «προσαρμοστικές δεξιότητες διδασκαλίας». Περιλαμβάνουν επαγγελματικές, τεχνικές, ψυχολογικές-παιδαγωγικές και διδακτικές ικανότητες, καθώς και στάσεις, κίνητρα και προσδοκίες αυτό-αποτελεσματικότητας (Schiffl et al., 2019).

Η εσωτερική διαφοροποίηση είναι μια αρχή μάθησης που σχεδιάζεται διαφορετικά (Tomlinson, 2014). Είναι μια συλλογή από διαφορετικές έννοιες, οι οποίες εκτιμούν τις διαφορές των μαθητών/τριών στη διδασκαλία. Κοινές έννοιες της διαφοροποίησης στην τάξη είναι η «προσαρμοστική διδασκαλία» (Corno, 2008; Westwood, 2018) ή η ευρύτερη έννοια της διαφοροποιημένης διδασκαλίας (Pozas et al., 2020; Suprayogi et al., 2017).

Για διευκόλυνση της ανάγνωσης του κειμένου που ακολουθεί, χρησιμοποιούμε τον όρο διαφοροποίηση για το πεδίο της εσωτερικής διαφοροποίησης.

Η *προσαρμοστική διδασκαλία* είναι μια αρχή που σημαίνει την προσαρμογή στις ανάγκες του/της κάθε μαθητή/τριας ξεχωριστά (Corno, 2008). Για παράδειγμα, εάν η τάξη αποτελείται από 20 μαθητές/τριες, κάθε μαθητής/τρια λαμβάνει ένα πρόγραμμα μάθησης που ταιριάζει στις ατομικές ανάγκες του/της. Η προσαρμοστική διδασκαλία αναφέρεται και με τον όρο «εξατομίκευση», ο οποίος χρησιμοποιείται συνήθως στις γερμανόφωνες χώρες (Helmke, 2013). Για την εφαρμογή αυτής της αρχής, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να εφαρμόσουν εσωτερική διαφοροποίηση στην τάξη. Για την

εφαρμογή της προσαρμοστικής διδασκαλίας, οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται προσαρμοστική διδακτική ικανότητα. Αυτό σημαίνει την ικανότητα των εκπαιδευτικών να προσαρμόζουν τον προγραμματισμό και τη διδασκαλία τους στις ατομικές συνθήκες και δυνατότητες των μαθητών/τριών (Beck et al., 2008). Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει τέσσερα πεδία ικανοτήτων που πρέπει να διαθέτουν οι εκπαιδευτικοί (Weinert, 2000). Πρώτα, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να διαθέτουν επαγγελματικές και τεχνικές ικανότητες σχετικά με το διδακτικό αντικείμενο. Δεύτερον, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να έχουν διαγνωστικές ικανότητες, που περιλαμβάνουν διαγνωστικές δεξιότητες καταστάσεων γνώσης, πιθανών προόδων και μαθησιακών προβλημάτων. Η τρίτη ζητούμενη ικανότητα είναι η διδακτική ικανότητα που περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, την ικανότητα επιλογής κατάλληλων μεθόδων για τη μαθησιακή διαδικασία. Επιπλέον, είναι σημαντικό να διαχειρίζονται κατάλληλα την τάξη, τα προβλήματα και τον χρόνο, και να σχεδιάζουν ένα περιβάλλον φιλικό προς τους/τις μαθητές/τριες. Αυτά τα πεδία ικανοτήτων είναι απαραίτητα για τον προγραμματισμό και σχεδιασμό προσαρμοστικών εκπαιδευτικών διαδικασιών.

Η *διαφοροποιημένη διδασκαλία* σχεδιάστηκε αρχικά για την κάλυψη των αναγκών χαρισματικών μαθητών/τριών, αλλά τώρα χρησιμοποιείται ως μέθοδος για την αντιμετώπιση ατομικών μαθησιακών αναγκών και τη μεγιστοποίηση του μαθησιακού αποτελέσματος για όλους/ες τους/τις μαθητές/τριες (Gheysens et al., 2020). Στόχος της είναι να μεγιστοποιήσει τη μάθηση για όλους/ες με την παροχή διαφοροποιημένης διδασκαλίας (Tomlinson, 2001). Σε αντίθεση με την προσαρμοστική διδασκαλία, η διαφοροποιημένη διδασκαλία εστιάζει περισσότερο στην προσαρμογή του μαθησιακού αντικειμένου σε συγκεκριμένες μαθησιακές ομάδες (Helmke, 2013). Σε αντίθεση λοιπόν με την προσαρμοστική διδασκαλία, όπου ο/η κάθε μαθητής/τρια λαμβάνει το δικό του/της πρόγραμμα μάθησης, στη διαφοροποιημένη διδασκαλία ο/η εκπαιδευτικός δημιουργεί ομάδες με παρόμοιες δεξιότητες. Η διαφοροποιημένη διδασκαλία στην τάξη πραγματοποιείται μέσω διαφοροποίησης στο περιεχόμενο, τις διαδικασίες (ασκήσεις, μαθησιακές δραστηριότητες) ή τα προϊόντα (Tomlinson, 2017). Οι διευκολύνσεις προκύπτουν από την κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ συμμαθητών/τριων ή μέσα από την υποστήριξη μάθησης από τον/την εκπαιδευτικό - προετοιμασμένη εκ των προτέρων ή αυθόρμητη κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (Kress & Pappas, 2016; Müller, 2012, 2018; Tomlinson, 2017).

2.3 Μέθοδοι εσωτερικής διαφοροποίησης

Ας επιστρέψουμε στις συνεντεύξεις που πραγματοποιήσαμε με 30 εκπαιδευτικούς βιολογίας, χημείας και φυσικής (συνεντεύξεις για την προετοιμασία αυτού του βιβλίου με εκπαιδευτικούς από την Κύπρο, την Αυστρία, τη Φινλανδία και τη Γερμανία, που πραγματοποιήθηκαν το 2019). Μια ερώτηση που υποβλήθηκε στους εκπαιδευτικούς αφορούσε στον τρόπο που χρησιμοποίησαν τη διαφοροποίηση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Οι περισσότεροι από τους/τις

εκπαιδευτικούς ανέφεραν ότι έλαβαν υπόψη τα ενδιαφέροντα και τα επίπεδα επίδοσης των μαθητών/τριών.

Εκπαιδευτικός Α: «Εξετάζω τα επίπεδα επίδοσης και τα ενδιαφέροντα των μαθητών/τριών ξεχωριστά.»

Εκπαιδευτικός Β: «Κάνω διαφοροποίηση ανάλογα με τις επιδόσεις και τα ενδιαφέροντα των μαθητών/τριών.»

Για τους/τις χαρισματικούς μαθητές/τριες, η διαφοροποίηση ελεγχόταν κυρίως μέσω επιπλέον εργασιών με μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας.

Εκπαιδευτικός Γ: «Όλοι οι μαθητές/τριες κάνουν τα βασικά στην αρχή. Οι μαθητές/τριες που τελειώνουν γρήγορα παίρνουν νέες, πιο δύσκολες εργασίες.»

Για τους/τις μαθητές/τριες που χρειάζονταν υποστήριξη, αυτή προσφερόταν επιτόπου μέσω επιπρόσθετων εξηγήσεων και βοήθειας από τον/την εκπαιδευτικό ή με την προετοιμασία υποστηρικτικού υλικού, όπως κάρτες ενδείξεων.

Εκπαιδευτικός Ε: «Έχω διαφορετικά φυλλάδια για τα ίδια πειράματα με λιγότερες πληροφορίες για εκείνους που δεν έχουν προβλήματα και με περισσότερες για εκείνους που έχουν.»

Μερικοί εκπαιδευτικοί χρησιμοποίησαν ειδικές ομάδες ή ομάδες αλληλοβοήθειας μεταξύ των μαθητών/τριών για παροχή βοήθειας. Όσον αφορά στο ενδιαφέρον, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί προσέφεραν διαφορετικά θέματα βάσει ψηφοφορίας.

Εκπαιδευτικός Β: «Για τη διαφοροποίηση ανάλογα με το ενδιαφέρον: αναδείξτε διαφορετικά σημεία ενός θέματος και οι μαθητές/τριες μπορούν να επιλέξουν το σημείο που προτιμούν.»

Το δείγμα των συνεντεύξεων ήταν αρκετά μικρό και όχι αντιπροσωπευτικό, αλλά περιγράφει κοινές μεθόδους διαφοροποίησης που χρησιμοποιούνται στα μαθήματα φυσικών επιστημών. Για να ολοκληρώσουμε αυτήν την εικόνα, συλλέξαμε υποσχόμενες μεθόδους από τη βιβλιογραφία.

Η διαφοροποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί σε σχέση με το περιεχόμενο, τις εργασίες και τις μαθησιακές δραστηριότητες, τους πόρους (για παράδειγμα υλικά) ή τα μαθησιακά αποτελέσματα. Στην τάξη, μπορεί να διευκολυνθεί μέσω του/της εκπαιδευτικού ή μέσω των συμμαθητών/τριών (Kress & Pappas, 2016; Müller, 2012; 2018). Ο Πίνακας 2.1 δείχνει διαφορετικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται στη διαφοροποίηση. Για περισσότερα παραδείγματα σχετικά με τη διαφοροποίηση και την υποστήριξη μάθησης, δείτε επίσης τον Πίνακα 6.2.

Πίνακας 2.1: Μέθοδοι για διαφοροποίηση (Kerry & Kerry, 1997)	
διαφοροποίηση βάσει πλαισίου	προσαρμογή πλαισίων μέσω της πολυπλοκότητας
	προσαρμογή πλαισίων μέσω της ποσότητας
διαφοροποίηση βάσει εργασιών και μαθησιακών δραστηριοτήτων	αξιοποίηση ανοικτών ερωτήσεων συχνότερα
	αξιοποίηση ερωτήσεων που ενθαρρύνουν υψηλού επιπέδου διαδικασία σκέψης
	ανάθεση εργασιών που δεν έχουν μόνο μια ορθή λύση
	ανάθεση εργασιών που απαιτούν υψηλού επιπέδου διαδικασία σκέψης
	χρήση διαφορετικών εργασιών για διαφορετικούς/ες μαθητές/τριες
	χρήση διαφορετικών μαθησιακών δραστηριοτήτων για διαφορετικούς/ες μαθητές/τριες ή ομάδες παιδιών
	πρόσκληση των παραδοχών των μαθητών/τριών
διαφοροποίηση βάσει αποτελέσματος	χρήση ατομικών μαθησιακών στόχων
	ευκαιρίες στους/στις μαθητές/τριες να καταγράφουν απαντήσεις με διαφορετικούς τρόπους
	ευκαιρίες για διαφορετικά μαθησιακά προϊόντα από διαφορετικούς/ες μαθητές/τριες
	αξιοποίηση χρόνου για παραγωγή εκτεταμένων έργων
	χρήση μεθόδων βαθμολόγησης που επιτρέπουν στους/στις μαθητές/τριες να επιδείξουν τα καλύτερα κομμάτια της δουλειάς τους (π.χ. χαρτοφυλάκια)
διαφοροποίηση βάσει πηγών	χρήση διαβαθμισμένων φύλλων εργασίας
	προετοιμασία πρόσθετων πηγών
	προετοιμασία καρτών βοήθειας
	χρήση διαφορετικών επιπέδων κειμένων

Πολλές μέθοδοι για διαφοροποίηση πρέπει να προγραμματιστούν εκ των προτέρων. Σε αυτή την περίπτωση, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να προετοιμάσουν τα μαθήματά τους με ειδικές ακολουθίες για εσωτερική διαφοροποίηση, ειδικό υλικό (διαφοροποιημένα κείμενα ή φύλλα εργασίας, κάρτες

βοήθειας, πρόσθετο υλικό), εργασίες ή ρυθμίσεις (ομαδικές ρυθμίσεις, σταθμοί εργασίας, ατομικές φάσεις μάθησης κ.λπ.) που ευνοούν τη διαφοροποίηση. Η διαφοροποίηση στο πλαίσιο της τάξης δεν σημαίνει ότι οι εργασίες πρέπει να σχεδιάζονται ξεχωριστά για κάθε μαθητή/τρια. Αυτή η προσέγγιση θα ήταν χρονοβόρα και σίγουρα θα επιβάρυνε τους πόρους των εκπαιδευτικών. Το επίκεντρο της προγραμματισμένης διαφοροποίησης στην τάξη είναι η παροχή διαφορετικών παροχών για ομάδες με παρόμοιο υπόβαθρο ή η πρόβλεψη προβλημάτων που μπορεί να είναι συνηθισμένα στην κατανόηση θεμάτων.

Παρόλα αυτά, η διαφοροποίηση δεν είναι μόνο προγραμματισμένη. Οι εκπαιδευτικοί μπορεί να εντοπίσουν (για παράδειγμα μέσω της ανατροφοδότησης ή κατά την παρατήρηση) ότι ορισμένοι/ες μαθητές/τριες παρουσιάζουν προβλήματα κατανόησης του θεματικού αντικειμένου κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Ως εκ τούτου, ο/η εκπαιδευτικός θα πρέπει να διαχειριστεί αυθόρμητα την κατάσταση, χρησιμοποιώντας τη διαφοροποίηση «επί τόπου» (Carolan & Guinn, 2007). Μέθοδοι για διαφοροποίηση «επί τόπου» είναι η προσαρμογή του λόγου και των επεξηγήσεων, η παροχή πρόσθετης επανάληψης και πληροφοριών, η χρήση περισσότερων ή άλλων παραδειγμάτων ή η φωνηχτή σκέψη, όπου ο/η εκπαιδευτικός επεξηγεί τι σκέφτεται και τι λαμβάνει υπόψη κατά την εκτέλεση ορισμένων μεθόδων ή τη λήψη ορισμένων αποφάσεων. Η αμφισβήτηση των υποθέσεων των μαθητών/τριών με ερωτήσεις είναι επίσης μια μέθοδος διαφοροποίησης για την ανάπτυξη της κατανόησης τους (Nieminen et al., 2020). Οι εκπαιδευτικοί που εφαρμόζουν με επιτυχία τη διαφοροποίηση επί τόπου:

- εντοπίζουν τα προβλήματα των μαθητών/τριών νωρίς
- δείχνουν ετοιμότητα να αντιδρούν με ευελιξία σε νέες απαιτήσεις
- έχουν επαρκείς γνώσεις για να επεξηγούν το μαθησιακό υλικό με ποικίλους τρόπους
- έχουν επαρκείς μεθοδολογικές δεξιότητες για να παρέχουν υποστηρικτικές μαθησιακές ευκαιρίες

Το ποια προσέγγιση διαφοροποίησης επιλέγεται – προγραμματισμένη ή επί τόπου – εξαρτάται από τις προτιμήσεις των εκπαιδευτικών (που επηρεάζονται από τις πεποιθήσεις για τη διδασκαλία, την εκπαίδευσή τους και την αυτό-αποτελεσματικότητα), καθώς και από την εμπειρία τους (Supragogi et al., 2017). Η προγραμματισμένη διαφοροποίηση χρειάζεται περισσότερο χρόνο αλλά μειώνει την πολυπλοκότητα κατά τη διδασκαλία, καθώς πολλές αποφάσεις μπορούν να ληφθούν εκ των προτέρων. Η διαφοροποίηση που γίνεται επί τόπου είναι λιγότερο χρονοβόρα, αλλά απαιτεί ειδικές γνώσεις και δεξιότητες που πρέπει να εφαρμοστούν απευθείας στη διδακτική κατάσταση.

Η υποστήριξη μάθησης είναι μια επιτυχημένη προσέγγιση για τους/τις εκπαιδευτικούς ώστε να είναι σε θέση να υποβοηθήσουν τη μαθησιακή διαδικασία. Επομένως, στην ενότητα που ακολουθεί παρέχονται πληροφορίες σχετικά με την υποστήριξη μάθησης και τον τρόπο χρήσης της στη

διδασκαλία. Έχουμε πλήρη επίγνωση της σημασίας της υποστήριξης μάθησης για τη διαφοροποίηση και της ποσότητας αξιοσημείωτης έρευνας που γίνεται σε αυτό το θέμα. Όμως, καθώς δεν είναι ο κύριος στόχος του βιβλίου, είμαστε σε θέση να εξετάσουμε μόνο ορισμένα βασικά σημεία σχετικά με αυτήν, τα οποία μπορεί να βοηθήσουν τους/τις εκπαιδευτικούς φυσικών επιστημών στον σχεδιασμό της διδασκαλίας τους.

2.4 Τι είναι η υποστήριξη μάθησης;

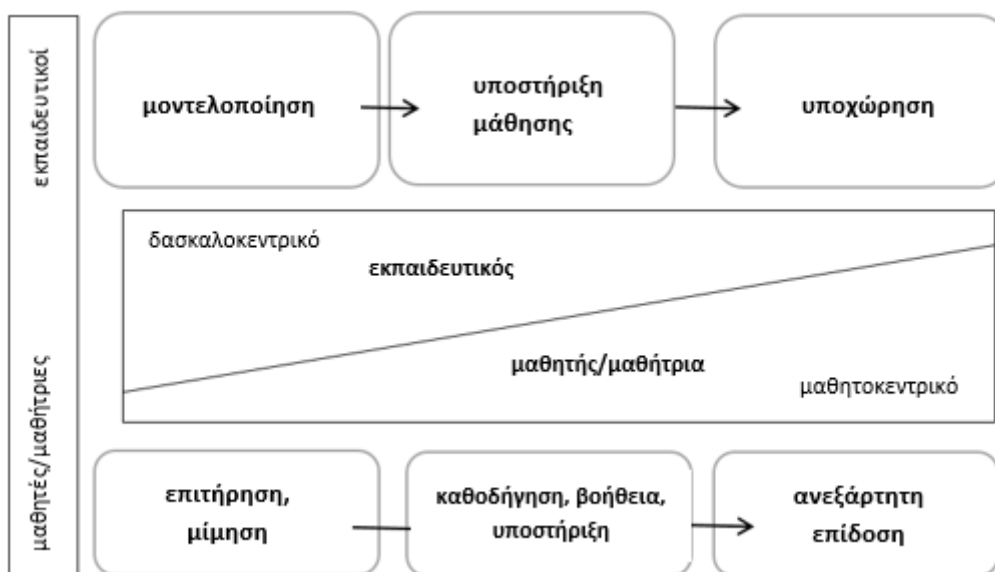
Ο όρος «υποστήριξη μάθησης» (*scaffolding*) μπορεί να αποδοθεί στους Wood et al. (1976). Οι Wood, Bruner και Ross χρησιμοποίησαν μια μεταφορά για να δείξουν ότι η υποστήριξη είναι κτισμένη σαν μια σκαλωσιά. Η υποστήριξη μάθησης καθιστά δυνατή την επίτευξη στόχων που δεν θα μπορούσαν να επιτευχθούν χωρίς αυτήν. Μετά από μια επιτυχημένη υποστήριξη, η σκαλωσιά πρέπει να αφαιρείται βήμα προς βήμα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται «υποχώρηση» (*fading*). Ο όρος «υποστήριξη μάθησης» χρησιμοποιείται παιδαγωγικά για βοηθούς και προγράμματα υποστήριξης – συχνά για ψηφιακές υποστηρίξεις (π.χ. Belland, 2017) – αλλά δεν υπάρχει κοινή κατανόηση ή ορισμός.

Η έννοια της υποστήριξης μάθησης συνδέεται με τη θεωρία του Vygotskij (2015), ο οποίος περιέγραψε στο έργο του τη «ζώνη επικείμενης ανάπτυξης». Αυτή η ζώνη βρίσκεται μεταξύ του πραγματικού σταδίου ανάπτυξης του/της μαθητή/τριας και του πιθανού σταδίου ανάπτυξής του/της. Περιλαμβάνει τη διαφορά ανάμεσα σε αυτό που μπορεί να κάνει ο/η μαθητής/τρια μόνος του και του τι μπορεί να κατακτήσει με την κατάλληλη υποστήριξη.

Σύμφωνα με τους Schiffil et al. (2019), η υποστήριξη μάθησης αποτελείται από προσωρινά βοηθήματα που προσφέρονται στα μαθήματα για να ενθαρρύνουν τους/τις μαθητές/τριες να διαχειριστούν εργασίες, τις οποίες δεν θα μπορούσαν μόνοι/ες τους (Schiffil et al., 2019). Έτσι, σε μελλοντικές μαθησιακές καταστάσεις, ο/η μαθητής/τρια μπορεί να λύσει την εργασία ή το πρόβλημα μόνος/η του/της (Hammond & Gibbons, 2005), και επιτυγχάνει το επόμενο δυνατό στάδιο ανάπτυξης. Η χρήση της υποστήριξης μάθησης μειώνει την πολυπλοκότητα και εστιάζει σε σημαντικά χαρακτηριστικά των εργασιών (Wood et al., 1976). Έτσι, βοηθά στη δόμηση και διευκόλυνση της μαθησιακής διαδικασίας.

Η προσέγγιση της Γνωστικής Μαθητείας (Reusser, 1995) συνοψίζει την ενσωμάτωση της υποστήριξης μάθησης στην τάξη και τους ρόλους που διαδραματίζουν οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές/τριες στη διαδικασία (βλ. Εικ. 2.1). Στην αρχή της μαθησιακής διαδικασίας ο/η εκπαιδευτικός παίζει ενεργό ρόλο, δείχνοντας πώς να κάνει τα πράγματα σωστά. Σε αυτή τη φάση του μαθήματος, ο/η εκπαιδευτικός επεξηγεί το περιεχόμενο και δίνει παραδείγματα επιτυχημένης εφαρμογής. Κατά τη διάρκεια του πειραματισμού, είναι συχνά χρήσιμο να επιδεικνύονται ορισμένες μέθοδοι από τον/την εκπαιδευτικό. Οι τεχνικές φωναχτής σκέψης μπορούν επίσης να συμβάλουν στην κατανόηση της

διερώτησης, για παράδειγμα, όταν ο/η εκπαιδευτικός επισημαίνει λεκτικά όλα όσα πρέπει να προσέχει όταν σχεδιάζει ένα πείραμα.



Εικ. 2.1: Γνωστική Μαθητεία (Reusser, 1995, σελ.1)

Η «φάση της μοντελοποίησης» ακολουθείται από τη «φάση της υποστήριξης μάθησης», στην οποία ο/η εκπαιδευτικός ενθαρρύνει τους/τις μαθητές/τριες να δραστηριοποιηθούν και οι ίδιοι/ες. Σε αυτή τη φάση, οι μαθητές/τριες εργάζονται με την υποστήριξη του/της εκπαιδευτικού. Όταν ο/η εκπαιδευτικός αναγνωρίσει ότι έχει επιτευχθεί η επιθυμητή ικανότητα, η υποστήριξη αρχίζει να υποχωρεί, δηλαδή η βοήθεια σιγά σιγά αποσύρεται. Ο όρος «υποχώρηση» αναφέρεται στη διαδικασία αργής αφαίρεσης της υποστήριξης. Ο/Η εκπαιδευτικός αλλάζει ρόλο από προπονητή/τρια σε επόπτη/τρια, συμμετέχοντας σε διαμορφωτική αξιολόγηση και δίνοντας ανατροφοδότηση ενώ οι μαθητές/τριες εργάζονται μόνοι/ες τους, έως ότου δεν είναι πλέον απαραίτητο.

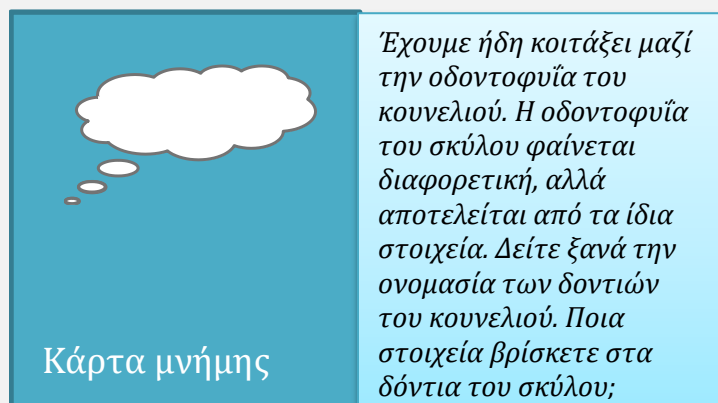
Οι μέθοδοι της υποστήριξης μάθησης μπορεί να ποικίλουν (για παραδείγματα βλ. Κεφάλαιο 6). Αρχικά, μπορεί να είναι χρήσιμο να σκεφτούμε και να συζητήσουμε τις προϋπάρχουσες γνώσεις, καθώς διαφορετικές ιδέες ή έννοιες παίζουν ρόλο στις διαδικασίες μάθησης. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι συλλογής των ιδεών των μαθητών/τριών, όπως για παράδειγμα τα κινούμενα σχέδια εννοιών, εννοιολογικοί χάρτες ή κάρτες ενδείξεων. Οι προκαταρκτικές εξετάσεις, στις οποίες οι μαθητές/τριες διατυπώνουν και αιτιολογούν τις υποθέσεις τους, είναι επίσης χρήσιμες για τη μάθηση με διερώτηση. Αυτές οι υποθέσεις αντανakλούν συνήθως τις ιδέες των μαθητών/τριών για το θέμα. Αφού συγκεντρωθούν οι ιδέες και οι έννοιες των μαθητών/τριών, είναι καθήκον του/της εκπαιδευτικού να αναπτύξει ασκήσεις βασισμένες στην υποστήριξη μάθησης. Ωστόσο, οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών/τριών μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως υποστήριξη.

Υπάρχουν δύο διαφορετικές κατηγορίες υποστήριξης. Οι Saye και Brush (2002) διακρίνουν μεταξύ «σκληρής» και «μαλακής» υποστήριξης. Τα σκληρά βοηθήματα είναι στατικά, για παράδειγμα οι κάρτες ενδείξεων, ενώ τα μαλακά βοηθήματα είναι δυναμικά και προσανατολισμένα στη διαδικασία. Η μεγάλη διαφορά μεταξύ αυτών των δύο τύπων βοήθειας έγκειται στην προετοιμασία. Τα σκληρά βοηθήματα πρέπει να προετοιμαστούν από τον/την εκπαιδευτικό πριν από το μάθημα. Ο/Η εκπαιδευτικός πρέπει να αποφασίσει ποια μέρη των εργασιών μπορεί να είναι δύσκολα για τους/τις μαθητές/τριες και να προετοιμάσει κατάλληλη βοήθεια.

Παράδειγμα 2.3

Οι κάρτες βοήθειας ως παράδειγμα σκληρής υποστήριξης

Οι κάρτες ενδείξεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προτροπές για διαφορετικούς σκοπούς. Οι κάρτες μνήμης, για παράδειγμα, ενεργοποιούν προϋπάρχουσες γνώσεις, ώστε οι μαθητές/τριες να μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις γνώσεις για νέες εργασίες. Θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν κάρτες μεθόδων για την επεξήγηση μιας μεθόδου ή κάρτες πληροφόρησης για να δώσουν περισσότερες πληροφορίες για ένα θέμα.



Η μαλακή υποστήριξη σημαίνει υποστήριξη προσαρμοσμένη στην κατάσταση, η οποία μπορεί να δοθεί από τον/την εκπαιδευτικό ή τους συμμαθητές/τριες "επί τόπου" (Tabrizi et al., 2019). Παραδείγματα μαλακών βοηθημάτων περιλαμβάνουν τον «κινηματογράφο-πίνακα» ή τους εμπειρογνώμονες μαθητές/τριες. Ο κινηματογράφος-πίνακας προσφέρει στους/στις μαθητές/τριες την ευκαιρία να έρθουν στο μπροστινό μέρος του πίνακα για να λάβουν περαιτέρω πληροφορίες ή μια εξήγηση για την εργασία. Ο/Η εκπαιδευτικός παραμένει στον πίνακα και εκεί δίνει την ευκαιρία στους/στις μαθητές/τριες να βγουν εθελοντικά, και μόνο εάν χρειαστεί. Εκεί, ο/η εκπαιδευτικός έχει την ευκαιρία να εξηγήσει ξανά όσα έχουν ήδη εξηγηθεί ή να αντιμετωπίσει πιθανές ατομικές μαθησιακές δυσκολίες. Ονομάζεται κινηματογράφος γιατί το σκηνικό μπορεί να στηθεί σαν πραγματικός κινηματογράφος. Ο/Η εκπαιδευτικός μπορεί να καθίσει μπροστά από τον πίνακα και οι μαθητές/τριες να σταθούν εκεί. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα να τροποποιηθεί αυτή η μέθοδος και να δουν μαζί ψηφιακές παρουσιάσεις, αντί για τον κλασικό πίνακα. Οι εμπειρογνώμονες

μαθητές/τριες μπορούν επίσης να αναλάβουν τον ρόλο του εκπαιδευτή. Οι εμπειρογνώμονες μαθητές/τριες μπορούν να παρέχουν βοήθεια, για παράδειγμα σε σταθμούς που έχουν προετοιμαστεί για τον σκοπό αυτό. Με αυτόν τον τρόπο, όσοι/όσες χρειάζονται βοήθεια μπορούν να πάνε στον σταθμό και να τη ζητήσουν. Μια πρακτική μέθοδος εδώ είναι η χρήση καρτών εμπειρογνώμωνων, τις οποίες οι μαθητές/τριες μπορούν να τοποθετήσουν στις θέσεις τους αφού ολοκληρώσουν την εργασία τους για να υποδείξουν ότι προσφέρουν βοήθεια.

Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εναλλάσσουν μεταξύ μαλακών και σκληρών βοηθημάτων, ανάλογα με τις συνθήκες και τις εργασίες. Ο/Η εκπαιδευτικός πρέπει να διαγνώσει, να προσαρμόσει την υποστήριξη και να αποφασίσει πότε και πώς γίνεται η «υποχώρηση» της υποστήριξης. Η χρήση υποστηρικτικών ψηφιακών μέσων, όπως οι προσομοιώσεις (Lehtinen & Viiri, 2017), κουίζ ή φύλλα εργασίας αυτοελέγχου, είναι επίσης μια βιώσιμη μέθοδος.

Βίντεο, μοντέλα και άλλες οπτικοποιήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν με την υποστήριξη ψηφιακών συσκευών, όπως ταμπλέτες, έξυπνα κινητά τηλέφωνα ή φορητούς υπολογιστές. Ο/Η εκπαιδευτικός πρέπει να προετοιμάσει τις ιστοσελίδες ή τα προγράμματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους/τις μαθητές/τριες. Είναι σημαντικό να καταγράφονται εκ των προτέρων οι ψηφιακές ικανότητες των μαθητών/τριών για να μην δημιουργούνται περαιτέρω μαθησιακές δυσκολίες μέσω της χρήσης ψηφιακών τεχνολογιών. Η χρήση ψηφιακών συσκευών για την έρευνα πληροφοριών ή για οπτικοποιήσεις, όπως μοντέλα (προσομοιώσεις) – για παράδειγμα μοντέλα για επίδειξη του θέματος ή μοντέλα που δείχνουν το τελικό προϊόν - μπορεί επίσης να συμβεί αυθόρμητα. Τέτοια μοντέλα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια του κινηματογράφου-πίνακα και στους σταθμούς υποστήριξης, εάν οι συνθήκες το επιτρέπουν, για παράδειγμα σε σχολικές τάξεις που χρησιμοποιούνται ταμπλέτες ή σε τάξεις με επαρκή εξοπλισμό.

Μπορούν να απαριθμηθούν πολλά πλεονεκτήματα της υποστήριξης μάθησης. Μέσω της ενεργοποίησης των μαθητών/τριών, η προοπτική επιτυχίας μπορεί να αυξάνεται. Επομένως, αυτό μπορεί επίσης να αυξήσει τα κίνητρα, τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να έχουν θετική επίδραση στην ποιότητα της μαθησιακής διαδικασίας (Deci & Ryan, 1993, 2008).

Περίληψη

Οι μαθητές/τριες διαφέρουν σε πολλά χαρακτηριστικά. Είναι απαραίτητο για μια καλή διδασκαλία να λαμβάνονται υπόψη αυτά τα χαρακτηριστικά. Η λύση σε αυτά μπορεί να συνοψιστεί στον όρο διαφοροποίηση. Στο βιβλίο μας, εστιάζουμε στο εκπαιδευτικό επίπεδο: πώς οι εκπαιδευτικοί μπορούν να προσαρμόσουν τη διδασκαλία τους για να υποστηρίξουν καλύτερα τη μάθηση των παιδιών και των νέων. Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις διαφοροποίησης, οι οποίες διαφέρουν ως προς τον σχεδιασμό και την εφαρμογή.

Μια δυνατότητα για να διευκολύνουμε τη μάθηση είναι η υποστήριξη μάθησης. Προσωρινά βοηθήματα προσφέρονται στα μαθήματα για να ενθαρρύνουν τους/τις μαθητές/τριες να χειριστούν εργασίες, τις οποίες δεν θα μπορούσαν να χειριστούν μόνοι/ες τους (Schiffel et al., 2019). Στόχος είναι, μέσω στοχευμένων βοηθημάτων και επακόλουθης υποχώρησής τους, οι μαθητές/τριες να μπορέσουν επιτέλους να χειριστούν οι ίδιοι/ες τις εργασίες τους. Υπάρχουν διάφοροι τύποι βοηθημάτων, σκληρά και μαλακά βοηθήματα. Τα ψηφιακά μέσα μπορούν επίσης να παρέχουν υποστήριξη μάθησης.

Βιβλιογραφία

- Baumgartner, T., Lipowski, M., & Rush, C. (2003). *Increasing Reading Achievement of Primary and Middle School Students Through Differentiated Instruction*. Master thesis, Saint Xavier University & SkyLight. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED479203.pdf>
- Beck, E., Baer, M., Guldemann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., Müller, P., Niedermann, R., Rogalla, M. & Vogt, F. (2008). *Adaptive Lehrkompetenz. Analyse und Struktur, Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrwissens* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 63). Waxmann.
- Belland, B.R. (2017). *Instructional scaffolding in STEM education: Strategies and efficacy evidence*. Springer Nature. DOI 10.1007/978-3-319-02565-0
- Buholzer, A., & Kummer Wyss, A. (2010). *Alle gleich—alle unterschiedlich. Zum Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht*. Kallmeyer.
- Breit, S., Eder, F., Krainer, K., Schreiner, C., Seel, A., & Spiel, C. (2019). Nationaler Bildungsbericht Österreich 2018. *Fokussierte Analysen und Zukunftsperspektiven für das Bildungswesen*. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung.
- Bruneferth, M., Lassnigg, L., Vogtenhuber, S., Schreiner, C., & Breit, S. (Eds.). (2016). *Nationaler Bildungsbericht Österreich 2015, Band 1: Das Schulsystem im Spiegel von Daten und Indikatoren*. Bundesinstitut BIFIE.
- Carolan, J., & Guinn, A. (2007). Differentiation: lessons. *Educational leadership*, 64(5), 44–47.
- Corno, L.Y.N. (2008). On teaching adaptively. *Educational Psychologist*, 43(3), 161–173.
- Coubergs, C., Struyven, K., Vanthournout, G., & Engels, N. (2017). Measuring Teachers' Perceptions About Differentiated Instruction: The DI-Quest Instrument and Model. *Studies in Educational Evaluation*, 53, 41–54.
- Dixon, F.A., Yssel, N., McConnell, J.M., & Hardin, T. (2014). Differentiated instruction, professional development, and teacher efficacy. *Journal for the Education of the Gifted*, 37(2), 111–27. <https://doi.org/10.1177/0162353214529042>.
- Deci, E.L., & Ryan, R.M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.
- Deci, E.R., & Ryan, R.M. (2008). Self-Determination Theory: A Macrotheory of Human Motivation, Development, and Health. *Canadian Psychology*, 49, 182–185.
- Deunk, M. I., Smale-Jacobse, A. E., de Boer, H., Doolaard, S., & Bosker, R. J. (2018). Effective differentiation practices: A systematic review and meta-analysis of studies on the cognitive effects of differentiation practices in primary education. *Educational Research Review*, 24, 31–54.

- Firmender, J., Reis, S., & Sweeny, S. (2013). Reading Comprehension and Fluency Levels Ranges across Diverse Classrooms: The Need for Differentiated Reading Instruction and content. *Gifted Child Quarterly*, 57(1), 3–14.
- Gheysens, E., Coubergs, C., Griful-Freixenet, J., Engels, N., & Struyven, K. (2020). Differentiated instruction: the diversity of teachers' philosophy and praxis to adapt teaching to students' interests, readiness and learning profiles. *International Journal of Inclusive Education*, 1-18.
- Gröhllich, C., Scharenberg, K., & Bos, W. (2009) Wirkt sich Leistungsheterogenität in Schulklassen auf den individuellen Lernerfolg in der Sekundarstufe aus? *Journal for educational research online*, 1, 86–105.
- Hammond, J., & Gibbons, P. (2005). What is scaffolding. *Teachers' voices*, 8, 8–16.
- Helmke, A. (2013). Individualisierung: Hintergrund, Perspektiven, Missverständnisse. *Pädagogik*, 13(2), 34–37.
- Kerry, T., & Kerry, C.A. (1997). Differentiation: Teachers' views of the usefulness of recommended strategies in helping the more able pupils in primary and secondary classrooms. *Educational Studies*, 23(3), 439–457.
- Kiel, E., Haag, L., Keller-Schneider, M., Zierer, K. & Streber, D. (2015). Grundwissen Lehrerbildung: Umgang mit Heterogenität. *Praxisorientierung, Fallbeispiele, Reflexionsaufgaben*. Cornelsen.
- Kress, K., & Pappas, M. (2016). *Binnendifferenzierung in der Sekundarstufe – das Praxisbuch. Profi-Tipps und Materialien aus der Lehrerfortbildung*. Auer.
- Lehtinen, A., & Viiri, J. (2017). Guidance provided by teacher and simulation for inquiry-based learning: A case study. *Journal of science education and technology*, 26(2), 193–206.
- Martschinke, S. (2015). Facetten adaptiven Unterrichts aus der Sicht der Unterrichtsforschung. In K. Liebers, B. Landwehr, A. Marquardt & K. Schlotter (Ed.), *Jahrbuch Grundschulforschung: Lernprozessbegleitung und adaptives Lernen in der Grundschule* (pp. 15–32). Springer.
- Müller, F. (2012). *Differenzierung in heterogenen Lerngruppen: Praxisband für die Sekundarstufe I*. Debus Pädagogik.
- Müller, F. (2018). *Praxisbuch Differenzierung und Heterogenität. Methoden und Materialien für den gemeinsamen Unterricht*. Beltz.
- Nieminen, P., Häikiöniemi, M., & Viiri, J. (2020). Forms and functions of on-the-fly formative assessment conversations in physics inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 1–23.
- Pozas, M., Letzel, V., & Schneider, C. (2020). Teachers and differentiated instruction: exploring differentiation practices to address student diversity. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 20(3), 217–230.
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Waxmann.
- Reusser, K. (1995). Lehr- und Lernkultur im Wandel: zur Neuorientierung in der kognitiven Lernforschung. In R. Dubs & R. Dörig (Ed.), *Dialog Wissenschaft und Praxis. Berufsbildungstage St. Gallen* (pp. 164–190). Institut für Wirtschaftspädagogik IWP.
- Saye, J.W., & Brush, T. (2002). Scaffolding critical reasoning about history and social issues in multimedia-supported learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 77–96.
- Schiffli, I., Köberl, P., & Schadler, C. (2019). Differenzierung im Biologieunterricht. In I. Schiffli, & H. Weiglhofer (Ed.), *Biologie kompetent unterrichten: Ein Praxisbuch für Studierende und Lehrkräfte* (pp. 189–223). facultas.
- Schnotz, W. (2006). *Pädagogische Psychologie*. Beltz.
- Scholz, I. (2012). *Das heterogene Klassenzimmer: differenziert unterrichten*. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Subban, P. (2006). Differentiated instruction: A research basis. *International education journal*, 7(7), 935–947.
- Suprayogi, M.N., Valcke, M., & Godwin, R. (2017). Teachers and their implementation of differentiated instruction in the classroom. *Teaching and Teacher Education*, 67, 291-301.
- Tabrizi, H.M., Behnam, B., Saeidi, M., & Lu, X. (2019). The effect of soft vs. hard scaffolding on reading comprehension skill of EFL learners in different experimental conditions. *Cogent Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2019.1631562>
- Tomlinson, C.A. (2001). *How to Differentiate Instruction in Mixed-Ability Classrooms*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Tomlinson, C.A. (2014). *The Differentiated Classroom: Responding to the Needs of All Learners*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Tomlinson, C.A. (2017). *How to Differentiate Instruction in Academically Diverse Classrooms*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Valiandes, S. (2015). Evaluating the Impact of Differentiated Instruction on Literacy and Reading in Mixed Ability Classrooms: Quality and Equity Dimensions of Education effectiveness. *Studies in Educational Evaluation*, 45, 17–26.
- Vygotskij, L.S., Lompscher, J., & Rückriem, G. (2015). *Denken und Sprechen – Psychologische Untersuchungen*. Beltz.
- Weinert, F.E. (1997). Notwendige Methodenvielfalt [Necessary variety of methods]. *Friedrich Jahresheft*, 15, 50–52.
- Weinert, F.E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft – Ansprüche an das Lernen in der Schule. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz*, (2), 1–16.
- Wessel, L. (2014). *Fach- Und sprachintegrierte Förderung durch Darstellungsvernetzung und Scaffolding*. Springer.
- Westwood, P. (2001). Differentiation as a strategy for inclusive classroom practice: Some difficulties identified. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 6(1), 5–11.
- Westwood, P. (2018). *Inclusive and adaptive teaching: Meeting the challenge of diversity in the classroom*. Routledge.
- Wood, D., Bruner, J.S., & Ross, G. (1976). The Role of Tutoring in Problem Solving. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89–100.
- Zulliger, S., & Tanner, S. (2013). Der Begriff Heterogenität in empirischen Studien. *Swiss Journal of Educational Research*, 35(1), 37–52.

3 Μάθηση με διερώτηση

3.1 Τι είναι η μάθηση με διερώτηση;

Κάθε φορά που ζητείται από εκπαιδευτικούς να ορίσουν τη μάθηση με διερώτηση, οι απαντήσεις που δίνουν αποκαλύπτουν ότι αυτή η ευρέως κοινή έννοια συλλαμβάνεται με διαφορετικούς τρόπους (Carps et al., 2016). Συνεντεύξεις μάς, δείχνουν ότι ορισμένοι από τους ορισμούς των εκπαιδευτικών είναι συνεπείς με όσα είναι αποδεκτά από την εκπαιδευτική κοινότητα για τη επιστήμη σχετικά με το τι περιλαμβάνει ο όρος αυτός. Κάποιοι/ες άλλοι/ες υιοθετούν ένα υβρίδιο ενημερωμένων και μη ενημερωμένων απόψεων για τη διδασκαλία της επιστήμης μέσω της διερώτησης, ενώ κάποιοι/ες άλλοι/ες αντιλαμβάνονται λανθασμένα το τι είναι και πώς προωθείται η μάθηση με διερώτηση (συνεντεύξεις για την προετοιμασία αυτού του βιβλίου το 2019 με εκπαιδευτικούς από την Κύπρο, Αυστρία, Φιλανδία και Γερμανία, n=30).



Εικ. 3.1: Εικόνα πρώτου παραδείγματος
Εικόνα: emmaw4s, 2013, διαθέσιμη στο
Pixabay (Άδεια για δωρεάν εμπορική χρήση)



Εικ. 3.2: Εικόνα δεύτερου παραδείγματος
Εικόνα: Patricia Lacolla, 2013, διαθέσιμη στο
Pixabay (Άδεια για δωρεάν εμπορική χρήση)

Προτού εξηγήσουμε τι είναι η μάθηση με διερώτηση, ας δούμε δύο παραδείγματα διδασκαλίας (Παράδειγμα Α και Β στο Παράδειγμα 3.1), για να τα χρησιμοποιήσουμε ως αναφορές κατά τον ορισμό της εν λόγω έννοιας. Είναι γνωστό ότι τα μαθήματα που σχετίζονται με το ίδιο περιεχόμενο μπορούν να σχεδιαστούν πολύ διαφορετικά ανάλογα με την προσέγγιση που ακολουθείται, καθώς και με τον ρόλο του/της εκπαιδευτικού και των μαθητών/τριών κατά την υλοποίηση του μαθήματος.

Παράδειγμα 3.1

Παράδειγμα Α: Ο/Η εκπαιδευτικός γράφει το θέμα του μαθήματος στον πίνακα, αναθέτει στους/στις μαθητές/τριες να διαβάσουν επιλεγμένες σελίδες από το βιβλίο επιστήμης τους, σε μια προσπάθεια να εντοπίσουν τις απαραίτητες συνθήκες για τη βλάστηση. Οι μαθητές/τριες διαβάζουν το βιβλίο με εξατομικευμένο τρόπο και επεξεργάζονται τις συνθήκες βλάστησης. Στο τέλος του μαθήματος παρουσιάζουν τα ευρήματά τους σε μορφή συζήτησης σε ολόκληρη την τάξη.

Παράδειγμα Β: Ο/Η εκπαιδευτικός δείχνει στους μαθητές/τριες βλαστημένους σπόρους κάρδαμου, οι οποίοι βρίσκονται στο χέρι του/της. Έπειτα προτρέπει τους/τις μαθητές/τριες να σκεφτούν τι χρειάζονται οι σπόροι για να βλαστήσουν, να θέσουν τις ιδέες τους στις ομάδες τους και στη συνέχεια

να διατυπώσουν ερωτήσεις (με τη βοήθεια του/της εκπαιδευτικού). Στο συγκεκριμένο μάθημα διερευνάται το ερώτημα «Τι χρειάζεται ο σπόρος για τη βλάστηση;». Οι μαθητές/τριες δημιουργούν αρχικά υποθέσεις και σχεδιάζουν μια έρευνα για να απαντήσουν το ερώτημα μέσω ομαδικής εργασίας. Οι ομάδες πραγματοποιούν την προγραμματισμένη έρευνα και συζητούν τα αποτελέσματά τους με τους/τις υπόλοιπους/ες μαθητές/τριες της τάξης.

Καθώς διαβάσετε τα δύο παραδείγματα, οι διαφορές είναι γρήγορα εμφανείς. Στο δεύτερο παράδειγμα (Παράδειγμα Β) οι μαθητές καταλήγουν σε πειραματικά ευρήματα, ακολουθώντας ερευνητικές μεθόδους παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες. Το δεύτερο παράδειγμα επιδεικνύει ένα μάθημα που είναι πιο συμβατό με την προσέγγιση μάθησης με διερώτηση.

Η **μάθηση με διερώτηση** (συντομογραφία: ΜΜΔ) είναι μια μαθησιακή προσέγγιση στην οποία οι μαθητές/τριες κτίζουν νέα γνώση διεξάγοντας τις δικές τους έρευνες, αφού πρώτα εντοπίσουν ένα δικό τους πρόβλημα και ερώτημα (University of Manchester, 2010). Επομένως, λαμβάνεται υπόψη το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών (van Uum et al., 2016). Οι μαθητές/τριες αποκτούν νέες γνώσεις, που έχουν νόημα για αυτούς, και δεξιότητες διερώτησης μέσω της έρευνας (ίδια πηγή). Στη διαδικασία διερώτησης οι μαθητές/τριες χρησιμοποιούν δεδομένα ως αποδεικτικά στοιχεία (Capps et al., 2016) και είναι σημαντικό να επικοινωνούν και να αιτιολογούν τις εξηγήσεις τους (NRC, 2000· Pedaste et al., 2015). Για να χρησιμοποιήσουν δεδομένα, πρέπει να οργανώσουν, να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν μια έρευνα (Capps et al., 2016). Οι μέθοδοι διερώτησης στην επιστήμη μπορεί να είναι μια παρατήρηση, ο πειραματισμός ή οποιαδήποτε άλλη διαδικασία σχετίζεται με συλλογή δεδομένων για την απάντηση ενός ερωτήματος ή τη διατύπωση ενός επιχειρήματος. Συνοψίζουμε παρακάτω μερικά από τα βασικά στοιχεία που διαμορφώνουν την πρακτική της ΜΜΔ.

Στοιχεία που χαρακτηρίζουν τη ΜΜΔ:



η διερώτηση ξεκινά με ένα πρόβλημα/ερώτημα (που τέθηκε από τους/τις μαθητές/τριες ή τον/την εκπαιδευτικό)



οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν την έρευνα (εάν είναι απαραίτητο με τη βοήθεια του/της εκπαιδευτικού)



οι μαθητές/τριες πραγματοποιούν έρευνες για να λάβουν δεδομένα



οι μαθητές/τριες αποκτούν νέες γνώσεις μέσω της διερώτησης που έχουν νόημα για αυτούς/τές



οι μαθητές/τριες επικοινωνούν και αιτιολογούν τις εξηγήσεις τους.

3.2 Γιατί πρέπει να ακολουθείται η μάθηση με διερώτηση κατά τη διδασκαλία και μάθηση της επιστήμης;

Έχοντας εξηγήσει τι είναι η ΜΜΔ, είναι σημαντικό να τονίσουμε το σκεπτικό πίσω από την επιλογή αυτής της προσέγγισης στο πλαίσιο της διδασκαλίας και της μάθησης των φυσικών επιστημών.

Η ΜΜΔ σε σχέση με την αλλαγή της παιδαγωγικής και εκπαιδευτικής σκέψης

Ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα, ο John Dewey (*1859, †1952) τόνισε ότι οι επιστημονικές μέθοδοι (διερώτηση) για την απόκτηση νέας γνώσης είχαν πολύ μικρή σημασία στο σχολείο. Στα τέλη του 19ου αιώνα, υπήρξε ευρεία συναίνεση να αποδοθεί η «παλιά εκπαίδευση» στη μέθοδο της παθητικής μάθησης και απομνημόνευσης, και να γίνει αποδεκτή η «νέα εκπαίδευση» ως μια ενεργή και δημιουργική διαδικασία (Oelkers, 2018, σελ. 31). Το επίκεντρο δεν είναι πλέον στη γνώση και το αναλυτικό πρόγραμμα, αλλά στο παιδί που πρόκειται να εκπαιδευτεί (ίδια πηγή). Το αρχικό σημείο της παιδαγωγικής του Dewey δεν είναι η παιδαγωγική του παιδιού, αλλά αντίθετα οι πρακτικές διαδικασίες για την υποστήριξη της κοινής ζωής (δεξιότητες για δημοκρατία). Η δράση και η σκέψη είναι πτυχές αυτής της διαδικασίας (Schubert, 2019, σελ. 146). Ο Dewey αναγνώρισε το όφελος από την εφαρμογή επιστημονικών μεθόδων (μέθοδοι διερώτησης) για μαθητές/τριες: «Δεδομένου ότι η μάζα των μαθητών/τριών δεν πρόκειται ποτέ να γίνουν επιστήμονες, είναι πολύ πιο σημαντικό να αποκτήσουν κάποια εικόνα για το τι σημαίνει επιστημονική μέθοδος, παρά το να αντιγράψουν από μεγάλη απόσταση και από δεύτερο χέρι τα αποτελέσματα στα οποία έχουν φτάσει οι επιστήμονες» (Dewey, ανατύπωση 2001, σελ. 228). Οι δραστηριότητες επιστημονικής διερώτησης θα πρέπει να προσανατολίζονται στη ζωή των μαθητών/τριών και να τους βοηθούν να αποκτήσουν νέες γνώσεις ως ενεργοί/ές μαθητές/τριες στην αναζήτησή τους για απαντήσεις (Barrow, 2006). Η ΜΜΔ μπορεί να συσχετισθεί με την προσέγγιση του Dewey, με την έννοια ότι οι μαθητές/τριες χρησιμοποιούν μεθόδους διερώτησης για δράση και σκέψη για να λύσουν προβλήματα και ερωτήματα που σχετίζονται με την καθημερινή τους ζωή.

Ο Jérôme Seymour Bruner (*1915, †2016) επινόησε τον όρο «μάθηση μέσω ανακάλυψης». Η μάθηση μέσω ανακάλυψης είναι μια εκπαιδευτική προσέγγιση που περιλαμβάνει αυτό-κατευθυνόμενη μάθηση. Οι μαθητές/τριες βρίσκουν πληροφορίες στις μαθησιακές διαδικασίες μέσω ενεργών προβληματισμών και παρατηρήσεων. Χρησιμοποιούν τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους για να διευκολύνουν τις μαθησιακές διαδικασίες (Schaub & Zenke, 2000). Στην ανακαλυπτική μάθηση ο/η εκπαιδευτικός έχει μόνο παρατηρητική και βοηθητική λειτουργία (Stangl, 2020). Κατά την άποψη του Bruner, είναι αδύνατο να προετοιμαστεί ένα άτομο με δεδομένες λύσεις για οποιαδήποτε προβλήματα και καταστάσεις θα τον επηρεάσουν στο μέλλον (Edelmann & Wittmann, 2019). Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό ένα άτομο να μάθει να επιλύει προβλήματα (Edelmann & Wittmann, 2019;

Stangl, 2020). Η μάθηση μέσω της ανακάλυψης έχει συνδέσεις με την κονστρουκτιβιστική θεωρία μάθησης.

Από την οπτική γωνία των κονστρουκτιβιστικών θεωριών μάθησης, είναι σημαντικό η μάθηση να είναι μια ενεργή, αυτόνομη και επικεντρωμένη στη δράση εξέταση του αντικειμένου, επειδή οι εκπαιδευόμενοι/ες μπορούν να δημιουργήσουν μια εικόνα του κόσμου από μόνοι/ες τους (Schnotz, 2011). Η μάθηση είναι μια διαδικασία κατασκευής (βιώνοντας τον ίδιο τον κόσμο), ανακατασκευής (επανεξέταση της ίδιας της προϋπάρχουσας γνώσης) και αποδόμησης (θέτω υπό αμφισβήτηση: είναι δυνατόν να είναι διαφορετικά;) (Reich, 2012). Με παρόμοιο τρόπο, η ΜΜΔ είναι μια μαθησιακή διαδρομή, κατά την οποία οι μαθητές/τριες κατασκευάζουν και στοχάζονται οι ίδιοι πάνω στη γνώση. Η ΜΜΔ είναι ο κύριος τύπος ενεργητικής μάθησης επειδή επιτρέπει την ενεργό διερεύνηση από τους μαθητών/τριες, η οποία είναι απαραίτητη για να τους εμπνεύσει να ενασχοληθούν με την επιστήμη (Rocard et al., 2007). Η ενεργός μάθηση έχει αποδειχθεί ότι είναι πιο επωφελής για την εκπαίδευση των φυσικών επιστημών από την παραδοσιακή μάθηση (Freeman et al., 2014).

Η ΜΜΔ είναι επωφελής στη διδασκαλία και μάθηση

Μέσω της εμπλοκής των μαθητών/τριών με πρακτικές της ΜΜΔ, τους δίνεται η ευκαιρία να αναπτύξουν επιστημονικές δεξιότητες και να αποκτήσουν γνώσεις περιεχομένου (Crippen & Archambault, 2012; Edelson et al., 1999; Marx et al., 2004; Schneider et al., 2002). Οι θετικές επιδράσεις της ΜΜΔ έχουν βρεθεί ότι είναι πιο επωφελείς για μαθητές/τριες χαμηλότερου επιπέδου (Marx et al., 2004). Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα της ΜΜΔ είναι ότι έχει συνδεθεί με την ανάπτυξη και τη διατήρηση του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών για την επιστήμη (Gibson & Chase, 2002; Osborne & Dillon, 2008). Πράγματι, όταν οι μαθητές/τριες εργάζονται σε ένα πλαίσιο μάθησης με διερώτηση δεν θεωρούν ότι η διδασκαλία και η εκμάθηση των φυσικών επιστημών είναι βαρετή, μια αντίληψη που επικρατούσε έντονα στον τομέα της έρευνας για την επιστημονική εκπαίδευση (Alake-Tuenter et al., 2012).

Η ΜΜΔ συνάδει με τις σύγχρονες έννοιες του επιστημονικού γραμματισμού

Σε διεθνές επίπεδο, υπάρχει μεγάλη συζήτηση για τους στόχους και τα περιεχόμενα της εκπαίδευσης των φυσικών επιστημών. Από αυτές τις συζητήσεις έχουν ήδη προκύψει διαφορετικοί ορισμοί του επιστημονικού γραμματισμού (βλ. περισσότερα στο Norris & Phillips, 2003). Πολλές από τις έννοιες επιστημονικού γραμματισμού περιλαμβάνουν μεθόδους και διαδικασίες της ανακάλυψης της επιστημονικής γνώσης - ως τρόπος για την οικοδόμηση κατανόησης σχετικά με την ανακάλυψη της επιστημονικής γνώσης (Bybee, 1997, 2002) ή για την ανάπτυξη της μεταγνώσης (Shamos, 2002). Επομένως, οι διεθνείς ικανότητες για την ανακάλυψη επιστημονικής γνώσης (ικανότητες διερώτησης) τοποθετούνται διεθνώς στα εκπαιδευτικά πρότυπα πολλών χωρών (π.χ. βλ. Πίνακα 3.1 σχετικά με την

Αυστρία, την Κύπρο, τη Φινλανδία και τη Γερμανία). Η ΜΜΔ είναι ένας πιθανός και κατάλληλος τρόπος για να δοθούν ευκαιρίες εκμάθησης της διαδικασίας διερώτησης και ικανοτήτων για επιστημονικό γραμματισμό, οι οποίες διατυπώνονται στα εκπαιδευτικά πρότυπα.

Πίνακας 3.1: Επιστημονικά εκπαιδευτικά πρότυπα που συνάδουν με τη ΜΜΔ, με έμφαση στον πειραματισμό. Παραδείγματα στις χώρες: Αυστρία, Κύπρος, Φινλανδία και Γερμανία.

Αυστρία	Κύπρος	Φινλανδία	Γερμανία
Φυσικές επιστήμες (βιολογία, χημεία και φυσική), κατώτερη δευτεροβάθμια (BIFIE, 2011): Οι μαθητές/τριες μπορούν να... ... κάνουν παρατηρήσεις και μετρήσεις [E1] ... διατυπώνουν ερευνητικά ερωτήματα και να απορρίπτουν υποθέσεις [E2] ... σχεδιάζουν και να πραγματοποιούν έρευνες και πειράματα, να γράφουν πειραματικές αναφορές [E3] ... αναλύουν και ερμηνεύουν δεδομένα από έρευνες και πειράματα [E4]	Βιολογία, τάξεις 7 – 12 (Υπουργείο Παιδείας Κύπρου, 2017a): Ο γενικός σκοπός της διδασκαλίας της Βιολογίας σε όλες τις τάξεις περιγράφεται σε επιμέρους στόχους, οι οποίοι ισχύουν για κάθε τάξη. Μεταξύ αυτών των επιμέρους στόχων είναι η απόκτηση επιστημονικών και πειραματικών δεξιοτήτων όπως: ... (ii) διατύπωση ερωτήσεων και υποθέσεων, (iii) σχεδιασμός και εκτέλεση πειραματικών προσεγγίσεων, (iv) καταγραφή, αξιολόγηση και ανάλυση μετρήσεων, (v) παρουσίαση δεδομένων, (vi) αποδοχή ή απόρριψη αρχικών υποθέσεων, (vii) διατύπωση συμπερασμάτων, γενικεύσεων και προβλέψεων, (viii) δυνατότητα αναζήτησης και ανάπτυξης εναλλακτικών θεωριών με τη χρήση πρόσθετων επιστημονικών δεδομένων. Χημεία, τάξεις 7 – 12 (Υπουργείο Παιδείας Κύπρου, 2017a): Παρόλο που υπάρχουν αρκετές πειραματικές δραστηριότητες στη Χημεία, δεν έχουν καθοριστεί συγκεκριμένοι μαθησιακοί στόχοι που να προωθούν ρητά τις επιστημονικές δεξιότητες για πειραματισμό. Υπάρχουν μόνο λίγοι μαθησιακοί στόχοι για συγκεκριμένους τομείς θεμάτων, που	Βιολογία, τάξεις 7 – 9 (Φινλανδική Εθνική Υπηρεσία για την Εκπαίδευση, 2014): Η διδασκαλία και η εκμάθηση της βιολογίας περιλαμβάνει επίσης εργασία στη φύση και καθοδήγηση των μαθητών, ώστε να εξοικειωθούν με τα χαρακτηριστικά της απόκτησης βιολογικών πληροφοριών με τη βοήθεια της ΜΜΔ. Για την εξέταση της φύσης χρησιμοποιούνται προσεγγίσεις επιτόπιας και εργαστηριακής εργασίας. Η βιωματική και πειραματική μάθηση δημιουργεί χαρά της μάθησης και κεντρίζει το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών... Στόχοι διδασκαλίας: [O7] να καθοδηγήσει τον/την μαθητή/τρια να αναπτύξει τις επιστημονικές του/της δεξιότητες σκέψης και την κατανόηση αιτιακών σχέσεων. [O8] να καθοδηγήσει τον/την μαθητή/τρια να χρησιμοποιεί εξοπλισμό βιολογικής έρευνας και τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών. [O10] να καθοδηγήσει τον/την μαθητή/τρια να διεξάγει έρευνα, τόσο εντός όσο και εκτός σχολείου. Χημεία, τάξεις 7 – 9 (Φινλανδική Εθνική Υπηρεσία για την Εκπαίδευση, 2014):	Βιολογία (ΚΜΚ, 2005a): Στο τέλος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι μαθητές/τριες επιπέδου 1 μπορούν να... ... διεξάγουν έρευνες με κατάλληλες ποιοτικές ή ποσοτικές διαδικασίες [E5] ... σχεδιάζουν απλά πειράματα, να εκτελούν αυτά τα πειράματα ή/και να αναλύουν τα αποτελέσματα αυτών των πειραμάτων [E6] ... εφαρμόζουν βήματα πειραματισμού για να δώσουν εξηγήσεις [E7] ... συζητούν το εύρος και τους περιορισμούς της διερεύνησης, τα βήματα και τα αποτελέσματα [E8] Χημεία (ΚΜΚ, 2005b): Στο τέλος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι μαθητές/τριες επιπέδου 1 μπορούν να... ... αναγνωρίζουν και διατυπώνουν ερωτήσεις που μπορούν να απαντηθούν με τη βοήθεια χημικών γνώσεων και ερευνών, ειδικά μέσω χημικών πειραμάτων [E1] ... σχεδιάζουν κατάλληλες έρευνες για την επαλήθευση υποθέσεων [E2] ... πραγματοποιούν ποιοτική και απλή ποσοτική διερώτηση και να την καταγράφουν [E3] ... λαμβάνουν υπόψη πτυχές της ασφάλειας και του περιβάλλοντος κατά τον πειραματισμό [E4]

	συνεπάρχονται την προώθηση των δεξιοτήτων διερώτησης. Για παράδειγμα: Τάξη 12: 3.16. Διερευνήστε μέσω πειραματισμού πώς η συγκέντρωση των αντιδρώντων και η θερμοκρασία επηρεάζουν την ταχύτητα μιας χημικής αντίδρασης (Υπουργείο Παιδείας Κύπρου, 2020) Φυσική, τάξεις 7 – 12 (Υπουργείο Παιδείας Κύπρου, 2017,β): Ένας από τους γενικούς σκοπούς της διδασκαλίας της Φυσικής στις τάξεις 7 – 9 είναι να εισαγάγει τους μαθητές στις βασικές πειραματικές διαδικασίες, μεταξύ των οποίων είναι η διατύπωση υπόθεσης, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση πειραμάτων, η ερμηνεία δεδομένων, η εξαγωγή συμπερασμάτων και η επικοινωνία. Στις τάξεις 10 – 12, οι μαθητές/τριες αναμένεται να: - διατυπώνουν ερωτήσεις και υποθέσεις που οδηγούν σε διαφορετικούς τύπους επιστημονικών ερευνών - δημιουργούν έναν γραπτό σχεδιασμό για μια έρευνα - συλλέγουν και οργανώνουν δεδομένα - ερμηνεύουν και αξιολογούν δεδομένα για την εξαγωγή συμπερασμάτων - κοινοποιούν τα αποτελέσματα από τα πειράματα με διάφορους τρόπους, π.χ. γραπτές εκθέσεις, γραφήματα και προφορικές παρουσιάσεις.	Η διδασκαλία και η εκμάθηση της χημείας βασίζεται στην παρατήρηση και εξέταση ουσιών και φαινομένων που συνδέονται με το περιβάλλον διαβίωσης των μαθητών/τριών. Η διεξαγωγή έρευνας έχει ουσιαστική σημασία για την υιοθέτηση εννοιών, την εκμάθηση ερευνητικών δεξιοτήτων και την αντίληψη της ποιότητας των φυσικών επιστημών. Στόχοι διδασκαλίας: [O5] να ενθαρρύνει τον/την μαθητή/τρια να διατυπώνει ερωτήσεις σχετικά με τα φαινόμενα που μελετήθηκαν και να αναπτύσσει περαιτέρω τις ερωτήσεις, ώστε να χρησιμεύσουν ως βάση για έρευνα και άλλες δραστηριότητες. [O6] να καθοδηγήσει τον/την μαθητή/τρια να διεξάγει πειραματική έρευνα σε συνεργασία με άλλους και να εργάζεται με ασφάλεια και συνέπεια. [O7] να καθοδηγήσει τον/την μαθητή/τρια να επεξεργαστεί, να ερμηνεύσει και να παρουσιάσει τα αποτελέσματα της δικής του έρευνας και να τα αξιολογήσει, καθώς και ολοκληρή την ερευνητική διαδικασία. Φυσική, τάξεις 7 – 9 (Φινλανδική Εθνική Υπηρεσία για την Εκπαίδευση, 2014): Η διδασκαλία και η εκμάθηση της φυσικής βασίζεται σε παρατηρήσεις και έρευνες για το φυσικό και τεχνολογικό περιβάλλον. Η διεξαγωγή έρευνας έχει ουσιαστική σημασία για την υιοθέτηση	... συλλέγουν σχετικά δεδομένα κατά τη διάρκεια ερευνών, ειδικά σε χημικά πειράματα ή σε αναζήτηση στη βιβλιογραφία [E5] ... βρίσκουν τάσεις, δομές και σχέσεις στα δεδομένα που συλλέγονται, να τα εξηγούν και να εξάγουν συμπεράσματα [E6] Φυσική (ΚΜΚ, 2005c): Στο τέλος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι μαθητές/τριες επιπέδου 1 μπορούν να... ... διατυπώνουν υποθέσεις σε απλά παραδείγματα [E6] ... σχεδιάζουν απλά πειράματα, να τα εκτελούν και να κάνουν πρωτόκολλα [E8] ... αναλύουν τα δεδομένα που συλλέγονται, πιθανώς μέσω απλής μαθηματικοποίησης [E9] ... αξιολογούν την εγκυρότητα των εμπειρικών αποτελεσμάτων και τη γενίκευσή τους [E10]
--	--	---	--

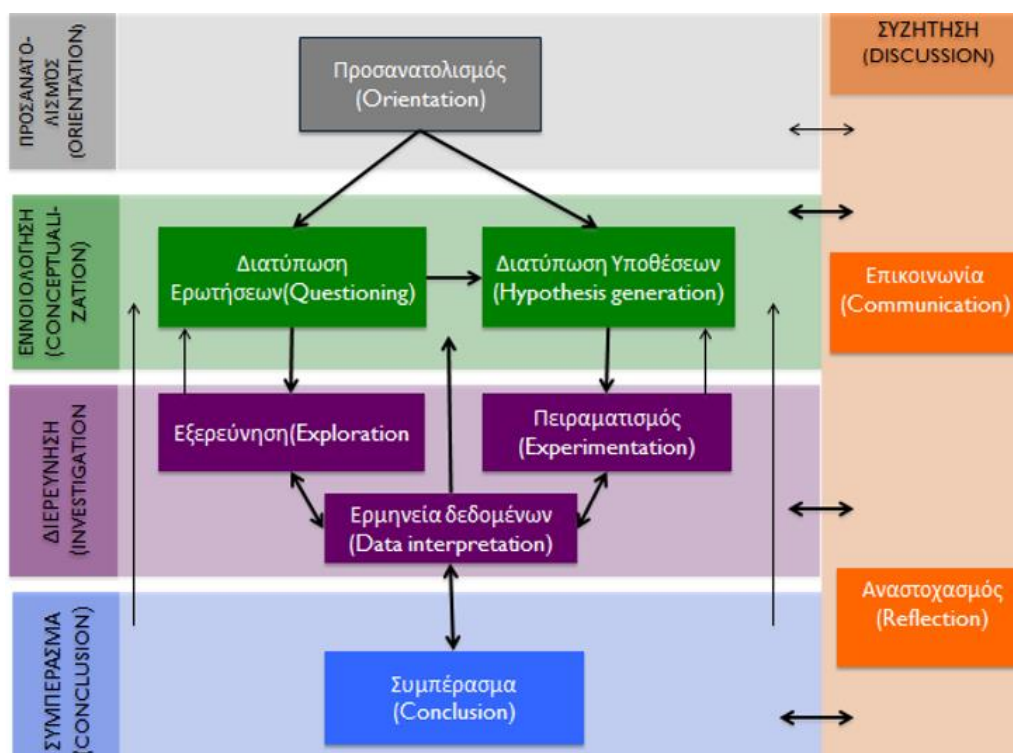
	- επεξηγούν ότι η επιστημονική έρευνα μερικές φορές οδηγεί σε απροσδόκητα αποτελέσματα, τα οποία με τη σειρά τους οδηγούν σε νέα ερωτήματα και περισσότερες έρευνες.	και την κατανόηση εννοιών, την εκμάθηση ερευνητικών δεξιοτήτων και την αντίληψη της ποιότητας των φυσικών επιστημών. Στόχοι διδασκαλίας: [O5] να ενθαρρύνει τον/την μαθητή/τρια να διατυπώνει ερωτήσεις σχετικά με τα φαινόμενα που μελετήθηκαν και να αναπτύξει περαιτέρω τις ερωτήσεις, ώστε να χρησιμεύσουν ως βάση για έρευνα και άλλες δραστηριότητες. [O6] να καθοδηγήσει τον/την μαθητή /τρια να διεξάγει πειραματική έρευνα σε συνεργασία με άλλους και να εργάζεται με ασφάλεια και συνέπεια. [O7] να καθοδηγήσει τον/την μαθητή /τρια να επεξεργαστεί, να ερμηνεύσει και να παρουσιάσει τα αποτελέσματα της δικής του/της έρευνας και να τα αξιολογήσει, καθώς και ολόκληρη την ερευνητική διαδικασία.	
--	---	---	--

3.3 Κύκλος διερώτησης

Η ΜΜΔ είναι σήμερα η κυρίαρχη διδακτική προσέγγιση στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών και στη διεθνή εκπαιδευτική έρευνα. Ήδη πριν από τρεις δεκαετίες, η επιστημονική διερώτηση έχει αξιοποιηθεί στις μεταρρυθμίσεις της εκπαίδευσης των φυσικών επιστημών στις ΗΠΑ, την Αυστραλία και την Ευρώπη (Minner et al., 2010). Ως αποτέλεσμα, η ΜΜΔ έχει προκύψει να υποδηλώνει πώς μεταφράζεται η επιστημονική διερώτηση στην καθημερινή διδασκαλία και μάθηση. Ωστόσο, μία από τις κύριες προκλήσεις της εισαγωγής της ΜΜΔ στα σχολεία είναι το γεγονός ότι οι εκπαιδευτικοί δεν αισθάνονται αυτοπεποίθηση για την ενσωμάτωσή της στη διδασκαλία τους. Οι συνεντεύξεις με εκπαιδευτικούς, μάς λένε ότι η ΜΜΔ κυριαρχείται κάπως από εργασίες διερώτησης με μηδενικό βαθμό ανοικτότητας (συνεντεύξεις που έγιναν για την προετοιμασία αυτού του βιβλίου). Οι Abrams et al. (2007) απέδωσαν το πρόβλημα της χαμηλής αυτοπεποίθησης των εκπαιδευτικών να χρησιμοποιούν τη ΜΜΔ στην καθημερινή τους διδακτική πρακτική, στη σύγχυση του τι συνιστά διερώτηση. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί ορισμοί της διερώτησης. Για παράδειγμα, η «επιστημονική διερώτηση» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις διαδικασίες που ακολουθούν οι επιστήμονες για την ανακάλυψη και επικύρωση νέας γνώσης ή ο όρος «διερώτηση» μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη ΜΜΔ, δηλαδή πώς οι μαθητές/τριες συμμετέχουν στην ενεργό μάθηση για να κατασκευάσουν τη γνώση τους. Επιπλέον, η «διδασκαλία με διερώτηση» συνήθως αναφέρεται ως ένας γενικός όρος χωρίς διακριτό ορισμό (Anderson, 2002; Minner et al., 2010). Λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα του ορισμού της διερώτησης, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να κατανοήσουν πώς λειτουργεί η επιστημονική διερώτηση και πώς πρέπει να προσαρμοστεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς (NRC, 2000). Σε αυτό το βιβλίο, προκειμένου να διασφαλίσουμε ότι η ΜΜΔ ορίζεται λειτουργικά με ένα συγκεκριμένο κοινό νόημα μεταξύ όλων των εκπαιδευτικών, θα χρησιμοποιήσουμε το παιδαγωγικό πλαίσιο του κύκλου ΜΜΔ (Εικόνα 3.3) των Pedaste et al. (2015).

Ένας σημαντικός αριθμός διαφορετικών κύκλων ΜΜΔ έχει εμφανιστεί στη σχετική βιβλιογραφία, ωστόσο, όλες οι εκδοχές είχαν μεγάλη ομοιότητα όσον αφορά τις φάσεις (που αναφέρονται επίσης και ως διαδικασίες ή βήματα) που περιλαμβάνονται στον κύκλο. Οι διαφορές οφείλονταν κυρίως στη χρήση διαφορετικών ονομάτων για την ίδια διαδικασία ή στον διαχωρισμό μιας διαδικασίας σε μικρότερα μέρη. Το παιδαγωγικό πλαίσιο του κύκλου ΜΜΔ των Pedaste et al. (2015) δημιουργήθηκε σύμφωνα με τις υπάρχουσες εκδοχές των κύκλων ΜΜΔ, με τον εντοπισμό και τη σύνθεση των βασικών χαρακτηριστικών τους. Αυτό το πλαίσιο δημιουργήθηκε με σκοπό να υποστηρίξει τον σχεδιασμό και την εφαρμογή της διδασκαλίας ΜΜΔ με τη χρήση διαδικτυακών εργαστηρίων. Πράγματι, μετά τη δημοσίευσή του το 2015, έχουν διεξαχθεί πολλές εμπειρικές μελέτες που αφορούν τη χρήση διαδικτυακών πειραματικών δραστηριοτήτων (βλ. σχετικά Efstathiou et al., 2018; Hovardas

et al., 2017; van Riesen et al., 2018; Xenofontos, et al., 2019). Σε όλες αυτές τις μελέτες οι παρεμβάσεις ενσωμάτωσαν ένα σενάριο μάθησης σχεδιασμένο με βάση τις φάσεις του κύκλου ΜΜΔ. Εκτός από την ανάπτυξη δραστηριοτήτων διερώτησης με διαδικτυακά εργαστήρια, πολλοί εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν το πλαίσιο του κύκλου ΜΜΔ για να σχεδιάσουν εκπαιδευτικό υλικό που ενσωματώνει τον πειραματισμό σε ένα φυσικό εργαστήριο. Για παράδειγμα, η πρόσφατη εκπαιδευτική μεταρρύθμιση στην Κύπρο συμπεριέλαβε τον κύκλο ΜΜΔ ως το βασικό παιδαγωγικό πλαίσιο για τη διδασκαλία και τη μάθηση των φυσικών επιστημών, τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Υπουργείο Παιδείας Κύπρου, 2016· 2017γ).



Εικόνα. 3.3: Παιδαγωγικό πλαίσιο κύκλου ΜΜΔ (Pedaste et al., 2015, p.56)

Σύμφωνα με το πλαίσιο του κύκλου ΜΜΔ, η διαδικασία μάθησης με διερώτηση αποτελείται από πέντε φάσεις.

Η πρώτη φάση είναι ο *Προσανατολισμός*, κατά την οποία οι μαθητές/τριες εισάγονται στο υπό διερεύνηση πρόβλημα. Το επίκεντρο αυτής της φάσης είναι να διεγείρει το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών/τριών, και η εξοικειώσή τους με τις κύριες μεταβλητές του πεδίου, με το πρόβλημα και με τα θέματα που εμπλέκονται.

Η δεύτερη φάση είναι η *Εννοιολόγηση*, κατά την οποία οι μαθητές/τριες εξοικειώνονται με τις έννοιες που σχετίζονται με το υπό διερεύνηση πρόβλημα και ακολουθείται από δύο εναλλακτικές επιμέρους φάσεις, την επιμέρους φάση *Διατύπωση Ερωτήσεων* ή την επιμέρους φάση *Διατύπωση Υποθέσεων*.

Και οι δύο επιμέρους φάσεις χαρακτηρίζονται από παρόμοια στοιχεία, επομένως έχουν συγχωνευθεί στη φάση της *Εννοιολόγησης*. Συγκεκριμένα, και οι δύο βασίζονται σε θεωρητική αιτιολόγηση και περιλαμβάνουν τον ορισμό ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών. Ωστόσο, μόνο η επιμέρους φάση *Διατύπωση Υποθέσεων* απαιτεί την περιγραφή μιας συγκεκριμένης σχέσης μεταξύ των μεταβλητών που εξετάζονται, ενώ η επιμέρους φάση *Διατύπωση Ερωτήσεων* είναι πιο ανοιχτή και επιδιώκει την εξέταση των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Η επιλογή της μίας επιμέρους φάσης έναντι της άλλης εξαρτάται από τη φύση της δραστηριότητας ΜΜΔ και καθορίζει τη μαθησιακή πορεία που θα ακολουθήσουν οι μαθητές/τριες στην επόμενη φάση. Στη φάση της *Εννοιολόγησης*, τρία διαφορετικά σενάρια είναι πιθανά:

(Α) *Διατύπωση Ερωτήσεων* και συνέχεια στην επιμέρους φάση *Εξερεύνηση* της φάσης *Διερεύνηση*.

(Β) *Διατύπωση Υποθέσεων* και συνέχεια στην επιμέρους φάση *Πειραματισμός* της φάσης *Διερεύνηση*.

(Γ) *Διατύπωση Ερωτήσεων* και συνέχεια στη επιμέρους φάση *Διατύπωση Υποθέσεων*.

Η τρίτη φάση, η φάση της *Διερεύνησης*, περιλαμβάνει τρεις επιμέρους φάσεις: *Εξερεύνηση*, *Πειραματισμός* και *Ερμηνεία Δεδομένων*. Ο/Η εκπαιδευόμενος/η μπορεί να πηγαίνει εμπρός και πίσω ανάλογα με την τρέχουσα κατάσταση της φάσης της διερώτησης. Το βέλος που επιστρέφει από την *Ερμηνεία Δεδομένων* έχει προστεθεί για να υποδηλώσει τη δυναμική φύση του κύκλου και για να τονίσει το γεγονός ότι δεν είναι μια γραμμική διαδικασία η οποία είναι οργανωμένη με ιεραρχική σειρά. Οι μαθητές/τριες προχωρούν στην επιμέρους φάση *Εξερεύνηση* εάν προηγουμένως διατύπωσαν μια ερώτηση ή στην επιμέρους φάση *Πειραματισμός* εάν προηγουμένως διατύπωσαν μια υπόθεση. Και οι δύο επιμέρους φάσεις (*Εξερεύνηση* και *Πειραματισμός*) περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό και εκτέλεση πειραματικών διαδικασιών, ενώ στην τρίτη επιμέρους φάση, την *Ερμηνεία Δεδομένων*, ερμηνεύουν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και κατανοούν τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Το επίκεντρο της επιμέρους φάσης *Εξερεύνηση* είναι η διερεύνηση περισσότερων του ενός ζευγών μεταβλητών ή πιθανών σχέσεων που εντοπίστηκαν στην επιμέρους φάση *Διατύπωση Ερωτήσεων*, ενώ το επίκεντρο της επιμέρους φάσης του *Πειραματισμού* είναι η διερεύνηση συγκεκριμένου ζεύγους μεταβλητών/πιθανών σχέσεων που καθορίστηκαν στην επιμέρους φάση *Διατύπωση Υποθέσεων*.

Στην τέταρτη φάση, τη φάση *Συμπεράσμα*, οι μαθητές/τριες εξάγουν τα συμπεράσματά τους από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και καθορίζουν εάν τα ερευνητικά ερωτήματα ή οι υποθέσεις που διατυπώθηκαν στη φάση της *Εννοιολόγησης* απαντώνται ή υποστηρίζονται από τα ευρήματα της διερεύνησής τους. Συγκεκριμένα, όταν ακολουθείται η πορεία της *Διατύπωσης Ερωτήσεων*, η φάση του *Συμπεράσματος* οδηγεί στον εντοπισμό μιας σχέσης μεταξύ των μεταβλητών, ενώ όταν ακολουθείται η πορεία της *Διατύπωσης Υποθέσεων*, η έμβαση έχει να κάνει με επιβεβαίωση ή την απόρριψη της υπόθεσης (επιβεβαίωση ή απόρριψη της υποθετικής σχέσης μεταξύ μεταβλητών).

Η πέμπτη φάση του κύκλου ΜΜΔ, η φάση *Συζήτηση*, περιλαμβάνει τη διαδικασία επικοινωνίας των ευρημάτων ή/και τον έλεγχο των μαθησιακών διαδικασιών με δραστηριότητες αναστοχασμού. Ως εκ τούτου, αποτελείται από δύο επιμέρους φάσεις, την *Επικοινωνία* και τον *Αναστοχασμό*, που μπορούν να συμβούν καθ' όλη τη διαδικασία της ΜΜΔ. Στην επιμέρους φάση *Επικοινωνία*, οι μαθητές/μτριες παρουσιάζουν τα ευρήματα μιας φάσης της διερώτησης ή ολόκληρου του κύκλου σε άλλους και τα συζητούν (συζήτηση με άλλους). Στην επιμέρους φάση *Αναστοχασμός* οι μαθητές/τριες περιγράφουν, ασκούν κριτική και αξιολογούν τις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν ή/και τα ευρήματα μιας συγκεκριμένης φάσης ή ολόκληρου του κύκλου (εσωτερική συζήτηση).

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να σημειωθεί ότι το πλαίσιο του κύκλου ΜΜΔ επιτρέπει τρεις κύριες πορείες μάθησης (βλ. Εικ. 3.3). Εάν αφήσουμε τη φάση της *Συζήτησης* εκτός πορείας, καθώς μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία που εκτελείται παράλληλα με κάθε φάση διερώτησης ή μια διαδικασία που ακολουθείται στο τέλος ενός κύκλου ΜΜΔ, τότε οι τρεις κύριες πορείες είναι οι εξής:

1. Προσανατολισμός – Διατύπωση Ερωτήσεων – Εξερεύνηση – Ερμηνεία Δεδομένων – Συμπέρασμα
2. Προσανατολισμός – Διατύπωση Υποθέσεων – Πειραματισμός – Ερμηνεία Δεδομένων – Συμπέρασμα
3. Προσανατολισμός – Διατύπωση Ερωτήσεων – Διατύπωση Υποθέσεων – Πειραματισμός – Ερμηνεία Δεδομένων – Συμπέρασμα

Σε κάθε μία από τις τρεις μαθησιακές πορείες, είναι δυνατό από τη φάση της *Διερεύνησης* να προχωρήσουμε στη φάση του *Συμπεράσματος* ή να επιστρέψουμε στη φάση της *Εννοιολόγησης*. Αυτή η μετάβαση εξαρτάται από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας. Συγκεκριμένα, εάν οι μαθητές/τριες έχουν αρκετά στοιχεία για να απαντήσουν στις ερωτήσεις που διατυπώθηκαν στην προηγούμενη φάση ή να επιβεβαιώσουν/απορρίψουν τις υποθέσεις που διατυπώθηκαν, τότε προχωρούν στη φάση του *Συμπεράσματος*. Αντιθέτως, εάν η συλλογή δεδομένων δεν ήταν επιτυχής ή εάν τα δεδομένα δεν ήταν αρκετά, τότε επιστρέφουν στη φάση της *Εννοιολόγησης* για να επανεξετάσουν τις ερωτήσεις ή/και τις υποθέσεις τους και να επαναλάβουν τις πειραματικές διαδικασίες στη φάση της *Διερεύνησης*. Η επιστροφή στη φάση της *Εννοιολόγησης* μπορεί επίσης να συμβεί όταν οι μαθητές/τριες καταλήγουν σε νέες ιδέες ή/και πιθανές σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών που σχετίζονται με το υπό διερεύνηση φαινόμενο. Οι μαθησιακές πορείες και οι αναδρομικές πορείες που περιγράφονται παραπάνω αντιπροσωπεύουν μόνο τυπικές πιθανές διαδρομές. Ωστόσο, η πραγματική πορεία που θα ακολουθήσουν οι μαθητές/τριες εξαρτάται από το σενάριο εργασίας και το πλαίσιο που χρησιμοποιείται.

Συνοπτικά, το παιδαγωγικό πλαίσιο του κύκλου ΜΜΔ επικεντρώνεται στην εκτέλεση θεμελιωδών εργασιών διερώτησης και συγκεκριμένα στον εντοπισμό μεταβλητών, στη διατύπωση υποθέσεων, στον σχεδιασμό και διεξαγωγή πειραμάτων, στην εξαγωγή συμπερασμάτων βασισμένων σε στοιχεία, στην επικοινωνία και στον αναστοχασμό. Η οργάνωση των προαναφερθέντων εργασιών σε πέντε φάσεις διευκολύνει μια συνεχή ροή της ΜΜΔ για τους/τις μαθητές/τριες. Αυτή η οργάνωση επιτρέπει τον εμπλουτισμό της μαθησιακής εμπειρίας και βοηθά τους/τις μαθητές/τριες να επιτύχουν τα βέλτιστα μαθησιακά αποτελέσματα, ανεξάρτητα από τις τρέχουσες ικανότητές τους, καθώς επιτρέπει πολλές επιλογές για παροχή υποστήριξης. Επιπλέον, αυτή η οργάνωση βοηθά τους/τις εκπαιδευτικούς να διαγνώσουν τις δυσκολίες των μαθητών/τριών τους σε σχέση με συγκεκριμένες εργασίες, να κάνουν τις εργασίες διερώτησης πιο οικείες αναλόγως του μαθησιακού στυλ των μαθητών/τριών, να διαφοροποιήσουν και να εξατομικεύσουν τις εργασίες με βάση τις ανάγκες και τις ικανότητες των μαθητών/τριών. Τόσο η διάγνωση των ικανοτήτων των μαθητών/τριών, όσο και η διαφοροποίηση των εργασιών διερώτησης, θα συζητηθούν σε επόμενα κεφάλαια του βιβλίου.

3.4 Πεδία γνώσης που μπορούν να διευκολυνθούν μέσω της προσέγγισης της ΜΜΔ

Η περιγραφή του κύκλου ΜΜΔ που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα αποκαλύπτει ότι η εμπλοκή των μαθητών/τριών στις διάφορες φάσεις της ΜΜΔ μπορεί να χρησιμεύσει ως μέσο, εξάσκησης, εφαρμογής ή ανάπτυξης διαφορετικών τύπων γνώσης. Οι Van Uum et al. (2016) επισημαίνουν, με αναφορά στους Duschl (2008) και Furtak et al. (2012), ότι η επιστημονική γνώση μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα πεδία.

Εννοιολογικό πεδίο: Το εννοιολογικό (δηλωτικό) πεδίο περιλαμβάνει τη γνώση φυσικών συστημάτων και φαινομένων (γνώση περιεχομένου, βλ. Reiss, 2019): γεγονότα, εννοιολογικές δομές, θεωρίες και αρχές. Για παράδειγμα: οι παράγοντες που απαιτούνται για τη βλάστηση, η ανατομία και η φυσιολογία μιας ανθρώπινης καρδιάς, τα απαραίτητα στοιχεία ενός ηλεκτρικού κυκλώματος.

Όλες οι δραστηριότητες στην επιστήμη πλαισιώνονται με εννοιολογική γνώση, την προϋπάρχουσα γνώση που απαιτείται για τη διατύπωση ερωτήσεων και υποθέσεων και τα αποτελέσματα της διερώτησης.

Επιστημολογικό πεδίο: Το επιστημολογικό πεδίο είναι η γνώση για τη φύση της επιστήμης. Ο όρος «φύση της επιστήμης» αναφέρεται στις μεθόδους της επιστήμης, την επιστημολογία της επιστήμης και τη σχέση κοινωνίας, πολιτισμού και επιστήμης. Για παράδειγμα: γνώση του τι είναι ένα πείραμα, κατανόηση της

ανάγκης επανάληψης των μετρήσεων, κατανόηση ότι η επιστημονική γνώση μπορεί να αλλάξει, κατανόηση ότι η επιστήμη μπορεί να βελτιώσει τη ζωή μας κ.λπ.

Το επιστημολογικό πεδίο περιλαμβάνει τη γνώση των μαθητών/τριών για το πώς δημιουργείται η επιστημονική γνώση (αυτό αποτελεί επίσης μέρος του εννοιολογικού πεδίου).

Κοινωνικό πεδίο: Το κοινωνικό πεδίο περιλαμβάνει δεξιότητες κριτικής σκέψης και ανασκόπησης (της δικής τους εργασίας και της εργασίας των άλλων), καθώς και ικανότητες ανταλλαγής ευρημάτων και ομαδικής εργασίας. Πτυχές της κριτικής σκέψης είναι η αξιολόγηση και η εξέταση των αποτελεσμάτων. Συνοπτικά: ικανότητες συνεργασίας (από κοινού λήψη αποφάσεων), επιχειρηματολογία και επικοινωνία. Για παράδειγμα, όταν οι μαθητές/τριες ολοκληρώνουν μια έρευνα διερώτησης, επικοινωνούν τα αποτελέσματά τους σε διάφορες μορφές, όπως γραπτές αναφορές και προφορικές παρουσιάσεις, για να αυξήσουν την ευαισθητοποίηση και να αναστοχαστούν σχετικά με το τι μπορεί να διερευνηθεί περαιτέρω από τους άλλους ή τους ίδιους.

Διαδικαστικό πεδίο: Το διαδικαστικό πεδίο (διαδικαστική και μεθοδολογική γνώση) περιλαμβάνει δεξιότητες για φάσεις και επιμέρους φάσεις της διερώτησης. Για παράδειγμα: δεξιότητες διατύπωσης ερευνητικού ερωτήματος, διατύπωσης υπόθεσης, σχεδιασμού και εκτέλεσης έρευνας, συλλογής δεδομένων, ανάλυσης δεδομένων για εξαγωγή συμπερασμάτων. Εφαρμόζοντας αυτές τις δεξιότητες κατά τη διάρκεια της ΜΜΔ, οι μαθητές/τριες δεν γίνονται μόνο ικανοί/ές, αλλά μαθαίνουν επίσης ότι αυτά τα βήματα είναι οι θεμελιώδεις διαδικασίες που καθορίζουν την επιστημονική διερώτηση. Η διάκριση μεταξύ του επιστημολογικού και του διαδικαστικού πεδίου είναι σημαντική, καθώς η μάθηση μέσω μελέτης και η διδασκαλία συχνά περιγράφονται ως μια πρακτική δραστηριότητα, κατά την οποία οι μαθητές/τριες χειρίζονται υλικά και συλλέγουν οι ίδιοι δεδομένα, αλλά δεν συμμετέχουν στη διαδικασία αξιολόγησης των δεδομένων (Furtak et al., 2012). Σε αντίθεση με το επιστημολογικό πεδίο, δεν είναι απαραίτητο σε σχέση με το διαδικαστικό πεδίο να κατανοηθούν οι επιστημολογικές αιτιολογήσεις για τις μεθόδους επιστημονικής έρευνας. Η μελέτη PISA ορίζει τη διαφορά μεταξύ του επιστημολογικού και του διαδικαστικού πεδίου ως εξής: το διαδικαστικό είναι "να μπορείς να εφαρμόσεις μια δοκιμή ελέγχου" και το επιστημολογικό είναι

"να μπορείς να αιτιολογήσεις γιατί μια δοκιμή ελέγχου είναι σημαντική" (βλ. Reiss, 2019).

Τα τέσσερα πεδία θα συσχετιστούν με την έννοια της διαφοροποίησης σε επόμενα κεφάλαια αυτού του βιβλίου.

3.5 Βαθμοί ανοικτότητας στη μάθηση με διερώτηση

Στη ΜΜΔ οι μαθητές/τριες θα πρέπει να συμμετέχουν ενεργά στον σχεδιασμό και την υλοποίηση της έρευνας (επιχείρημα που βασίζεται στα βασικά της θεωρίας μάθησης του Dewey, Bruner και της κονστρουκτιβιστικής θεωρίας μάθησης). Μια διαδικασία με έτοιμες οδηγίες διερώτησης, με μηδενικό βαθμό ανοικτότητας, είναι αντίθετη με τις αρχές της ΜΜΔ. Παρόλα αυτά, οι οδηγίες διερώτησης με μηδενικό βαθμό ανοικτότητας είναι απαραίτητες για την εισαγωγή μεθόδων διερώτησης, αλλά στη συνέχεια πρέπει να ακολουθήσει ένα σταδιακό άνοιγμα (Baur et al., 2017). Ωστόσο, μια διαδικασία διερώτησης με μέγιστο βαθμό ανοικτότητας τείνει να καταβάλλει τους/τις μαθητές/τριες (Kirschner et al., 2006). Αυτό επισημάνθηκε επίσης από τους/τις εκπαιδευτικούς που έδωσαν συνέντευξη στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου *Differentiating*. Οι ερωτηθέντες εκπαιδευτικοί τόνισαν ότι οι μαθητές/τριες αντιμετωπίζουν ορισμένες κοινές και ποικίλες δυσκολίες όταν γίνεται διερώτηση με μέγιστο βαθμό ανοικτότητας. Αυτές περιλαμβάνουν δυσκολίες στη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων, στη διατύπωση υποθέσεων, στον σχεδιασμό πειραμάτων και στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στις συνεντεύξεις τέθηκε η ακόλουθη ερώτηση: «Εάν πραγματοποιηθούν πειράματα με μέγιστο βαθμό ανοικτότητας: Ποιες δυσκολίες παρουσιάζουν οι μαθητές/τριες κατά τη διάρκεια του μαθήματος, όταν σχεδιάζουν και πραγματοποιούν μόνοι τους πειράματα;»

Παραδείγματα απαντήσεων:

Εκπαιδευτικός Α: "... λοιπόν, όταν διατυπώνουν ένα ερευνητικό ερώτημα, στην πραγματικότητα πιστεύω ότι πολλοί/ες μαθητές/τριες αγγίζουν τα όριά τους γλωσσικά. Ότι απλώς δυσκολεύονται να διατυπώσουν μια ερώτηση με αυτόν τον τρόπο, η οποία στη συνέχεια είναι επίσης επαληθεύσιμη».

Εκπαιδευτικός Β: "Οι μαθητές/τριες δεν μπορούσαν να διατυπώσουν υποθέσεις. Πρέπει να ορίζονται κατευθυντήριες γραμμές για τους/τις μαθητές/τριες ή πρέπει να κάνω καλές ερωτήσεις ώστε να μπορούν να τις διατυπώσουν μόνοι/ες τους».

Εκπαιδευτικός Γ: "... γιατί απλώς οι μαθητές/τριες δυσκολεύονται να δουλέψουν ελεύθερα με εξειδικευμένο υλικό»

Εκπαιδευτικός Δ: "... το ένα είναι ότι οι παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα είναι ανάμεικτα..."

(συνεντεύξεις για την προετοιμασία αυτού του βιβλίου, μεταφρασμένες)

Για την προστασία των μαθητών/τριών από υπερφόρτωση και για προώθηση της ανεξαρτησίας («ανοικτότητας») των μαθητών/τριών στη ΜΜΔ, υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι προσεγγίσεων: γραμμικές και μη γραμμικές προσεγγίσεις. Οι γραμμικές προσεγγίσεις περιλαμβάνουν διαδοχικά βήματα (επίπεδα) ανοικτότητας και ένας/μία μαθητής/τρια πρέπει να τα ακολουθήσει βήμα προς βήμα για να γίνει ανεξάρτητος/η. Υπάρχουν γραμμικές προσεγγίσεις (πλαίσια) με τρία βήματα – επίπεδο 1: ανοικτότητα λύσης, επίπεδο 2: ανοικτότητα μεθόδων και λύσης, επίπεδο 3: ανοικτότητα ερωτήματος, μεθόδων και λύσης (βλ. Schwab, 1960, 1966). Άλλες γραμμικές προσεγγίσεις αποτελούνται από τέσσερα βήματα – επίπεδο 1: καθόλου ανοικτότητα, επίπεδο 2: ανοικτότητα λύσης, επίπεδο 3: ανοικτότητα μεθόδων και λύσης, επίπεδο 4: ανοικτότητα ερωτήματος, μεθόδων και λύσης (βλ. Bell et al., 2005; Herron, 1971). Κατά τις μη γραμμικές προσεγγίσεις (βλ. Baur et al., 2020; Baur & Emden, 2020; Mayer & Ziemek, 2006) είναι δυνατόν να ληφθεί υπόψη το ίδιο το περιεχόμενο της διερώτησης (πολυπλοκότητα, πτυχές ασφάλειας), οι ικανότητες των μαθητών/τριών (ίσως οι μαθητές/τριες χρειαστεί να εκπαιδευτούν σε νέες μεθόδους διερώτησης για τη διερεύνηση) και η εξοικείωση του/της εκπαιδευτικού με το φαινόμενο κατά τον σχεδιασμό της διαδικασίας ΜΜΔ. Σε μη γραμμικές προσεγγίσεις, είναι δυνατόν όλες οι «δυνητικά εφικτές» φάσεις της διαδικασίας διερώτησης (κύκλος ΜΜΔ) να έχουν μέγιστο βαθμό ανοικτότητας και όλες οι «δυνητικά μη εφικτές» φάσεις να έχουν μηδενικό βαθμό ανοικτότητας. Οι όροι «δυνητικά εφικτές» και «δυνητικά μη εφικτές» αναφέρονται στο εάν οι εκπαιδευόμενοι/ες έχουν τις απαραίτητες ικανότητες για να ολοκληρώσουν αυτόνομα την αντίστοιχη φάση. Ο βαθμός ανοικτότητας μιας φάσης μπορεί να επιλεγεί ανεξάρτητα από τους βαθμούς ανοικτότητας των άλλων φάσεων. Παρά τη δυνατότητα ανοικτότητας και μηδενικού βαθμού ανοικτότητας φάσεων, οι μη γραμμικές προσεγγίσεις στοχεύουν επίσης στην ενίσχυση της αυτονομίας των μαθητών.

Προκειμένου να κατανοήσουμε την έννοια της διαφοροποίησης (Εργαλείο Διαφοροποίησης) που βρίσκεται στο επίκεντρο αυτού του βιβλίου, έχουμε προσαρμόσει τη μη γραμμική προσέγγιση των Baur et al. (2020) στο πλαίσιο του κύκλου ΜΜΔ των Pedaste et al. (2015). Η προσέγγιση περιλαμβάνει διαφορετικούς βαθμούς ανοικτότητας – *μηδενικός, χαμηλός, μέτριος, μέγιστος* – για κάθε επιμέρους φάση της διερώτησης (προσαρμοσμένος τύπος προσέγγισης βλ. Εικ. 3.4 και Εικ. 3.5). Στο παράδειγμα 3.2 (σελ. 46) υπάρχει ένα παράδειγμα που επεξηγεί τους διαφορετικούς βαθμούς ανοικτότητας. Για την προσαρμογή της μη γραμμικής προσέγγισης των Baur et al., οι φάσεις *Προσανατολισμός* και *Συζήτηση* έπρεπε να προστεθούν στον πίνακα. Για να λάβουμε υπόψη την ιδιαιτερότητα της φάσης *Συζήτησης*, χωρίσαμε τον πίνακα σε δύο. Η φάση *Συζήτηση* περιλαμβάνει συνδέσεις με όλες τις άλλες φάσεις (βλ. Εικ. 3.5).

		0 Μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 Χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 Μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 Μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
Εννοιολόγηση	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
	Ερμηνεία δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα

Εικ.. 3.4: Βαθμοί ανοικτότητας – φάσεις διερεύνησης (προσαρμοσμένο από Baur & Emden, 2020, σελ. 6)

		0 Μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 Χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 Μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 Μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Συζήτηση	Επικοινωνία	---	Οι μαθητές/τριες επικοινωνούν για δοσμένα θέματα	Οι μαθητές/τριες επικοινωνούν και ο/η εκπαιδευτικός συντονίζει τη συζήτηση	Οι μαθητές/τριες επικοινωνούν χωρίς βοήθεια ή συντονισμό
	Αναστοχασμός	Ο/Η εκπαιδευτικός αναστοχάζεται για την εργασία των μαθητών/τριών	Οι μαθητές/τριες αναστοχάζονται στη βάση δοσμένων ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες αναστοχάζονται υπό τον συντονισμό του/της εκπαιδευτικού (παροχή βοήθειας όταν χρειάζεται)	Οι μαθητές αναστοχάζονται χωρίς βοήθεια ή συντονισμό

Εικ. 3.5: Βαθμοί ανοικτότητας – φάση συζήτησης

Παράδειγμα 3.2

Πείραμα βλάστησης με διαφορετικούς βαθμούς ανοικτότητας

Το παράδειγμα μαθήματος για τη βλάστηση στην εισαγωγή αυτού του κεφαλαίου (Παράδειγμα 3.1, παράδειγμα Β, σελ. 24) χρησιμοποιείται για την απεικόνιση του προαναφερθέντος τύπου μη γραμμικής προσέγγισης. Δεδομένου ότι ένα πείραμα χρησιμοποιείται ως μέθοδος διερώτησης στο παράδειγμα, μια υπόθεση είναι απαραίτητη (βλ. Κεφάλαιο 4), επομένως η πορεία Γ (Διατύπωση ερωτήσεων και έπειτα Διατύπωση Υποθέσεων) περιγράφεται για την εννοιολόγηση. Η πορεία Β (Διατύπωση Υποθέσεων και στη συνέχεια Πειραματισμός) θα ήταν επίσης εφικτή.

Προσανατολισμός:

μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	μέτριος βαθμός ανοικτότητας	μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Οι εκπαιδευόμενοι/ες εμπλέκονται σε ένα πρόβλημα (φαινόμενο) που τους δόθηκε	Οι εκπαιδευόμενοι/ες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) λίστα επιλογών	Οι εκπαιδευόμενοι/ες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή με άλλα μέσα)	Οι εκπαιδευόμενοι/ες συνεισφέρουν με προβλήματα (φαινόμενα) στο μάθημα

Ο/Η εκπαιδευτικός δείχνει στους/στις μαθητές/τριες βλαστημένους σπόρους κάρδαμου που βρίσκονται στο χέρι του και προτρέπει τους/τις μαθητές/τριες να σκεφτούν τι χρειάζονται οι σπόροι για τη βλάστηση. Αυτό είναι μέρος της φάσης του Προσανατολισμού και θεωρείται δράση με μηδενικό βαθμό ανοικτότητας, αφού ο/η εκπαιδευτικός θέτει ο/η ίδιος/α το θέμα της διερεύνησης. Θα ήταν δράση με μέγιστο βαθμό ανοικτότητας εάν, για παράδειγμα, ένας/μία μαθητής/τρια ερχόταν στην τάξη και έλεγε ότι είναι μπερδεμένος/η, λόγω του ότι η μητέρα του/της καλλιεργούσε βλαστούς στην κουζίνα σε ένα ποτήρι χωρίς χώμα. Θα ήταν δράση με χαμηλό βαθμό ανοικτότητας, εάν ο/η εκπαιδευτικός παρουσίαζε στους/στις μαθητές/τριες μια ταινία, στην οποία ένας κηπουρός βάζει σπόρους στο έδαφος, ποτίζει τους σπόρους και μετά από λίγες μέρες φαίνονται μικρά φυτά. Οι εικόνες για το μοντέλο της μη γραμμικής προσέγγισης (Εικ. 3.4 και 3.5) παρουσιάζουν ενδεικτικά τι μπορεί να γίνει. Σε αυτό το παράδειγμα με τη βλάστηση, η επιλογή μέσα από διάφορα φαινόμενα δεν είναι κατάλληλη. Επομένως, χρησιμοποιείται μια διαφορετική προσέγγιση σε αυτό το βαθμός ανοικτότητας (άλλες προσεγγίσεις επεξηγούνται στο Κεφάλαιο 6, Πίνακας 6.1). Θα ήταν δράση με μέτριο βαθμό ανοικτότητας, εάν ο/η εκπαιδευτικός παρουσίαζε δύο εικόνες, η μία εικόνα θα έδειχνε σπόρους και η άλλη ένα φυτό.

Διατύπωση Ερωτήσεων:

μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	μέτριος βαθμός ανοικτότητας	μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Οι εκπαιδευόμενοι/ες ασχολούνται με μια ερώτηση που τους δόθηκε	Οι εκπαιδευόμενοι/ες επιλέγουν από μια λίστα ερωτήσεων	Οι εκπαιδευόμενοι/ες διατυπώνουν μια ερώτηση με υποστήριξη (λεκτική ή με άλλα μέσα)	Οι εκπαιδευόμενοι/ες διατυπώνουν τη δική τους ερώτηση

Μετά τον Προσανατολισμό, οι μαθητές/τριες στο παράδειγμά μας διατυπώνουν ερωτήσεις με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού και έτσι ξεκινά η επιμέρους φάση *Διατύπωση Ερωτήσεων*. Θα ήταν δράση με *μηδενικό βαθμό ανοικτότητας* εάν ο/η εκπαιδευτικός διατύπωνε ο/η ίδιος/α την ερώτηση (π.χ. «Μπορεί ένας σπόρος να βλαστήσει χωρίς χώμα;» ή «Τι χρειάζεται ο σπόρος για τη βλάστηση;»). Θα ήταν δράση με *χαμηλό βαθμό ανοικτότητας* εάν οι μαθητές/τριες είχαν την ευκαιρία να επιλέξουν μια ερώτηση από ένα σύνολο προκαθορισμένων (π.χ. «Μπορεί ένας σπόρος να φυτρώσει χωρίς χώμα;», «Μπορεί ένας σπόρος να φυτρώσει στο φως;», κ.ά.). Εάν οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ερωτήσεις χωρίς βοήθεια, θα ήταν δράση με *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας*.

Διατύπωση Υποθέσεων:

μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	μέτριος βαθμός ανοικτότητας	μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Οι εκπαιδευόμενοι/ες ασχολούνται με μια υπόθεση που τους δόθηκε	Οι εκπαιδευόμενοι/ες επιλέγουν από μια λίστα υποθέσεων	Οι εκπαιδευόμενοι/ες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή με άλλα μέσα)	Οι εκπαιδευόμενοι/ες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση

Αφού διατυπώσουν ή επιλέξουν την ερώτηση, οι μαθητές/τριες διατυπώνουν υποθέσεις. Η επιμέρους φάση *Διατύπωση Υποθέσεων* μπορεί να είναι δράση με *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας*, εάν οι μαθητές/τριες διατυπώσουν υποθέσεις χωρίς βοήθεια. Μπορεί να είναι δράση με *μέτριο βαθμό ανοικτότητας*, εάν ο/η εκπαιδευτικός βοηθήσει τους/τις μαθητές/τριες να γράψουν τις ιδέες τους υπό τη μορφή μιας υπόθεσης. Μπορεί να είναι δράση με *χαμηλό βαθμό ανοικτότητας*, εάν οι μαθητές/τριες επιλέξουν μια υπόθεση από μια λίστα προκαθορισμένων υποθέσεων. Μπορεί να είναι δράση με *μηδενικό βαθμό ανοικτότητας*, εάν ο/η εκπαιδευτικός δώσει την υπό διερεύνηση υπόθεση.

Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης:

μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	μέτριος βαθμός ανοικτότητας	μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Οι εκπαιδευόμενοι/ες εργάζονται με έτοιμες οδηγίες («βιβλίο συνταγών»)	Οι εκπαιδευόμενοι/ες επιλέγουν από μια λίστα οδηγιών	Οι εκπαιδευόμενοι/ες σχεδιάζουν μια έρευνα με υποστήριξη (λεκτική ή με άλλα μέσα)	Οι εκπαιδευόμενοι/ες αναπτύσσουν δικό τους σχεδιασμό

Με παρόμοιο τρόπο, η επιμέρους φάση *Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης* στο παράδειγμά μας μπορεί να οργανωθεί με όλους τους βαθμούς ανοικτότητας. Μπορεί να οργανωθεί με *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας* εάν οι μαθητές/τριες σχεδιάσουν τη διερεύνησή τους χωρίς καμία βοήθεια. Μπορεί να οργανωθεί με *μέτριο βαθμό ανοικτότητας*, εάν ο/η εκπαιδευτικός προσφέρει ένα σύνολο υλικών, από τα οποία μερικά θα είναι χρήσιμα για τη διερεύνηση και άλλα όχι (παράδειγμα ενός συνόλου υλικών: σπόροι, χώμα, άμμος, κουτιά, λάμπες, βαμβάκι, ποτήρια, νερό, τρυβλία Petri, ψυγείο). Μπορεί να οργανωθεί με *χαμηλό βαθμό ανοικτότητας*, εάν ο/η εκπαιδευτικός προσφέρει ένα σύνολο υλικών, τα οποία θα είναι όλα απαραίτητα, αλλά η χρήση των υλικών για τον σχεδιασμό του πειράματος γίνεται από τους/τις μαθητές/τριες (παράδειγμα ενός συνόλου υλικών για την υπόθεση «Το έδαφος χρειάζεται για τη βλάστηση»: σπόροι, χώμα, βαμβάκι, νερό, τρυβλία Petri). Μπορεί επίσης να οργανωθεί με *μηδενικό βαθμό ανοικτότητας*, εάν ο/η εκπαιδευτικός δώσει στους/στις μαθητές/τριες οδηγίες για το πώς να διεξάγουν τη διερεύνηση.

Ερμηνεία Δεδομένων:

μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	μέτριος βαθμός ανοικτότητας	μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Οι εκπαιδευόμενοι/ες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, ένα μοτίβο, ένα παράδειγμα	Οι εκπαιδευόμενοι/ες επιλέγουν από μια λίστα αναπαραστάσεων δεδομένων (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα, διάγραμμα διασποράς)	Οι εκπαιδευόμενοι/ες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή με άλλα μέσα)	Οι εκπαιδευόμενοι/ες επιλέγουν τη δική τους ανάλυση δεδομένων

Αφού σχεδιάσουν το πείραμα, οι μαθητές/τριες συλλέγουν δεδομένα και τα αναλύουν στο πλαίσιο της επιμέρους φάσης *Ερμηνεία Δεδομένων*. Στο παράδειγμα της βλάστησης, αυτό το στάδιο δεν είναι τόσο δύσκολο, επειδή οι μαθητές/τριες πρέπει μόνο να δουν σε ποιο τρυβλίο Petri έχουν βλαστήσει οι σπόροι και ποιες μεταβλητές παρέχονται σε αυτά τα τρυβλία Petri και ποιες στα άλλα. Ως εκ τούτου, μπορεί να σχεδιαστεί ως μια εργασία με *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας* (ίσως με χαμηλότερο βαθμό ανοικτότητας όταν ληφθεί υπόψη η ποσότητα των βλαστημένων σπόρων).

Συμπέρασμα:

μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	μέτριος βαθμός ανοικτότητας	μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Οι εκπαιδευόμενοι/ες συζητούν ένα συμπέρασμα που τους δόθηκε	Οι εκπαιδευόμενοι/ες επιλέγουν από μια λίστα συμπερασμάτων	Οι εκπαιδευόμενοι/ες καταλήγουν σε συμπέρασμα με υποστήριξη (λεκτική ή με άλλα μέσα)	Οι εκπαιδευόμενοι/ες καταλήγουν σε δικό τους συμπέρασμα

Η επόμενη φάση που ακολουθεί είναι το *Συμπέρασμα* και το παράδειγμα μπορεί επίσης να σχεδιαστεί με μέγιστο, μέτριο ή χαμηλό βαθμό ανοικτότητας. Οι μαθητές/τριες μπορούν συνήθως να δουν εύκολα εάν οι σπόροι έχουν βλαστήσει ή όχι, και δεν είναι τόσο δύσκολο για αυτούς να το συνδέσουν με το ερευνητικό ερώτημα και την υπόθεση, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις οι μαθητές/τριες χρειάζονται καθοδήγηση και η συγκεκριμένη φάση μπορεί να πρέπει να έχει χαμηλό ή μέτριο βαθμό ανοικτότητας. Η φάση *Συμπέρασμα* με μέτριο βαθμό ανοικτότητας μπορεί να περιλαμβάνει προτροπές, ως παράδειγμα δίνονται οι ακόλουθες: (1) Εάν η υπόθεσή σας ήταν σωστή, σε ποια από τις δοκιμές θα πρέπει να μπορείτε να δείτε σπόρους που φυτρώνουν και σε ποιες όχι; (2) Συγκρίνετε την άποψή σας (1) με την παρατήρησή σας. (3) Επιβεβαιώνεται η υπόθεσή σας ή δεν επιβεβαιώνεται; Η φάση *Συμπέρασμα* μπορεί να γίνει με χαμηλό βαθμό ανοικτότητας εάν για κάθε πιθανή υπόθεση προσφέρεται μια εικόνα που δείχνει όλες τις απαραίτητες δοκιμές και τις παρατηρήσεις που θα μπορούσαν να γίνουν εάν η υπόθεση ήταν σωστή. Οι μαθητές/τριες έχουν τις εξής εργασίες: (1) Ελέγξτε ότι έχετε όλες τις απαραίτητες δοκιμές στο πείραμά σας. Εάν ναι, τότε: (2) Συγκρίνετε εάν οι παρατηρήσεις σας ταιριάζουν με τις παρατηρήσεις στην εικόνα. Εάν ναι, η υπόθεσή σας γίνεται αποδεκτή, εάν όχι απορρίπτεται.

Συζήτηση:

επικοινωνία	μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	μέτριος βαθμός ανοικτότητας	μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
	---	Οι εκπαιδευόμενοι/ες επικοινωνούν σύμφωνα με συγκεκριμένες πτυχές επικοινωνίας	Οι εκπαιδευόμενοι/ες επικοινωνούν και ο εκπαιδευτικός συντονίζει την επικοινωνία (δίνει βοήθεια όταν χρειάζεται)	Οι εκπαιδευόμενοι/ες επικοινωνούν χωρίς βοήθεια

αναστοχασμός	μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	μέτριος βαθμός ανοικτότητας	μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
	Ο/Η εκπαιδευτικός κάνει αναστοχασμό της διερώτησης	Οι εκπαιδευόμενοι/ες αναστοχάζονται με συγκεκριμένες	Οι εκπαιδευόμενοι/ες αναστοχάζονται και ο/η εκπαιδευτικός συντονίζει	Οι εκπαιδευόμενοι/ες αναστοχάζονται χωρίς βοήθεια

		ερωτήσεις αναστοχασμού	τον αναστοχασμό (δίνει βοήθεια όταν χρειάζεται)	
--	--	---------------------------	--	--

Όσον αφορά την τελευταία φάση, τη *Συζήτηση*, εάν οι μαθητές/τριες είναι εκπαιδευμένοι/ες στην επικοινωνία και τον αναστοχασμό, αυτές οι επιμέρους φάσεις μπορούν να διεξαχθούν με *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας*, που σημαίνει ότι οι μαθητές/τριες επιλέγουν το πώς θέλουν να παρουσιάσουν τα αποτελέσματά τους και ολοκληρώνουν εργασίες αναστοχασμού χωρίς καθοδήγηση. Εάν οι μαθητές/τριες δεν είναι εκπαιδευμένοι/ες, μπορούν να υπάρχουν υποδείξεις (*μέτριος βαθμός ανοικτότητας*) ή προτροπές (*χαμηλός βαθμός ανοικτότητας*) για επικοινωνία και αναστοχασμό. Οι προτροπές μπορούν να είναι μια λίστα ερωτήσεων για αναστοχασμό ή μια δομή για την παρουσίαση.

Περίληψη

Η μάθηση με διερώτηση (ΜΜΔ) είναι μια προσέγγιση μάθησης που συνάδει με τις σύγχρονες έννοιες της επιστημονικής διδασκαλίας και περιλαμβάνεται στα εκπαιδευτικά πρότυπα πολλών χωρών.

Η ΜΜΔ χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα στοιχεία: (1) η διερώτηση ξεκινά με ένα πρόβλημα/ερώτημα, (2) οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν τη διερεύνηση, (3) οι μαθητές/τριες κάνουν διερευνήσεις για να συλλέξουν δεδομένα, (4) οι μαθητές/τριες κτίζουν νέα γνώση μέσω της έρευνας, που έχει νόημα για αυτούς, (5) οι μαθητές/τριες επικοινωνούν και αιτιολογούν τις εξηγήσεις τους.

Η διαδικασία της ΜΜΔ περιγράφεται με τον κύκλο διερώτησης (βλ. Εικ. 3.3).

Υπάρχουν τέσσερα πεδία γνώσης που μπορούν να διευκολυνθούν μέσω της ΜΜΔ: εννοιολογικό, επιστημολογικό, κοινωνικό και διαδικαστικός.

Προκειμένου να προωθηθεί η αυτονομία ("ανοικτότητα") στη ΜΜΔ, μια μη γραμμική προσέγγιση είναι κατάλληλη (βλ. Εικ. 3.4 και 3.5).

Ο πειραματισμός ως μία πτυχή της επιστημονικής διερώτησης θα επεξηγηθεί στη συνέχεια. Τόσο η ΜΜΔ, όσο και ο πειραματισμός υπό την έννοια της ΜΜΔ, θα είναι το επίκεντρο της έννοιας της διαφοροποίησης (Εργαλείο Διαφοροποίησης) στη συνέχεια του βιβλίου.

Βιβλιογραφία

- Abrams, E., Southerland, S.A., & Evans, C.A. (2007). Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. In E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Ed.), *Inquiry in the science classroom: Realities and opportunities*. Information Age Publishing.
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H.J., Tobi, H., Wals, A.E., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-bases science education competencies of primary school teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science education*, 34(17), 2609–2640.
- Anderson, R. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12.
- Barrow, L.H. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265–278.
- Baur, A., & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International*, 1–12.
- Baur, A., Ehrenfeld, U., & Hummel, E. (2017). *Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Biologie: Unterrichtsideen, Materialien und didaktische Grundlagen zum offenen Experimentieren (5. bis 10. Klasse)*. Persen.
- Baur, A., Hummel, E., Emden, M., & Schröter, E. (2020). Wie offen sollte offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. *MNU journal*, 73(2), 125–128.
- Bell, R.L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *Science Teacher*, 72(7), 30–33.
- BIFIE (2011). Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe, retrieved from:
- Bybee, R.W. (1997). Achieving scientific literacy: From purposes to practices. Heinemann.
- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Ed.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 21–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Capps, D.K., Shemwell, J.T., & Young, A.M. (2016). Over reported and misunderstood? A study of teachers' reported enactment and knowledge of inquiry-based science teaching. *International Journal of Science Education*, 38(6), 934–959.
- Crippen, K.J., & Archambault, L. (2012). Scaffolded inquiry-based instruction with technology: A signature pedagogy for STEM education. *Computers in the Schools*, 29(1–2), 157–173.
- Cyprus Ministry of Education (2016). *Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό σχολείο: Μεθοδολογία*. Retrieved January 2021 from: <http://fysed.schools.ac.cy/index.php/el/fysikes-epistimes/analytiko-programma>
- Cyprus Ministry of Education (2017a). *Μάθημα Βιολογίας Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Γενικός Σκοπός κατά τάξη*. Retrieved January 2021 from: <http://viom.schools.ac.cy/index.php/el/viologia/analytiko-programma>
- Cyprus Ministry of Education (2017b). *Μάθημα Φυσικής Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Γενικός Σκοπός κατά τάξη*. Retrieved January 2021 from: <http://fyskm.schools.ac.cy/index.php/el/fysiki/analytiko-programma>
- Cyprus Ministry of Education (2017c). *Μάθημα Φυσικής Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Μεθοδολογία*. Retrieved January 2021 from: <http://fyskm.schools.ac.cy/index.php/el/fysiki/analytiko-programma>
- Cyprus Ministry of Education (2017d). *Μάθημα Χημείας Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Γενικός Σκοπός του Μαθήματος*. Retrieved January 2021 from: <http://chem.schools.ac.cy/index.php/el/chimeia/analytiko-programma>
- Cyprus Ministry of Education (2020). *Μάθημα Χημείας Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Δείκτες Επιτυχίας – Επάρκειας*. Retrieved January 2021 from: <http://chem.schools.ac.cy/index.php/el/chimeia/analytiko-programma>
- Dewey, J. (2001). *Democracy and education: Reprint*. Pennsylvania State University, Electronic Classics Series
- Duschl, R.A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291.
- Edelmann, W., & Wittmann, S. (2019). *Lernpsychologie* (8., vollständig überarbeitete Auflage). Beltz.
- Edelson, D.C., Gordin, D.N., & Pea, R.D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3-4), 391–450.
- Efstathiou, C., Hovardas, T., Xenofontos, N., Zacharia, Z., de Jong, Anjewierden, A., & van Riesen, S. (2018). Providing guidance in virtual lab experimentation: The case of an experiment design tool. *Educational Technology Research and Development*, 66(3), 767–791.
- Finnish National Agency for Education (2014). *National Core Curriculum for Basic Education 2014*.
- Freeman, S., Eddy, S.L., McDonough, M., Smith, M.K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M.P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 8410–8415.
- Furtak, E.M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D.C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Gibson, H.L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86(5), 693–705.
- Herron, M.D. (1971). The nature of scientific enquiry. *The School Review*, 79(2), 171–212.
- Hovardas, T., Xenofontos, N., & Zacharia, Z. (2017). Using virtual labs in an inquiry context: The effect of a hypothesis formulation tool and an experiment design tool on students' learning. In I. Levin, & D. Tsybulsky (Ed.), *Optimizing STEM Education with Advanced ICTs and Simulations*. IGI Global.

- Kirschner, P.A., Sweller, J., & Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work. An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- KMK (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München.
- KMK (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München.
- Marx, R.W., Blumenfeld, P.C., Krajcik, J.S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., & Tal, R. T. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1063–1080.
- Mayer, J., & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 30(317), 4–12.
- Minner, D.D., Jurist Levy, A., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984–2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496.
- Norris, S.P., & Phillips, L.M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240.
- NRC (National Research Council)(2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. National Academies Press.
- Oelkers J. (2018). John Deweys Philosophie der Erziehung. In F.-M. Konrad, & M. Knoll (Ed.), *John Dewey als Pädagoge* (pp. 29–59). Julius Klinkhardt.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. Nuffield Foundation.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., De Jong, T., Van Riesen, S.A., Kamp, E.T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.
- Reich, K. (2012). *Konstruktivistische Didaktik. Das Lehr- und Studienbuch mit Online-Methodenpool*. Beltz.
- Reiss, K, Weis, M., Klieme, E., & Köller, O. (2019). *PISA 2018: Grundbildung im internationalen Vergleich*. Waxmann.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Rocard report: "Science education now: A new pedagogy for the future of Europe"*. EU 22845, European Commission.
- Schaub, H., & Zenke, K. G. (2000). *Wörterbuch Pädagogik*. DTV.
- Schneider, R., Krajcik, J., Marx, R., & Soloway, E. (2002). Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 410–422.
- Schnotz, W. (2011). *Pädagogische Psychologie kompakt*. Beltz.
- Schubert, V. (2019). *Der Pädagoge als Ingenieur*. Beltz.
- Schwab, J.J. (1960). Inquiry, the science teacher, and the educator. *The School Review*, 68(2), 176–195.
- Schwab, J.J. (1966). The teaching of science as enquiry. In President and Fellows of Harvard College (Ed.), *The Teaching of Science* (pp. 3–103). Harvard University Press.
- Shamos, M.H. (2002). Durch Prozesse ein Bewußtsein für die Naturwissenschaften entwickeln. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Ed.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 45–68). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Stangl, W. (2020). *Entdeckendes Lernen: Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik*. Retrieved from: <https://lexikon.stangl.eu/12075/entdeckendes-lernen/> [2020-06-16]
- University of Manchester (2010). *What is Enquiry-Based Learning (EBL)?* Retrieved from: <http://www.ceebl.manchester.ac.uk/eb1/>
- van Riesen, S.A., Gijlers, H., Anjewierden, A., & de Jong, T. (2018). The influence of prior knowledge on experiment design guidance in a science inquiry context. *International Journal of Science Education*, 40(11), 1327–1344.
- Van Uum, M.S.J., Verhoeff, R.P., & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450–469.
- Xenofontos, N.A., Hovardas, T., Zacharia, Z.C., & de Jong, T. (2020). Inquiry-based learning and retrospective action: Problematising student work in a computer-supported learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(1), 12–28.

4 Πειράματα και Αξιοποίησή τους στη Μάθηση με Διερώτηση

Ένα πείραμα αποτελεί μία από τις διαφορετικές επιστημονικές μεθόδους για τη διερώτηση. Ο πειραματισμός είναι η διαδικασία σχεδιασμού και εκτέλεσης ενός πειράματος και ανάλυσης των αποτελεσμάτων (δεδομένων) του πειράματος. Άλλες μέθοδοι διερώτησης που χρησιμοποιούνται στην επιστήμη είναι: παρατήρηση της φύσης, εξερεύνηση, μοντελοποίηση, χημική ανάλυση και ανατομία (Barzel et al., 2012; Bruckermann et al., 2017).

Στο σχολείο, ο πειραματισμός είναι μία από τις βασικές μεθόδους στα μαθήματα φυσικών επιστημών για την επίδειξη φαινομένων και την αυτενεργό μάθηση για απόκτηση γνώσης (π.χ. Gropengießer et al., 2013). Ως εκ τούτου, αποτελεί μια κρίσιμη πτυχή της μάθησης με διερώτηση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Baur & Emden, 2020; Schwichow et al., 2016). Ο πειραματισμός σε περιβάλλοντα μάθησης με διερώτηση επιτρέπει στους/στις μαθητές/τριες να μάθουν το επιστημονικό περιεχόμενο (εννοιολογικό πεδίο γνώσης), καθώς και να μάθουν να κάνουν πειραματισμό (διαδικαστικό πεδίο γνώσης). Επιπλέον, οι μαθητές/τριες εξασκούνται στην εκμάθηση της επιστήμης, ανακαλύπτοντας πώς οι επιστήμονες κάνουν έρευνα και αποκτούν γνώση (επιστημολογικό πεδίο γνώσης). Στο σχολείο τα πειράματα πραγματοποιούνται συχνά σε ομάδες. Επομένως, ο πειραματισμός είναι επίσης μια μαθησιακή ευκαιρία για συνεργασία (κοινωνικό πεδίο γνώσης) (van Uum et al., 2016). Μπαίνοντας στον ρόλο του/της επιστήμονα, οι μαθητές/τριες μαθαίνουν να κάνουν επιστήμη δουλεύοντας με αυτόνομο τρόπο. Αυτό είναι σημαντικό διότι, ήδη στο σχολείο, οι μαθητές/τριες θα πρέπει να μπορούν να εφαρμόζουν προσεγγίσεις και διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στην επιστημονική έρευνα (Bybee, 2002; Carps & Crawford, 2013; Nerdel, 2017; βλέπε επίσης Πίνακα 3.1). Ο πειραματισμός στο σχολείο επιτρέπει στους/στις μαθητές/τριες να εξερευνήσουν τον φυσικό κόσμο χρησιμοποιώντας εργαλεία που χρησιμοποιούνται επίσης στην επιστήμη, ώστε να κατανοήσουν τη φύση της επιστήμης. Η φύση της επιστήμης μπορεί να οριστεί ως μια περιγραφή του τι είναι η επιστήμη, πώς λειτουργεί η επιστήμη, ποια χαρακτηριστικά έχουν οι επιστημονικές εξηγήσεις, πώς λειτουργούν οι επιστήμονες ως κοινωνική ομάδα και πώς η ίδια η κοινωνία κατευθύνει επιστημονικές προσπάθειες και αντιδρά σε επιστημονικές ανακαλύψεις (McComas, 2015).

Εκτός από τον πειραματισμό, χρησιμοποιούνται κι άλλες μέθοδοι διερώτησης στην επιστήμη, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Αυτές οι μέθοδοι διερώτησης διαδραματίζουν δευτερεύοντα ρόλο στο παρόν βιβλίο, καθώς εξετάζουμε τη διαφοροποίηση στη μάθηση με διερώτηση με επίκεντρο τον πειραματισμό. Επιλέξαμε να εστιάσουμε σε αυτόν, λόγω του εξέχοντος ρόλου των πειραμάτων στη

διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών και για να επεξηγήσουμε με παραδείγματα μια μέθοδο διερεύνησης με λεπτομέρεια και όχι επιφανειακά.

4.1 Τι είναι ένα πείραμα; Ορισμός και χαρακτηριστικά ενός πειράματος

Ένα φυσικό επιστημονικό πείραμα είναι μια μέθοδος διερεύνησης ενός φυσικού φαινομένου. Υπάρχουν επίσης πειράματα σε μη φυσικές επιστήμες, αλλά αυτά δεν περιλαμβάνονται στο βιβλίο μας. Μια έρευνα στη φυσική επιστήμη σημαίνει μια παρέμβαση σε ένα σύστημα ή σε ένα αντικείμενο (Gropengießer & Kattmann, 2006). Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ενός πειράματος, εκτός από το γεγονός ότι αποτελεί ένα είδος έρευνας, αναλύονται στη συνέχεια.

Αιτιώδες ερευνητικό ερώτημα: Ένα πείραμα είναι η μέθοδος για τη διερεύνηση αιτιωδών ερωτημάτων. Με ένα αιτιώδες ερώτημα, ρωτά κανείς για αιτιώδεις επιδράσεις ή, με άλλα λόγια, για τις πιθανές επιδράσεις μιας μεταβλητής σε μια άλλη. Παραδείγματα αιτιωδών και μη αιτιωδών ερευνητικών ερωτημάτων φαίνονται στο ακόλουθο παράδειγμα (Παράδειγμα 4.1). Τα μη αιτιώδη ερωτήματα, όπως και τα αιτιώδη ερωτήματα, αποτελούν θέματα της επιστήμης. Εάν πρόκειται να διερευνηθεί ένα μη αιτιώδες ερώτημα, απαιτούνται άλλοι τύποι μεθόδων, όπως η παρατήρηση της φύσης, η χημική ανάλυση ή η ανατομία.

Παράδειγμα 4.1

Παραδείγματα αιτιωδών και μη αιτιωδών ερευνητικών ερωτημάτων

Αιτιώδη ερευνητικά ερωτήματα:

- «Τι προκαλεί τη σκουριά;»
- «Τι επηρεάζει τον ρυθμό φωτοσύνθεσης;»
- «Ποιες συνθήκες χρειάζονται τα φυτά για να αναπτυχθούν σωστά;»
- «Πώς επηρεάζει ο αριθμός των περιελίξεων ενός πηνίου την ισχύ του μαγνητικού πεδίου ενός ηλεκτρομαγνήτη;»

Μη αιτιώδη ερευνητικά ερωτήματα:

- «Ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ των πιθήκων και των ανθρώπων;»
- «Τι συστατικά περιέχει αυτό το χημικό διάλυμα;»
- «Ποιες από τις υπάρχουσες ράβδους από διαφορετικά υλικά μεταδίδουν καλά τη θερμότητα και ποιες δεν τη μεταδίδουν τόσο καλά;»

Ένα αιτιώδες ερευνητικό ερώτημα μπορεί να είναι ποιοτικό ή ποσοτικό. Παράδειγμα ενός ποιοτικού ερευνητικού ερωτήματος: «Ποιος(οι) παράγοντας(-ες) επηρεάζει(-ουν) τη φωτοσύνθεση;» Ένα ποσοτικό αιτιώδες ερευνητικό ερώτημα στοχεύει στο πώς μια ποσότητα ενός παράγοντα επηρεάζει ένα φαινόμενο (ο όρος «παράγοντας» είναι συνώνυμο του όρου «μεταβλητή»). Παράδειγμα ενός ποσοτικού ερευνητικού ερωτήματος: «Πώς επηρεάζει η ποσότητα του φωτός τη φωτοσύνθεση;»

Υπόθεση: Ένα πείραμα χρειάζεται μια υπόθεση ή υποθέσεις (Pedaste et al., 2015). Είναι χρήσιμο για τους/τις μαθητές/τριες να εξετάζουν μόνο μία υπόθεση και όχι να εξετάζουν πολλές ταυτόχρονα. Μια υπόθεση είναι μια δικαιολογημένη εικασία σχετικά με το αποτέλεσμα του πειράματος. Μια υπόθεση είναι μια πιθανή απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα. Βασίζεται σε θεωρία ή σε προηγούμενα πειράματα. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι υποθέσεις διατυπώνονται σε αιτιώδεις σχέσεις και συνθήκες: εάν... τότε..., ... οδηγεί σε..., ... επηρεάζει... . Εάν δεν μπορεί να διατυπωθεί μία υπόθεση, επειδή δεν υπάρχει προηγούμενη έρευνα, η υπόθεση θα μπορούσε να βασιστεί σε μια εξερεύνηση. Θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μια εξερεύνηση για την εύρεση μεταβλητών που θα οδηγήσουν σε πιθανές υποθέσεις (βλ. *Εξερεύνηση* στον κύκλο διερώτησης, Εικ. 3.3). Μια υπόθεση μπορεί να είναι ποιοτική ή ποσοτική (βλ. Παράδειγμα 4.2) και επιπλέον μπορεί να είναι κατευθυνόμενη ή όχι.

Παράδειγμα 4.2

Είδη υπόθεσης

Παράδειγμα από τη Βιολογία: Θα διερευνηθεί το ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα: «Ποιος (-οι) παράγοντας (-ες) επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση;»

Πιθανές υποθέσεις σε σχέση με το ερευνητικό ερώτημα είναι:

Ποιοτική υπόθεση: «Το φως είναι απαραίτητος παράγοντας για τη φωτοσύνθεση.»

Ποσοτική υπόθεση: → **κατευθυνόμενη:** «Η υψηλή ένταση φωτός οδηγεί σε υψηλό ρυθμό φωτοσύνθεσης.»

→ **μη κατευθυνόμενη:** «Η ένταση του φωτός επηρεάζει τον ρυθμό της φωτοσύνθεσης.»

Παράδειγμα από τη Φυσική: Θα διερευνηθεί το ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα: «Πώς επηρεάζουν τα στοιχεία που αποτελούν ένα πηνίο την ισχύ του μαγνητικού πεδίου ενός ηλεκτρομαγνήτη;»

Πιθανές υποθέσεις σε σχέση με το ερευνητικό ερώτημα είναι:

Ποιοτική υπόθεση: «Η παρουσία ενός πυρήνα σιδήρου στο πηνίο ενισχύει το μαγνητικό του πεδίο.»

Ποσοτική υπόθεση: → **κατευθυνόμενη:** «Όσο περισσότερες περιελίξεις υπάρχουν στο πηνίο, τόσο ισχυρότερο είναι το μαγνητικό πεδίο.»

→ **μη κατευθυνόμενη:** «Ο αριθμός των περιελίξεων επηρεάζει την ισχύ του μαγνητικού πεδίου.»

Παράδειγμα από τη Χημεία: Θα διερευνηθεί το ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα: «Πώς μπορεί να επιταχυνθεί η ανάπτυξη αερίου σε ένα μπουκάλι σόδας;»

Πιθανές υποθέσεις σε σχέση με το ερευνητικό ερώτημα είναι:

Ποιοτική υπόθεση: «Η προσθήκη ζάχαρης έχει επίδραση στην ταχύτητα ανάπτυξης αερίου στο ανθρακικό νερό.»

Ποσοτική υπόθεση: → **κατευθυνόμενη:** «Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος, τόσο ισχυρότερη είναι η ανάπτυξη αερίου στο ανθρακικό νερό.»

→ **μη κατευθυνόμενη:** «Η θερμοκρασία περιβάλλοντος επηρεάζει την ισχύ της ανάπτυξης αερίου στο ανθρακικό νερό».

Στρατηγική ελέγχου μεταβλητής: Πριν από την έναρξη του πρακτικού μέρους ενός πειράματος, πρέπει να διευκρινιστεί ποιοι παράγοντες (μεταβλητές) πρόκειται να μετρηθούν. Ο πειραματιστής πρέπει να προσδιορίσει την(τις) εξαρτημένη(-ες) και ανεξάρτητη(-ες) μεταβλητή(-ές). Η εξαρτημένη μεταβλητή ονομάζεται επίσης μεταβλητή μέτρησης. Με άλλα λόγια, οι επιδράσεις σε αυτή τη μεταβλητή μπορούν να μετρηθούν (αποτέλεσμα). Η(Οι) ανεξάρτητη(-ες) μεταβλητή(-ες) αντιπροσωπεύει(-ουν) τον(τους) παράγοντα(-ες) που μεταβάλλεται(-ονται) συστηματικά σύμφωνα με τις αντίστοιχες υποθέσεις. Είναι η αιτία για τις αλλαγές της εξαρτημένης μεταβλητής. Στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχουν περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές, οι οποίες θα μπορούσαν να επηρεάσουν την εξαρτημένη μεταβλητή. Σε αυτή την περίπτωση είναι σημαντικό να μην μεταβάλλονται όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές ταυτόχρονα, έτσι ώστε να είναι εφικτά τα αιτιώδη συμπεράσματα (Chen & Klahr, 1999). Υπάρχει μια τάση στους/στις μαθητές/τριες να μεταβάλλουν πάρα πολλές μεταβλητές, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο για αυτούς/ές να εξαγάγουν ένα συμπέρασμα (Glaser et al., 1992). Οι μεταβλητές (παράγοντες) που δεν περιλαμβάνονται στην υπόθεση, πρέπει να ελέγχονται και να διατηρούνται αναλλοίωτες κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Πειραματικές δοκιμές και δοκιμές ελέγχου: Ένας πειραματικός σχεδιασμός (μια σειρά δοκιμών) περιλαμβάνει διαφορετικές δοκιμές (διατάξεις) για έναν πειραματικό έλεγχο (Hammann et al., 2008). Σε ένα ποιοτικό πείραμα (το ερευνητικό ερώτημα και η υπόθεση είναι ποιοτικά) υπάρχουν πειραματικές δοκιμές και δοκιμές ελέγχου. Η βιβλιογραφία δεν ορίζει με σαφήνεια ποια από τις δοκιμές είναι η πειραματική δοκιμή και ποια η δοκιμή ελέγχου. Ωστόσο, δεν αμφισβητείται ότι χρειάζονται και τα δύο σε ένα πείραμα (ακολουθεί η εξήγηση). Θα εφαρμόσουμε τον ακόλουθο

ορισμό: η δοκιμή ελέγχου είναι δομημένη όπως η φυσική κατάσταση του φαινομένου και έχει κατασκευαστεί για να διαπιστωθεί εάν το φαινόμενο/φυσική κατάσταση (που είναι η βάση του ερευνητικού ερωτήματος) μπορεί να παραχθεί με εργαστηριακό υλικό. Μόνο στην πειραματική δοκιμή θα μεταβληθεί η ανεξάρτητη μεταβλητή (βλ. Εικ. 4.1α και Εικ. 4.2α). Η μεταβολή (αφαίρεση παράγοντα, προσθήκη παράγοντα, μείωση ή αύξηση της ποσότητας ενός παράγοντα) εκτελείται για τη διερεύνηση της επιρροής των μεταβλητών. Όλες οι άλλες μεταβλητές δεν θα μεταβάλλονται (βλ. στρατηγική ελέγχου μεταβλητής). Μετά την εκτέλεση του πειράματος, όλες οι δοκιμές – πειραματικές δοκιμές και δοκιμές ελέγχου – πρέπει να συγκριθούν. Εάν στη δοκιμή ελέγχου το φαινόμενο είναι ορατό, αλλά δεν είναι στην πειραματική δοκιμή, η ανεξάρτητη μεταβλητή επηρεάζει (βλ. Εικ. 4.1β και Εικ. 4.2β). Εάν διερευνώνται περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές, απαιτούνται περισσότερες πειραματικές δοκιμές (βλ. Εικ. 4.3).



Εικ. 4.1α: Πειραματική δοκιμή και δοκιμή ελέγχου



Εικ. 4.1β: Πειραματικό αποτέλεσμα

Ερευνητικό ερώτημα:
Τι επηρεάζει τη βλάστηση;

Υπόθεση:
Το έδαφος επηρεάζει τη βλάστηση.



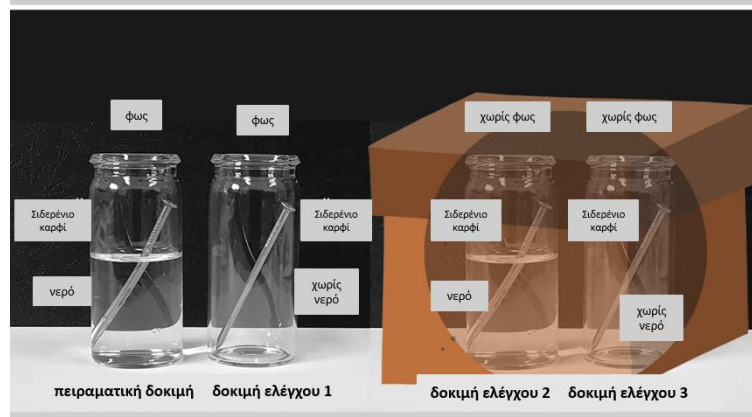
Εικ. 4.2α: Πειραματική δοκιμή και δοκιμή ελέγχου



Εικ. 4.2β: Πειραματικό αποτέλεσμα

Ερευνητικό ερώτημα:
Τι επηρεάζει τη σκουριά του σιδήρου;

Υπόθεση:
Το νερό και το φως επηρεάζουν τη σκουριά του σιδήρου.

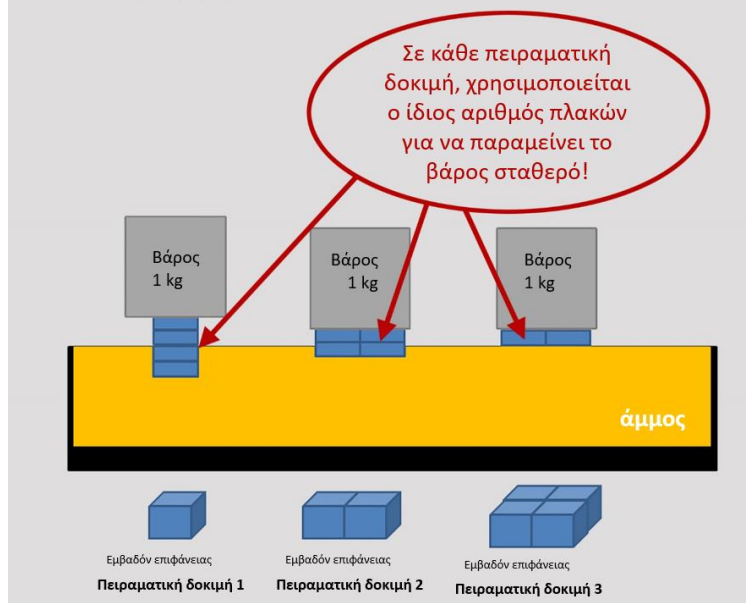


Εικ. 4.3: Σχεδιασμός πειράματος με δύο ανεξάρτητες μεταβλητές

Σε ένα ποσοτικό πείραμα (το ερευνητικό ερώτημα ή/και η υπόθεση είναι ποσοτικά) δεν υπάρχει σαφώς καθορισμένη δοκιμή ελέγχου, αλλά πολλές πειραματικές δοκιμές (βλ. Εικ. 4.4 και Εικ. 4.5). Στις πειραματικές δοκιμές η ανεξάρτητη μεταβλητή μεταβάλλεται σταδιακά. Όλες οι άλλες μεταβλητές διατηρούνται σταθερές (βλ. στρατηγική ελέγχου μεταβλητής).

Ποσοτικό ερευνητικό ερώτημα:

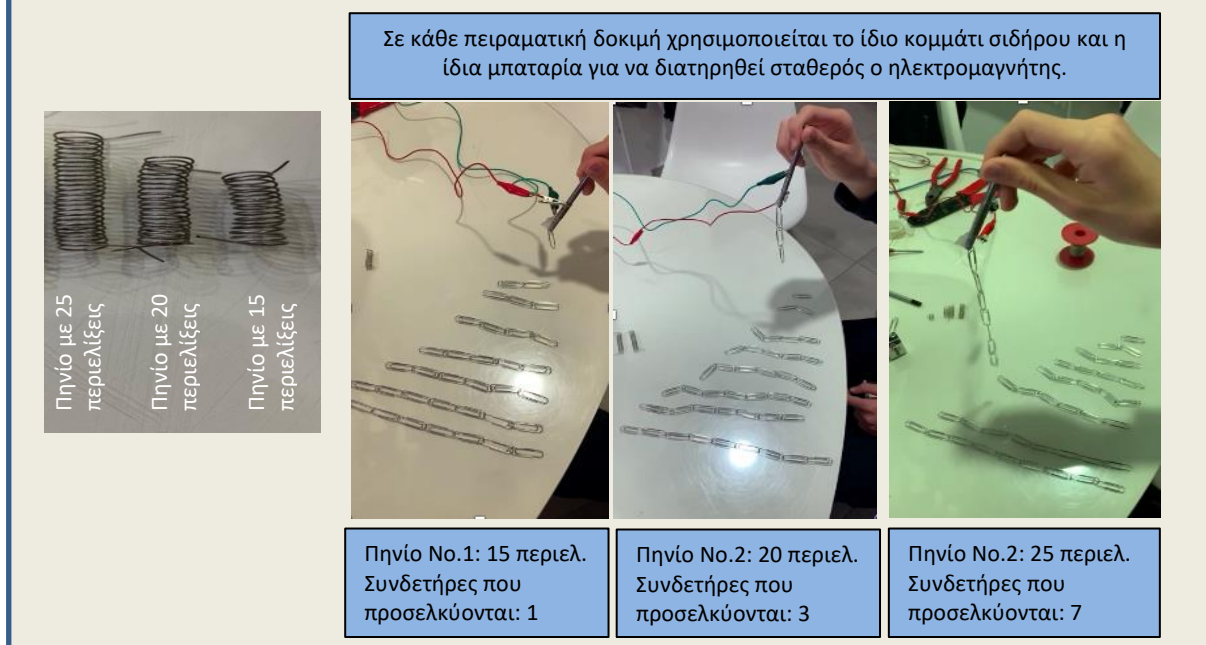
Πώς το εμβαδόν ενός ποδιού επηρεάζει το βάθος βύθισής του στην άμμο;



Εικ. 4.4: Σχεδιασμός ενός ποσοτικού πειράματος

Ποσοτικό ερευνητικό ερώτημα:

Πώς το μήκος του πηνίου (σε περιελίξεις) επηρεάζει την ισχύ του ηλεκτρομαγνήτη;



Εικ. 4.5: Σχεδιασμός ενός ποσοτικού πειράματος

Ποιοτικά κριτήρια: Ο πειραματισμός στην επιστημονική έρευνα πρέπει να πληροί τρία ποιοτικά κριτήρια: αντικειμενικότητα, αξιοπιστία, εγκυρότητα (Döring & Bortz, 2016). Στο μέτρο του δυνατού, αυτοί οι παράγοντες θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη κατά τον πειραματισμό στο σχολείο.

Αντικειμενικότητα σημαίνει ότι τα αποτελέσματα ενός πειράματος είναι ανεξάρτητα από τα άτομα που εκτελούν το πείραμα. Κανένα υποκειμενικό συναίσθημα ή προκατάληψη δεν πρέπει να επηρεάζει τα αποτελέσματα των πειραμάτων.

Αξιοπιστία σημαίνει αξιόπιστα αποτελέσματα. Ένα κρίσιμο στοιχείο της αξιοπιστίας είναι η επαναληψιμότητα. Οι επαναλήψεις του πειράματος θα πρέπει να έχουν συγκρίσιμα αποτελέσματα, ακόμη και όταν διεξάγουν το πείραμα άλλα άτομα. Αυτό απαιτεί τον έλεγχο (διατήρηση σταθερότητας ή εξάλειψη) όλων των πιθανών παραγόντων που επηρεάζουν, πέρα από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Η ακρίβεια μέτρησης επιτυγχάνεται όταν χρησιμοποιείται κατάλληλη συσκευή μέτρησης.

Όλα τα δεδομένα πρέπει να είναι έγκυρα. Εγκυρότητα σημαίνει ότι επιβεβαιώνεις ότι μπορείς να μετρήσεις ακριβώς αυτό που θέλεις να διερευνήσεις. Η εγκυρότητα περιλαμβάνει ακριβή ερωτήματα και υποθέσεις και επαρκή αριθμό επαναλήψεων του πειράματος.

Χαρακτηριστικά ενός πειράματος

Αιτιώδεις ερευνητικό ερώτημα: Το ερευνητικό ερώτημα μελετά τις αιτιώδεις επιπτώσεις.

Έλεγχος μεταβλητών: Όλες οι μεταβλητές που δεν διερευνώνται πρέπει να ελέγχονται.

Υπόθεση: Για τον πειραματικό σχεδιασμό είναι απαραίτητη μια υπόθεση.

Πειραματικές δοκιμές και δοκιμές ελέγχου: Για τον πειραματικό έλεγχο απαιτούνται διαφορετικές δοκιμές.

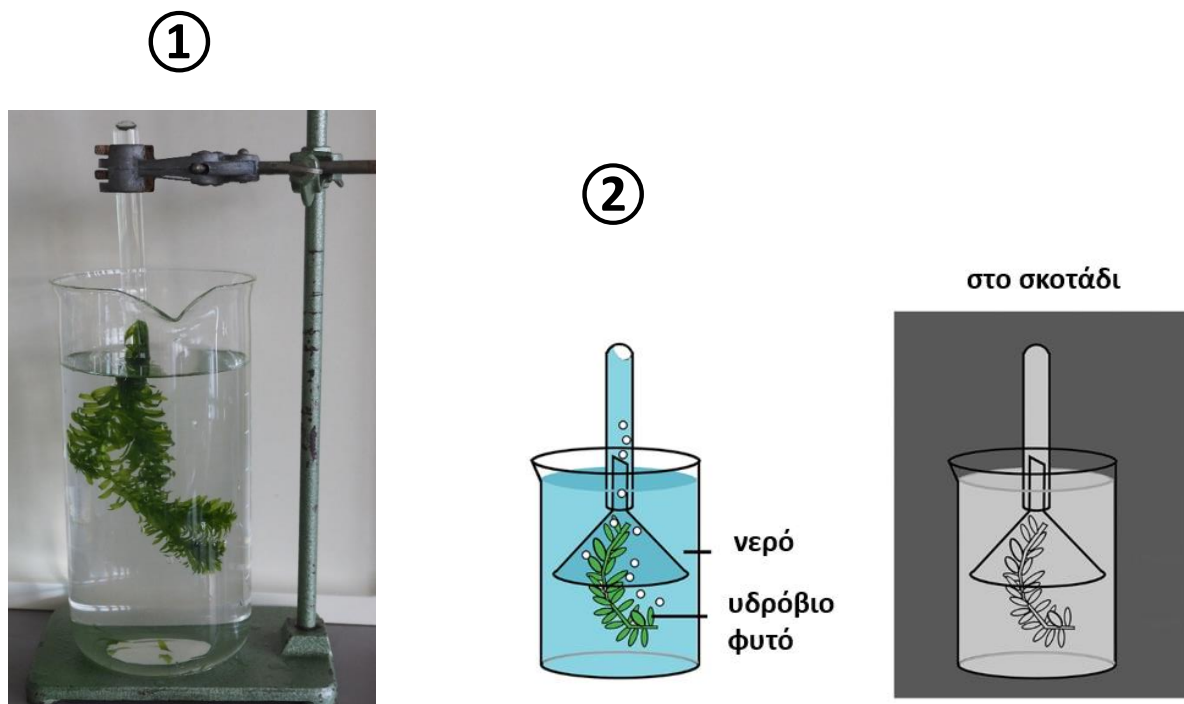
Παράγοντες ποιότητας: Οι παράγοντες αντικειμενικότητα, αξιοπιστία, εγκυρότητα είναι κρίσιμοι παράγοντες ποιότητας ενός πειράματος.

Τα αποτελέσματα πρέπει να μπορούν να επαναληφθούν.

4.2 Χρήση πειραμάτων στη μάθηση με διερώτηση

Στη βιβλιογραφία για την εκπαίδευση και τις μεθόδους διδασκαλίας των φυσικών επιστημών υπάρχουν ποικίλες αντιλήψεις σχετικά με την έννοια του πειράματος και του πειραματισμού στο

σχολείο (π.χ. Barzel et al., 2012; Urhahne et al., 2008). Θα χρησιμοποιήσουμε την έννοια της μάθησης με διερώτηση και τον κύκλο διερώτησης (βλ. Κεφάλαιο 3) για περιγράψουμε τον πειραματισμό. Στο Κεφάλαιο 3 (ΜΜΔ), στην εικόνα 3.3, παρουσιάζονται οι φάσεις αυτές συνοπτικά. Πιο κάτω παρουσιάζονται αναλυτικές πληροφορίες για τον πειραματισμό. Στον Πίνακα 4.1 για κάθε φάση περιγράφεται με λεπτομέρεια ένα παράδειγμα, συγκεκριμένα στο συγκεκριμένο της φωτοσύνθεσης και του ερωτήματος ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση. Ο πειραματικός σχεδιασμός φαίνεται στην Εικ. 4.6.



Εικ. 4.6: (1) πειραματικός σχεδιασμός για τη διερεύνηση της παραγωγής οξυγόνου κατά τη φωτοσύνθεση, (2) πείραμα για τη διερεύνηση της φωτοσύνθεσης (εικόνες στα δεξιά από Baur et al., 2017, σελ. 6, τροποποιημένη εικόνα)

Πίνακας 4.1: Φάσεις πειραματισμού

Φάση	Επεξήγηση	Παράδειγμα: Φωτοσύνθεση
1^η Φάση: Προσανατολισμός	Παρουσιάζεται στους/στις μαθητές/τριες ένα φαινόμενο.	Το канаδικό υδρόβιο φυτό (<i>Elodea canadensis</i>) ζει βυθισμένο σε γλυκό νερό. Παράγει μικρές φυσαλίδες αερίου (οξυγόνο) κατά τη φωτοσύνθεση. Αυτή η παραγωγή αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση της φωτοσύνθεσης στο σχολείο. Παρουσιάζεται στους/στις μαθητές/τριες το φαινόμενο «παραγωγή φυσαλίδων αερίου από πράσινο φυτό γλυκού νερού».
2^η Φάση: Εννοιολόγηση	Επιμέρους φάση Διατύπωση Ερωτήσεων Σε ανοιχτές προσεγγίσεις μάθησης με διερώτηση, η εργασία των μαθητών/τριών είναι να διατυπώσουν αιτιώδη ερωτήματα σχετικά με το φαινόμενο, τα οποία μπορούν να απαντηθούν χρησιμοποιώντας ένα πείραμα.	Οι μαθητές/τριες κάνουν ερωτήματα όπως «Ποιος παράγοντας είναι απαραίτητος για την παραγωγή αερίου;», «Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την ποσότητα του παραγόμενου αερίου;»
	Επιμέρους φάση Διατύπωση Υποθέσεων Η υπόθεση προκύπτει από το ερώτημα ή το πρόβλημα, με βάση προϋπάρχουσες γνώσεις, την καθημερινή εμπειρία και τις προκαταλήψεις των μαθητών/τριών. Διατυπώνεται ως μια πρόβλεψη μιας σχέσης αιτίας αποτελέσματος. Ζητείται από τους/τις μαθητές/τριες να αιτιολογήσουν τις προγνώσεις τους, ώστε να κάνουν μια σωστή εικασία.	Τώρα οι μαθητές/τριες διατυπώνουν υποθέσεις. Π.χ. «Υποθέτουμε ότι η παραγωγή οξυγόνου απαιτεί φως της ημέρας».
3^η Φάση: Διερεύνηση	Επιμέρους φάση: Πειραματισμός Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν έναν πειραματικό σχεδιασμό. Σχεδιάζουν τη δοκιμή ή την πειραματική τους διάταξη και το χρονοδιάγραμμα. Σε αυτή τη φάση είναι κρίσιμο να ακολουθείται αυστηρά η στρατηγική	Απαιτούνται δύο δοκιμές (Εικ. 4.6): 2 βλαστοί υδρόβιο φυτού, 2 ποτήρια ζέσεως, 2 δοκιμαστικοί σωλήνες, 2 χωνιά διηθήσεως, νερό βρύσης.

	ελέγχου των μεταβλητών. Είναι χρήσιμο οι μαθητές/τριες να αλλάζουν μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή κάθε φορά, και όλες οι άλλες πιθανές μεταβλητές να διατηρούνται υπό έλεγχο, που σημαίνει ότι διατηρούνται σταθερές ή εξαλείφονται. Πρέπει να πραγματοποιούνται δοκιμές ελέγχου και, εάν είναι δυνατόν υπό σχολικές συνθήκες, θα πρέπει να γίνονται τουλάχιστον μερικές επαναλήψεις.	Τα ποτήρια ζέσεως περιέχουν νερό βρύσης, όπου ένας φρεσκοκομμένος βλαστός τοποθετείται σε κάθε ποτήρι ανάποδα. Οι δοκιμαστικοί σωλήνες γεμίζονται πλήρως με νερό της βρύσης και στη συνέχεια τοποθετούνται πάνω από την άκρη του βλαστού χωρίς να χαθεί νερό, έτσι ώστε οι φυσαλίδες αερίου να συλλεχθούν στον δοκιμαστικό σωλήνα και να μαζευτούν στο πάνω άκρο. 1. μια δοκιμή (διάταξη) τοποθετείται στο άμεσο φως της ημέρας. 2. μια δοκιμή (διάταξη) τοποθετείται σε απόλυτο σκοτάδι.
	Επιμέρους φάση: Ερμηνεία δεδομένων Τα δεδομένα συλλέγονται, προετοιμάζονται και οπτικοποιούνται σε πίνακα, γραφική παράσταση, διάγραμμα κ.λπ. Επιπλέον, τα αποτελέσματα πρέπει να αναφέρονται και σε γραπτή μορφή/μορφή κειμένου σε ένα πρωτόκολλο.	Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα η παραγωγή αερίου (οξυγόνο) μετράτε ως τα χιλιοστόμετρα (mm) αερίου που συλλέχθηκε στο άνω άκρο του δοκιμαστικού σωλήνα. Στη δοκιμή με το φυσικό φως το αέριο είναι μετρήσιμο, στη δοκιμή με το σκοτάδι κανένα αέριο δεν είναι μετρήσιμο.
4^η Φάση: Συμπέρασμα	Στην τελευταία φάση του πειραματισμού ή της μάθησης με διερώτηση, οι μαθητές/τριες συμβουλεύονται να συγκρίνουν τα αποτελέσματά τους με τα ερωτήματα και τις υποθέσεις που είχαν διατυπώσει στην αρχή. Έτσι, μπορούν να ανακαλύψουν/εντοπίσουν εάν οι υποθέσεις θα μπορούσαν να επαληθευτούν ή να απορριφθούν. Στην τελευταία περίπτωση, η υπόθεση πρέπει να τροποποιηθεί και το πείραμα να επαναληφθεί.	Οι μαθητές/τριες συγκρίνουν την παραγωγή αερίου στο φως και στο σκοτάδι. Άρα μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι το υδρόβιο φυτό στο φως της ημέρας παράγει φυσαλίδες αερίου (οξυγόνο), ενώ στο σκοτάδι δεν υπάρχει παραγωγή αερίου. Η υπόθεση «Υποθέτουμε ότι η παραγωγή οξυγόνου απαιτεί φως της ημέρας» μπορεί να επιβεβαιωθεί.

Όταν τα αποτελέσματα ενός πειράματος συγκρίνονται με το ερώτημα και την υπόθεση, αυτό οδηγεί σε έναν κύκλο. Αυτός ο κύκλος μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές εάν πρέπει να γίνουν τροποποιήσεις στην υπόθεση και να πραγματοποιηθεί ένα κατάλληλα τροποποιημένο πείραμα. Επιπρόσθετα, μία ή περισσότερες διερευνητικές φάσεις μπορούν να εκτελεστούν εκ των προτέρων. Σε αυτές τις διερευνητικές φάσεις οι μαθητές/τριες αποκτούν γνώση για το φαινόμενο, απαραίτητο για να μπορέσουν να διατυπώσουν μια σωστή υπόθεση. Είναι προφανές ότι, και σε αυτή την περίπτωση, ο συστηματικός τρόπος εργασίας και η προσεκτική τεκμηρίωση είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για χρήσιμη προσθήκη στην προϋπάρχουσα γνώση.

4.3 Παρατηρήσιμα λάθη και προβλήματα των μαθητών/τριών όταν πειραματίζονται

Ο πειραματισμός είναι μια πολύπλοκη διαδικασία με πτυχές σκέψης, σχεδιασμού, χειρισμού και εξαγωγής συμπερασμάτων, με κάθε μία από αυτές να επικεντρώνεται σε διαφορετικά είδη ικανοτήτων. Είναι προφανές ότι οι μαθητές/τριες δεν μπορούν να διεξάγουν πειραματισμό αυθόρμητα, χρειάζονται κατάλληλες συμβουλές και εκπαίδευση. Για τους/τις εκπαιδευτικούς θα είναι χρήσιμο να γνωρίζουν εκ των προτέρων τα τυπικά προβλήματα και λάθη που θα αντιμετωπίσουν οι μαθητές/τριες τους. Επομένως, αφού εξηγήσαμε σε αυτό το κεφάλαιο ποια είναι τα χαρακτηριστικά ενός πειράματος, θα δοθεί μια εικόνα των προβλημάτων και των λαθών των μαθητών/τριών όταν σχεδιάζουν και διεξάγουν πειράματα και του πώς να αντιμετωπίζονται στην τάξη.

Μια αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών/τριών μπορεί να γίνει με γνώμονα τις ικανότητες (Ποιες είναι οι ικανότητες του/της μαθητή/τριας;) ή με γνώμονα τα λάθη και τα προβλήματα των μαθητών/τριών (Ποια είναι τα μαθησιακά προβλήματα του μαθητή/μαθήτριας;) (Baur, 2015). Υπό αυτή την έννοια, τα λάθη δεν πρέπει να νοούνται ως μειονέκτημα, αλλά ως μαθησιακή ευκαιρία (Metcalf, 2017· Schumacher, 2008). Υπάρχει μεγάλο πεδίο έρευνας που ασχολείται με τον εντοπισμό των λαθών των μαθητών/τριών όταν πειραματίζονται. Μερικά από τα σημαντικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια με δομημένο τρόπο, σύμφωνα με τις επιμέρους φάσεις του πειραματισμού. Μέχρι στιγμής, υπάρχουν ελάχιστες επιστημονικές διευκρινίσεις για τους λόγους που εντοπίζονται τα λάθη των μαθητών/τριών και αν αυτά σχετίζονται με συγκεκριμένες δράσεις κατά τη διδασκαλία. Επομένως, σε αυτό το βιβλίο, θα μπορούσαν να δοθούν μόνο συμβουλές βασισμένες σε ερμηνείες και εμπειρίες.

4.3.1 Επιμέρους φάση: Διατύπωση Ερωτήσεων

Αναφορικά με τα λάθη των μαθητών/τριών κατά τη διατύπωση ενός ερευνητικού ερωτήματος, υπάρχουν μέχρι στιγμής μόνο λίγα εμπειρικά ευρήματα. Ένα από τα βασικά ευρήματα είναι ότι οι

μαθητές/τριες δεν κάνουν συχνά αιτιώδη ερωτήματα, αλλά ερωτήσεις σχετικές με το περιεχόμενο (Cuccio-Schirripa & Steiner, 2000; Hofstein et al., 2005; Neber & Anton, 2008) (για διάκριση μεταξύ των αιτιωδών ερωτημάτων και των ερωτήσεων περιεχομένου βλέπε Παράδειγμα 4.1, σελ. 54). Για τον πειραματισμό, τα αιτιώδη ερωτήματα είναι απαραίτητα. Ο λόγος αυτού του λάθους των μαθητών/τριών θα μπορούσε να είναι μια εσφαλμένη αντίληψη (ή προκατάληψη) σχετικά με τους στόχους και τη δομή ενός επιστημονικού ερευνητικού ερωτήματος. Όσον αφορά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, είναι καίριας σημασίας να εξεταστεί τι είναι ένα ερευνητικό ερώτημα, τι ρόλο παίζει ένα ερευνητικό ερώτημα, τι είδους ερευνητικά ερωτήματα υπάρχουν (ερωτήσεις περιεχομένου, ερωτήσεις σύγκρισης, αιτιώδεις ερωτήσεις - βλέπε Dillon, 1984) και ποιο είδος ερευνητικού ερωτήματος οδηγεί σε ποιο είδος έρευνας. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να γίνεται εξάσκηση στη διατύπωση και την υποβολή ερευνητικών ερωτημάτων. Εάν κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης γίνει εμφανές από έναν/μία εκπαιδευτικό ότι υπάρχουν μαθητές/τριες που κάνουν λάθη ή έχουν προβλήματα, η υποστήριξη μάθησης και η διαφοροποίηση πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε αυτή την επιμέρους φάση. Επίσης, εκτεταμένες ασκήσεις και εξάσκηση για τη διατύπωση ενός ερευνητικού ερωτήματος θα μπορούσαν να είναι χρήσιμες.

5.7.2 Επιμέρους φάση: Διατύπωση Υποθέσεων

Αναφορικά με τις δεξιότητες, τα προβλήματα και τα λάθη των μαθητών/τριών στη διατύπωση μιας υπόθεσης, υπάρχει μεγάλος αριθμός ερευνητικών εργασιών. Τα βασικά ευρήματα είναι τα εξής:

- Πολλοί/ές μαθητές/τριες σχεδιάζουν και διεξάγουν τα πειράματά τους χωρίς υποθέσεις (Dunbar & Klahr, 1989; Millar & Lubben, 1996; Zhai et al., 2013).
- Η αντίληψη πολλών μαθητών/τριών είναι ότι ο στόχος ενός πειράματος είναι να δημιουργήσει ένα αποτέλεσμα (Hammann et al., 2006; Schauble et al., 1991). Επομένως, πολλοί/ές μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα επιθυμητό αποτέλεσμα στις υποθέσεις τους (παράδειγμα μιας τέτοιας υπόθεσης: Υποθέτω ότι το πώμα του δοκιμαστικού σωλήνα θα εκτοξευθεί).
- Οι μαθητές/τριες συχνά διατυπώνουν θετικές υποθέσεις (εάν περισσότερο...τότε περισσότερο...). Οι αρνητικές υποθέσεις (εάν περισσότερο...τότε λιγότερο...) διατυπώνονται σπάνια (Kanari & Millar, 2004).
- Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μόνο υποθέσεις που είναι εύλογες γι' αυτούς (Hammann et al., 2006; Klahr et al., 1993).
- Ορισμένοι/ες μαθητές/τριες αλλάζουν τις αδιευκρίνιστες υποθέσεις τους κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (Baur, 2021).

Οι λόγοι αυτών των δυσκολιών και των λαθών κατά τη διατύπωση μιας υπόθεσης θα μπορούσαν να είναι εσφαλμένες αντιλήψεις (προκαταλήψεις) σχετικά με τον στόχο και τη δομή των υποθέσεων.

Ίσως η γενική σημασία που έχει μια υπόθεση στη διαδικασία πειραματισμού δεν είναι ξεκάθαρη στους/στις μαθητές/τριες (δεν είναι δυνατός ο σχεδιασμός ενός πειραματικού περιβάλλοντος χωρίς μια υπόθεση, επειδή δεν είναι σαφές ποιες μεταβλητές πρέπει να μεταβάλλονται και ποιες πρέπει να διατηρούνται σταθερές). Οι ερευνητές αναφέρουν ότι ένας πιθανός λόγος για τη διατύπωση θετικών υποθέσεων από τους/τις μαθητές/τριες, είναι ότι αυτού του είδους οι υποθέσεις απαντώνται συνήθως στα σχολικά βιβλία και στην τάξη (Kanari & Millar, 2004). Όπως και στην επιμέρους φάση της *Διατύπωσης Ερωτήσεων*, είναι καίριας σημασίας να εξεταστεί στην τάξη τι ακριβώς είναι μια υπόθεση, τι νόημα έχει και πώς συνδέεται με το ερευνητικό ερώτημα (η υπόθεση είναι μια πιθανή απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα) και με το πειραματικό περιβάλλον. Όπως και στην επιμέρους φάση της *Διατύπωσης Ερωτήσεων*, είναι σημαντικό να προσφέρεται διαφοροποιημένη πρακτική, εάν η αξιολόγηση από έναν/μία εκπαιδευτικό αποκαλύψει ότι υπάρχουν μαθητές/τριες που κάνουν λάθη ή έχουν προβλήματα.

5.7.3 Επιμέρους φάση: Πειραματισμός

Τα λάθη και τα προβλήματα των μαθητών/τριών σε σχέση με τον σχεδιασμό και τη διεξαγωγή πειραμάτων είναι πολλαπλά. Μερικά από τα ευρήματα παρουσιάζονται παρακάτω:

- Πολλοί/ές μαθητές/τριες σχεδιάζουν πειράματα που περιλαμβάνουν μόνο μία δοκιμή (βλ. σε αυτό κεφάλαιο πειραματικές δοκιμές και δοκιμές ελέγχου, σελ. 56). Επομένως, οι μαθητές/τριες δεν μπορούν να αναγνωρίσουν την επιρροή της(των) ανεξάρτητης(-ων) μεταβλητής(-ών) (Hammann et al., 2006; Hammann et al., 2008). Ορισμένοι/ες μαθητές/τριες δεν περιλαμβάνουν δοκιμή ελέγχου (Germann et al., 1996), ενώ κάποιοι/ες άλλοι/ες δεν περιλαμβάνουν μια πειραματική δοκιμή, στην οποία θα τροποποιείται η ανεξάρτητη μεταβλητή (Chen & Klahr, 1999).
- Πολύ συχνά οι μαθητές/τριες παραλείπουν τη στρατηγική ελέγχου μεταβλητής (Hammann et al., 2006; Kuhn & Dean, 2005; Schauble et al., 1991; Siler & Klahr, 2012).
- Μερικοί/ές μαθητές/τριες ξεχνούν να συμπεριλάβουν μια απαραίτητη μεταβλητή (π.χ. μαγιά σε ένα πείραμα με μαγιά) (Baur, 2021).
- Αρκετοί/ές μαθητές/τριες διαφοροποιούν τον εργαστηριακό εξοπλισμό στις διαφορετικές δοκιμές (πειραματικές δοκιμές και δοκιμές ελέγχου) που ανήκουν σε μια διάταξη (ίδια πηγή) και έτσι δημιουργούν διαφορετικές συνθήκες στις συνδετικές δοκιμές, οι οποίες μπορεί να μην είναι πλέον συγκρίσιμες – π.χ.: Σε πειράματα ζύμωσης με μαγιά, στα οποία η ανάπτυξη αερίου μετριέται με την ανατίναξη ενός πώματος, θα ήταν λάθος να χρησιμοποιηθούν φιάλες με διαφορετικούς όγκους στις διατάξεις ελέγχου και δοκιμής.

- Οι μαθητές/τριες συχνά δεν εξετάζουν τις ποσότητες των ουσιών (Baur, 2018) – π.χ., σε πειράματα με μαγιά, οι ποσότητες μαγιάς στην πειραματική δοκιμή και στη δοκιμή ελέγχου πρέπει να είναι ίσες.
- Οι μαθητές/τριες συχνά τείνουν να διερευνούν πολλαπλές μεταβλητές ταυτόχρονα και ως εκ τούτου θα έπρεπε να σχεδιάσουν μια πολυπαραγοντική πειραματική ρύθμιση, η οποία είναι περίπλοκη για τους/τις μαθητές/τριες όταν σχεδιάζουν και συλλογίζονται (Glaser et al., 1992).
- Σε πολλές περιπτώσεις οι μαθητές/τριες δοκιμάζουν πράγματα χωρίς να εργάζονται αυστηρώς επιστημονικά (Hammann et al., 2008; Meier & Mayer, 2012; Wahser & Sumfleth, 2008).
- Οι μαθητές/τριες σπάνια επαναλαμβάνουν τις μετρήσεις τους και έτσι δεν υπάρχει έλεγχος σφαλμάτων μέτρησης (Lubben & Millar, 1996).
- Μερικοί μαθητές/τριες δυσκολεύονται να χρησιμοποιήσουν σωστά τον (απλό) εξοπλισμό μέτρησης και εργαστηρίου (Kechel, 2016).

Οι αιτίες ορισμένων λαθών και δυσκολιών που παρουσιάζονται πιο πάνω μπορεί να είναι η έλλειψη κατανόησης της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητής και της ανάγκης για πειραματικές δοκιμές και δοκιμές ελέγχου. Η στρατηγική ελέγχου μεταβλητής περιλαμβάνει επίσης τη χρήση ίδιου εργαστηριακού εξοπλισμού και ίσων ποσοτήτων ουσιών (εάν αυτή δεν είναι η μεταβλητή που μεταβάλλεται) στην πειραματική δοκιμή και στη δοκιμή ελέγχου. Επίσης, δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένη η κατανόηση των μαθητών/τριών για τον υπολογισμό του μέσου όρου των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα μέτρησης (χωρίς επεξηγήσεις). Ο χειρισμός του εργαστηριακού εξοπλισμού και του εξοπλισμού μέτρησης απαιτεί συνεχή εκπαίδευση και εξάσκηση. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό οι μαθητές/τριες να μάθουν στην τάξη τη στρατηγική ελέγχου μεταβλητής, την ανάγκη για πειραματικές δοκιμές και δοκιμές ελέγχου και της επανάληψης των μετρήσεων. Ο/Η εκπαιδευτικός θα πρέπει να συμβουλεύει τους/τις μαθητές/τριες να μεταβάλλουν μόνο μία μεταβλητή και να αποφεύγουν πολυπαραγοντικές πειραματικές ρυθμίσεις. Όπως ήδη αναφέρθηκε στις προηγούμενες επιμέρους φάσεις, εάν σε αυτή την επιμέρους φάση εντοπιστούν λάθη και δυσκολίες κατά τη διαμορφωτική αξιολόγηση, οι δυνατότητες προσαρμογής εννοιών ή περαιτέρω ασκήσεων πρέπει να γίνουν μέσω της διαφοροποίησης και της υποστήριξης μάθησης.

5.7.4 Επιμέρους φάση: Ερμηνεία Δεδομένων

Τα σφάλματα στην ερμηνεία δεδομένων προκαλούνται συχνά από τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών/τριών σχετικά με το περιεχόμενο:

- Εάν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν δεν ταιριάζουν με τα αναμενόμενα δεδομένα των μαθητών/τριών, κάποιοι/ες μαθητές/τριες υποθέτουν ότι υπάρχει σφάλμα στο δικό τους πείραμα (Ludwig et al., 2019; Wahser & Sumfleth, 2008; Chinn & Brewer, 1998).
- Πολλοί/ές μαθητές/τριες αγνοούν δεδομένα που δεν ανταποκρίνονται στις προσδοκίες τους (Chinn & Brewer, 1993· Gauld, 1986· Kuhn, 1989· Schauble et al., 1991· Watson & Konicek, 1990).
- Πολλοί/ές μαθητές/τριες, καθώς και πολλοί ενήλικες, τείνουν να εμμένουν στις υποθέσεις τους και να προσπαθούν να τις επιβεβαιώσουν (Chinn & Brewer, 1993; Klayman & Ha, 1989; Wason, 1960).

Υπάρχουν επίσης μεθοδικά λάθη των μαθητών/τριών:

- Εάν οι μαθητές/τριες κάνουν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, συχνά επιλέγουν το πρώτο ή το τελευταίο αποτέλεσμα μέτρησης ως το τελικό αποτέλεσμα, ή μια τιμή μεταξύ του υψηλότερου και του χαμηλότερου αποτελέσματος μέτρησης, αντί να υπολογίζουν τον αριθμητικό μέσο όρο (Kanari & Millar, 2004; Lubben & Millar, 1996; Masnick & Klahr, 2003).
- Οι μαθητές/τριες συχνά συγχέουν την παρατήρηση με το συμπέρασμα (Boaventura et al., 2013).

Επομένως, στα μαθήματα των φυσικών επιστημών υπάρχει ανάγκη να μιλήσουμε στους/στις μαθητές/τριες για μια αντικειμενική ανάλυση δεδομένων. Μια άλλη πτυχή της διδασκαλίας είναι ότι πρέπει να διευκρινιστεί στους/στις μαθητές/τριες ότι σε ένα πείραμα εμφανίζονται συχνά απροσδόκητα αποτελέσματα και ότι αυτό είναι φυσιολογικό. Ίσως είναι σημαντικό ο/η εκπαιδευτικός να εξηγεί ρητά στους/στις μαθητές/τριες ότι ακόμη και οι διαψευσμένες υποθέσεις παρέχουν αποτελέσματα και επομένως δεν είναι «λανθασμένες». Είναι απαραίτητο να συζητηθεί η διαφορά μεταξύ μιας παρατήρησης και ενός συμπεράσματος και να γίνει εξάσκηση και για τα δύο. Οι λόγοι για τους οποίους πρέπει να γίνονται επαναλήψεις των μετρήσεων πρέπει να γίνουν κατανοητοί. Όπως σε όλες τις άλλες επιμέρους φάσεις, είναι σημαντικό να προσφέρονται διαφοροποιημένες ασκήσεις και υποστήριξη μάθησης όταν είναι ορατές οι δυσκολίες των μαθητών/τριών.

Περίληψη

Τα πειράματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών ως θεμελιώδη μέθοδο διερώτησης. Χαρακτηρίζονται από ένα αιτιώδες ερευνητικό ερώτημα, τη διατύπωση υποθέσεων, τον σχεδιασμό και τη διεξαγωγή του πειράματος υπό ελεγχόμενες συνθήκες (πειραματικές δοκιμές και δοκιμές ελέγχου, στρατηγική ελέγχου μεταβλητής) και την ερμηνεία των δεδομένων που συλλέγονται. Τέλος, το αποτέλεσμα ενός πειράματος συγκρίνεται με τις υποθέσεις και έτσι μπορεί να ελεγχθεί εάν τα δεδομένα υποστηρίζουν ή διαψεύδουν τις υποθέσεις. Φυσικά, οι παράγοντες ποιότητας της επιστημονικής εργασίας, η αντικειμενικότητα, η αξιοπιστία και η εγκυρότητα, ισχύουν και για τα πειράματα στο σχολείο.

Βιβλιογραφία

- Barzel, B., Reinhoffer, B., & Schrenk, M. (2012). 6. Das Experimentieren im Unterricht. In W. Rieß, M.A. Wirtz, B. Barzel, & A. Schulz (Ed.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht* (pp. 103–128), Waxmann.
- Baur, A. (2015). Inwieweit eignen sich bisherige Diagnoseverfahren des Bereichs Experimentieren für die Schulpraxis?. *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 19(1), 25–36.
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren: Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 115–129.
- Baur, A. (2021). Errors made by 5th-, 6th-, and 9th-graders when planning and performing experiments: Results of video-based comparisons. *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 25, 45–63. doi: 10.11576/zdb-3576
- Baur, A., & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International*, 1–12.
- Boaventura, D., Faria, C., Chagas, I., & Galvão, C. (2013). Promoting science outdoor activities for elementary school children: Contributions from a research laboratory. *International Journal of Science Education*, 35(5), 796–814. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.583292>
- Bruckermann, T., Arnold, J., Kremer, K., & Schlüter, K. (2017). Forschendes Lernen in der Biologie. In T. Bruckermann, & K. Schlüter (Ed.), *Forschendes Lernen im Experimentalpraktikum Biologie* (pp. 11–26), Springer.
- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Ed.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 21–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Capps, D.K., & Crawford, B.A. (2013). Inquiry-Based Instruction and Teaching About Nature of Science: Are They Happening? *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 497–526.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70(5), 1098–1120.
- Chinn, C.A., & Brewer, W.F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1–49.
- Chinn, C.A., & Brewer, W.F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623–654.
- Cuccio-Schirripa, S., & Steiner, H.E. (2000). Enhancement and analysis of science question level for middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 210–224.
- Dillon, J.T. (1984). The classification of research questions. *Review of Educational Research*, 54(3), 327–361.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer.
- Dunbar, K., & Klahr, D. (1989). Developmental differences in scientific discovery processes. In D. Klahr (Ed.), *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon* (pp. 109–143). Lawrence Erlbaum.
- Gauld, C. (1986). Models, meters and memory. *Research in Science Education*, (16), 49–54.
- Germann, P.J., Aram, R., & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79–99.

- Glaser, R., Schauble, L., Raghavan, K., & Zeitz, C. (1992). Scientific Reasoning across different domains. In E. de Corte, M.C. Linn, H. Mandl, & L. Verschaffel (Ed.), *Computer-based learning environments and problem solving* (pp. 345–371). Springer-Verlag.
- Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2006). *Fachdidaktik Biologie* (7. Aufl.). Aulis Verlag Deubner.
- Gropengießer, H., Harms, U., & Kattmann, U. (2013). *Fachdidaktik Biologie*. Aulis.
- Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(5), 292–299.
- Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M., & Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42(2), 66–72.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791–806.
- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748–769.
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren: Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*. Logos.
- Klahr, D., Fay, A.L., & Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 25, 111–146.
- Klayman, J., & Ha, Y.-W. (1989). Hypothesis testing in rule discovery: Strategy, structure, and content. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(4), 596–604.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674–689.
- Kuhn, D., & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16(11), 866–870.
- Lubben, F., & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955–968.
- Ludwig, T., Priemer, B., & Lewalter, D. (2019). Assessing secondary school students' justifications for supporting or rejecting a scientific hypothesis in the physics lab. *Research in Science Education* [published online 01 June 2019].
- Masnick, A.M., & Klahr, D. (2003). Error matters: An initial exploration of elementary school children's understanding of experimental error. *Journal of Cognition and Development*, 4(1), 67–98.
- McComas, W. (2015). The Nature of Science & the Next Generation of Biology Education. *The American Biology Teacher*, 77(7), 485–491.
- Meier, M., & Mayer, M. (2012). Experimentierkompetenz praktisch erfassen: Entwicklung und Validierung eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. In U. Harms & F.X. Bogner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (S. 81–98). Studien Verlag.
- Metcalf, J. (2017). Learning from Errors. *Annual Review of Psychology*, 68, 465–489.
- Millar, R., & Lubben, F. (1996). Investigative work in science: The role of prior expectations and evidence in shaping conclusions. *Educational Research*, 13(3), 28–34.
- Neber, H., & Anton, M.A. (2008). Förderung präexperimenteller epistemischer Aktivitäten im Chemieunterricht [Fostering of pre-experimental epistemic activities in chemistry lessons]. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(2), 143–150.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer Spektrum.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., de Jong, T., van Riesen, S.A.N., Kamp, E.T., Manoli, C.C., Zacharia, Z.C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 2015, 47–61.
- Schauble, L., Klopfer, L.E., & Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 859–882.
- Schumacher, R. (2008). Der produktive Umgang mit Fehlern. Fehler als Lerngelegenheit und Orientierungshilfe. In R. Caspary (Ed.), *Nur wer Fehler macht, kommt weiter: Wege zu einer neuen Lernkultur* (pp. 49–72). Herder.
- Schwichow, M., Coker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37–63.
- Siler, S.A., & Klahr, D. (2012). Detecting, classifying, and remediating: Children's explicit and implicit misconceptions about experimental design. In R.W. Proctor & E.J. Capaldi (Hrsg.), *Psychology of Science* (S. 137–180). Oxford University Press.
- Urhahne, D., Krämer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), 71–93.
- Van Uum, M.S.J., Verhoeff, R.P., & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450–469.
- Wahser, I., & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219–241.
- Wason, P.C. (1960). On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(3), 129–140.
- Watson, B., & Konicek, R. (1990). Teaching for conceptual change: Confronting children's experience. *Phi Delta Kappan*, 680–684.

Zhai, J., Jocz, J.A. & Tan, A.-L. (2013). 'Am I Like a Scientist?': Primary children's images of doing science in school. *International Journal of Science Education*, 36(4), 553–576.

5 Αξιολόγηση στη Μάθηση με Διερώτηση

5.1 Εισαγωγή: Αξιολόγηση ως προϋπόθεση για διαφοροποίηση

Εάν οι εκπαιδευτικοί θέλουν να διαφοροποιήσουν και να προσαρμόσουν τη διδασκαλία τους στις ανάγκες των μαθητών/τριών τους, είναι απαραίτητο να γνωρίζουν τις ανάγκες και τις απαραίτητες προϋποθέσεις. Έτσι, εάν η διδασκαλία πρέπει να προσαρμοστεί στις επιδόσεις των μαθητών/τριών, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε για τα επίπεδα ικανοτήτων κάθε μαθητή/τριας, καθώς και για τις μαθησιακές τους δυνατότητες αλλά και για τις μαθησιακές τους δυσκολίες. Η αξιολόγηση μας παρέχει τη δυνατότητα να αποκτήσουμε αυτή τη γνώση. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών μεθόδων αξιολόγησης των επιτευγμάτων των μαθητών/τριών και της μαθησιακής τους πορείας, σύμφωνα με διαφορετικές καταστάσεις και στόχους. Η γνώση σχετικά με τις ικανότητες των μαθητών/τριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την αξιολόγηση των μαθησιακών επιτευγμάτων είτε για την ενίσχυση των μαθησιακών διεργασιών των μαθητών/τριών (Black & William, 2018). Κατά τη διάρκεια του μαθήματος η αξιολόγηση εφαρμόζεται συνήθως αυθόρμητα, για παράδειγμα όταν οι εκπαιδευτικοί διατυπώνουν διάφορες ερωτήσεις για να λάβουν πληροφόρηση για τις ιδέες των μαθητών/τριών ή όταν παρατηρούν τους/τις μαθητές/τριες καθώς εργάζονται εξατομικευμένα (Shepard, 2019). Αυτό το είδος αξιολόγησης λειτουργεί καλά για την άντληση πληροφοριών με στόχο την προώθηση της μάθησης των μαθητών/τριών. Πέρα από αυτές τις «αυθόρμητες» (on-the-fly) αξιολογήσεις, η αξιολόγηση αποτελεί μια προσχεδιασμένη διαδικασία, καθώς ο/η εκπαιδευτικός συλλογίζεται για το τι χρειάζεται να γνωρίζει για τους/τις μαθητές/τριες του/της, ώστε να τους βοηθήσει να αναπτύξουν τις ικανότητές τους ή να καταγράψει τα επίπεδά τους και ακολούθως θα επιλέξει στοχευμένα τη διδακτική προσέγγιση που θα ακολουθήσει στο μάθημά του/της. Παραδείγματα προσχεδιασμένης αξιολόγησης αποτελούν οι γραπτές εξετάσεις ή η ανάλυση της εργασίας των μαθητών/τριών. Οι προσχεδιασμένες αξιολογήσεις εφαρμόζονται καλύτερα για την αξιολόγηση των μαθησιακών επιτευγμάτων, για παράδειγμα για τον σκοπό της βαθμολόγησης και για την ανάπτυξη των ικανοτήτων των μαθητών/τριών. Σε ορισμένες χώρες υπάρχουν επίσης πιο επίσημα είδη αξιολογήσεων, όπως οι εθνικές εξετάσεις ή άλλα επίσημα εργαλεία (π.χ. TIMSS) που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί για να αξιολογήσουν τις ικανότητες των μαθητών/τριών τους.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν, αρχικά, ορισμένες σημαντικές έννοιες σχετικές με την αξιολόγηση. Στη συνέχεια, η έμφαση μεταφέρεται στην αξιολόγηση στην τάξη και παρουσιάζονται διαφορετικές μέθοδοι αξιολόγησης στο πλαίσιο της ΜΜΔ, λαμβάνοντας υπόψη την αξιολόγηση από τον/την εκπαιδευτικό, την ετεροαξιολόγηση και την αυτοαξιολόγηση.

5.2 Διαμορφωτική και αθροιστική/τελική αξιολόγηση

Παράδειγμα 5.1

Τι σας έρχεται στο μυαλό όταν ακούτε τη λέξη αξιολόγηση; Μπορεί να είναι μια τάξη με μαθητές/τριες που συμμετέχουν στις Παγκύπριες εξετάσεις, τα αποτελέσματα των οποίων θα λειτουργήσουν ως μέσο για το ποιοι/ποιες θα εξασφαλίσουν μια θέση στο πανεπιστήμιο και ποιοι/ποιες θα μείνουν εκτός. Ή μπορεί να είναι ένας/μία εκπαιδευτικός που λέει σε ένα/μία μαθητή/τρια το εξής: «Έχω προσέξει από την εργασία σου ότι τα πηγαίνεις πολύ καλά στη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων, αλλά θα ήταν χρήσιμο να σκεφτείς πώς θα υλοποιηθεί ένα έγκυρο πείραμα. Αυτές οι δύο εικόνες αξιολόγησης είναι εξίσου έγκυρες και σωστές, αλλά αντικατοπτρίζουν δύο διαφορετικούς σκοπούς που εξυπηρετούνται από την αξιολόγηση.

Η πρώτη εικόνα που περιγράφεται πιο πάνω αποτελεί παράδειγμα *αθροιστικής/τελικής αξιολόγησης*, ή για να είμαστε πιο ακριβείς, είναι ένα παράδειγμα του τελικού σκοπού της αξιολόγησης. Ο στόχος είναι να γίνει ένας απολογισμός των γνώσεων και δεξιοτήτων των μαθητών/τριών σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω συλλογής, ερμηνείας και αναφοράς διαφορετικών μορφών αποδεικτικών στοιχείων για τη μάθηση (Dolin et al., 2018). Τα αποδεικτικά στοιχεία συλλέγονται μέσω διαγνωστικών δοκιμών, εξετάσεων, δημιουργίας χαρτοφυλακίου για την εργασία των μαθητών/τριών, σύνοψη διάφορων παρατηρήσεων (γραφτών ή που έχει καταγράψει άτυπα στο μυαλό του/της ο/η εκπαιδευτικός) και καταγραφών που έχουν συλλεχθεί σε βάθος χρόνου. Η ερμηνεία ή αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων υλοποιείται σε σχέση με τους μαθησιακούς στόχους που αναμένεται να έχουν επιτευχθεί από τους/τις μαθητές/τριες κατά τη στιγμή της αξιολόγησης, όπως για παράδειγμα στο τέλος της σχολικής χρονιάς. Η αναφορά της μάθησης μπορεί να γίνει μέσω μιας σχολικής έκθεσης προόδου για τον/την κάθε μαθητή/τρια στο τέλος του κάθε τετραμήνου. Οι βαθμολογίες στην έκθεση προόδου χρησιμοποιούνται κυρίως ως μέσο για να καθοριστεί ποιοι/ες μαθητές/τριες θα συνεχίσουν τις σπουδές τους στην επόμενη βαθμίδα της εκπαίδευσης, θα εξασφαλίσουν θέση σε συγκεκριμένα σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με περιορισμό θέσεων (βλ. Παράδειγμα 2.2 στο Κεφάλαιο 2) ή θα εξασφαλίσουν θέση σε πανεπιστήμιο. Υπάρχουν περιπτώσεις που τα αποτελέσματα της τελικής αξιολόγησης χρησιμοποιούνται και ως μέσο για την αξιολόγηση των εκπαιδευτικών ή των σχολικών μονάδων και αυτό μπορεί να επηρεάσει τη φήμη τους ή τη χρηματοδότησή τους.

Από την άλλη, η δεύτερη εικόνα που περιγράφεται πιο πάνω αποτελεί ένα παράδειγμα *διαμορφωτικής αξιολόγησης* ή *συντρέχουσας αξιολόγησης*, δηλαδή η αξιολόγηση που γίνεται κατά τη διάρκεια της μάθησης για τη διορθωτική διαμόρφωση της μάθησης. Ο στόχος της διαμορφωτικής

αξιολόγησης – αξιολόγηση για τη μάθηση – είναι να υποστηρίξει τη μάθηση των μαθητών/τριών τη χρονική στιγμή που αυτή συντελείται, σε αντιδιαστολή με την τελική/αθροιστική αξιολόγηση – αξιολόγηση της μάθησης – η οποία στοχεύει στην αναφορά των μαθησιακών επιτευγμάτων των μαθητών/τριών. Εξαιτίας αυτού η διαμορφωτική αξιολόγηση αναφέρεται συχνά και ως «συνεχής/συντρέχουσα αξιολόγηση». Η διαμορφωτική αξιολόγηση μπορεί να προκύψει μέσω ερωτήσεων του τύπου «Προς τα πού κατευθύνεται ο/η μαθητής/τρια;», «Πού είναι ο/η μαθητής/τρια αυτή τη στιγμή;» και «Πώς να κάνω τον/την μαθητή/τρια να πάει προς τα εκεί;» (Black & Wiliam, 2009; Hattie & Timperley, 2007), ενώ η αθροιστική αξιολόγηση κοιτάζει πίσω: «Τι έχει μαθευτεί μέχρι αυτό το σημείο;». Έχουν προταθεί διαφορετικές εμφάσεις για τη διαμορφωτική αξιολόγηση (Bennett, 2011). Κάποιοι θεωρούν τη διαμορφωτική αξιολόγηση ως ένα εργαλείο ή ως τράπεζα διαγνωστικών δοκιμών (Pearson, 2005), ενώ πρόσφατα θεωρήθηκε ως μια διαδικασία που παρέχει «μια ποιοτική ένδειξη της μάθησης των μαθητών/τριών» (Shepherd, 2008). Μια κρίσιμη πτυχή της διαμορφωτικής αξιολόγησης είναι ότι η πληροφόρηση που λαμβάνεται σχετικά με τις επιδόσεις των μαθητών/τριών χρησιμοποιείται ως μέσο για τις αποφάσεις που θα ληφθούν σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση σε μεταγενέστερο στάδιο. Όπως το έχουν θέσει οι Black και Wiliam (2009):

«Η διδακτική πρακτική σε μια τάξη είναι διαμορφωτική στον βαθμό που αντλούνται, ερμηνεύονται και χρησιμοποιούνται αποδεικτικά στοιχεία σχετικά με τα επιτεύγματα των μαθητών/τριών από εκπαιδευτικούς, μαθητές/τριες ή συμμαθητές/τριες τους, για να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με τα επόμενα βήματα στη διδασκαλία, που είναι πιθανό να είναι καλύτερα θεμελιωμένα από τις αποφάσεις που θα είχαν ληφθεί αν δεν υπήρχαν τα αποδεικτικά στοιχεία που συλλέχθηκαν».

Αν εξετάσουμε πιο προσεκτικά τη διαδικασία της διαμορφωτικής αξιολόγησης που περιγράφεται από τους Black και Wiliam (2009), μπορούμε να διακρίνουμε τρεις διαφορετικές διαδικασίες: 1) την άντληση αποδεικτικών στοιχείων για την επίδοση των μαθητών/τριών, 2) την ερμηνεία αυτών των στοιχείων και 3) τη χρήση αυτών των στοιχείων για τη βελτίωση της διδασκαλίας ή καλύτερα για τη λήψη ενημερωμένων αποφάσεων για τα επόμενα βήματα της διδασκαλίας. Ακόμη και προτού εφαρμοστούν αυτές οι διαδικασίες, οι μαθησιακοί στόχοι και τα βήματα που απαιτούνται για την επίτευξη αυτών των στόχων θα πρέπει να είναι ξεκάθαρα, τόσο στον/στην εκπαιδευτικό όσο και στους/στις μαθητές/τριες (Dolin et al., 2018; Ruiz-Primo, 2011).

Η άντληση αποδεικτικών στοιχείων σχετικά με τα επιτεύγματα των μαθητών/τριών μπορεί να γίνει μέσω διαφορετικών μεθόδων. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν απλώς να παρατηρούν τους/τις μαθητές/τριες ενώ εργάζονται, να κάνουν ερωτήσεις για να διερευνήσουν την κατανόησή τους και να συμμετέχουν σε συζητήσεις μαζί τους (Ruiz-Primo & Furtak, 2007). Η άντληση αποδεικτικών στοιχείων μπορεί επίσης να συμβεί εξετάζοντας τα τετράδια ή τα φύλλα εργασίας των

μαθητών/τριών για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα ή μέσω σύντομων τεστ ή κουίζ (Dolin et al., 2018). Παρόλο που ο ορισμός των Black και Wiliam (2009), και άλλων εργασιών που έγιναν για τη διαμορφωτική αξιολόγηση (Dini et al., 2020; Ruiz-Primo & Furtak, 2007), εστιάζουν στην άντληση πληροφοριών ως μια ενεργή και προγραμματισμένη διαδικασία, για παράδειγμα μέσω συγκεκριμένων ερωτήσεων που θα κάνει ο/η εκπαιδευτικός, άλλες μελέτες υπογραμμίζουν τον ρόλο που μπορούν να έχουν οι αυθόρμητες συνεισφορές των μαθητών/τριών σε συζητήσεις στο πλαίσιο της διαμορφωτικής αξιολόγησης (Louca et al., 2012; Nieminen et al., 2020). Σε συνεντεύξεις που πραγματοποιήθηκαν για την προετοιμασία αυτού του βιβλίου, οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι άντλησαν στοιχεία για τη μάθηση των μαθητών/τριών τους παρατηρώντας τους κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, κάνοντας τους ερωτήσεις, μελετώντας τις εργασίες τους ή τα φύλλα εργασίας τους ή ζητώντας τους να δημιουργήσουν χαρτοφυλάκιο με όλες τις εργασίες που φανερώνουν τι έχουν μάθει.

Η ερμηνεία των αποδεικτικών στοιχείων είναι συχνά μια έμμεση και εσωτερική διαδικασία, κατά την οποία ο/η εκπαιδευτικός αποδίδει νόημα στα στοιχεία σχετικά με τα επιτεύγματα των μαθητών/τριών (Dini et al., 2020). Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την κριτική ανάλυση των στοιχείων και την αντιπαραβολή τους με τους μαθησιακούς στόχους, άλλους/ες μαθητές/τριες και τις ικανότητες κάθε μαθητή/τριας ξεχωριστά (Dolin et al., 2018).

Η τελική διαδικασία αφορά στον τρόπο που θα αξιοποιηθεί η τεκμηριωμένη κριτική ανάλυση για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τα επόμενα βήματα της διδασκαλίας. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι η προγραμματισμένη διδασκαλία πρέπει να αλλάξει εντελώς, για παράδειγμα ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να κρίνει ότι οι μαθητές/τριες χρειάζονται ακόμα περισσότερη εξάσκηση πριν προχωρήσουν σε ένα νέο θέμα. Συχνά η απόφαση για το τι πρόκειται να συμβεί αφορά στην παροχή ανατροφοδότησης στους/στις μαθητές/τριες. Ο στόχος αυτής της διαμορφωτικής ανατροφοδότησης είναι να δώσει στους/στις μαθητές/τριες επαρκείς πληροφορίες σχετικά με τα επιτεύγματά τους και κυρίως πώς μπορούν να βελτιώσουν την εργασία τους. Αυτή η ανατροφοδότηση θα πρέπει να είναι κάτι περισσότερο από μια απλή βαθμολογία. Ο Butler (1987; 1988) ανακάλυψε ότι το να δίνουμε βαθμούς, με ή χωρίς πρόσθετα σχόλια, ήταν λιγότερο αποτελεσματικό για τη βελτίωση της εργασίας των μαθητών/τριών από το να δίνουμε μόνο σχόλια. Για να είναι επιτυχής η διαμορφωτική αξιολόγηση, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να γνωρίζουν πώς να αντλούν έγκυρα και καλής ποιότητας στοιχεία από τους/τις μαθητές/τριες, πώς να αναλύουν κριτικά αυτά τα στοιχεία και πώς να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Στις συνεντεύξεις μας οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι αξιοποίησαν πληροφορίες που συνέλεξαν για τους/τις μαθητές/τριες τους τόσο για την παροχή ανατροφοδότησης επί τόπου, όσο και για την πραγματοποίηση αλλαγών στα πλάνα τους για τα επόμενα μαθήματα.

5.3 Μέθοδοι αξιολόγησης κατά τη ΜΜΔ

Σε μια τάξη, κυρίως οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν τις ερευνητικές ικανότητες των μαθητών/τριών. Αλλά η αξιολόγηση δεν χρειάζεται απαραίτητα να πραγματοποιείται από τον/την εκπαιδευτικό. Επιπλέον, άλλοι/ες μαθητές/τριες στην τάξη μπορούν να δώσουν ανατροφοδότηση στο πλαίσιο ετεροαξιολόγησης ή ακόμα οι μαθητές/τριες μπορούν να αξιολογήσουν τη δική τους εργασία.

5.3.1 Αξιολόγηση από τον εκπαιδευτικό

Οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν την απόδοση των μαθητών/τριών με διάφορους τρόπους. Κάποιες φορές αυτό μπορεί να γίνει τυχαία αν ο/η εκπαιδευτικός παρατηρήσει κάτι στην τάξη που απαιτεί κάποια αντίδραση. Από την άλλη, η αξιολόγηση μπορεί να είναι προσχεδιασμένη, για παράδειγμα αν ένας/μία εκπαιδευτικός ετοιμάσει δραστηριότητες ή πρωτόκολλα αξιολόγησης. Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιαστούν διαφορετικές μέθοδοι αξιολόγησης που μπορεί να αξιοποιήσει ο/η εκπαιδευτικός.

- **Παρατηρήσεις**

Η πιο κοινή μορφή αξιολόγησης είναι η παρατήρηση. Συχνά οι παρατηρήσεις γίνονται αυθόρμητα κατά τη διάρκεια των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων και δεν καταγράφονται συστηματικά (αυθόρμητες/επιτόπιες παρατηρήσεις). Από τη άλλη, η παρατήρηση μπορεί να αξιοποιηθεί και ως ρητή μέθοδος αξιολόγησης.

Αυθόρμητες/επιτόπιες παρατηρήσεις (On-the-fly observations)

Οι αυθόρμητες/επιτόπιες παρατηρήσεις είναι ένα παράδειγμα άτυπων διαμορφωτικών αξιολογήσεων. Ο όρος «αυθόρμητες» περιγράφει τις παρατηρήσεις που συμβαίνουν ως μέρος των τακτικών δραστηριοτήτων στην τάξη σε σύντομο χρονικό διάστημα. Αφορά σε γρήγορες, αυθόρμητες κρίσεις και ενέργειες των εκπαιδευτικών που βασίζονται σε πληροφορίες που αποκτήθηκαν από τους/τις μαθητές/τριες με διαφορετικά μέσα. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να προέλθουν απευθείας από τους/τις μαθητές/τριες, αλλά συχνά οι ερωτήσεις που διατυπώνουν οι εκπαιδευτικοί είναι ένας τρόπος για να παρακινηθεί η γνώση των μαθητών/τριών. Καταλληλότερες ερωτήσεις για αυθόρμητη/επιτόπια διαμορφωτική αξιολόγηση, είναι οι ανοιχτού τύπου ερωτήσεις για αξιοποίηση διάφορων τύπων γνώσης, συμπεριλαμβανομένων των διαδικαστικών και στρατηγικών γνώσεων (Ruiz-Primo, 2011).

Αφού αποκτηθούν οι πληροφορίες σχετικά με τις γνώσεις των μαθητών/τριών, πρέπει να ερμηνευθούν και να κριθούν. Συνήθως αυτό γίνεται από τον/την εκπαιδευτικό, αλλά μερικές φορές μπορεί να γίνει και μεταξύ συμμαθητών/τριών (ίδια πηγή). Προηγούμενη έρευνα έχει

κάνει διάκριση μεταξύ δύο διαφορετικών προσανατολισμών που μπορούν να έχουν οι εκπαιδευτικοί για την ερμηνεία αποδεικτικών στοιχείων. Ορισμένοι εκπαιδευτικοί έχουν έναν αξιολογικό προσανατολισμό όπου «*περιμένουν να ακούσουν*» μια συγκεκριμένη ιδέα ή εξήγηση από τους/τις μαθητές/τριες, ενώ άλλοι εκπαιδευτικοί μπορεί να έχουν έναν ερμηνευτικό προσανατολισμό όπου «*ακούνε*» τον/την μαθητή/τρια και προσπαθούν να καταλάβουν και να αποδώσουν νόημα στις ιδέες του/της (Davis, 1997; Talanquer et al., 2015). Προκειμένου οι κρίσεις να βασίζονται σε στοιχεία που αφορούν τα πραγματικά επιτεύγματα των μαθητών/τριών, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να υιοθετήσουν τον δεύτερο προσανατολισμό. Τέλος, ο/η εκπαιδευτικός πρέπει να αντιδράσει στις πληροφορίες που λαμβάνει. Αυτό μπορεί να συμβεί μέσω της παροχής εξηγήσεων, της σύγκρισης των ιδεών των μαθητών/τριών ή της παροχής ανατροφοδότησης (Ruiz-Primo, 2011).

Συστηματικές παρατηρήσεις στην τάξη

Οι συστηματικές παρατηρήσεις στην τάξη είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για την αξιολόγηση των ικανοτήτων των μαθητών/τριών (O'Leary, 2020; Schermer & Fosker, 2020). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για διαμορφωτική όσο και για τελική αξιολόγηση. Για να αξιοποιηθούν οι παρατηρήσεις ως μια ρητή μέθοδος αξιολόγησης, πρέπει να προηγηθεί σκόπιμος και στοχευμένος σχεδιασμός. Οι ακόλουθες ερωτήσεις κλειδιά πρέπει να ληφθούν υπόψη εκ των προτέρων:

- Ποιοι/ες είναι το αντικείμενο παρατηρήσεων;
- Ποιος/α πρέπει να παρατηρήσει ποιον/α;
- Τι πρέπει να παρατηρηθεί;
- Πώς πρέπει να γίνει η παρατήρηση;
- Πότε, για πόσο καιρό και πόσο συχνά πρέπει να γίνεται η παρατήρηση;
- Πώς πρέπει να καταγράφονται/σημειώνονται τα ευρήματα;
- Τι πρέπει να γίνει με τα ευρήματα;

Η παρακολούθηση των επιδόσεων των μαθητών/τριών στα μαθήματα είναι ιδιαίτερα απαραίτητη όταν οι μαθητές/τριες εργάζονται αυτόνομα, ατομικά ή ομαδικά, σε πρακτικές εργασίες, κάτι που συμβαίνει συχνά κατά τη ΜΜΔ. Οι παρατηρήσεις συμπεριφοράς μπορεί να αφορούν έναν/μια μόνο μαθητή/τρια ή να επικεντρωθούν στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ πολλών μαθητών/τριών σε μια ομάδα.

Η παρατήρηση πραγμάτων κατά τη διάρκεια του μαθήματος χρειάζεται οπωσδήποτε χρόνο – χρόνο, ο οποίος είναι σπάνιος στην καθημερινή διδασκαλία. Επομένως, είναι ακόμη πιο ωφέλιμο

να έχουμε κατά νου ότι δεν πρέπει να γίνονται όλες οι παρατηρήσεις από τον/την εκπαιδευτικό. Οι μαθητές/τριες είναι συνήθως πολύ ικανοί/ές να παρατηρούν ο/η ένας/μία τον/την άλλον/η εάν η εργασία και η τεκμηρίωση καθορίζονται σαφώς (Panadero & Brown, 2016). Οι παρατηρήσεις πρέπει να τεκμηριώνονται. Η πιο κοινή μορφή τεκμηρίωσης είναι η γραπτή αναφορά. Ανάλογα με το τι παρατηρείται, συλλέγονται ποιοτικά ή ποσοτικά δεδομένα. Για την εξοικονόμηση χρόνου, συνήθως χρησιμοποιείται μια έτοιμη κλείδα παρατήρησης, στην οποία τα πράγματα που πρόκειται να παρατηρηθούν αξιολογούνται σε κλίμακα, μέσω συμβόλων ή με σύντομα γραπτά σχόλια.

Παράδειγμα 5.2

Παράδειγμα μια κλείδας αξιολόγησης			
	Η ικανότητα έχει επιτευχθεί	Η ικανότητα έχει επιτευχθεί μερικώς	Η ικανότητα δεν έχει επιτευχθεί
Ο/Η μαθητής/τρια διατυπώνει ερευνητικά ερωτήματα.			
Ο/Η μαθητής/τρια διατυπώνει υπόθεση.			
Ο/Η μαθητής/τρια ονομάζει την ανεξάρτητη και εξαρτημένη μεταβλητή.			
Ο/Η μαθητής/τρια εφαρμόζει τη στρατηγική ελέγχου μεταβλητών.			

▪ Προφορικές μέθοδοι

Η ικανότητα κατάλληλης επεξήγησης του συλλογισμού είναι μια θεμελιώδης ικανότητα που πρέπει να αποκτήσουν οι μαθητές/τριες στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Αν ο/η εκπαιδευτικός εμπλέκει συχνά τους/τις μαθητές/τριες σε προφορικά είδη αξιολόγησης, οι μαθητές/τριες εκπαιδεύονται στην ικανότητα να εξηγούν επιτόπου επιστημονικά ζητήματα. Πέραν από αυτό, οι προφορικές μέθοδοι αξιολόγησης συνεισφέρουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επικοινωνίας, προσφέρουν τη δυνατότητα αξιολόγησης βαθύτερων επιπέδων κατανόησης των μαθητών/τριών και επιτρέπουν την άμεση ανατροφοδότηση (Hazen, 2020). Όπως και οι παρατηρήσεις, η προφορική αξιολόγηση μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί αυθόρμητα για διαμορφωτική αξιολόγηση ή προσχεδιασμένα και σκόπιμα για διαμορφωτική ή τελική αξιολόγηση. Στην τάξη μια τυπική προφορική μέθοδος είναι ο διάλογος μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών/τριών. Προσφέρει τη δυνατότητα στους/στις εκπαιδευτικούς να αποκτήσουν μια σαφέστερη εικόνα για τις έννοιες που οικοδόμησαν οι μαθητές/τριες. Επομένως, είναι

απαραίτητο ο/η εκπαιδευτικός να θέτει ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, να ακούει τους/τις μαθητές/τριες προσεκτικά και να προκαλεί την εκμείωση των ιδεών των μαθητών/τριών.

Οι προσχεδιασμένες προφορικές αξιολογήσεις περιλαμβάνουν προφορικές εξετάσεις καθώς και παρουσιάσεις. Οι παρουσιάσεις που προκύπτουν στο πλαίσιο της ΜΜΔ δίνουν την ευκαιρία στους/στις μαθητές/τριες ή ομάδες μαθητών/τριών να προτείνουν τις ιδέες τους στην τάξη και επομένως, επιτρέπουν την επικοινωνία και τη συζήτηση. Οι παρουσιάσεις μπορούν να περιλαμβάνουν μικρά βίντεο, σχέδια, σκίτσα ή προϊόντα από τη διαδικασία πειραματισμού.

▪ **Γραπτές μέθοδοι**

Οι εκπαιδευτικοί είναι αρκετά εξοικειωμένοι με τις γραπτές μεθόδους αξιολόγησης των ικανοτήτων των μαθητών/τριών τους. Ωστόσο, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση όλων των ικανοτήτων διερεύνησης. Για κάποιες, όμως, αποτελούν μια καλή και μη χρονοβόρα μέθοδο αξιολόγησης.

Γραπτά έργα αξιολόγησης μπορούν να αξιοποιηθούν με λογικό και αποδοτικό τρόπο για την αξιολόγηση της ΜΜΔ:

- επιλογή από ερωτήματα ή διατύπωση ενός ερωτήματος με βάση ένα υπό μελέτη θέμα,
- αξιολόγηση του κατά πόσο ένα δεδομένο πρόβλημα μπορεί να διερευνηθεί με τη χρήση επιστημονικών μεθόδων,
- επιλογή από υποθέσεις ή διατύπωση πιθανών υποθέσεων για ένα συγκεκριμένο υπό διερεύνηση θέμα,
- επιλογή μεταβλητών που πρέπει να μεταβάλλονται ή να διατηρούνται σταθερές σε μια έρευνα για να απαντηθεί ένα ερώτημα (έλεγχος μεταβλητών),
- επιλογή ή διατύπωση ενός πειραματικού σχεδιασμού για ένα δεδομένο ερώτημα/πρόβλημα,
- αξιολόγηση της επιστημονικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε για ένα πειραματικό σχεδιασμό, εντοπισμός λαθών στον σχεδιασμό και προτάσεις για βελτίωση,
- επιλογή κατάλληλων οργάνων μέτρησης για την απάντηση ερωτημάτων,
- Ανάγνωση μετρήσεων που συλλέχθηκαν με τη χρήση μια προσομοίωσης (κλίμακες, μετρούμενες τιμές, μονάδες),
- Αξιολόγηση υποθέσεων που βασίζονται σε δοσμένα δεδομένα ή δεδομένα που λαμβάνονται από μια διαδραστική προσομοίωση.

Μεμονωμένα βήματα για την απόκτηση της επιστημονικής γνώσης μπορούν να αξιολογηθούν κατάλληλα με γραπτές μεθόδους. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι ο σωστός σχεδιασμός μιας έρευνας δεν αποτελεί εγγύηση για τη σωστή υλοποίησή της. Όπως και να έχει, δεν είναι δυνατό να ενσωματωθεί σε μια γραπτή αξιολόγηση ολόκληρη η διαδικασία της ΜΜΔ, ξεκινώντας από τη διατύπωση ενός ερωτήματος και τελειώνοντας με τη συζήτηση για τα ευρήματα. Για αυτό τον λόγο, τα γραπτά έργα αξιολόγησης είναι σύντομα και αξιοποιούνται για την άμεση αξιολόγηση και εξοικείωση των μαθητών/τριών με συγκεκριμένες δεξιότητες της ΜΜΔ. Κάτι τέτοιο, παρέχει μια άμεση ανατροφοδότηση για τον εντοπισμό και την εξάλειψη συχνών αιτιών σφαλμάτων κατά την ολοκλήρωση συγκεκριμένων διεργασιών της διερευνητικής διαδικασίας. Για να αναπτυχθεί μια επιστημονική νοοτροπία και για να γίνει κατανοητή η διαδικασία της διερώτησης, είναι απαραίτητο να ολοκληρώνεται ένας πλήρης κύκλος διερώτησης, ακόμη και επανειλημμένα.

Σε γενικές γραμμές, μπορούν να αξιοποιηθούν διάφορες μορφές γραπτών έργων αξιολόγησης:

- έργα αξιολόγησης πολλαπλής επιλογής, όπου μια ορθή απάντηση πρέπει να επιλεγεί,
- έργα αξιολόγησης σύνθετης επιλογής, όπου διάφορες επιλογές απαντήσεων προστίθενται στο συνολικό σκορ,
- έργα αξιολόγησης αρίθμησης και ταξινόμησης,
- έργα αξιολόγησης με συμπλήρωση κενών, όπου οι μαθητές/τριες συμπληρώνουν τα κομμάτια της πληροφορίας που λείπουν,
- ερωτήσεις ανοικτού τύπου.

▪ ***Αξιολόγηση της προόδου μέσω δειγμάτων εργασίας***

Ένας βολικός τρόπος αξιολόγησης της προόδου των μαθητών/τριών είναι η αξιολόγηση δειγμάτων της εργασίας που ολοκληρώνουν κατά την ολοκλήρωση της έρευνας τους. Σε σύγκριση με τις γραπτές μεθόδους αξιολόγησης όπως το τεστ, τα δείγματα εργασίας των μαθητών/τριών επιτρέπουν τη σκιαγράφηση της ΜΜΔ στο σύνολό της. Μια κοινή μέθοδος είναι η ανάλυση πειραματικών πρωτοκόλλων, τα οποία στηρίζονται στον κύκλο διερώτησης, από την υποβολή ερωτημάτων μέχρι την αποδοχή ή απόρριψη υποθέσεων, και από τον σχεδιασμό του πειράματος μέχρι την περιγραφή των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων (Nybo & May, 2015). Οι καταγραφές της πειραματικής διαδικασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ανοικτού τύπου μορφή, όπου οι μαθητές/τριες πρέπει να γράψουν μόνοι τους ολόκληρη την αναφορά – μια διαδικασία που είναι αρκετά απαιτητική. Η χρήση φύλλων εργασίας τα οποία καθοδηγούν τους/τις μαθητές/τριες στη διαδικασία διερεύνησης, θεωρούνται ευκολότερα. Για τον σκοπό της διαφοροποίησης, μερικά από τα κομμάτια της διαδικασίας της έρευνας μπορούν δοθούν έτοιμα στο φύλλο εργασίας. Μια εναλλακτική της γραπτής καταγραφής μπορεί να είναι η βιντεοσκόπηση

της πειραματικής διαδικασίας. Τα βίντεο μπορούν να δημιουργηθούν εύκολα με τη χρήση των έξυπνων κινητών τηλεφώνων των μαθητών/τριών. Μια άλλη δυνατότητα αξιολόγησης της εργασίας των μαθητών/τριών είναι τα χαρτοφυλάκια (Vitale & Romance, 2005). Τα χαρτοφυλάκια επιτρέπουν τη συλλογή παραδειγμάτων εργασίας ενός/μιας μαθητή/τριας. Στο πλαίσιο της διαμορφωτικής αξιολόγησης τα χαρτοφυλάκια πρέπει να παρακολουθούνται από τον/την εκπαιδευτικό, ώστε να καταστεί δυνατή η παρακολούθηση ανάπτυξης των ικανοτήτων των μαθητών/τριών. Στο πλαίσιο της τελικής αξιολόγησης μπορεί να γίνει παρουσίαση του χαρτοφυλακίου από τον/την μαθητή/τρια. Τα χαρτοφυλάκια διακρίνονται σε τρία είδη, τα χαρτοφυλάκια μαθημάτων, τα χαρτοφυλάκια διαδικασιών και τα χαρτοφυλάκια προϊόντων (Stern, 2010).

Τα χαρτοφυλάκια μαθημάτων περιλαμβάνουν συλλογές υλικού από ένα μάθημα, ένα πρότζεκτ ή ένα σχολικό θέμα. Οι μαθητές/τριες μπορούν να επιλέξουν μόνοι/ες τους το υλικό τους, οι εκπαιδευτικοί υποστηρίζουν τη διαδικασία δημιουργίας και δίνουν διαμορφωτική ανατροφοδότηση. Τα χαρτοφυλάκια προϊόντων περιλαμβάνουν τα καλύτερα παραδείγματα εργασίας ενός/μιας μαθητή/τριας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν – εκτός για την τελική αξιολόγηση ενός μαθήματος – και για αιτήσεις για εργασία ή για είσοδο σε πανεπιστήμια. Τα χαρτοφυλάκια διαδικασιών περιλαμβάνουν παραδείγματα εργασίας συμπεριλαμβανομένων όλων των διορθώσεων και συμπληρωμάτων. Αυτά τα χαρτοφυλάκια παρουσιάζουν την ανάπτυξη ενός/μιας μαθητή/τριας και είναι δυνατόν να αποτελέσουν το πρότυπο για ένα πορτοφόλιο μαθημάτων ή προϊόντων.

Στις φυσικές επιστήμες, τα χαρτοφυλάκια δύναται να περιλαμβάνουν μια συλλογή δραστηριοτήτων και εργασιών που κάνουν οι μαθητές/τριες στην τάξη, για παράδειγμα εργαστηριακά πρωτόκολλα ή συλλογές υλικών για παρατήρηση, όπως βότανα. Επιπρόσθετα, μπορούν να λειτουργήσουν ως συνοδευτική τεκμηρίωση μιας προφορικής παρουσίασης. Οι μαθητές/τριες μπορούν να συλλέξουν υλικό, βιβλιογραφία, φωτογραφίες και βίντεο, καθώς και ανατροφοδότηση από συμμαθητές/τριες ή από αυτοαξιολόγηση της εργασίας τους.

5.3.2 Αυτοαξιολόγηση

Ανάμεσα στους στόχους της διαμορφωτικής αξιολόγησης είναι και η ενίσχυση της αυτό-επάρκειας των μαθητών/τριών και της αυτό-ευθύνης για τη μαθησιακή τους διαδικασία. Για την επίτευξη αυτών των στόχων η αυτοαξιολόγηση μπορεί να είναι επίσης ένας κατάλληλος τρόπος. Η αυτοαξιολόγηση μπορεί να αξιοποιηθεί για την αξιολόγηση κοινωνικών, πρακτικών και ακαδημαϊκών ικανοτήτων, αλλά και για την κατανόηση εννοιών. Περιλαμβάνει ποικιλία μηχανισμών, μεθόδων και τεχνικών που ακολουθούν οι μαθητές/τριες κατά την αξιολόγηση της προσωπικής μαθησιακής προόδου τους (Panadero et al., 2016).

Γενικά η συσχέτιση μεταξύ αυτοαξιολόγησης και αξιολόγησης από ένα άλλο άτομο είναι μέτρια (Zell & Krizan, 2014). Άλλα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η συσχέτιση της αξιολόγησης μεταξύ μαθητριών και εκπαιδευτικών είναι υψηλότερη από ότι μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικών (Roos et al., 2016). Οι Schreiber et al. (2016) διερεύνησαν την ικανότητα των μαθητών/τριών να αξιολογούν τις πειραματικές τους δεξιότητες στη φυσική. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πιθανότητα ακρίβειας της αυτοαξιολόγησης ήταν κατά μέσο όρο αρκετά υψηλή, αλλά υπήρχαν και ατομικές διαφορές μεταξύ των μαθητών/τριών. Συνοψίζοντας, η αυτοαξιολόγηση φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην ακαδημαϊκή επιτυχία και στις ικανότητες αυτορρύθμισης (Panadero et al., 2016). Επομένως, η αυτοαξιολόγηση μπορεί να είναι ένας πρακτικός και γρήγορος τρόπος για λάβουν ανατροφοδότηση οι εκπαιδευτικοί, αλλά και για να αναστοχαστούν για τη μαθησιακή τους διαδικασία οι μαθητές/τριες.

Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να προετοιμάζουν συχνά δραστηριότητες αυτοαξιολόγησης και οι μαθητές/τριες πρέπει να εξασκηθούν στον τρόπο αξιολόγησης των ικανοτήτων τους. Είναι απαραίτητο οι εκπαιδευτικοί να καθοδηγούν και να συμβουλεύουν τους/τις μαθητές/τριες τους και να αναλύουν την αυτοαξιολόγησή τους (Buholzer et al., 2020).

Μέθοδοι αυτοαξιολόγησης

Η πιο διαδεδομένη και γρήγορη μορφή αυτοαξιολόγησης είναι τα φύλλα αξιολόγησης, για παράδειγμα η λίστα ελέγχου, όπου οι μαθητές/τριες μπορούν να σημειώνουν ποιες εργασίες ολοκληρώνουν σε σχέση με τις ικανότητες που αναμενόταν να αποκτήσουν στο μάθημα (Buholzer et al., 2020).

Παράδειγμα 5.3

Οι ακόλουθες ερωτήσεις θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε ένα φύλλο αξιολόγησης:

Πώς σας φάνηκε η δραστηριότητα;

Ολοκληρώσατε τις εργασίες στον καθορισμένο χρόνο;

Πετύχατε τους μαθησιακούς στόχους;

Πώς χρησιμοποιήσατε τα σχετικά υλικά;

Πόσο καλά καταφέρατε να ολοκληρώσετε την ατομική εργασία;

Πόσο καλά καταφέρατε να ολοκληρώσετε την δραστηριότητα με τη δυάδα/ομάδα σας;

Πόσο δύσκολη ήταν η δραστηριότητα για εσάς;

Πόσο πολύ σας άρεσε η δραστηριότητα;

Θα θέλατε να είχατε περισσότερες επιλογές κατά την υλοποίηση των εργασιών της δραστηριότητας;

Τι θα θέλατε να αλλάξετε σχετικά με την εργασία σας και γιατί;

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο/η εκπαιδευτικός πρέπει να γνωστοποιήσει τους μαθησιακούς στόχους και πώς μπορούν να τους επιτύχουν οι μαθητές/τριες. Αυτό μπορεί να γίνει με μια δοσμένη κλίμακα με αριθμούς ή για τους/τις νεότερους/ες μαθητές/τριες με χαμογελαστές και λυπημένες φατσούλες. Πιο χρονοβόρες μέθοδοι μπορούν να αφορούν ιδιαιτερότητες σχετικά με την εργασία ή τις ασκήσεις. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν και σε αυτή την περίπτωση να ετοιμάσουν κλίμακες – για μεγαλύτερους/ες μαθητές/τριες προτείνονται ανοιχτές μορφές. Τα περιοδικά μάθησης μπορούν να βοηθήσουν τους/τις μαθητές/τριες να αναστοχαστούν για τη μαθησιακή τους διαδικασία σε σύντομο ή και μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Οι μαθητές/τριες καλούνται να σημειώνουν στο περιοδικό τους πώς αναπτύσσεται η εργασία τους. Τα περιοδικά μάθησης έχουν στις περισσότερες περιπτώσεις ανοικτό ημερολογιακό χαρακτήρα. Κάτι άλλο που προτείνεται για τη διευκόλυνση της διαδικασίας της αυτοαξιολόγησης είναι η αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων και διαδικτυακών ερωτηματολογίων. Καταληκτικά, εκτός από την ατομική ανατροφοδότηση που λαμβάνουν οι μαθητές/τριες, η αυτοαξιολόγηση επιτρέπει μια γρήγορη και εύκολη ανάλυση σε επίπεδο τάξης.

5.3.3 Ετεροαξιολόγηση

Ορισμός

Η ετεροαξιολόγηση περιγράφεται συχνά ως «μια διαρρύθμιση στην οποία τα άτομα εξετάζουν την ποσότητα, το επίπεδο, την αξία, τον πλούτο ή την επιτυχία των προϊόντων ή των αποτελεσμάτων της μάθησης των συνομηλίκων τους» (Topping, 1998, σελ. 250). Η ετεροαξιολόγηση μπορεί να επικεντρωθεί σε διάφορα προϊόντα ή αποτελέσματα, όπως γραπτή εργασία, προφορικές παρουσιάσεις ή κατασκευές, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο της διαμορφωτικής ή της τελικής αξιολόγησης. Αν και η ποιοτική ανατροφοδότηση από συνομήλικους είναι γνωστικά μια πιο απαιτητική διαδικασία για τον αξιολογητή, για τον αξιολογούμενο είναι περισσότερο χρήσιμη σε σύγκριση με τους τελικούς «βαθμούς» (Topping, 2005). Ο στόχος της ετεροαξιολόγησης είναι οι μαθητές/τριες να βοηθήσουν τους/τις συνομήλικους/ες τους να εντοπίσουν τα δυνατά και αδύνατα σημεία της εργασίας τους, παρέχοντας τους συγκεκριμένες προτάσεις για τη βελτίωσή της. Επιπλέον, η ετεροαξιολόγηση μπορεί να θεωρηθεί ως μονόδρομη ή αμφίδρομη (αμοιβαία). Στην πρώτη περίπτωση οι μαθητές/τριες αναλαμβάνουν είτε το ρόλο του/της αξιολογητή/τριας είτε του/της αξιολογούμενου/νης. Στη δεύτερη περίπτωση, της αμοιβαίας αξιολόγησης που χρησιμοποιείται πιο

συχνά, οι μαθητές/τριες μπορούν να επωφεληθούν και από τους δύο ρόλους. Περισσότερα για τα οφέλη των δύο ρόλων θα συζητηθούν αργότερα.

Ανάγκη για ετεροαξιολόγηση

Οι περισσότερες έρευνες σχετικά με την ετεροαξιολόγηση έχουν πραγματοποιηθεί στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (van Zundert et al., 2010), αλλά υπάρχουν αρκετές πρόσφατες μελέτες που επικεντρώνονται στην ετεροαξιολόγηση στις φυσικές επιστήμες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (π.χ. Ketonen et al., 2020a, Tsivitanidou et al., 2018). Από την μία, η έρευνα έχει δείξει ότι η ετεροαξιολόγηση μπορεί να έχει πολλές θετικές επιπτώσεις στις διαδικασίες και τα αποτελέσματα μάθησης, στην κοινωνική αλληλεπίδραση και στις μεταγνωστικές δεξιότητες (Broadfoot et al., 2013; Topping, 2009). Από την άλλη, γίνεται λόγος και για αρκετές προκλήσεις κατά την ετεροαξιολόγηση. Για παράδειγμα, εάν χρησιμοποιούνται αριθμητικές κλίμακες για την ετεροαξιολόγηση των επιδόσεων, οι μαθητές/τριες μπορεί να «βαθμολογήσουν φιλικά» (Broadfoot et al., 2013) ή να «παζαρέψουν» τους βαθμούς τους (Ketonen et al., 2020b). Επιπλέον, μπορεί να αποφεύγουν την κριτική, να απορρίψουν σχόλια και να κοροϊδέψουν τη δουλειά των άλλων (ίδια πηγή). Εκτός από τις προαναφερθείσες προκλήσεις, οι μαθητές/τριες μπορεί να έχουν αμφιβολίες για την ικανότητά τους να αξιολογούν την εργασία των άλλων ή την ικανότητα άλλων να αξιολογούν τη δική τους εργασία (Broadfoot et al., 2013; Sluijsmans, 2002). Παρά τις όποιες προκλήσεις, η πρακτική της ετεροαξιολόγησης στην τάξη έχει θεωρηθεί χρήσιμη για τους/τις μαθητές/τριες. Για παράδειγμα, η Φινλανδική Εθνική Υπηρεσία για την Εκπαίδευση δηλώνει ότι οι μαθητές/τριες πρωτοβάθμιας και κατώτερης δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (βαθμίδα 1 – 9, 7 – 15 ετών) πρέπει να αξιολογούνται τόσο διαμορφωτικά όσο και αθροιστικά. Η διαμορφωτική αξιολόγηση περιλαμβάνει την αυτοαξιολόγηση και την ετεροαξιολόγηση, οι οποίες όμως δεν επηρεάζουν τους βαθμούς των μαθητών/τριών. Η παροχή και η λήψη ανατροφοδότησης από συμμαθητές/τριες ασκείται υπό την καθοδήγηση του/της εκπαιδευτικού σε όλα τα μαθήματα (Finnish National Agency for Education, 2020). Επιπλέον, υπάρχει αρκετή γνώση βασισμένη σε έρευνα για το πώς να εφαρμοστεί με επιτυχία η ετεροαξιολόγηση στην τάξη, ανταποκρινόμενη στις προκλήσεις που τυχόν προκύψουν.

Αμοιβαία ετεροαξιολόγηση

Όταν η αξιολόγηση είναι διαμορφωτική, οι μαθητές/τριες έχουν την ευκαιρία να λάβουν ανατροφοδότηση η οποία τους/τις βοηθά κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας (Black & William, 2009). Στην περίπτωση της ετεροαξιολόγησης, σημαίνει ότι, 1) οι μαθητές/τριες ασχολούνται με κάποια δραστηριότητα (π.χ. μια διερεύνηση στο πλαίσιο της ΜΜΔ) που παράγει ένα αποτέλεσμα, 2) λαμβάνουν ανατροφοδότηση από συμμαθητές/τριες τους για το αποτέλεσμα και 3) με βάση την ανατροφοδότηση μπορούν να αναθεωρήσουν τα αποτελέσματά τους. Επιπλέον, στην αμοιβαία ετεροαξιολόγηση οι μαθητές/τριες αναλαμβάνουν και τους δύο ρόλους, του αξιολογητή και του

αξιολογούμενου. Η ετεροαξιολόγηση μπορεί να γίνει από ένα άτομο, ένα ζευγάρι ή μια μικρή ομάδα. Για παράδειγμα, σε ένα πρόγραμμα για το «Ρομποτικό όχημα (ρόβερ) στον Άρη» (Ketonen et al., 2020a), οι μαθητές/τριες σχεδίασαν ένα κινούμενο όχημα, μέτρησαν την ταχύτητά του και έγραψαν μια τελική αναφορά σχετικά με την έρευνά τους. Δεδομένου ότι η ετεροαξιολόγηση ήταν αμοιβαία και διαμορφωτική, κάθε ομάδα στην τάξη είχε τον ρόλο αξιολογητή όταν αξιολόγησε την αναφορά μιας άλλης ομάδας και τον ρόλο του αξιολογούμενου όταν έλαβε ανατροφοδότηση για τη δική της αναφορά. Μετά από τη λήψη ανατροφοδότησης κάθε ομάδα είχε την ευκαιρία να αναθεωρήσει την τελικά αναφορά της.

Πίνακας 5.1: Παράδειγμα της κλίμακας διαβαθμισμένων κριτηρίων που χρησιμοποιήθηκε για την ετεροαξιολόγηση της εργασίας στο πλαίσιο του έργου “Mars rover” (Ketonen et al., 2020a)

Κριτήρια	Ικανοποίηση κριτηρίων			Γραπτά σχόλια
	Απουσία	Μερικές ελλείψεις	Όλα είναι καλά	
Ο ερευνητικός σχεδιασμός και ο εξοπλισμός έχουν παρουσιαστεί με σαφήνεια.				Τι ήταν καλό; Τι θα μπορούσε να βελτιωθεί και πώς;
Οι μετρήσεις είναι λογικές και παρουσιάζονται με σαφήνεια.				
Η τελική αναφορά παρουσιάζει τον τρόπο υπολογισμού της ταχύτητας από τις μετρήσεις. Ο υπολογισμός περιλαμβάνει μια εξίσωση, αριθμούς και μονάδες.				
Έχουν σχολιαστεί τα σφάλματα μετρήσεων και αποτελεσμάτων.				

Στον ρόλο του/της αξιολογητή/τριας, οι μαθητές/τριες πρέπει να εξασκήσουν τρεις δεξιότητες αξιολόγησης που είναι 1) ο καθορισμός των κριτηρίων αξιολόγησης, 2) η εκτίμηση της απόδοσης και 3) η παροχή ανατροφοδότησης (Sluismans, 2002). Η πρώτη δεξιότητα σημαίνει ότι οι μαθητές/τριες πρέπει να είναι σε θέση να λάβουν υπόψη τις απαιτήσεις της εργασίας και πώς μπορεί να μετρηθεί η επιτυχία προκειμένου να καθορίσουν τα δικά τους κριτήρια. Ωστόσο, μικρότεροι/ες μαθητές/τριες, που είναι αρχάριοι στην ετεροαξιολόγηση, είναι λογικό να ξεκινήσουν με κριτήρια που παρέχονται

από τον/την εκπαιδευτικό. Σε αυτή την περίπτωση η ικανότητα σχετίζεται με την κατανόηση των κριτηρίων αξιολόγησης. Συνήθως τα κριτήρια παρέχονται με τη μορφή διαβαθμισμένης κλίμακας (βλ. παράδειγμα στον Πίνακα 5.1), κάτι που βοηθά τους αξιολογητές στο έργο τους και αυξάνει την αξιοπιστία και την εγκυρότητα της ετεροαξιολόγησης (Panadero et al., 2013). Η δεύτερη δεξιότητα, η εκτίμηση της απόδοσης, σημαίνει ότι οι μαθητές/τριες πρέπει να είναι σε θέση να συγκρίνουν την εργασία των συνομηλίκων τους με τα κριτήρια και να εντοπίσουν τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία της. Η τρίτη δεξιότητα αναφέρεται στην ικανότητα των μαθητών/τριών να δίνουν εποικοδομητική ανατροφοδότηση με βάση την κρίση τους, η οποία βοηθά τους/τις συμμαθητές/τριες να βελτιώσουν την εργασία τους.

Ο δεύτερος ρόλος στην αμοιβαία ετεροαξιολόγηση είναι ο ρόλος του αξιολογούμενου. Μπορεί να ακούγεται ευκολότερος ρόλος, αλλά απαιτούνται πολλές δεξιότητες, καθώς οι μαθητές/τριες πρέπει να είναι σε θέση να εξετάζουν με κριτική ματιά την ανατροφοδότηση, να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τη χρησιμότητά της και πώς να τη αξιοποιήσουν για τη βελτίωση της εργασίας τους. Αυτές οι δεξιότητες του αξιολογούμενου περιγράφονται στο θεωρητικό πλαίσιο του γραμματισμού ανατροφοδότησης (Carless & Boud, 2018) ως εκτίμηση της ανατροφοδότησης, κρίση της ανατροφοδότησης, διαχείριση της επίδρασης και δράση με βάση την ανατροφοδότηση. Ο Πίνακας 5.2 συνοψίζει τις δεξιότητες που χρειάζονται οι μαθητές/τριες, αλλά και τις οποίες έχουν την ευκαιρία να εξασκήσουν όταν συμμετέχουν σε αμοιβαία ετεροαξιολόγηση.

Πίνακας 5.2: Συνοπτική παρουσίαση των δεξιοτήτων των μαθητών/τριών στην αμοιβαία ετεροαξιολόγηση (προσαρμογή από, Carless & Boud, 2018; Sluijsmans, 2002)

Αξιολογητής/τρια	Αξιολογούμενος/η
- Αξιοποίηση (ή καθορισμός) κριτηρίων αξιολόγησης - Εκτίμηση επίδοσης - Παροχή ανατροφοδότησης	- Εκτίμηση της ανατροφοδότησης - Κρίση της ανατροφοδότησης - Διαχείριση της επίδρασης - Δράση με βάση την ανατροφοδότηση

Συμπερασματικά, υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους η αξιοποίηση της αμοιβαίας ετεροαξιολόγησης είναι επωφελής για τη μάθηση των φυσικών επιστημών. Στον ρόλο του αξιολογητή, οι μαθητές/τριες εξασκούν ορισμένες δεξιότητες αξιολόγησης (Πίνακας 5.2) και έρχονται αντιμέτωποι/ες με γνωστικές προκλήσεις κατά τη διάρκεια αυτών των ενεργειών (π.χ., ποια είναι τα χαρακτηριστικά μιας καλής εργασίας). Έχουν επίσης μια επιπρόσθετη ευκαιρία να αυτοαξιολογήσουν τη δουλειά τους όταν βλέπουν και εξετάζουν τη δουλειά συνομηλίκων τους (Grob et al., 2014). Κατ'

αντίστοιχο τρόπο, στον ρόλο του αξιολογούμενου οι μαθητές/τριες πρέπει να εξασκήσουν δεξιότητες ανατροφοδότησης (Carless & Boud, 2018; Ketonen et al., 2020c) και έρχονται αντιμέτωποι/ες με γνωστικές προκλήσεις που σχετίζονται με αυτές (π.χ., φιλτράρισμα της ανατροφοδότησης, Grob et al., 2014). Επιπρόσθετα, η ανατροφοδότηση από συνομηλίκους/ες είναι χρήσιμη προσθήκη στην ανατροφοδότηση του/της εκπαιδευτικού αλλά και επέκταση, αφού οι μαθητές/τριες λαμβάνουν ανατροφοδότηση από συνομηλίκους/ες, που μοιράζονται τον ίδιο κώδικα επικοινωνίας, συμμετέχουν στην ίδια μαθησιακή διαδικασία και αντιμετωπίζουν τις ίδιες δυσκολίες (Grob et al., 2014). Έτσι, αυτό μπορεί να δημιουργήσει γόνιμο έδαφος όπου η γλώσσα και τα προβλήματα διαμοιράζονται και κατανοούνται ευκολότερα σε σύγκριση με την αλληλεπίδραση εκπαιδευτικού-μαθητή.

5.4 Εγκυρότητα και αξιοπιστία της αξιολόγησης

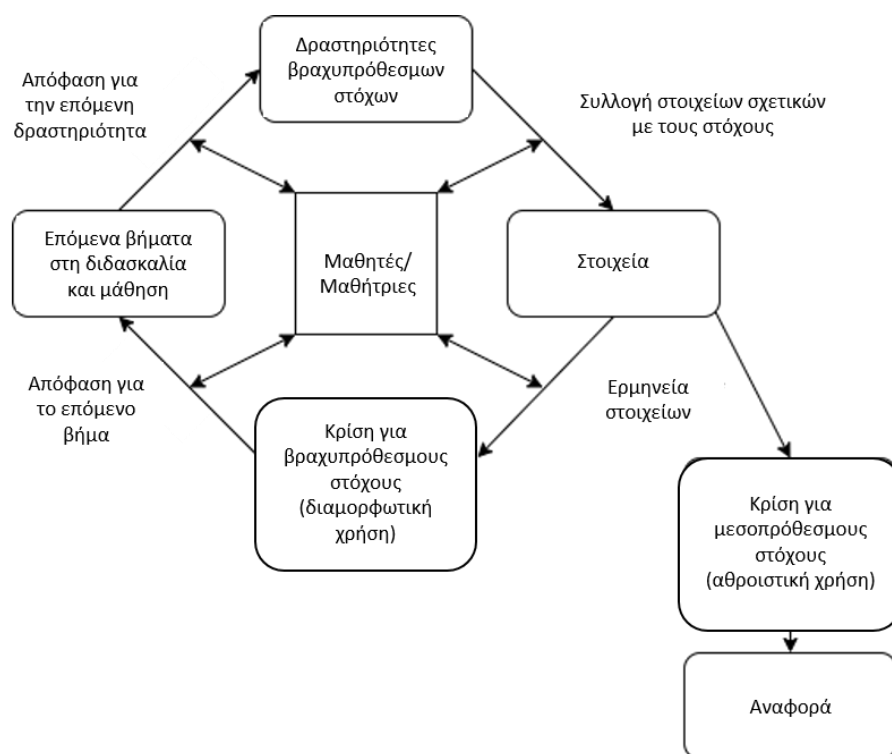
Η ποιότητα της αξιολόγησης συχνά περιγράφεται χρησιμοποιώντας δύο έννοιες: την εγκυρότητα και την αξιοπιστία. Η εγκυρότητα της αξιολόγησης περιγράφει πόσο καλά αυτό που αξιολογείται αντιστοιχεί σε αυτό που προορίζεται να αξιολογηθεί (Dolin et al., 2018). Ένα παράδειγμα κακής εγκυρότητας θα μπορούσε να είναι η χρήση μόνο προφορικών εργασιών για την αξιολόγηση των δεξιοτήτων των μαθητών/τριών στην επιστημονική έρευνα. Οι προφορικές εργασίες απαιτούν από τους/τις μαθητές/τριες να έχουν καλές γλωσσικές δεξιότητες και έτσι η αξιολόγηση των δεξιοτήτων τους για την επιστημονική έρευνα αξιολογεί ουσιαστικά και τις γλωσσικές τους δεξιότητες. Επομένως, η χρήση πολλαπλών μεθόδων αξιολόγησης μειώνει τον κίνδυνο για κακή εγκυρότητα στην αξιολόγηση. Η αξιοπιστία της αξιολόγησης περιγράφει πόσο συνεπής ή ακριβής είναι η αξιολόγηση για τον σκοπό χρήσης της (ίδια πηγή). Οι διαφορετικοί στόχοι αξιολόγησης έχουν διαφορετικές ανάγκες αξιοπιστίας. Οι μεγάλης κλίμακας αξιολογήσεις, όπως οι εισαγωγικές εξετάσεις, ελέγχονται για την αξιοπιστία τους, επειδή με βάση τα αποτελέσματά τους λαμβάνονται αποφάσεις με μεγάλες συνέπειες. Στη διαμορφωτική αξιολόγηση η αξιοπιστία έχει μικρότερη σημασία, επειδή βασίζεται στη λήψη κρίσεων και αποφάσεων για μεμονωμένους/ες μαθητές/τριες ή μικρές ομάδες μαθητών/τριών, με στόχο την προώθηση της μάθησης, σε αντίθεση με την παροχή επαναλαμβανόμενων και ισότιμων αξιολογήσεων σε κάθε μαθητή/τρια. Στην τελική αξιολόγηση το κρίσιμο σημείο είναι ότι με βάση παρόμοια στοιχεία γίνονται παρόμοιες κρίσεις. Όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα του κεφαλαίου, η δυνατότητα χρήσης των ίδιων στοιχείων για τη μάθηση, τόσο διαμορφωτικά όσο και αθροιστικά, θέτει τις δικές της απαιτήσεις για την αξιοπιστία της κρίσης.

5.5 Συνδυασμός αθροιστικής/τελικής και διαμορφωτικής αξιολόγησης

Το διάγραμμα της Εικόνας 5.1 (προσαρμογή από Dolin et al., 2018) δείχνει πώς μπορούν να συνδεθούν η αθροιστική και η διαμορφωτική αξιολόγηση. Παρόλο που το σχήμα συνδυάζει

προσεκτικά αυτές τις δύο προσεγγίσεις αξιολόγησης, υπάρχουν ορισμένες βασικές διαφορές που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

- (1) Οι κρίσεις κατά την αθροιστική αξιολόγηση θα πρέπει να βασίζονται στους μαθησιακούς στόχους που πρέπει να έχουν επιτύχει οι μαθητές/τριες τη στιγμή της αξιολόγησης. Αυτοί είναι μεσοπρόθεσμοι στόχοι για μια περίοδο ενός μαθήματος ή μιας σχολικής περιόδου. Από την άλλη πλευρά, οι κρίσεις κατά τη διαμορφωτική αξιολόγηση θα πρέπει να σχετίζονται με τους στόχους του μαθήματος ή της δραστηριότητας, δηλαδή τους βραχυπρόθεσμους στόχους.
- (2) Ενώ τα ίδια στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς αθροιστικής και διαμορφωτικής αξιολόγησης, οι κρίσεις κατά την αθροιστική αξιολόγηση θα πρέπει να βασίζονται αποκλειστικά στα στοιχεία που συλλέγονται και όχι στις κρίσεις που γίνονται κατά τη διαμορφωτική αξιολόγηση που ενδέχεται να διαφέρουν από μαθητή/τρια σε μαθητή/τρια. Με άλλα λόγια, η αθροιστική αξιολόγηση δεν πρέπει να βασίζεται στο είδος της ανατροφοδότησης που δίνουμε σε έναν/μία μαθητή/τρια (δηλαδή απόφαση που βασίζεται σε μια κρίση), αλλά αντίθετα στο ποιος ήταν ο λόγος που δώσαμε την ανατροφοδότηση εξ αρχής (δηλαδή τα στοιχεία).



Εικόνα. 5.1: Η σύνδεση μεταξύ της διαμορφωτικής και της τελικής αξιολόγησης (Dolin et al., 2018)

Παράδειγμα 5.3

Ο μαθησιακός στόχος για το μάθημα είναι να μπορούν οι μαθητές/τριες να σχεδιάσουν ένα πείραμα και να αξιοποιήσουν τα αποτελέσματά του για να προσδιορίσουν τη σχέση μεταξύ δύο ανεξάρτητων μεταβλητών: τάση μπαταρίας, αριθμός λαμπτήρων συνδεδεμένων σε σειρά και μία εξαρτημένη μεταβλητή: τη φωτεινότητα των λαμπτήρων. Ο/Η εκπαιδευτικός παρατηρεί (δηλαδή συλλέγει στοιχεία) τους/τις μαθητές/τριες καθώς εργάζονται στον σχεδιασμό του πειράματος. Με διαμορφωτικό τρόπο, ο/η εκπαιδευτικός κρίνει τις ενέργειες των μαθητών/τριών και παρατηρεί να επιτυγχάνουν τον στόχο που τέθηκε για το συγκεκριμένο μάθημα. Ο/Η εκπαιδευτικός συλλέγει επίσης τις εργασίες των μαθητών/τριών για τον σχεδιασμό του πειράματος σε γραπτή μορφή και χρησιμοποιεί αυτές τις εργασίες για να κρίνει τον μαθησιακό στόχο: «Οι μαθητές/τριες μπορούν να σχεδιάσουν πειράματα που περιέχουν ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές». Μετά το μάθημα, ο/η εκπαιδευτικός συμπεραίνει από τις παρατηρήσεις του/της ότι οι μαθητές/τριες πρέπει να εξασκηθούν ακόμα περισσότερο στον σχεδιασμό πειραμάτων. Έτσι, προγραμματίζει τα επόμενα βήματα, δηλαδή το επόμενο μάθημα, όπου οι μαθητές/τριες θα συνεχίσουν να εξασκούνται στον σχεδιασμό πειραμάτων.

5.6 Τυπική και άτυπη διαμορφωτική αξιολόγηση

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα αυτού του κεφαλαίου, η αξιολόγηση μπορεί επίσης να θεωρηθεί είτε τυπική/επίσημη, είτε άτυπη/ανεπίσημη. Η διαμορφωτική αξιολόγηση ονομάζεται «τυπική» εάν έχει προγραμματιστεί εκ των προτέρων και συχνά περιλαμβάνει ορισμένα γραπτά στοιχεία (Bell and Cowie, 2001; Dolin et al., 2018), αλλά είναι δυνατές και άλλες μορφές.

Ένα παράδειγμα τυπικής διαμορφωτικής αξιολόγησης μπορεί να είναι ένα μικρό γραπτό τεστ που προετοιμάζεται από τον/την εκπαιδευτικό και το οποίο χορηγείται σε μια τάξη ως μέρος της κανονικής εργασίας των μαθητών/τριών. Ο στόχος του τεστ είναι να παρέχει γραπτή ανατροφοδότηση στους/στις μαθητές/τριες και πληροφορίες σχετικά με την πρόοδο τους στον/στην εκπαιδευτικό, τις οποίες μπορεί στη συνέχεια να αξιοποιήσει για αναθεώρηση του πλάνου διδασκαλίας (Dolin et al., 2018). Σε σύγκριση με αυτό, η άτυπη διαμορφωτική αξιολόγηση είναι κάτι που συμβαίνει επιτόπου χωρίς προγραμματισμό, για παράδειγμα όταν ο/η εκπαιδευτικός κυκλοφορεί στην τάξη και τυχαίνει να ακούσει μια συζήτηση μεταξύ δύο μαθητών/τριών, η οποία στη συνέχεια τον/την ωθεί να παρέχει ανατροφοδότηση στους/στις μαθητές/τριες με βάση τις ιδέες τους (Shavelson et al., 2008). Τα περισσότερα από τα πράγματα που κάνουν οι εκπαιδευτικοί στην τάξη μπορούν να θεωρηθούν ως πιθανές ευκαιρίες για την παροχή άτυπης διαμορφωτικής αξιολόγησης προς τους/τις μαθητές/τριες (Ruiz-Primo, 2011).

Τόσο η τυπική όσο και η άτυπη διαμορφωτική αξιολόγηση έχουν τα θετικά και τα αρνητικά τους. Τα πλεονεκτήματα της τυπικής διαμορφωτικής αξιολόγησης περιλαμβάνουν το γεγονός ότι συχνά παρέχει στον/στην εκπαιδευτικό συγκεκριμένα στοιχεία για τη μάθηση των μαθητών/τριών, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν και με αθροιστικό τρόπο (δείτε την προηγούμενη ενότητα αυτού του κεφαλαίου). Εάν χρησιμοποιούνται στοιχεία τόσο για διαμορφωτική όσο και για αθροιστική αξιολόγηση, οι εκπαιδευτικοί, στο πλαίσιο της διαφάνειας, θα πρέπει να το καταστήσουν σαφές στους/στις μαθητές/τριες τους. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγεται το γεγονός ότι εάν η τυπική διαμορφωτική αξιολόγηση περιορίζεται μόνο σε γραπτά αποδεικτικά στοιχεία, άλλοι τρόποι με τους οποίους μπορούν να εκφραστούν οι μαθητές/τριες, όπως προφορικός λόγος και πράξεις, παραλείπονται.

Η ικανότητα αποτύπωσης της μάθησης των μαθητών/τριών μέσω πολλαπλών τρόπων είναι ένα από τα πλεονεκτήματα της άτυπης διαμορφωτικής αξιολόγησης. Αυτοί οι τρόποι περιλαμβάνουν προφορικό ή γραπτό λόγο, σχέδια, αναπαραστάσεις κ.λπ., ενέργειες, όπως η πρακτική εργασία κ.λπ., και μη λεκτικούς τρόπους έκφρασης, όπως είναι η γλώσσα του σώματος (Ruiz-Primo, 2011). Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι όλος ο διδακτικός διάλογος μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών/τριών ή μεταξύ των μαθητών/τριών είναι μια ευκαιρία για άτυπη διαμορφωτική αξιολόγηση, εάν θεωρούνται ως πιθανοί τρόποι για να αποκτήσει ο/η εκπαιδευτικός πληροφορίες από τους/τις μαθητές/τριες, να κάνει κρίσεις με βάση αυτές και να τις χρησιμοποιήσει για να καθοδηγήσουν τα επόμενα βήματα στη διδασκαλία (ίδια πηγή). Ένα μειονέκτημα της άτυπης διαμορφωτικής αξιολόγησης είναι ότι δεν απομένουν αποδεικτικά στοιχεία για μεταγενέστερη χρήση (πιθανώς για αξιοποίηση κατά την αθροιστική αξιολόγηση) χωρίς ο/η εκπαιδευτικός να κάνει ρητά μια προσπάθεια για αυτό.

Περίληψη

Η αξιολόγηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της απόδοσης (αθροιστική αξιολόγηση) ή για την προώθηση της απόδοσης (διαμορφωτική αξιολόγηση). Ένας συνδυασμός και των δύο είναι επίσης δυνατός. Εάν η αξιολόγηση πραγματοποιείται από τον/την εκπαιδευτικό, είναι διαθέσιμες διάφορες μέθοδοι: παρατηρήσεις, συνομιλίες, εργασίες, ανάλυση κειμένων ή δειγμάτων εργασίας. Η αξιολόγηση μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί μεταξύ των μαθητών/τριών (ετεροαξιολόγηση), καθώς επίσης και η αυτοαξιολόγηση είναι μια πολύτιμη μέθοδος διδασκαλίας.

Η εξέταση των σφαλμάτων και των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι μαθητές/τριες κατά τον πειραματισμό θα μπορούσε να είναι χρήσιμη για τη διαμορφωτική αξιολόγηση.

Βιβλιογραφία

- Bell, B., & Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. *Science Education*, 85(5), 536–553.
- Bennett, R.E. (2011). Formative assessment: A critical review. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 18(1), 5–25.
- Black, P., & Wiliam, D. 2009. Developing a theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31.
- Black, P., & Wiliam, D. (2018). Classroom assessment and pedagogy. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 25(6), 551–575.
- Broadfoot, P., Timmis, S., Payton, S., Oldfield, A., & Sutherland, R. (2013). *Rethinking Assessment: Discussion paper 3: Exploiting the collaborative potential of technology enhanced assessment in higher education*. Graduate School of Education, University of Bristol. www.bristol.ac.uk/education
- Buholzer, A., Baer, M., Zulliger, S., Torchetti, L., Ruelmann, M., Häfliger, A., & Lötscher, H. (2020). *Formatives Assessment im alltäglichen Mathematikunterricht von Primarlehrpersonen: Häufigkeit, Dauer und Qualität*. Unterrichtswissenschaft, 1–33.
- Butler, R. (1987). Task involving and ego-involving properties of evaluation: Effects of different feedback conditions on motivational perceptions, interest and performance. *Journal of Educational Psychology*, 79(4), 472–482.
- Butler, R. (1988). Enhancing and undermining intrinsic motivation: The effects of task-involving and ego-involving evaluation on interest and performance. *British Journal of Educational Psychology*, 58, 1–14.
- Carless, D., & Boud, D. (2018). The development of student feedback literacy: Enabling uptake of feedback. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 43(8), 1315–1325.
- Davis, B. (1997). Listening for differences: An evolving conception of mathematics teaching. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(3), 355–376.
- Dini, V., Seviran, H., Caushi, K., & Orduña Picón, R. (2020). Characterizing the formative assessment enactment of experienced science teachers. *Science Education*, 104(2), 290–325.
- Dolin, J., Black, P., Harlen, W., & Tiberghien, A. (2018). Exploring relations between formative and summative assessment. In J. Dolin & R. Evans (Ed.), *Transforming Assessment: Through an Interplay between Practice, Research and Policy* (pp. 53–80). Springer.
- Finnish National Agency for Education (2020). Oppilaan oppimisen ja osaamisen arviointi: Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden 2014 muutokset. (Assessment of student learning and competence: Revisions for National Core Curriculum for Basic Education 2014.) https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen-arviointiluku-10-2-2020_2.pdf
- Grob, R., Beerenwinkel, A., Haselhofer, M., Holmeier, M., Stübi, C., Tsivitanidou, O., & Labudde, P. (2014). *Description of the ASSIST-ME assessment methods and competences (No. D 4.7)*. Basel.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research*, 77(1), 81–112.
- Hazen, H. (2020). Use of oral examinations to assess student learning in the social sciences. *Journal of Geography in Higher Education*, 44(4), 592–607.
- Ketonen, L., Hähkiöniemi, M., Nieminen, P., & Viiri, J. (2020a). Pathways through peer assessment: Implementing peer assessment in a lower secondary physics classroom. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(8), 1465–1484.
- Ketonen, L., Nieminen, P., & Hähkiöniemi, M. (2020b). How Do Lower-Secondary Students Exercise Agency during Formative Peer Assessment? [Manuscript submitted for publication]. Department of teacher education, University of Jyväskylä.
- Ketonen, L., Nieminen, P., & Hähkiöniemi, M. (2020c). The development of secondary students' feedback literacy: Peer assessment as an intervention. *The Journal of Educational Research*, 1–18.
- Louca, L., Zacharia, Z., & Tzallli, D. (2012). Identification, interpretation—evaluation, response: An alternative framework for analyzing teacher discourse in science. *International Journal of Science Education*, 34(12), 1823–1856.
- Nieminen, P., Hähkiöniemi, M., & Viiri, J. (2020). Forms and functions of on-the-fly formative assessment conversations in physics inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 1–23.
- Nybo, L., & May, M. (2015). Effectiveness of inquiry-based learning in an undergraduate exercise physiology course. *Advances in Physiology Education*, 39(2), 76–80.

- O'Leary, M. (2020). *Classroom observation: A guide to the effective observation of teaching and learning*. Routledge.
- Panadero, E., Brown, G.T., & Strijbos, J.W. (2016). The future of student self-assessment: A review of known unknowns and potential directions. *Educational Psychology Review*, 28(4), 803–830.
- Panadero, E., & Brown, G.T. (2016). Teachers' reasons for using peer assessment: positive experience predicts use. *European Journal of Psychology of Education*, 32(1), 133–156.
- Panadero, E., Romero, M., & Strijbos, J.W. (2013). The impact of a rubric and friendship on construct validity of peer assessment, perceived fairness and comfort, and performance. *Studies in Educational Evaluation*, 39(4), 195–203.
- Pearson. (2005). *Achieving student progress with scientifically based formative assessment: A white paper from Pearson*. Referenced in Bennett 2011.
- Roos, S., Lohbeck, A., Petermann, F., Petermann, U., Schultheiß, J., Nitkowski, D., & Petersen, R. (2016). Fremd- und Selbsturteile von Lehrern und Schülern im Rahmen psychologischer Diagnostik. *Zeitschrift für Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie*. 64(3), <https://doi.org/10.1024/1661-4747/a000279>
- Ruiz-Primo, M.A. (2011). Informal formative assessment: The role of instructional dialogues in assessing students' learning. *Studies in Educational Evaluation*, 37(1), 15–24.
- Ruiz-Primo, M.A., & Furtak, E.M. (2007). Exploring teachers' informal formative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 57–84.
- Schermer, M., & Fosker, T. (2020). Reconsidering methods for systematic classroom observation: the measurement and analysis of categorical time-series observations. *International Journal of Research & Method in Education*, 43(3), 311–326.
- Schreiber, N., Theyßen, H., & Dickmann, M. (2016). Wie genau beurteilen Schülerinnen und Schüler ihre eigenen experimentellen Fähigkeiten?—Ein Ansatz zur praktikablen Diagnostik experimenteller Fähigkeiten im Unterrichtsalltag—. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(15), 49–63.
- Shavelson, R.J., Yin, Y., Furtak, E.M., Ruiz-Primo, M.A., Ayala, C.C., Young, D.B., & Pottenger, F. (2008). On the role and impact of formative assessment on science inquiry teaching and learning. *Assessing science learning: Perspectives from research and practice*, 21–36.
- Shepard, L.A. (2019). Classroom assessment to support teaching and learning. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 683(1), 183–200.
- Shepherd, L.A. (2008). Formative assessment: Caveat emptor. In C. A. Dwyer (Ed.), *The Future of Assessment: Shaping Teaching and Learning* (pp. 279–303). Erlbaum.
- Sluijsmans, D. (2002). *Student involvement in assessment. The training of peer assessment skills*. Datawyse/Universitaire Pers Maastricht. <https://research.ou.nl/ws/files/934563/dissertation%20Sluijsmans%20%202002.pdf>
- Stern, T. (2010). *Förderliche Leistungsbewertung*. Österreichisches Zentrum für Persönlichkeitsbildung und soziales Lernen.
- Talanquer, V., Bolger, M., & Tomanek, D. (2015). Exploring prospective teachers' assessment practices: Noticing and interpreting student understanding in the assessment of written work. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(5), 585–609.
- Topping, K.J. (1998). Peer assessment between students in colleges and universities. *Review of Educational Research*, 68, 249–276.
- Topping, K.J. (2005). Trends in peer learning. *Educational psychology*, 25(6), 631–645.
- Topping, K.J. (2009). Peer assessment. *Theory into Practice*, 48(1), 20–27.
- Tsivitanidou, O.E., Constantinou, C., Labudde, P., Rönnebeck, S., & Ropohl, M. (2018). Reciprocal peer assessment as a learning tool for secondary school students in modelling-based learning. *European Journal of Psychology of Education*, 33(1), 51–73.
- van Zundert, M., Sluijsmans, D., & van Merriënboer, J. (2010). Effective peer assessment processes: Research findings and future directions. *Learning and Instruction*, 20(4), 270–279.
- Vitale, M.R., & Romance, N.R. (2005). Portfolios in science assessment: A knowledge-based model for classroom practice. In J. J. Mintzes, J. D Nowak & J. H Wandersee (Ed.), *Assessing Science Understanding* (pp. 167–196). Academic Press.
- Zell, E., & Krizan, Z. (2014). Do people have insight into their abilities? A metasynthesis. *Perspectives on Psychological Science*, 9(2), 111–125.

6 Εργαλείο Διαφοροποίησης για τη Μάθηση με Διερώτηση

6.1 Εισαγωγή

Η ΜΜΔ περιλαμβάνει πολύπλοκες διαδικασίες για τους/τις μαθητές/τριες, όπως η διατύπωση υποθέσεων, ο σχεδιασμός δίκαιων πειραμάτων, η συλλογή και ανάλυση δεδομένων και η εξαγωγή συμπερασμάτων (Abd-El-Khalick et al., 2004; Chen et al., 2018; Kirschner et al., 2006; Krajcik et al., 1998). Το Κεφάλαιο 3, *Μάθηση με Διερώτηση*, ασχολείται με το γιατί η ΜΜΔ πρέπει να εφαρμόζεται στη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών. Ωστόσο, εάν η ΜΜΔ πρόκειται να εφαρμοστεί καλά στα σχολεία, η διαφοροποίηση και η υποστήριξη μάθησης (scaffolding) σε σχέση με τη ΜΜΔ πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη (βλ. επίσης Κεφάλαιο 2 *Διαφοροποίηση και Υποστήριξη Μάθησης*). Είναι ευρέως γνωστό μεταξύ ερευνητών και εκπαιδευτικών ότι η αποτελεσματική ΜΜΔ βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην κατάλληλη καθοδήγηση (Alfieri et al., 2011; Hmelo-Silver et al., 2007; Quintana et al., 2004). Με ελάχιστη ή καθόλου καθοδήγηση οι μαθητές/τριες δεν θα κατακτήσουν δεξιότητες συνυφασμένες με τη ΜΜΔ (Kirschner et al., 2006). Την ίδια στιγμή, η καθοδήγηση δεν πρέπει να υπονομεύει την απεριόριστη φύση της διερώτησης και πρέπει να προσαρμόζεται στις ανάγκες και τις ικανότητες των μαθητών/τριών. Ως εκ τούτου, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να παρέχεται υποστήριξη μάθησης στους/στις μαθητές/τριες για να διεκπεραιώσουν επιτυχώς πολύπλοκες διαδικασίες διερώτησης και να εξοικειωθούν άριστα με αυτές τις διαδικασίες, έτσι ώστε η υποστήριξη μάθησης να απομακρυνθεί σταδιακά με το πέρασμα του χρόνου. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε τη διαφοροποίηση με έμφαση στις πολύπλοκες διαδικασίες της ΜΜΔ και εισάγουμε πέντε επίπεδα λήψης αποφάσεων που την ευνοούν. Για τη διαφοροποίηση στη ΜΜΔ πρέπει πρώτα να καθοριστεί το πεδίο γνώσης που θα αποτελέσει επίκεντρο του μαθήματος (βλ. Ενότητα 6.2). Αυτή η απόφαση οδηγεί στον καθορισμό των κρίσιμων επιμέρους φάσεων που θα πρέπει να εισαχθούν στο μάθημα με μαθητοκεντρικό τρόπο και σε τέσσερις αποφάσεις που σχετίζονται με τη διαφοροποίηση. Αφού αποφασιστεί ο τρόπος που θα εργαστούν οι μαθητές/τριες στην τάξη ((1) Διαρρύθμιση τάξης), πρέπει να ακολουθήσουν αποφάσεις σχετικά με την απόδοση των μαθητών/τριών ((2) Ανοικτότητα) στις επιμέρους φάσεις, την προοπτική να μεταβούν σε μεγαλύτερο επίπεδο ανοικτότητας ((3) Μετάβαση) στις επιμέρους φάσεις και την υποστήριξη μάθησης ((4) Υποστήριξη) που θα λάβουν κατά τη μάθηση (βλ. Εικ. 6.1 και Ενότητα 6.3).



Απόφαση για τη διαρρύθμιση της τάξης.
Θα εργαστούν οι μαθητές/μαθήτριες σε ομοιογενείς ή ετερογενείς ομάδες ή ατομικά;



Απόφαση για τον εφικτό βαθμό ανοικτότητας σε κάθε επιμέρους φάση για κάθε ομάδα μαθητών/μαθητριών ή κάθε μαθητή/μαθήτρια ατομικά.



Επιλογή επιμέρους φάσεων στις οποίες θα επιχειρηθεί μετάβαση από έναν βαθμό ανοικτότητας στον επόμενο.



Επιλογή κατάλληλων μεθόδων υποστήριξης για τη μετάβαση προς μεγαλύτερο βαθμό ανοικτότητας στις επιλεγμένες επιμέρους φάσεις.

Εικ. 6.1: Εργαλείο διαφοροποίησης
(περισσότερα στην Ενότητα 6.3)

6.2 Προσδιορισμός του στόχου (πεδίου) του μαθήματος

Όπως εξηγείται στο Κεφάλαιο 3, *Μάθηση μέσω Διερώτησης*, η επιστημονική γνώση μπορεί να διακριθεί σε τέσσερα πεδία: διαδικαστικό πεδίο, εννοιολογικό πεδίο, επιστημολογικό πεδίο και εοινωνικό πεδίο (βλ. Duschl, 2008; Furtak et al., 2012; Van Uum et al., 2016). Κάθε πεδίο επικεντρώνεται στη διδασκαλία, μάθηση και εκτέλεση διαφορετικών επιμέρους φάσεων του κύκλου διερώτησης σε διαφορετικό βάθος. Ο/Η εκπαιδευτικός, προτού προχωρήσει στον προγραμματισμό του μαθήματος, επιλέγει πρώτα το πεδίο γνώσης το οποίο θα είναι υπό έμφαση. Μακροπρόθεσμα, είναι σημαντικό να καλυφθούν σε βάθος όλα τα πεδία επιστημονικής γνώσης, αλλά σε ένα μάθημα είναι χρήσιμο να επικεντρωθούμε μόνο σε ένα. Κάτι τέτοιο δεν συνεπάγεται ότι δίνουμε προτεραιότητα σε κάποια πεδία γνώσης, αλλά είναι απαραίτητο για τον καθορισμό ενός επιτεύξιμου συνόλου διδακτικών στόχων. Εξάλλου, πάντα θα παρατηρείται μια επικάλυψη μεταξύ των πεδίων γνώσης – για παράδειγμα, η ΜΜΔ αξιοποιείται για την εκμάθηση ενός νέου συγκεκριμένου (εννοιολογικό πεδίο γνώσης), αλλά κατά τη διαδικασία μάθησης είναι απαραίτητες οι δεξιότητες διερώτησης και ενδεχομένως να χρειαστεί να βελτιωθούν μέσω της διδασκαλίας (διαδικαστικό πεδίο γνώσης). Επομένως, ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να επιλέξει ποιο πεδίο γνώσης θα καταλαμβάνει περισσότερο χώρο στο μάθημα: η επιμέρους φάση της συζήτησης και εμβάθυνση στην κατανόηση του περιεχομένου ή η επιμέρους φάση της συζήτησης και εμβάθυνση στην κατανόηση της διαδικασίας της διερώτησης. Η προσπάθεια έμφασης στον ίδιο βαθμό κατά τον ίδιο χρόνο συνήθως δεν είναι εφικτή. Εάν ένα πεδίο στοχευμένα πρέπει να υποστηριχθεί μέσω πειραματισμού στο

πλαίσιο της ΜΜΔ, πρέπει να προηγηθεί η σχετική απόφαση. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η εστίαση στα τέσσερα πεδία επιστημονικής γνώσης θα πρέπει να είναι σχεδόν ισορροπημένη στο σύνολο όλων των μαθημάτων.

Διαδικαστικό πεδίο γνώσης:

Το διαδικαστικό πεδίο αναφέρεται σε ικανότητες για την εφαρμογή ερευνητικών μεθόδων (ευρετικές). Οι μέθοδοι έρευνας περιλαμβάνουν την υποβολή ερωτήσεων με επιστημονικό προσανατολισμό, τον σχεδιασμό πειραμάτων, την εκτέλεση διαδικασιών και την αναπαράσταση δεδομένων (Furtak et al., 2012). Επομένως, οι επιμέρους φάσεις *Προσανατολισμός, Διατύπωση Ερωτήσεων, Διατύπωση Υποθέσεων, Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης, Ερμηνεία Δεδομένων και Συμπέρασμα* πρέπει να περιλαμβάνονται ρητά στη διαδικασία έρευνας (βλ. Εικ. 6.2). Αυτές οι επιμέρους φάσεις όχι μόνο θα πρέπει να περιλαμβάνονται, αλλά και να εξηγούνται και να αναπτύσσονται ρητά, εάν οι μαθητές/τριες δεν έχουν επαρκείς ικανότητες. Οι άλλες δύο επιμέρους φάσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν με λιγότερο σαφή τρόπο στο πλαίσιο αυτού του πεδίου γνώσης. Προκειμένου να αναπτυχθούν ικανότητες στο πλαίσιο του διαδικαστικού πεδίου γνώσης για κάθε επιμέρους φάση που είναι υπό έμφαση, είναι απαραίτητη η διαφοροποίηση και η υποστήριξη μάθησης. Κατά τη γνώμη μας, οι επιμέρους φάσεις *Επικοινωνία* και *Αναστοχασμός* μπορεί να είναι χρήσιμες για τη μαθησιακή διαδικασία, αλλά δεν είναι απαραίτητες για αυτό το πεδίο γνώσης. Σύμφωνα με τις επιδιώξεις του συγκεκριμένου πεδίου, οι μαθητές/τριες πρέπει να μπορούν να διατυπώνουν ερευνητικά ερωτήματα, να δημιουργούν υποθέσεις, να σχεδιάζουν έρευνες, να χειρίζονται εργαστηριακό εξοπλισμό και να εξάγουν συμπεράσματα.

Εννοιολογικό πεδίο γνώσης:

Το εννοιολογικό πεδίο αναφέρεται στη γνώση των φυσικών συστημάτων και φαινομένων. Η γνώση των φυσικών συστημάτων και φαινομένων (γεγονότα, θεωρίες και αρχές της επιστήμης) είναι αναμενόμενα αποτελέσματα της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών (Furtak et al., 2012). Οι ικανότητες που σχετίζονται με τη *Διατύπωση Ερωτήσεων*, τη *Διατύπωση Υποθέσεων*, τον *Σχεδιασμό και Διεξαγωγή Διερεύνησης* και την *Ερμηνεία Δεδομένων* δεν αποτελούν κεντρικές ικανότητες στο πλαίσιο του εννοιολογικού πεδίου γνώσης. Στην Εικόνα 6.2 διακρίνονται οι επιμέρους φάσεις που μπορούν να ευνοήσουν το εννοιολογικό πεδίο γνώσης. Υπό την οπτική του εννοιολογικού πεδίου, στο επίκεντρο βρίσκονται ο *Προσανατολισμός* και το *Συμπέρασμα*. Στον *Προσανατολισμό* οι μαθητές/τριες εξοικειώνονται με τα φαινόμενα και στο *Συμπέρασμα* προκύπτουν νέες ιδέες ή επιτυγχάνεται εννοιολογική αλλαγή. Όλες οι άλλες επιμέρους φάσεις που δεν αποτελούν προτεραιότητα για το εννοιολογικό πεδίο γνώσης παρουσιάζονται στην Εικόνα 6.2 με γκριζο χρώμα.

		Διαδικαστικό πεδίο γνώσης	Εννοιολογικό πεδίο γνώσης	Επιστημολογικό πεδίο γνώσης	Κοινωνικό πεδίο γνώσης
	Προσανατολισμός	[+]	[+]	[-]	[-]
Εννοιολόγηση	Διατύπωση Ερωτήσεων	[+]	[-]	[-]	[-]
	Διατύπωση Υποθέσεων	[+]	[-]	[-]	[-]
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	[+]	[-]	[-]	[-]
	Ερμηνεία Δεδομένων	[+]	[-]	[-]	[-]
	Συμπέρασμα	[+]	[+]	[-]	[-]
Συζήτηση	Επικοινωνία	[-]	[-]	[+]	[+]
	Αναστοχασμός	[-]	[-]	[+]	[+]

Εικ. 6.2: Εμβάθυνση στις επιμέρους φάσεις ανάλογα με το πεδίο γνώσης: [+] σημαίνει ότι πρέπει να αφιερωθεί αρκετός διδακτικός χρόνος, [-] σημαίνει ότι πρέπει να αφιερωθεί λίγος διδακτικός χρόνος

Επιστημολογικό πεδίο γνώσης:

Το επιστημολογικό πεδίο αναφέρεται στη «φύση της επιστήμης». Το επίκεντρο είναι η διδασκαλία και μάθηση του τρόπου που δημιουργείται η επιστημονική γνώση, δηλαδή η κατανόηση των διαδικασιών που ακολουθούν οι επιστήμονες για να ολοκληρώσουν την εργασία τους και πώς επικυρώνονται τα ευρήματα της επιστημονικής τους έρευνας. Υπό αυτή την έννοια, τα ευρήματα που συγκεντρώνονται από τις επιστημονικές έρευνες των ίδιων των μαθητών/τριών είναι απαραίτητα (Furtak et al., 2012). Τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών (K-12 standards) για την επιστήμη στις ΗΠΑ (NRC, 2012), χρησιμοποιούν τον όρο επιστημονικές πρακτικές προκειμένου να τονίσουν ότι η πραγματοποίηση επιστημονικών ερευνών απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση για κάθε πρακτική. Στο πλαίσιο της ΜΜΔ μια επιστημονική έρευνα ξεκινά πάντα με ένα ερευνητικό ερώτημα ή/και μια ερευνητική υπόθεση, που οδηγεί στις φάσεις που ακολουθούν. Αυτό που είναι κρίσιμο να αναφερθεί σε αυτό το σημείο, είναι ότι η μεθοδολογία για τη διεξαγωγή μιας έρευνας μπορεί να ποικίλλει. Οι διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν, ωστόσο, πρέπει να είναι σύμφωνες με το ερευνητικό ερώτημα, τα ευρήματα πρέπει να είναι συνεπή με τα δεδομένα που συλλέγονται και

πρέπει να σχολιάζονται με βάση την υφιστάμενη γνώση. Μια άλλη σημαντική πτυχή κατά την προώθηση του επιστημολογικού πεδίου σε ένα μάθημα είναι ότι οι μαθητές/τριες πρέπει να οικοδομήσουν μια κατανόηση του πώς η επιστημονική γνώση αναπτύσσεται με την πάροδο του χρόνου και πώς τα νέα δεδομένα μπορεί να έρχονται σε αντίθεση με όσα ήταν ήδη γνωστά.

Όπως διαφαίνεται από τα παραπάνω, στο επιστημολογικό πεδίο γνώσης αντιστοιχούν όλες οι επιμέρους φάσεις της ΜΜΔ. Ωστόσο, πιστεύουμε ότι είναι καλύτερο η επιστημολογική πτυχή της επιστημονικής έρευνας να εισάγεται και να αναπτύσσεται υπό τη μορφή αναστοχασμού και κριτικής σκέψης κατά τη διάρκεια των συζητήσεων που γίνονται σε ένα μάθημα, ειδικά όταν οι μαθητές/τριες μοιράζονται και επικοινωνούν τα ευρήματα της έρευνάς τους. Ως εκ τούτου, σε αυτήν την περίπτωση οι επιμέρους φάσεις *Επικοινωνία* και *Αναστοχασμός* βρίσκονται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος (βλ. Εικ. 6.2) καθώς, σύμφωνα με το παιδαγωγικό πλαίσιο του κύκλου διερώτησης που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3, οι διαδικασίες που σχετίζονται με αυτές τις επιμέρους φάσεις μπορούν να ενσωματωθούν σε κάθε άλλη φάση του κύκλου διερώτησης, ή στο τέλος ενός κύκλου (βλ. Κεφάλαιο 3, Εικ. 3.3).

Κοινωνικό πεδίο γνώσης:

Το κοινωνικό πεδίο γνώσης αναφέρεται σε διαδικασίες συνεργασίας και επικοινωνίας οι οποίες αξιοποιούνται για την κατασκευή της επιστημονικής γνώσης (Furtak et al., 2012). Όπως έγινε σαφές και προηγουμένως, η εστίαση σε ένα γνωστικό πεδίο δεν συνεπάγεται ότι οι επιμέρους φάσεις που αντιστοιχούν σε αυτό το πεδίο δεν μπορεί να είναι υπό έμφαση και σε ένα άλλο γνωστικό πεδίο. Αυτό γίνεται ξεκάθαρο αν αναλογιστούμε, για παράδειγμα, τη συνεργασία στην ομαδική εργασία, την επικοινωνία και τη συζήτηση των αποτελεσμάτων της έρευνας, που θεωρούνται απαραίτητες διαδικασίες οικοδόμησης της γνώσης. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, μόνο ένας περιορισμένος αριθμός μαθησιακών στόχων είναι δυνατός σε ένα μάθημα. Τα διαφορετικά πεδία γνώσης, επομένως, υποδεικνύουν την κατεύθυνση των μαθησιακών στόχων για την ενίσχυση των ικανοτήτων που θα αποτελούν το επίκεντρο ενός μαθήματος. Το κοινωνικό πεδίο γνώσης περιλαμβάνει μαθησιακούς στόχους για την ενίσχυση των ικανοτήτων που σχετίζονται με την κριτική σκέψη και την αναθεώρηση (της δικής τους εργασίας και της εργασίας των άλλων), καθώς και ικανότητες για την ανταλλαγή ευρημάτων και την εργασία σε ομάδες. Η μάθηση, υπό μια κονστρουκτιβιστική άποψη, είναι μια ενεργή και κοινωνική διαδικασία (Walker, 2015). Ενεργή σημαίνει ότι οι μαθητές/τριες κατασκευάζουν τη γνώση μόνοι/ες τους (Schnotz, 2011). Η διαδικασία θεωρείται επίσης κοινωνική για τον λόγο ότι οι μαθητές/τριες μπορούν, μέσω της συνεργασίας και της επικοινωνίας, να παρατηρήσουν κενά, ελαττώματα, δυσκολίες στη μάθησή τους και να οδηγηθούν σε νέα, δημιουργικά μονοπάτια (Neubert et al., 2001). Συνεπώς, αν το μάθημά σας εστιάζει στο κοινωνικό

πεδίο της γνώσης, τότε στο επίκεντρο θα βρίσκονται οι επιμέρους φάσεις *Επικοινωνία* και *Αναστοχασμός* (βλ. Εικ. 6.2).

6.3 Εργαλείο διαφοροποίησης

Αφού ληφθεί η απόφαση για το γνωστικό πεδίο που θα αποτελέσει το επίκεντρο του μαθήματος, έπονται αποφάσεις σχετικές με τη διαφοροποίηση. Υπάρχουν τέσσερα στάδια στη διαδικασία σχεδιασμού της διαφοροποίησης στα οποία αποφασίζεται: (1) η διαρρύθμιση της τάξης, (2) η ανοικτότητα στις επιμέρους φάσεις, (3) οι επιμέρους φάσεις στις οποίες θα γίνει μετάβαση από έναν βαθμό ανοικτότητας στον επόμενο, και (4) οι μέθοδοι υποστήριξης της μάθησης. Όλες αυτές οι αποφάσεις βασίζονται σε διαγνωστική αξιολόγηση των γνώσεων και των δεξιοτήτων των μαθητών/τριών, η οποία περιγράφεται λεπτομερέστερα στην ενότητα 6.4.

(1) Διαρρύθμιση της τάξης



Σε πρώτο στάδιο, πρέπει να γίνει στοχευμένη επιλογή της διαρρύθμισης της τάξης. Είναι προτιμότερο το μάθημα να διεξάγεται σε ομοιογενείς ή ετερογενείς ομάδες, ή οι μαθητές/τριες πρέπει να εργάζονται ατομικά;

Εξετάζοντας τις διαφορετικές επιμέρους φάσεις, διαπιστώνουμε ότι οι μαθητές/τριες μιας τάξης τείνουν να είναι πολύ διαφορετικοί/ές ως προς τις ικανότητές τους. Επομένως, η πρώτη μας απόφαση έχει να κάνει με το κατά πόσο θα δημιουργήσουμε ομάδες μαθητών/τριών με παρόμοιες ικανότητες (ομοιογενείς ομάδες) ή θα δημιουργήσουμε ετερογενείς ομάδες, ή θα αφήσουμε τους/τις μαθητές/τριες να εργαστούν ατομικά. Στην περίπτωση που οι μαθητές/τριες εργάζονται ατομικά, μπορούν είτε να επιτύχουν τον ίδιο μαθησιακό στόχο είτε διαφορετικούς μαθησιακούς στόχους. Σε αντίθεση με την ατομική εργασία, στην ομαδική εργασία αναδύονται οι κοινωνικές πτυχές της μάθησης. Οι μαθητές/τριες πρέπει να συνεργάζονται και να ανταλλάσσουν ιδέες κατά τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και την αξιολόγηση της εργασίας τους. Σε ετερογενείς ομάδες, οι μαθητές/τριες με ψηλότερες επιδόσεις μπορούν να καθοδηγήσουν μαθητές/τριες με χαμηλότερες επιδόσεις. Σε ομοιογενείς ομάδες, το πλεονέκτημα είναι ότι υπάρχει η δυνατότητα να δοθούν εργασίες με επίπεδο πολυπλοκότητας κατάλληλο για όλα τα μέλη της ομάδας. Στην ατομική εργασία είναι δυνατή η ικανοποίηση των προσωπικών απαιτήσεων των μαθητών/τριών. Κάθε κοινωνική μορφή προσφέρει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Επομένως, πρέπει να γίνει επιλογή της καταλληλότερης κοινωνικής μορφής ανάλογα με την τάξη και το περιεχόμενο.

(2) Ανοικτότητα στις επιμέρους φάσεις



Σε αυτό το στάδιο αποφασίζεται ο βαθμός ανοικτότητας των επιμέρους φάσεων (Προσανατολισμός, Διατύπωση Ερωτήσεων, Διατύπωση Υποθέσεων ...) για κάθε ομάδα μαθητών/τριών ή για κάθε μαθητή/τρια που εργάζεται ατομικά (βαθμός ανοικτότητας που οι μαθητές/τριες ή οι ομάδες μπορούν να διεκπεραιώσουν χωρίς βοήθεια/υποστήριξη). Ανεξάρτητα από το αν η πρώτη απόφαση έχει ως αποτέλεσμα οι μαθητές/τριες να εργαστούν ατομικά ή σε ομάδες, ομοιογενείς ή ετερογενείς ομάδες, η επόμενη απόφαση για κάθε ομάδα και για κάθε επιμέρους φάση, έχει να κάνει με τον δυνητικό βαθμό ανοικτότητας. Σε αντίθεση με τη λήψη απόφασης για τον δυνητικό βαθμό ανοικτότητας για μονάδες μαθητών/τριών και ομοιογενείς ομάδες, είναι πιο δύσκολη η απόφαση για τις ετερογενείς ομάδες. Γενικά, υπάρχουν τρεις τρόποι για να αποφασίσετε σχετικά με τον δυνητικό βαθμό ανοικτότητας για ετερογενείς ομάδες:

- **Τρόπος 1:** Ο/Η εκπαιδευτικός εξετάζει τις δεξιότητες των πιο αδύναμων μαθητών/τριών και αποφασίζει σύμφωνα με αυτές τον βαθμό ανοικτότητας σε κάθε επιμέρους φάση. Πλεονέκτημα: Κανένας μαθητής και καμία μαθήτρια δεν θα επιβαρυνθεί. Μειονέκτημα: Οι καλοί μαθητές και οι καλές μαθήτριες μπορεί να υποτιμηθούν.
- **Τρόπος 2:** Ο/Η εκπαιδευτικός εξετάζει τις δεξιότητες των μαθητών/τριών με ψηλές επιδόσεις και αποφασίζει σύμφωνα με αυτές τους βαθμούς ανοικτότητας. Οι μαθητές και οι μαθήτριες με ψηλές επιδόσεις ενεργούν ως μέντορες και καθοδηγούν τους μαθητές και τις μαθήτριες με χαμηλές επιδόσεις. Πλεονέκτημα: Κανένας μαθητής και καμία μαθήτρια δεν θα υποτιμηθεί. Μειονέκτημα: Οι μαθητές/τριες με ψηλές επιδόσεις αναλαμβάνουν πολλές εργασίες (καθοδήγηση και σκέψη για τη διαδικασία της διερώτησης). Οι μαθητές/τριες με χαμηλές επιδόσεις ενδέχεται να επιβαρυνθούν.
- **Τρόπος 3:** Ο/Η εκπαιδευτικός εξετάζει τις δεξιότητες των μαθητών/μαθητριών με μέτριες επιδόσεις και αποφασίζει σύμφωνα με αυτές τους βαθμούς ανοικτότητας. Οι μαθητές/μαθήτριες με τις ψηλότερες επιδόσεις ενεργούν ως μέντορες και να καθοδηγούν τους μαθητές και τις μαθήτριες με χαμηλότερες επιδόσεις. Πλεονέκτημα: Κανένας μαθητής και καμία μαθήτρια δεν θα υποτιμηθεί και οι εργασίες (καθοδήγηση και σκέψη για τη διαδικασία της διερώτησης) κατανέμονται μεταξύ των μαθητών/μαθητριών. Μειονέκτημα: Οι πιο αδύναμοι/ες μαθητές/τριες ενδέχεται να επιβαρυνθούν.

Παράδειγμα 6.1

Φαινόμενο: Τα πουλιά εκτείνουν τα φτερά τους από το σώμα τους πιο έντονα κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Μοιάζουν με φουσκωμένες φτερωτές μπαλίτσες. Αυτό δημιουργεί ένα παχύ στρώμα αέρα μεταξύ των φτερών που έχει ως αποτέλεσμα καλύτερη μόνωση. Ένα σχετικό ερευνητικό ερώτημα θα μπορούσε να είναι: «Γιατί ένα πουλί εκτείνει τα φτερά του από το σώμα πιο έντονα τον χειμώνα;»



Εικ. 6.3: Αριστερά: κοκκινολαίμης το καλοκαίρι, The OtherKev, 2020. Δεξιά: κοκκινολαίμης τον χειμώνα, Eckehard Jagdmann, 2016. Οι δύο εικόνες είναι διαθέσιμες στο Pixabay (Άδεια για δωρεάν εμπορική χρήση)

Αν εξετάσουμε, για παράδειγμα, τις δύο επιμέρους φάσεις Διατύπωση Υποθέσεων και Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης (Πείραμα), οι μαθητές/τριες στις διάφορες ομάδες μπορεί να έχουν διαφορετικές ικανότητες που σχετίζονται με τις δύο αυτές επιμέρους φάσεις (στο παράδειγμα αυτό επικεντρωνόμαστε μόνο σε αυτές τις δύο επιμέρους φάσεις). Ας θεωρήσουμε ότι έχουμε δύο ομάδες και αποφασίζουμε ότι η ομάδα 1 μπορεί να διατυπώσει υποθέσεις στο πλαίσιο του *μέτριου βαθμού ανοικτότητας*. Η διατύπωση υποθέσεων θα μπορούσε να γίνει με τη βοήθεια λέξεων-κλειδιών σε μορφή καρτών (οι κάρτες θα μπορούσαν να γράφουν «αέρας» και «μόνωση»). Για την ομάδα 2 αποφασίζουμε ότι ο *βαθμός ανοικτότητας* είναι *μέτριος*. Η ομάδα 2 χρειάζεται να λάβει βοήθεια υπό τη μορφή μιας λίστας έτοιμων υποθέσεων από την οποία θα κληθεί να επιλέξει την υπόθεση που θα εξετάσει (η λίστα θα μπορούσε να περιλαμβάνει τις ακόλουθες υποθέσεις: «Ένα παχύτερο στρώμα αέρα οδηγεί σε καλύτερη μόνωση», «Το φούσκωμα των φτερών τα εμποδίζει από το να βραχούν», «Το φούσκωμα των φτερών είναι μια συμπεριφορά των πουλιών για να ζευγαρώσουν»).

Έπειτα, αποφασίζουμε ότι η ομάδα 1 μπορεί να σχεδιάσει ένα πείραμα με *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας* και η ομάδα 2 με *μέτριο βαθμό ανοικτότητας* (για παράδειγμα: ο/η εκπαιδευτικός παρέχει τα υλικά και οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν ένα πείραμα βασισμένο σε αυτά τα υλικά. Τα υλικά

θα μπορούσαν να είναι δύο ποτήρια ζέσεως διαφορετικού μεγέθους, δύο ίσες ποσότητες φτερών, ζεστό νερό, δοκιμαστικοί σωλήνες και θερμόμετρα).

Αντίστοιχες αποφάσεις για τον βαθμό ανοικτότητας πρέπει να γίνουν για όλες τις φάσεις. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα δύο διαφορετικά μοτίβα για τις δύο ομάδες που αναφέρονται στο παράδειγμα μας (βλ. Εικ. 6.4).

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Εννοιολόγηση	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
Διερεύνηση	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξαγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξαγουν τα δικά τους συμπεράσματα
ομάδα 1 ομάδα 2		Καθοδήγηση από τον/την εκπαιδευτικό Αυτονομία μαθητή			

Εικ. 6.4: Μοτίβα βαθμού ανοικτότητας των δύο ομάδων

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για την υποστήριξη των μαθητών/τριών στους διαφορετικούς βαθμούς ανοικτότητας. Στον παρακάτω πίνακα παραθέτουμε κάποια παραδείγματα (βλ. Πίνακα 6.1). Ωστόσο, αυτοί οι τρόποι δεν είναι οι μοναδικοί, για αυτό οι εκπαιδευτικοί ενθαρρύνονται να αναζητήσουν και άλλους κατάλληλους τρόπους. Οι περισσότεροι τρόποι υποστήριξης που περιλαμβάνονται στον πίνακα αναφέρονται στο παράδειγμα με τα φτερά των πουλιών (Παράδειγμα 6.1), αλλά όταν αυτό δεν ήταν δυνατό, χρησιμοποιήθηκαν παραδείγματα από άλλα συγκείμενα.

Πίνακας 6.1: Τρόποι υποστήριξης των μαθητών/τριών στα διάφορα επίπεδα ανοικτότητας

Επιμέρους φάση	Βαθμός ανοικτότητας	Ιδέα/μέθοδος
Προσανατολισμός	Μηδενικός	- Ο δάσκαλος περιγράφει ένα φαινόμενο. Παράδειγμα: «Τον χειμώνα τα πουλιά έχουν πιο φουντωτά φτερά από ότι το καλοκαίρι και με αυτόν τον τρόπο υπάρχει περισσότερος αέρας ανάμεσα στα φτερά τους. Ποιος μπορεί να είναι ο λόγος για αυτό το φαινόμενο;» - Δίνονται εικόνες (Εικ. 6.5) και σύντομο κείμενο: Το καλοκαίρι ο κοκκινολαίμης κρατά τα φτερά του κοντά στο σώμα. Τον χειμώνα το πουλί φαίνεται να έχει ένα πιο σφαιρικό σχήμα, γιατί τα φτερά του είναι πιο φουντωτά. Με αυτό τον τρόπο παγιδεύει περισσότερο αέρα ανάμεσα στα φτερά του για καλύτερη μόνωση.
	Χαμηλός	Παρουσιάζεται ένα φαινόμενο (πραγματικό, μέσω βίντεο, μέσω εικόνων) και δίνονται κάποια στοιχεία που το αφορούν (βλ. Εικ. 6.5 ως παράδειγμα).



Εικ. 6.5: Φαινόμενο με συνοδευτικές ενδείξεις

Αριστερά: κοκκινολαίμης το καλοκαίρι, The OtherKev, 2020.

Δεξιά: κοκκινολαίμης τον χειμώνα, Eckehard Jagdmann, 2016. Οι δύο εικόνες είναι διαθέσιμες στο Pixabay (Άδεια για δωρεάν εμπορική χρήση). Οι εικόνες έχουν τύχει επεξεργασίας.

- Παρουσιάζεται ένα φαινόμενο (πραγματικό, μέσω βίντεο, μέσω εικόνων) και δίνονται κάρτες με λέξεις που το αφορούν (βλ. Εικ. 6.6 ως παράδειγμα). Οι μαθητές/τριες συσχετίζουν τις κάρτες με το φαινόμενο που τους παρουσιάζεται.



Εικ. 6.6: Φαινόμενο με συνοδευτικές κάρτες λέξεων

Αριστερά: κοκκινολαίμης το καλοκαίρι, The OtherKev, 2020. Δεξιά: κοκκινολαίμης τον χειμώνα, Eckehard Jagdmann, 2016. Οι δύο εικόνες είναι διαθέσιμες στο Pixabay (Άδεια για δωρεάν εμπορική χρήση).

Μέτριος

Παρουσιάζεται ένα φαινόμενο (πραγματικό, μέσω βίντεο, μέσω εικόνων) και δίνονται παρωθήσεις.

Παράδειγμα: Ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ των δύο εικόνων (Εικ. 6.3);

- Παρουσιάζεται το πραγματικό φαινόμενο και μια λανθασμένη εικόνα που θα μπορούσε να το αφορά. Οι μαθητές/τριες πρέπει να βρουν τα σφάλματα που παρουσιάζονται στην εικόνα σε σύγκριση με το πραγματικό φαινόμενο. Ο/Η εκπαιδευτικός προβάλλει ένα βίντεο στο οποίο διακρίνονται διαφορετικά πουλιά τον χειμώνα (με φουσκωμένα φτερά) και

		το καλοκαίρι (χωρίς φουσκωμένα φτερά). Έπειτα, παρουσιάζει δύο εικόνες μια με ένα πουλί το χειμώνα και μια με ένα πουλί το καλοκαίρι. Και τα δύο πουλιά δεν έχουν φουσκωμένα φτερά.
	Μέγιστος	▪ Παρουσιάζεται ένα φαινόμενο μέσω βίντεο. ▪ Παρουσιάζεται ένα φαινόμενο μέσω εικόνων (βλέπε Εικ. 6.3 για παράδειγμα). ▪ Οι μαθητές/τριες εξερευνούν έχοντας δοσμένα υλικά και ανακαλύπτουν φαινόμενα. Για παράδειγμα, στο μάθημα της χημείας οι μαθητές/τριες έχουν στη διάθεσή τους λευκές σκόνες (αλάτι, ζάχαρη, μαγειρική σόδα, σκόνη πλυσίματος, σκόνη κιτρικού οξέος) και τις αναμειγνύουν σε νερό. Σε ορισμένες από τις δοκιμές τους παρατηρούν να δημιουργείται αφρός.
Διατύπωση ερωτήσεων	Μηδενικός	▪ Το ερευνητικό ερώτημα δίνεται από τον/την εκπαιδευτικό: «Είναι αλήθεια ότι ένα πουλί φουσκώνει τα φτερά του τον χειμώνα για καλύτερη μόνωση;»
	Χαμηλός	▪ Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ή περισσότερα ερευνητικά ερωτήματα για να διερευνήσουν, από μια λίστα που τους δίνεται. ▪ Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερευνητικό ερώτημα με τη βοήθεια λέξεων που τους δίνονται (παρέχονται όλα τα στοιχεία που χρειάζονται για τη διατύπωση πιθανών ερωτήσεων).
	Μέτριος	▪ Δίνονται ορισμένες λέξεις (π.χ. η ανεξάρτητη και εξαρτημένη μεταβλητή ή μόνο μία από αυτές). Οι μαθητές/τριες σκέφτονται τις άλλες λέξεις που χρειάζονται για να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα.

		Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ερωτήσεις σε ομάδες. Ο/Η εκπαιδευτικός συζητά με τις ομάδες εάν οι ερωτήσεις είναι επιστημονικές ή όχι και παρέχει βοήθεια για τη βελτίωσή τους (για ένα πείραμα είναι απαραίτητο να διατυπωθεί μια ερώτηση που αναζητά αιτιολογική σχέση).
	Μέγιστος	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τις δικές τους ερωτήσεις. Μόνο εάν απουσιάζουν τα κατάλληλα υλικά, οι πιθανές ερωτήσεις παρέχονται από τον/την εκπαιδευτικό.
Διατύπωση Υποθέσεων	Μηδενικός	Η υπόθεση δίνεται από τον/την εκπαιδευτικό.
	Χαμηλός	- Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μία ή περισσότερες υποθέσεις για να εξετάσουν, από μια λίστα που τους δίνεται. - Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με τη βοήθεια λέξεων που τους δίνονται (παρέχονται όλα τα στοιχεία που χρειάζονται για τη διατύπωση πιθανών υποθέσεων). - Δίνεται στους/στις μαθητές/τριες η αρχή μιας πρότασης που καταλήγει σε μια υπόθεση: <i>Υποθέτω ότι ..., Όταν ... αυτό έχει ως αποτέλεσμα ..., Αν ... τότε.</i>
	Μέτριος	- Δίνονται ορισμένες λέξεις (π.χ. η ανεξάρτητη και εξαρτημένη μεταβλητή ή μόνο μία από αυτές). Οι μαθητές/τριες σκέφτονται τις άλλες λέξεις που χρειάζονται για να διατυπώσουν την υπόθεση. - Ο/Η εκπαιδευτικός παρέχει μια πιθανή υπόθεση και οι μαθητές/τριες δημιουργούν άλλες. Για παράδειγμα, στο συγκεκριμένο της βοτανολογίας πρέπει να προσδιοριστούν οι παράγοντες που σχετίζονται με βλάστηση. Ο/Η εκπαιδευτικός δίνει την υπόθεση «Η ψηλή θερμοκρασία είναι απαραίτητη για τη βλάστηση» και ενθαρρύνει τους/τις μαθητές/τριες να βρουν άλλες υποθέσεις.

Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Μέγιστος	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση/πιθανές υποθέσεις.
	Μηδενικός	- Ο/Η εκπαιδευτικός δίνει ξεκάθαρες οδηγίες για τη διεξαγωγή του πειράματος. - Δίνεται ένα φύλλο εργασίας με μια λίστα από υλικά που είναι απαραίτητα για το πείραμα, ένα σχέδιο ή μια φωτογραφία της πειραματικής διάταξης και οδηγίες για την εκτέλεση του πειράματος.
	Χαμηλός	- Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες από ένα σετ οδηγιών που τους δίνονται. Κάθε σετ οδηγιών αποτελείται από όλα τα βήματα για την εκτέλεση ενός πειράματος. Οι μαθητές/τριες πρέπει να επιλέξουν ένα σετ οδηγιών που ταιριάζει με την υπόθεσή τους και μπορεί να υλοποιηθεί στο σχολικό εργαστήριο. - Ο/Η εκπαιδευτικός δίνει ένα σετ υλικών. Όλα τα υλικά πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό τους πειράματος. <i>Για λόγους ασφάλειας, ο/η εκπαιδευτικός ελέγχει όλους τους σχεδιασμούς πειραμάτων προτού οι μαθητές/τριες προχωρήσουν στην υλοποίησή τους!</i>
	Μέτριος	- Ο/Η εκπαιδευτικός δίνει ένα σετ υλικών. Μόνο μερικά από αυτά είναι χρήσιμα/αναγκαία για τον σχεδιασμό του πειράματος. - Ο/Η εκπαιδευτικός δίνει μόνο ένα υλικό ή μερικά μόνο υλικά (ως παρακίνηση). Οι μαθητές/τριες πρέπει να σκεφτούν τα υπόλοιπα υλικά που θα χρειαστούν. <i>Για λόγους ασφάλειας, ο/η εκπαιδευτικός ελέγχει όλους τους σχεδιασμούς πειραμάτων προτού οι μαθητές/τριες προχωρήσουν στην υλοποίησή τους!</i>

Ερμηνεία Δεδομένων	Μέγιστος	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν και εκτελούν ένα πείραμα χωρίς καμιά βοήθεια. <i>Για λόγους ασφάλειας, ο/η εκπαιδευτικός ελέγχει όλους τους σχεδιασμούς πειραμάτων προτού οι μαθητές/τριες προχωρήσουν στην υλοποίησή τους!</i>
	Μηδενικός	Ο/Η εκπαιδευτικός συλλέγει τα δεδομένα από τους/τις μαθητές/τριες και επιδεικνύει τον τρόπο παρουσίασής τους (πίνακας, γραφική παράσταση, διάγραμμα ή άλλη μορφή αναπαράστασης). Επισημάνει τη σχέση μεταξύ μεταβλητών και την επεξηγεί στους/στις μαθητές/τριες.
	Χαμηλός	- Οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν τις παρατηρήσεις από τα πειράματά τους και συζητούν στην ολομέλεια για τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Η συζήτηση στην ολομέλεια κατευθύνεται κυρίως από τον/την εκπαιδευτικό. - Οι μαθητές/τριες ερμηνεύουν τα δεδομένα στις ομάδες τους χρησιμοποιώντας μια λίστα ελέγχου: (1) Η ανεξάρτητη μεταβλητή έχει θετική συνδιακύμανση («αν είναι μεγαλύτερη ... τότε είναι μεγαλύτερη») με την εξαρτημένη μεταβλητή; ΝΑΙ/ΟΧΙ, (2) Η ανεξάρτητη μεταβλητή έχει αρνητική συνδιακύμανση («αν είναι μεγαλύτερη ... τότε είναι μικρότερη») με την εξαρτημένη μεταβλητή; ΝΑΙ/ΟΧΙ, (3) Είναι δυνατόν να εξαχθεί ένα έγκυρο συμπέρασμα από τις πειραματικές παρατηρήσεις; ΝΑΙ/ΟΧΙ
	Μέτριος	- Οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν τις παρατηρήσεις από τα πειράματά τους και συζητούν στην ολομέλεια για τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Ο/Η εκπαιδευτικός συντονίζει τη συζήτηση χωρίς να την κατευθύνει. - Οι μαθητές/τριες ερμηνεύουν τα δεδομένα στις ομάδες τους με παρωθήσεις: Η ανεξάρτητη μεταβλητή έχει εμφανή επίδραση ή καμία εμφανή επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή; Τι είδους σχέση υπάρχει;

	Μέγιστος	Οι μαθητές/τριες ερμηνεύουν τα δεδομένα χωρίς καμία βοήθεια. Επιλέγουν μόνοι/ες τους τον τρόπο αναπαράστασης των δεδομένων. Ερμηνεύουν τα δεδομένα παρουσιάζοντας και συζητώντας για τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών.
Συμπέρασμα	Μηδενικός	Ο/Η εκπαιδευτικός εξάγει τα συμπεράσματα. Παρουσιάζει μια καλά διατυπωμένη πρόταση ή κείμενο που συνοψίζει τα αποτελέσματα του πειράματος, δίνοντας την απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα. Επίσης, η αποδοχή ή η απόρριψη της υπόθεσης δίνεται ή τουλάχιστον καθοδηγείται από τον/την εκπαιδευτικό.
	Χαμηλός	- Οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν τις πρώτες τους σκέψεις για το συμπέρασμα (αν επιβεβαιώνεται η υπόθεση, αν απαντάται το ερώτημα). Ακολουθεί συζήτηση για το συμπέρασμα στην ολομέλεια με έντονη καθοδήγηση από τον/την εκπαιδευτικό. - Δίνονται παρωθήσεις: (1) Εάν η υπόθεσή σας ήταν σωστή, σε ποιες από τις πειραματικές δοκιμές σας θα έπρεπε να μπορείτε να δείτε... και σε ποιες όχι; (2) Συγκρίνετε τις σκέψεις σας (απαντήσεις στην παρώθηση 1) με τις παρατηρήσεις σας. (3) Επιβεβαιώνεται ή απορρίπτεται η υπόθεσή σας;
	Μέτριος	- Οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν τις πρώτες τους σκέψεις για το συμπέρασμα (αν επιβεβαιώνεται η υπόθεση, αν απαντάται το ερώτημα). Ακολουθεί συζήτηση για το συμπέρασμα στην ολομέλεια. Ο/Η εκπαιδευτικός συντονίζει τη συζήτηση χωρίς να την κατευθύνει έντονα. - Οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα στις ομάδες τους καθοδηγούμενοι/ες από παρωθήσεις: Επιβεβαιώνεται η υπόθεσή σας; Απαντήθηκε το ερευνητικό σας ερώτημα;

	Μέγιστος	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν συμπεράσματα χωρίς βοήθεια. Δίνουν απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα και αποδέχονται ή απορρίπτουν την υπόθεσή τους.
Επικοινωνία	Μηδενικός	- Ο/Η εκπαιδευτικός θέτει ερωτήσεις κλειστού τύπου. Οι μαθητές/τριες απαντούν με ναι ή όχι. - Η επικοινωνία είναι δασκαλοκεντρική. Ο ρόλος των μαθητών/τριών είναι να ακούνε και να απαντούν σε ερωτήσεις του/της εκπαιδευτικού.
	Χαμηλός	- Οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν το πείραμα και τα ευρήματά τους με τη βοήθεια μιας παρεχόμενης δομής για παρουσίαση. - Οι μαθητές/τριες ετοιμάζουν την παρουσίασή τους υπό την καθοδήγηση μεγαλύτερων μαθητών/τριών ή μαθητών/τριών με ψηλότερες επιδόσεις.
	Μέτριος	- Οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν το πείραμα και τα ευρήματά τους στην ολομέλεια και ο/η εκπαιδευτικός συντονίζει την παρουσίαση. - Οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν το πείραμα και τα ευρήματά τους στην ολομέλεια και άλλοι/ες μαθητές/τριες συντονίζουν την παρουσίαση.
	Μέγιστος	Οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν το πείραμα και τα ευρήματά τους χωρίς βοήθεια.
	Μηδενικός	Ο/Η εκπαιδευτικός αναστοχάζεται για τον πειραματισμό και τα αποτελέσματα.

Αναστοχασμός	Χαμηλός	- Οι μαθητές/τριες έχουν μια λίστα με αναστοχαστικές ερωτήσεις: (1) Το ερώτημά σας είναι πράγματι ένα ερευνητικό ερώτημα; (2) Η υπόθεσή σας είναι κατάλληλη; (3) Εφαρμόσατε τη στρατηγική ελέγχου μεταβλητών; (4) Έχετε κάνει πολλαπλές μετρήσεις; (5) Το συμπέρασμα σας είναι έγκυρο; - Οι μαθητές χρησιμοποιούν μια λίστα ελέγχου για αναστοχασμό (βλέπε Εικ. 6.7 ως παράδειγμα). Ελέγξτε τα ακόλουθα σημεία για να εντοπίσετε τυχόν λάθη. ☐ Ερώτημα ☐ Υπόθεση ☐ Σχεδιασμός πειράματος ☐ Μετρήσεις ☐ Συμπέρασμα Εικ.6.7: Λίστα ελέγχου
	Μέτριος	- Οι μαθητές/τριες αναστοχάζονται στην ολομέλεια και ο/η εκπαιδευτικός συντονίζει τη συζήτηση. - Οι μαθητές/τριες αναστοχάζονται στις ομάδες τους. Μεγαλύτεροι/ες μαθητές/μαθήτριες ή μαθητές/τριες με ψηλότερες επιδόσεις συντονίζουν τη συζήτηση.
	Μέγιστος	Οι μαθητές/τριες αναστοχάζονται για τα πειράματά τους χωρίς βοήθεια.

(3) Επιλογή επιμέρους φάσεων για τις οποίες θα γίνει υποστήριξη στον επόμενο βαθμό ανοικτότητας



Η παροχή υποστήριξης απαιτείται για την ενίσχυση των ικανοτήτων των μαθητών/τριών να πραγματοποιούν διαδικασίες των επιμέρους φάσεων με πιο ανοιχτή μορφή και βοηθά τους/τις μαθητές/τριες να δουν την επιστήμη ως έναν τρόπο παραγωγής γνώσης (π.χ. Metz, 2004). Οι ικανότητες για τον σχεδιασμό και την διεξαγωγή πειραμάτων δεν απαιτούνται μόνο κατά την πράξη (Bell et al., 2003). Είναι απαραίτητο να δίνονται ασκήσεις και επεξηγήσεις ώστε οι μαθητές/τριες να αναπτύξουν σταδιακά τις ικανότητές τους (Baur et al., 2019). Υπό αυτή την έννοια, αρχικά, χρειάζεται να αποφασισθούν οι επιμέρους φάσεις για τις οποίες θα δοθεί κατάλληλη υποστήριξη ώστε οι μαθητές/τριες να μπορέσουν να μεταβούν στο επόμενο επίπεδο ανοικτότητας, να επεκτείνουν δηλαδή τις ικανότητές τους. Η επιμέρους φάση που θα τύχει επέκτασης μπορεί να είναι διαφορετική σε κάθε ομάδα ή για κάθε μαθητή/τρια. Ο δυνητικός βαθμός ανοικτότητας για την επιμέρους φάση για μια ομάδα ή για έναν μόνο μαθητή ή μία μόνο μαθήτρια (επιλογή που έγινε κατά τη δεύτερη απόφαση, *Ανοικτότητα στις επιμέρους φάσεις*) μεταφέρεται στη συνέχεια στον επόμενο βαθμό ανοικτότητας με τη χρήση κατάλληλων μεθόδων υποστήριξης (βλ. τέταρτη απόφαση: *Επιλογή μεθόδων υποστήριξης*). Κρίνεται χρήσιμο να γίνει μετάβαση από έναν βαθμό ανοικτότητας στον επόμενο μίας ή δύο φάσεων ανά ομάδα ή μαθητή/τρια. Υπάρχουν δύο τρόποι για να γίνει η επιλογή των επιμέρους φάσεων που πρέπει να επεκταθούν στον επόμενο βαθμό ανοικτότητας:

- **Τρόπος 1:** Σε κάθε ομάδα (ή για μαθητές/τριες που εργάζονται ατομικά) γίνεται επέκταση των ικανοτήτων στον επόμενο βαθμό ανοικτότητας στην ίδια φάση. Πλεονέκτημα: Ο/Η εκπαιδευτικός θα επικεντρωθεί μόνο σε μία φάση κατά την επιλογή/δημιουργία μεθόδων υποστήριξης και κατά την αξιολόγηση των μαθητών/τριών. Μειονέκτημα: Ίσως δεν χρειάζονται όλες οι ομάδες (ή οι μαθητές/τριες που εργάζονται ατομικά) μια επέκταση του βαθμού ανοικτότητας στη συγκεκριμένη φάση – ίσως βρίσκονται ήδη στο επιδιωκόμενο επίπεδο ανοικτότητας ή χρειάζονται μια πολύ κλειστή μορφή για να αντεπεξέλθουν στις διαδικασίες της φάσης αυτής.
- **Τρόπος 2:** Η επέκταση του βαθμού ανοικτότητας για κάθε ομάδα (μαθητή/τρια που εργάζεται ατομικά) μπορεί γίνει σε διαφορετικές φάσεις. Οι ομάδες (μαθητές/τριες) έχουν τις ευκαιρίες να επεκτείνουν τις ικανότητές τους σε διάφορες φάσεις. Πλεονέκτημα: Κάθε ομάδα (μαθητής/τρια που εργάζεται ατομικά) μπορεί να υποστηριχθεί για να αποκτήσει ικανότητες που είναι σημαντικές για την ομάδα (για τον/την μαθητή/τρια που εργάζεται ατομικά). Μειονέκτημα: Μπορεί να είναι δύσκολο για έναν/μία εκπαιδευτικό να εξετάζει διαφορετικές επιμέρους φάσεις για κάθε ομάδα (μαθητή/τρια που εργάζεται ατομικά) και να παρέχει κατάλληλη υποστήριξη. Οι

συζητήσεις στην ολομέλεια για διαφορετικές υποθέσεις και εργασίες, μπορεί είναι χρονοβόρες και ενδεχομένως να προκαλέσουν σύγχυση.

Παράδειγμα 6.2

Στο παράδειγμά που είδαμε προηγουμένως, κρίνεται ότι το περιεχόμενο του μαθήματος είναι καλό για να επιδιώξει την επέκταση των ικανοτήτων διατύπωσης ερωτήσεων της ομάδας 1. Στόχος, επομένως, είναι να βοηθήσουμε τα μέλη της ομάδας να μπορέσουν να διατυπώσουν ερωτήσεις με μια πιο ανοιχτή μορφή. Σε όλες τις άλλες επιμέρους φάσεις δεν κρίθηκε απαραίτητο να επιδιωχθεί μετάβαση σε μεγαλύτερο βαθμό ανοικτότητας. Για την ομάδα 2, κρίνεται ότι το περιεχόμενο του μαθήματος πρέπει να βοηθήσει τα μέλη της ομάδας να βελτιώσουν τις ικανότητες σχεδιασμού ενός πειράματος. Όπως και για την πρώτη ομάδα, έτσι και για τη δεύτερη δεν θα επιδιωχθεί επέκταση του βαθμού ανοικτότητας σε άλλη επιμέρους φάση. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχουμε πάρει μια απόφαση ακολουθώντας τον τρόπο 2, σύμφωνα με τις περιγραφές που επεξηγήθηκαν πιο πάνω, δηλαδή για κάθε ομάδα μπορεί να γίνει επέκταση σε διαφορετικές επιμέρους φάσεις.

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
Εννοιολόγηση	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα
		Καθοδήγηση από τον/την εκπαιδευτικό			Αυτονομία μαθητή

● ομάδα 1
● ομάδα 2

Εικ. 6.8: Υποστήριξη στο επόμενο επίπεδο ανοικτότητας

(4) Επιλογή των μεθόδων υποστήριξης



Η τελευταία απόφαση για διαφοροποίηση είναι η επιλογή κατάλληλων μεθόδων υποστήριξης για την επέκταση των επιλεγμένων επιμέρους φάσεων. Η παροχή κατάλληλης υποστήριξης κατά τη διαδικασία ενασχόλησης των μαθητών/τριών με τη διερώτηση θα τους/τις βοηθήσει να υπερβούν αρχικά δυσκολίες που αντιμετωπίζουν και στη συνέχεια θα τους δώσει τη δυνατότητα να υλοποιήσουν τις διάφορες επιμέρους φάσεις ακολουθώντας μια πιο ανοικτή μορφή. Η επιλογή του βαθμού υποστήριξης που θα προσφερθεί στους/στις μαθητές/τριες και της κατάλληλης μεθόδου υποστήριξης έχουν θεωρηθεί από τους ερευνητές ως στοιχεία υψίστης σημασίας για τη ΜΜΔ (Arnold et al., 2014; Koksai & Berberoglou, 2014; Minner et al., 2010). Η μεγαλύτερη πρόκληση όταν αποφασίζεται η μέθοδος υποστήριξης είναι να γίνει κατάλληλη προσαρμογή μεταξύ της δόμησης (structuring) από τη μια πλευρά και του προβληματισμού (problematizing) από την άλλη (Reiser, 2004). Η δόμηση και ο προβληματισμός είναι δύο αντικρουόμενοι μηχανισμοί που πρέπει να συνυπάρχουν με ένα ισορροπημένο τρόπο, ώστε να απλοποιηθούν οι σύνθετες ερευνητικές εργασίες (δόμηση), αλλά και να αυξηθεί η πολυπλοκότητα σε τοπικό επίπεδο για να εμπλακούν οι μαθητές/τριες σε απαιτητικές επιμέρους εργασίες (προβληματισμός). Επομένως, πρέπει να γίνει μια πολύ προσεκτική επιλογή των μεθόδων υποστήριξης πριν από το μάθημα. Ωστόσο, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να είναι προετοιμασμένοι να παρέχουν υποστήριξη στους/στις μαθητές/τριες επιτόπου και αυθόρμητα, ανάλογα με τις ανάγκες τους κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

Στον παρακάτω πίνακα παραθέτουμε μερικές από τις κύριες μεθόδους υποστήριξης, όπως αναφέρονται στην επιστημονική βιβλιογραφία που σχετίζεται με το συγκεκριμένο πεδίο. Οι μέθοδοι που περιγράφονται στον πίνακα είναι γενικευμένες και μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με το περιεχόμενο του μαθήματος. Για κάθε μέθοδο παρατίθενται παραδείγματα, μερικά από τα οποία προέρχονται από τα αναφερόμενα επιστημονικά άρθρα.

Πίνακας 6.2: Λίστα μεθόδων υποστήριξης

Μέθοδος υποστήριξης	Περιγραφή/Παράδειγμα	Βιβλιογραφία
Παρωθήσεις (Prompts)	Οι παρωθήσεις παρέχονται σε μορφή ερωτήσεων ή νύξεων, οι οποίες στοχεύουν στην υπενθύμιση των μαθητών/τριών να εκτελέσουν συγκεκριμένες δράσεις, εργασίες ή μαθησιακές διεργασίες που μπορεί να παραβλέψουν (de Jong & Lazonder, 2014). Οι παρωθήσεις ποικίλουν ανάλογα με τις μαθησιακές διεργασίες για τις οποίες οι μαθητές/τριες θα τύχουν υποστήριξης κατά την ολοκλήρωσή τους. Επιπλέον, παρέχονται με διάφορους τρόπους, π.χ. προφορικά, γραπτά ή σε περιβάλλοντα υποστηριζόμενα από ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Πιο κάτω παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα: <u>Παρωθήσεις που αφορούν στη διατύπωση υποθέσεων:</u> ▪ Διατυπώστε τις υποθέσεις σας σε μορφή πιθανών απαντήσεων στα ερευνητικά σας ερωτήματα. ▪ Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν γνώσεις και πληροφορίες που έχουν συλλέξει κατά τη διαδικασία διατύπωσης προβλέψεων (sophisticated guess) για τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους. Μπορείτε να κάνετε μια εμπεριστατωμένη εικασία για τα αποτελέσματα του πειράματός σας; Αυτό που θα κάνετε ταυτίζεται με την υπόθεσή σας.	de Jong & Lazonder (2014)

	▪ Μια καλή υπόθεση διατυπώνεται με τη μορφή «Αν... τότε...» . <u>Παρωθήσεις που αφορούν στον πειραματισμό:</u> ▪ Προτού εκτελέσετε το πείραμά σας, βεβαιωθείτε ότι έχετε χειριστεί κατάλληλα όλες τις μεταβλητές σας. ▪ Υπάρχει μια ανεξάρτητη και μια εξαρτημένη μεταβλητή στο πείραμά σας; ▪ Μήπως όλες οι άλλες μεταβλητές που δεν εξετάζονται κρατήθηκαν σταθερές; <u>Παρωθήσεις για αναστοχασμό:</u> ▪ Μήπως έχετε αρχικά σκεφτεί το πρόβλημα και ακολούθως διατυπώσατε την υπόθεσή σας; ▪ Μήπως έχετε μεταβάλει μόνο μια μεταβλητή κάθε φορά; ▪ Μήπως έχετε καταγράψει τις παρατηρήσεις σας; ▪ Μήπως έχετε συλλέξει αρκετά δεδομένα για να υποστηρίξετε το συμπέρασμά σας;	
Ευριστικοί κανόνες (Heuristics)	Οι ευριστικοί κανόνες μοιάζουν με τις παρωθήσεις, αλλά προσφέρουν πιο συγκεκριμένο είδος υποστήριξης. Στην πραγματικότητα ορίζονται ως εισηγήσεις για το πώς να επιτελέσεις κάποιο έργο ή να εμπλακείς σε μια μαθησιακή διαδικασία (de Jong & Lazonder, 2014). Για να αντιληφθούμε καλύτερα τη διάκριση μεταξύ παρωθήσεων και ευριστικών κανόνων, ας εξετάσουμε ένα παράδειγμα για τη διατύπωση υποθέσεων. Μια παρώθηση θα μπορούσε να	de Jong & Lazonder (2014); Tschirgi (1980); Schunn & Anderson (1999)

	ήταν «Μια καλή υπόθεση μπορεί να διατυπωθεί με τη μορφή Αν... τότε...» και ο αντίστοιχος ευριστικός κανόνας στην περίπτωση αυτή θα μπορούσε να ήταν «Διατυπώστε την υπόθεσή σας με τη μορφή Αν... τότε... Γράψτε την ανεξάρτητη μεταβλητή μετά το Αν και την εξαρτημένη μετά το τότε». Παραδείγματα ευριστικών κανόνων για τον σχεδιασμό και εκτέλεση πειραμάτων: ▪ VOTAT – Vary One Thing At a Time (Tschirgi, 1980) – Αλλάξτε μόνο μια μεταβλητή κάθε φορά ▪ Ακραίες τιμές – Δοκιμάστε κάποιες ακραίες τιμές για να εξετάσετε αν υφίσταται όρια στην προτεινόμενη σχέση (Schunn & Anderson, 1999)	
Ευριστικοί κανόνες κατά την επιστημονική συγγραφή (Science Writing Heuristic - SWH)	Αν και η μέθοδος SWH ανήκει στους ευριστικούς κανόνες, παρουσιάζεται ξεχωριστά στον πίνακα γιατί αποτελεί μια καλά αναπτυγμένη προσέγγιση και προσφέρει συγκεκριμένη καθοδήγηση στους/στις μαθητές/τριες για να συγγράψουν ποιοτικές αναφορές έρευνας. Περιλαμβάνει ένα διάγραμμα για τους/τις μαθητές/τριες, το οποίο τους καθοδηγεί στο να συγγράψουν αναφορές έρευνας που ενσωματώνουν επιχειρήματα, και ένα διάγραμμα για τους εκπαιδευτικούς, το οποίο τους υποστηρίζει στην εφαρμογή της μεθόδου SWH στα μαθήματα ΜΜΔ που υλοποιούν. Το διάγραμμα για τους μαθητές περιλαμβάνει 7 φάσεις, ενώ το διάγραμμα για τους εκπαιδευτικούς περιλαμβάνει 8 φάσεις. Τα δύο διαγράμματα, όπως περιγράφονται στην εργασία του Hand (2008, σελ.6-7), φαίνονται πιο κάτω:	Hand (2008)

	<table><tr><th>SWH διάγραμμα για εκπαιδευτικούς</th><th>SWH διάγραμμα για μαθητές/τριες</th></tr><tr><td>Φάση 1: Διερεύνηση του επιπέδου κατανόησης πριν από τη διδασκαλία μέσω ατομικής ή ομαδικής χαρτογράφησης εννοιών</td><td>Φάση 1: Αρχικές ιδέες – Ποια είναι τα ερωτήματά μου;</td></tr><tr><td>Φάση 2: Προ-εργαστηριακές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της άτυπης γραφής, της πραγματοποίησης παρατηρήσεων, του καταιγισμού ιδεών και της υποβολής ερωτήσεων</td><td>Φάση 2: Δοκιμές – Τι έκανα;</td></tr><tr><td>Φάση 3: Συμμετοχή σε εργαστηριακή άσκηση</td><td>Φάση 3: Παρατηρήσεις – Τι είδα;</td></tr><tr><td>Φάση 4: Φάση διαπραγμάτευσης I - σύνταξη προσωπικού νοήματος για την εργαστηριακή δραστηριότητα (π.χ. συγγραφή περιοδικού)</td><td>Φάση 4: Τι μπορώ να ισχυριστώ;</td></tr><tr><td>Φάση 5: Φάση διαπραγμάτευσης II - κοινή χρήση και σύγκριση ερμηνειών δεδομένων σε μικρές ομάδες (π.χ. δημιουργία ομαδικών γραφημάτων)</td><td>Φάση 5: Αποδεικτικά στοιχεία – Πώς το ξέρω; Γιατί κάνω αυτούς τους ισχυρισμούς;</td></tr><tr><td>Φάση 6: Φάση διαπραγμάτευσης III – σύγκριση επιστημονικών ιδεών με σχολικά βιβλία ή άλλες έντυπες πηγές (π.χ. σύνταξη σημειώσεων ομάδας ως απάντηση σε ερωτήσεις εστίασης)</td><td>Φάση 6: Διάβασμα – Πώς συγκρίνονται οι ιδέες μου με άλλες ιδέες;</td></tr><tr><td>Φάση 7: Φάση διαπραγμάτευσης IV - ατομικός αναστοχασμός και συγγραφή (π.χ.</td><td>Φάση 7: Αναστοχασμός – Πώς έχουν</td></tr></table>	SWH διάγραμμα για εκπαιδευτικούς	SWH διάγραμμα για μαθητές/τριες	Φάση 1: Διερεύνηση του επιπέδου κατανόησης πριν από τη διδασκαλία μέσω ατομικής ή ομαδικής χαρτογράφησης εννοιών	Φάση 1: Αρχικές ιδέες – Ποια είναι τα ερωτήματά μου;	Φάση 2: Προ-εργαστηριακές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της άτυπης γραφής, της πραγματοποίησης παρατηρήσεων, του καταιγισμού ιδεών και της υποβολής ερωτήσεων	Φάση 2: Δοκιμές – Τι έκανα;	Φάση 3: Συμμετοχή σε εργαστηριακή άσκηση	Φάση 3: Παρατηρήσεις – Τι είδα;	Φάση 4: Φάση διαπραγμάτευσης I - σύνταξη προσωπικού νοήματος για την εργαστηριακή δραστηριότητα (π.χ. συγγραφή περιοδικού)	Φάση 4: Τι μπορώ να ισχυριστώ;	Φάση 5: Φάση διαπραγμάτευσης II - κοινή χρήση και σύγκριση ερμηνειών δεδομένων σε μικρές ομάδες (π.χ. δημιουργία ομαδικών γραφημάτων)	Φάση 5: Αποδεικτικά στοιχεία – Πώς το ξέρω; Γιατί κάνω αυτούς τους ισχυρισμούς;	Φάση 6: Φάση διαπραγμάτευσης III – σύγκριση επιστημονικών ιδεών με σχολικά βιβλία ή άλλες έντυπες πηγές (π.χ. σύνταξη σημειώσεων ομάδας ως απάντηση σε ερωτήσεις εστίασης)	Φάση 6: Διάβασμα – Πώς συγκρίνονται οι ιδέες μου με άλλες ιδέες;	Φάση 7: Φάση διαπραγμάτευσης IV - ατομικός αναστοχασμός και συγγραφή (π.χ.	Φάση 7: Αναστοχασμός – Πώς έχουν	
SWH διάγραμμα για εκπαιδευτικούς	SWH διάγραμμα για μαθητές/τριες																	
Φάση 1: Διερεύνηση του επιπέδου κατανόησης πριν από τη διδασκαλία μέσω ατομικής ή ομαδικής χαρτογράφησης εννοιών	Φάση 1: Αρχικές ιδέες – Ποια είναι τα ερωτήματά μου;																	
Φάση 2: Προ-εργαστηριακές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της άτυπης γραφής, της πραγματοποίησης παρατηρήσεων, του καταιγισμού ιδεών και της υποβολής ερωτήσεων	Φάση 2: Δοκιμές – Τι έκανα;																	
Φάση 3: Συμμετοχή σε εργαστηριακή άσκηση	Φάση 3: Παρατηρήσεις – Τι είδα;																	
Φάση 4: Φάση διαπραγμάτευσης I - σύνταξη προσωπικού νοήματος για την εργαστηριακή δραστηριότητα (π.χ. συγγραφή περιοδικού)	Φάση 4: Τι μπορώ να ισχυριστώ;																	
Φάση 5: Φάση διαπραγμάτευσης II - κοινή χρήση και σύγκριση ερμηνειών δεδομένων σε μικρές ομάδες (π.χ. δημιουργία ομαδικών γραφημάτων)	Φάση 5: Αποδεικτικά στοιχεία – Πώς το ξέρω; Γιατί κάνω αυτούς τους ισχυρισμούς;																	
Φάση 6: Φάση διαπραγμάτευσης III – σύγκριση επιστημονικών ιδεών με σχολικά βιβλία ή άλλες έντυπες πηγές (π.χ. σύνταξη σημειώσεων ομάδας ως απάντηση σε ερωτήσεις εστίασης)	Φάση 6: Διάβασμα – Πώς συγκρίνονται οι ιδέες μου με άλλες ιδέες;																	
Φάση 7: Φάση διαπραγμάτευσης IV - ατομικός αναστοχασμός και συγγραφή (π.χ.	Φάση 7: Αναστοχασμός – Πώς έχουν																	

δημιουργία παρουσίασης, όπως αφίσσα ή αναφοράς έρευνας, για μεγαλύτερο κοινό)	αλλάζει οι ιδέες μου;
Φάση 8: Διερεύνηση του επιπέδου κατανόησης μετά τη διδασκαλία μέσω χαρτογράφησης εννοιών	

Το διάγραμμα SWH για τους/τις μαθητές/τριες περιλαμβάνει ερωτήσεις που βοηθούν στην κατασκευή επιστημονικών επιχειρημάτων κάνοντας συνδέσεις μεταξύ των ερευνητικών ερωτημάτων, των πειραματικών σχεδιασμών, των παρατηρήσεων, των δεδομένων, των ισχυρισμών και των αποδεικτικών στοιχείων. Συγκεκριμένα, οι μαθητές/τριες γράφουν πρώτα την ερώτηση που καθοδήγησε τη διερεύνησή τους (Φάση 1) και έπειτα κάνουν αναφορά σε όλες τις προετοιμασίες και διαδικασίες για τη εκτέλεση του πειράματός τους (Φάση 2), συμπεριλαμβανομένων των παρατηρήσεων που έκαναν και των δεδομένων που συνέλλεξαν (Φάση 3). Μόλις οι μαθητές/τριες έχουν τα δεδομένα και τις παρατηρήσεις τους απαντούν στο ερευνητικό τους ερώτημα με τη μορφή ενός επιστημονικού ισχυρισμού (Φάση 4) και χρησιμοποιούν αποδεικτικά στοιχεία από την ανάλυση των δεδομένων τους και τις ερμηνείες τους για υποστηρίξουν τον ισχυρισμό τους (Φάση 5). Έπειτα συγκρίνουν τα ευρήματά τους με άλλα ευρήματα και άλλες ιδέες, συζητώντας για την ποιότητα της εργασίας τους και για το πόσο δυνατοί είναι οι ισχυρισμοί στη βάση αποδεικτικών στοιχείων (Φάση 6). Τέλος, αναστοχάζονται για την εργασία τους και εξηγούν πώς έχουν αλλάξει οι ιδέες τους και πώς αναπτύχθηκε η κατανόησή τους (Φάση 7).

Υποστηριζόμενο πλαίσιο κριτικής (Scaffolded Critique Framework, SCF)	Το SCF δημιουργήθηκε για να συμπληρώσει τη μέθοδο SWH (Science Writing Heuristic) και για να υποστηρίξει την κριτική σκέψη και τη διαδικασία κριτικής από τους/τις μαθητές/τριες. Χρησιμοποιώντας το διάγραμμα SCF, οι μαθητές/τριες εγκυροποιούν τα επιχειρήματά τους μέσα από την καταγραφή των πηγών πληροφοριών που έχουν συλλέξει και μέσα από τη σύγκριση των πληροφοριών που συλλέγουν με τις ιδέες, τις δηλώσεις και τα αποδεικτικά τους στοιχεία. Το διάγραμμα SCF θεωρείται ως ένα ξεχωριστός τύπος παρώθησης που ενσωματώνεται στη Φάση 6 της μεθόδου SWH. Στη συγκεκριμένη φάση οι μαθητές/τριες συγκρίνουν τις ιδέες τους με ιδέες που προκύπτουν από άλλες πηγές. Η εικόνα δεξιά παρουσιάζει το διάγραμμα SCF (Jang and Hand, 2017, p. 1219).	Jang & Hand (2017)
--	---	-------------------------------

<Πλαίσιο Κριτικής> Σημειώσεις από άλλους ειδικούς: (ενημερωτικά κείμενα, διαδίκτυο, εγκυκλοπαίδεια, κ.λπ.)
Πηγή: Συγγραφέας: Τίτλος:
Πληροφορία: (Τι έχω μάθει από τη συγκεκριμένη πηγή;)
Πώς αυτή η πληροφορία συγκρίνεται/αντικρούεται με τον δικό μου ισχυρισμό/αποδεικτικό στοιχείο;

Εικ. 6.10: Διάγραμμα SCF

Η καταγραφή πληροφοριών από μια συγκεκριμένη πηγή είναι το πρώτο στάδιο του SCF και το δεύτερο είναι η σύγκριση των καταγεγραμμένων πληροφοριών με τον ισχυρισμό και τα στοιχεία

	των μαθητών/τριων. Αυτή η σύγκριση είναι χρήσιμη κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας συγγραφής στην έκτη φάση του προτύπου SWH, καθώς επιτρέπει στους/στις μαθητές/τριες να αναλύουν, να κριτικάρουν και να συνθέτουν διάφορες αντικρουόμενες ιδέες όταν αναπτύσσουν τα δικά τους επιχειρήματα.	
Ερωτήσεις για την δόμηση του πειραματικού σχεδιασμού	Ο στόχος των ερωτήσεων για τη δόμηση του πειραματικού σχεδιασμού είναι να βοηθήσει τους/τις μαθητές/τριες να συλλογιστούν για τις σημαντικές πτυχές που είναι χρήσιμο να λάβουν υπόψη καθώς σχεδιάζουν μια πειραματική διαδικασία. Τα ερωτήματα υποβάλλονται υπό τη μορφή εργασίας και οι μαθητές/τριες καλούνται να δώσουν τις απαντήσεις τους. Για παράδειγμα: ▪ Πώς θα μετρηθεί η εξαρτημένη μεταβλητή; ▪ Πώς θα μεταβληθεί η ανεξάρτητη μεταβλητή; ▪ Ποιες μεταβλητές θα διατηρηθούν σταθερές και πώς;	Arnold et al. (2014)
Νύξεις (hints) για το πώς θα γίνει η μέτρηση των μεταβλητών	Οι νύξεις παρέχονται υπό μορφή διδακτικής υποστήριξης (π.χ. άμεση παρουσίαση πληροφοριών) για να βοηθήσουν τους/τις μαθητές/τριες να ορίσουν λειτουργικά την εξαρτημένη μεταβλητή κι έτσι να κάνουν αναφορά στον τρόπο μέτρησής της. Το ακόλουθο παράδειγμα από την εργασία των Arnold et al. (2014, p. 2748) παρουσιάζει έναν τρόπο της συγκεκριμένης μεθόδου υποστήριξης: <u>Έστω ότι το ερευνητικό ερώτημα είναι:</u> «<i>Η δράση των ενζύμων εξαρτάται από τη θερμοκρασία;</i>»	Arnold et al. (2014)

	<u>Οι πληροφορίες που θα μπορούσαν να δοθούν υπό τη μορφή υπόδειξης για τον λειτουργικό ορισμό της εξαρτημένες μεταβλητής είναι:</u> «Η δράση του ενζύμου λιπάση είναι δυνατόν να εντοπιστεί σε λιπώδη υγρά όπως το γάλα εβαπορέ. Τότε η λιπάση διασπά τα λίπη σε λιπαρά οξέα και γλυκερίνη. Εξαιτίας της δημιουργίας λιπαρών οξέων, η τιμή του pH χαμηλώνει και το διάλυμα γίνεται πιο όξινο. Για να είμαστε σε θέση να εντοπίζουμε διαφορές που προκύπτουν στην τιμή του pH, το διάλυμα θα πρέπει να βρίσκεται σε τιμή pH ίση με 11. Αυτό μπορεί να γίνει αν χρησιμοποιηθεί ανθρακικό νάτριο».	
Κάρτες βοήθειας «βήμα-προς-βήμα»	Οι κάρτες βοήθειας «βήμα-προς-βήμα» δίνονται στους/στις μαθητές/τριες για να τις χρησιμοποιήσουν οποιαδήποτε στιγμή χρειάζονται βοήθεια. Η σειρά διαδοχής των καρτών είναι προκαθορισμένη, επειδή η κάθε προηγούμενη στηρίζεται στην επόμενη. Οι μαθητές/τριες είναι ελεύθεροι/ες να επιλέξουν πόσες κάρτες θα χρησιμοποιήσουν. Δίνεται πιο κάτω ένα παράδειγμα από τον Arnold et al. (2014, p. 2748), στο ίδιο θέμα όπως και πιο πάνω. Το θέμα λοιπόν είναι η δράση των ενζύμων και υπάρχουν διαθέσιμες οι ακόλουθες κάρτες βοήθειας «βήμα-προς-βήμα» σχετικά με την εξαρτημένη μεταβλητή: (1) Η εξαρτημένη μεταβλητή είναι ο παράγοντας που υποτίθεται ότι αλλάζει σύμφωνα με την ανεξάρτητη μεταβλητή. Σκεφτείτε ποια είναι η εξαρτημένη μεταβλητή στην περίπτωσή σας. (2) Η εξαρτημένη μεταβλητή στη δική σας περίπτωση είναι «η δράση του ενζύμου» ή «η δράση της λιπάσης». Σκεφτείτε πώς θα μετρηθεί η εξαρτημένη μεταβλητή. (3) Η λιπάση διασπά το λίπος των λιπαρών υγρών σε λιπαρά οξέα και γλυκερίνη. Εξαιτίας των	Arnold et al. (2014); Schmidt-Weigand et al. (2009)

	λιπαρών οξέων, η τιμή του pH του διαλύματος γίνεται όξινη. Σκεφτείτε πώς θα μπορούσατε να μετρήσετε τη δράση της λιπάσης. (4) Η ενζυμική δράση της λιπάσης μπορεί να μετρηθεί μέσω της τιμής του pH. Εάν βάλετε λιπάση σε ένα λιπαρό υγρό, όπως για παράδειγμα το γάλα εβαπορέ, το υγρό θα πρέπει να γίνει πιο όξινο και αυτή η αλλαγή μπορεί να μετρηθεί μέσω δεικτών pH.	
Καρτούν εννοιών	Τα καρτούν εννοιών εισάγουν μια γνωστική σύγκρουση στους/στις μαθητές/τριες και τους παρακινούν να κατανοήσουν καλύτερα τις έννοιες και να δημιουργήσουν τις δικές τους εξηγήσεις. Από αυτή την άποψη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον Προσανατολισμό για να πυροδοτήσουν τις αρχικές ιδέες των μαθητών/τριων σχετικά με ένα θέμα/φαινόμενο ή στη Συζήτηση για να βοηθήσουν τους/τις μαθητές/τριες να αναλογιστούν τη γνώση που απέκτησαν και να δημιουργήσουν τις δικές τους εξηγήσεις. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προώθηση της κατανόησης της διαδικαστικής γνώσης και για την υποστήριξη των μαθητών/τριων στην κατανόηση της φύσης της επιστήμης. Για παράδειγμα, ένα καρτούν εννοιών μπορεί να εισάγει μια πειραματική διάταξη ή να σχολιάζει έναν εσφαλμένο πειραματικό σχεδιασμό και, επομένως, να χρησιμοποιηθεί στην επιμέρους φάση του Σχεδιασμού και Διεξαγωγής Διερεύνησης. Η Εικόνα 6.9 παρουσιάζει ένα παράδειγμα (Atasoy & Ergin, 2017, p.72):	Atasoy & Ergin (2017); Keogh & Naylor (1999); Lubben et al. (2001);



Εικ. 6.9: Καρτούν εννοιών

Ένας άνδρας πηδά από μια πλωτή βάρκα στην προβλήτα. Τι νομίζετε ότι συμβαίνει; Παρακαλώ αιτιολογήστε την απάντησή σας. Βρείτε παρόμοιες καθημερινές περιπτώσεις και στη συνέχεια συζητήστε τις ομοιότητές τους με το παραπάνω καρτούν.

Μεταγνωστική υποστήριξη από

Στο τέλος μιας διδακτικής περιόδου ή οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια του μαθήματος, ο/η εκπαιδευτικός ρωτά τους/τις μαθητές/τριες σχετικά με τις εργασίες που έκαναν στο πλαίσιο της

Wu & Pederson (2011)

τον/την εκπαιδευτικό	ΜΜΔ. Σκοπός αυτών των ερωτήσεων είναι να εκμαιεύσουν τις μεταγνωστικές ικανότητες των μαθητών/τριών. Όλοι/ες οι μαθητές/τριες συμμετέχουν στη συζήτηση και σκέφτονται κριτικά τόσο για τις ερωτήσεις που τέθηκαν όσο και για τις απαντήσεις των συμμαθητών/τριών τους. Ο/Η εκπαιδευτικός δεν παρέχει καμία ανατροφοδότηση και ενθαρρύνει τους/τις μαθητές/τριες να αξιολογήσουν ο/η ένας/μία τις απαντήσεις του/της άλλου/ης. Σύμφωνα με τους Wu και Pedersen (2011, σελ. 2360) αυτός ο τύπος δραστηριότητας αναστοχασμού φωναχτά (think-aloud) μπορεί να ωφελήσει όλους/ες τους/τις μαθητές/τριες να αυτό-ρυθμίσουν τη μαθησιακή τους συμπεριφορά. Παράδειγμα: ▪ Ποιος/α θέλει δώσει μια απάντηση στο ερώτημα που καθοδήγησε την εργασία σας; ▪ Επέκταση: Εξήγησε τον συλλογισμό σου. ▪ Πώς εσείς (συμμαθητές και συμμαθήτριες) αξιολογείται αυτή την απάντηση; ▪ Επέκταση: Ποιες επιστημονικές πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να απαντηθεί αυτή η ερώτηση; Κ.λπ.	
--	--	--

Οι πληροφορίες που έχουν παρουσιαστεί στον Πίνακα 6.2 πιο πάνω, είναι μόνο μερικές μέθοδοι υποστήριξης που εντοπίζονται στη σχετική βιβλιογραφία. Για τον λόγο αυτό, οι εκπαιδευτικοί παρακινούνται να εμπνευστούν από αυτές τις επιτυχημένες μεθόδους και να σκεφτούν νέες ή να συνδυάσουν δύο ή περισσότερες όταν σχεδιάζουν και εκτελούν μαθήματα ΜΜΔ.

Παράδειγμα 6.3

Για να υποστηρίξουμε την ομάδα 1 στο παράδειγμα μας (βλ. Παράδειγμα 6.1 και 6.2) να μεταβεί από τον *μέτριο βαθμό ανοικτότητας* στον *μέγιστο* στην επιμέρους φάση *Διατύπωση Υποθέσεων*, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως μεθόδους υποστήριξης ευριστικούς κανόνες και κάρτες βοήθειας βήμα-προς-βήμα.

Οι *ευριστικοί κανόνες* θα μπορούσαν να δοθούν γραπτώς και να διατυπωθούν ως ακολούθως:

(1) Επιλέξτε όλες τις πιθανές μεταβλητές που θα μπορούσαν να σχετίζονται με το φαινόμενο.

Σκεφτείτε:

- τις ανεξάρτητες μεταβλητές (μεταβλητές που προκαλούν ένα αποτέλεσμα)
- τις εξαρτημένες μεταβλητές (μεταβλητές που κάνουν ορατή την επίδραση)
- τις μεταβλητές που πρέπει να κρατηθούν σταθερές

(2) Διατυπώστε της υπόθεσή σας χρησιμοποιώντας μία ανεξάρτητη μεταβλητή και τις εξαρτημένες μεταβλητές.

Οι *κάρτες βοήθειας βήμα-προς-βήμα* θα μπορούσαν να ήταν οι ακόλουθες:

Κάρτα βοήθειας 1: Η ανεξάρτητη μεταβλητή πρέπει να βρίσκεται μετά τη λέξη «Αν» (Αν...τότε...).

Κάρτα βοήθειας 2: Η εξαρτημένη μεταβλητή πρέπει να βρίσκεται μετά τη λέξη «τότε» (Αν...τότε...).

Η ομάδα 2 λαμβάνει υποστήριξη στην επιμέρους φάση *Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης* προκειμένου να μεταβεί από τον *χαμηλό βαθμό ανοικτότητας* στον *μέτριο*. Ως υποστηρικτικά μέσα αξιοποιούν οι παρωθήσεις και οι κάρτες βοήθειας βήμα-προς-βήμα.

Οι *παρωθήσεις* θα μπορούσαν να διατυπωθούν ως ακολούθως:

Υπάρχει πειραματική δοκιμή και δοκιμή ελέγχου στο πείραμά σας;

Όλες οι μεταβλητές που δεν εξετάζονται έχουν κρατηθεί σταθερές;

Κάρτες βοήθειας βήμα-προς-βήμα: Κάρτες βοήθειας με συμβουλές για τα υλικά του πειράματος (π.χ. κάρτα 1, 2 ... : Τα ακόλουθα υλικά δεν είναι απαραίτητα για το πείραμα: ..., τελευταία κάρτα: Χρησιμοποιήστε τα ακόλουθα υλικά για το πείραμα: ...).

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Εννοιολόγηση	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν τη δική τους διερεύνηση
	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακα, γραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες ερμηνεύουν τα αποτελέσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
Συμπέρασμα		Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα
ομάδα 1 ομάδα 2		Καθοδήγηση από τον/την εκπαιδευτικό Αυτονομία μαθητή			

Εικ. 6.11: Επιλογή μεθόδων υποστήριξης

Εκτός από αυτά τα παραδείγματα μεθόδων υποστήριξης (Πίνακας 6.2), αξίζει να αναφέρουμε και τη δυνατότητα υποστήριξης που προσφέρουν τα ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης. Σε τέτοια περιβάλλοντα μάθησης οι ευκαιρίες για ενσωμάτωση επιτυχημένων μεθόδων υποστήριξης αυξάνονται, επειδή εκπαιδευτικοί και μαθητές/τριες μπορούν να επωφεληθούν από εργαλεία λογισμικού, εργαλεία μαθησιακής αναλυτικής (Learning Analytics) και από τις δυνατότητες για αυτόματη ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, ο αριθμός των δραστηριοτήτων και το επίπεδο υποστήριξης με τη χρήση διαφορετικών μεθόδων υποστήριξης μπορούν εύκολα να διαμορφωθούν πριν από τη διδασκαλία.

Έρευνα στο πεδίο της τεχνολογικά υποστηριζόμενης ΜΜΔ έχει δείξει ότι, εάν γίνει ένας προσεκτικός σχεδιασμός μπορεί να ενισχύσει τη μάθηση μέσω ποικίλων επιλογών που προσφέρει και αυξάνει τις ευκαιρίες παρακολούθησης της προόδου των μαθητών/τριών (Alfieri et al., 2011; Slavin et al. al., 2014; van Joolingen & Zacharia, 2009). Ωστόσο, αυτά τα μαθησιακά περιβάλλοντα αποτελούν συχνά μια μεγάλη πρόκληση για τους/τις μαθητές/τριες καθώς προϋποθέτουν υψηλό επίπεδο γνωστικής και μεταγνωστικής πολυπλοκότητας (Azevedo, 2005; Scheiter & Gerjets, 2007). Έτσι, σε αυτήν την περίπτωση, η υποστήριξη έχει αποδειχθεί μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος για την αντιμετώπιση των δυσκολιών των μαθητών/τριών και μάλιστα η παρουσία της σε αυτά τα περιβάλλοντα μάθησης θεωρείται απαραίτητη (D'Angelo et al., 2014).

Συγκρίνοντας την υποστήριξη που προσφέρεται σε ένα παραδοσιακό περιβάλλον τάξης και ένα ψηφιακό μαθησιακό περιβάλλον, διαφαίνεται μια σημαντική διαφορά. Σε ένα περιβάλλον τάξης ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να κάνει οποιονδήποτε συνδυασμό μεθόδων υποστήριξης για κάθε μαθητή/τρια ή ομάδα μαθητών/τριών ανά πάσα στιγμή, ενώ η υποστήριξη σε ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης είναι προκαθορισμένη, κάτι που περιορίζει την ευελιξία που έχει ο/η εκπαιδευτικός (σχετικά με αυτό βλέπε ταξινόμηση υποστήριξης σε σκληρή και μαλακή στο Κεφάλαιο 2: *Διαφοροποίηση και Υποστήριξη*). Ωστόσο, επικρατεί και η άποψη ότι εάν ένα περιβάλλον μάθησης που υποστηρίζεται τεχνολογικά έχει σχεδιαστεί προσεκτικά και οι μαθητές/τριες μπορούν εύκολα να παρακολουθούν την πρόοδο τους, τότε ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να αφιερώσει περισσότερο χρόνο για την παροχή ανατροφοδότησης επιτόπου σε όσους/ες την χρειάζονται. Για τον λόγο αυτό, πιστεύουμε ότι η ενσωμάτωση πολλαπλών πηγών υποστήριξης, είτε από τον/την εκπαιδευτικό, είτε από άλλο εκπαιδευτικό υλικό (π.χ. κάρτες βοήθειας) ή από την τεχνολογία, μπορεί να αυξήσει την αποτελεσματικότητα κάθε μεθόδου με συμπληρωματικό τρόπο.

Όλες οι μέθοδοι υποστήριξης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.2 μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε ένα ψηφιακό περιβάλλον μάθησης. Σήμερα, υπάρχει μια πληθώρα διαδικτυακών Συστημάτων Διαχείρισης Μάθησης (Learning Management Systems), τα οποία παρέχουν εργαλεία για τη συγγραφή και την υλοποίηση διαδικτυακών μαθημάτων. Στην περίπτωση της ΜΜΔ, δύο δημοφιλείς πλατφόρμες μάθησης ανοιχτής πρόσβασης χρησιμοποιούνται ευρέως από εκπαιδευτικούς σε όλον τον κόσμο, οι πλατφόρμες WISE¹ και Graasp². Και οι δύο πλατφόρμες προσφέρουν δυνατότητες συγγραφής επιτρέποντας στους χρήστες να δημιουργήσουν τους δικούς τους διαδραστικούς χώρους μάθησης ή να προσαρμόσουν υπάρχοντες χώρους μάθησης που έχουν δημοσιευτεί/κοινοποιηθεί από άλλους χρήστες. Συγκεκριμένα, ένα μάθημα μπορεί να εμπλουτιστεί

¹ wise.berkeley.edu/

² graasp.org/

με κείμενο, βίντεο, εικόνες, κινούμενα σχέδια, προσομοιώσεις και εφαρμογές μάθησης, όπως ένα εργαλείο εννοιολογικού χάρτη, ένα εργαλείο κουίζ, ένα εργαλείο δημιουργίας γραφημάτων και πολλά άλλα (βλ. Εικ. 6.12). Επιπλέον, στο Graasp υπάρχουν επίσης εφαρμογές μάθησης που βοηθούν τους/τις μαθητές/τριες στην ολοκλήρωση συγκεκριμένων διεργασιών ΜΜΔ, όπως η διατύπωση υπόθεσης, ο σχεδιασμός πειραμάτων και η εξαγωγή συμπερασμάτων.

Εξετάζοντας πιο προσεκτικά τις εφαρμογές που προσφέρει η πλατφόρμα Graasp για υποστήριξη της διερώτησης των μαθητών/τριών, βλέπουμε ότι πολλές από αυτές μπορούν εύκολα να διαμορφωθούν σε οποιοδήποτε περιεχόμενο και για τις ανάγκες κάθε μαθητή/τριας (ή ομάδας μαθητών/τριών). Για παράδειγμα, το εργαλείο *Hypothesis Scratchpad* παρέχει στους/στις μαθητές/τριες τις λέξεις και φράσεις που απαιτούνται για τη διατύπωση μιας υπόθεσης και οι μαθητές/τριες μπορούν να σύρουν και να αποθέσουν τις προκαθορισμένες λέξεις και έννοιες από το πάνω μέρος του εργαλείου στον άδειο χώρο, για να δημιουργήσουν μια υπόθεση (Εικόνα 6.13). Οι μαθητές/τριες μπορούν επίσης να πληκτρολογήσουν τις δικές τους λέξεις και φράσεις για να τις χρησιμοποιήσουν στην υπόθεσή τους. Ο αριθμός των λέξεων και φράσεων που θα υπάρχουν στο εργαλείο αποφασίζεται από τον/την εκπαιδευτικό, λαμβάνοντας υπόψη, φυσικά, τις ανάγκες και ικανότητες των μαθητών/τριων. Επιπλέον, ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να προκαθορίσει τον αριθμό των υποθέσεων που αναμένεται να διατυπώσουν οι μαθητές/τριες, προσθέτοντας κενά κουτιά στο εργαλείο, και μπορεί να δημιουργήσει στο εργαλείο μια ολοκληρωμένη ή μερικώς διατυπωμένη υπόθεση.

Ένα άλλο ενδιαφέρον εργαλείο υποστήριξης που υπάρχει στην πλατφόρμα Graasp είναι το *Experiment Design Tool* (Εικόνα 6.14). Το εργαλείο αποδομεί τη διαδικασία του πειραματικού σχεδιασμού, η οποία συχνά θεωρείται μια πολύπλοκη και δύσκολη εργασία για τους/τις μαθητές/τριες, σε τρεις διαδοχικές διεργασίες. Οι μαθητές/τριες αρχικά προσδιορίζουν την ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές που θα κρατήσουν σταθερές και την/τις εξαρτημένη/ες μεταβλητή/ές, έπειτα καταχωρούν τιμές στις μεταβλητές τους και τέλος, οργανώνουν τις πειραματικές δοκιμές. Ο/Η εκπαιδευτικός διαμορφώνει τις ιδιότητες και μετρήσεις που εμφανίζονται στην αριστερή πλευρά του εργαλείου και, με παρόμοιο τρόπο όπως και στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων *Hypothesis Scratchpad*, μπορεί να ολοκληρώσει ένα ή και τα τρία βήματα του εργαλείου για να προσαρμόσει το επίπεδο της υποστήριξης των μαθητών/τριών, ανάλογα με τις ανάγκες και ικανότητές τους. Εάν ο/η εκπαιδευτικός επιλέξει να ολοκληρώσει τον πειραματικό σχεδιασμό στο εργαλείο, τότε οι μόνες ενέργειες που πρέπει να κάνουν οι μαθητές/τριες είναι να καταγράψουν τις μετρήσεις τους για την/τις εξαρτημένη/ες μεταβλητή/ές. Με άλλα λόγια, αυτή η περίπτωση αποτελεί μια κλειστή μορφή διερώτησης για την επιμέρους φάση του *Σχεδιασμού και Διεξαγωγής Διερεύνησης*, ενώ εάν οι μαθητές/τριες πρέπει να ολοκληρώσουν και τις τρεις διεργασίες στο εργαλείο, τότε υποστηρίζονται για μετάβαση από το χαμηλό επίπεδο ανοικτότητας στο μέτριο.

a)

Click the new component type you want to add

Animation

Audio Oscillator

Concept Map

Discussion

Draw

Embedded (Custom)

Graph

Label

Match

Multiple Choice

Open Response

Outside Resource

Rich Text (HTML)

Summary

Table

CANCEL NEXT

b)

Create a Folder

Name

Write something...

CANCEL ADD

Εικ. 6.12: Στοιχεία που μπορούν να προστεθούν σε έναν διαδικτυακό χώρο ΜΜΔ χρησιμοποιώντας
α) την πλατφόρμα WISE και β) την πλατφόρμα Graasp

Terms

IF THEN increases decreases the electric current increases the electric current decreases
the electric tension increases the electric tension decreases the power from the voltage source

Hypotheses

IF the power from the voltage source increases THEN

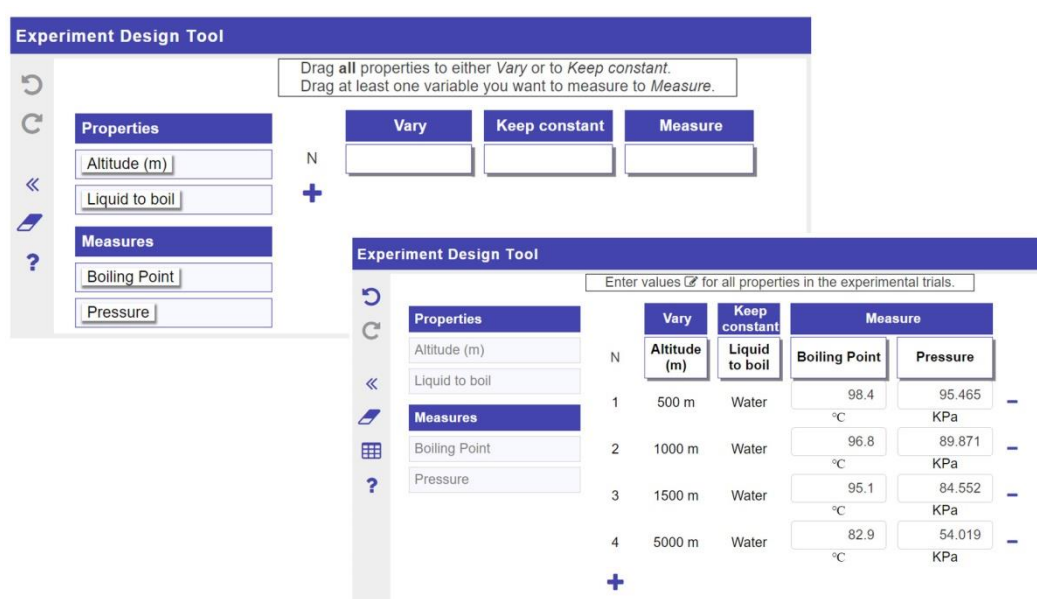
Drop and arrange your terms here.

?

Εικ. 6.13: Παράδειγμα διαμόρφωσης του εργαλείου *Hypothesis Scratchpad* στην πλατφόρμα Graasp

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, πιστεύουμε ότι είναι ωφέλιμο να αξιοποιούνται διάφορες πηγές υποστήριξης και να συνδυάζονται ποικίλες μέθοδοι που μπορεί να βοηθήσουν τους/τις μαθητές/τριες να μεταβούν από ένα χαμηλότερο επίπεδο ανοικτότητας στο επόμενο επίπεδο. Επιπλέον, συνιστάται η χρήση ψηφιακών εργαλείων υποστήριξης, ειδικά όταν η διδασκαλία και η μάθηση τίθενται σε δοκιμασία, όπως κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19. Μεταξύ των

σημαντικότερων συνεπειών της πανδημίας COVID-19 στην εκπαίδευση ήταν η μετάβαση στην εξ' αποστάσεως εκπαίδευση και η προετοιμασία των εκπαιδευτικών και των εκπαιδευτικών συστημάτων σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (Chiemeke & Imafidor, 2020). Επιπλέον, η υποστήριξη των μαθητών/τριών κατά την εξ' αποστάσεως εκπαίδευση αμφισβητήθηκε (Huber & Helm, 2020). Συνεπώς, για τη διευκόλυνση των εκπαιδευτικών που επιθυμούν να διαφοροποιήσουν τα μαθήματά τους κατά τη ΜΜΔ, οι μέθοδοι υποστήριξης που επιλέξαμε να παρουσιάσουμε σε αυτό το κεφάλαιο μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διάφορους τρόπους και να ενσωματωθούν σε ψηφιακά μαθησιακά περιβάλλοντα.



Εικ. 6.14: Παράδειγμα διαμόρφωσης του εργαλείου *Experiment Design Tool* στην πλατφόρμα Graasp

6.4 Αξιολόγηση για τον σχεδιασμό και την εφαρμογή διαφοροποίησης

Όταν ένας/μία εκπαιδευτικός ξεκινά να προγραμματίζει τη διαφοροποίηση για ένα μάθημα (ή μια μεγαλύτερη διδακτική ενότητα), πρέπει να καθορίσει ποιοι είναι οι αναμενόμενοι μαθησιακοί στόχοι και υπό ποιες προϋποθέσεις οι μαθητές/τριες θα πετύχουν τους στόχους αυτούς. Με άλλα λόγια, ο/η εκπαιδευτικός πρέπει να διαφοροποιήσει το μάθημα ανάλογα με την *ετοιμότητα*³ του κάθε μαθητή και της κάθε μαθήτριας, η οποία αναφέρεται στο πόσο κοντά στην επίτευξη των καθορισμένων μαθησιακών στόχων θα φτάσουν οι μαθητές/τριες (Tomlinson & Moon, 2013). Η ετοιμότητα θα πρέπει να αξιολογηθεί εκ των προτέρων με μεθόδους διαμορφωτικής αξιολόγησης, οι οποίες

³ Η διαφοροποίηση μπορεί να εφαρμοστεί ανάλογα με την ετοιμότητα, τα ενδιαφέροντα και το μαθησιακό προφίλ των μαθητών/τριών (Tomlinson & Moon, 2013, Boyle & Charles, 2014). Αυτό το κεφάλαιο επικεντρώνεται μόνο στην ετοιμότητα.

αναφέρονται και ως *προδιαγνωστική αξιολόγηση*. Αργότερα, όταν ο/η εκπαιδευτικός υλοποιεί το προγραμματισμένο μάθημα πρέπει να αξιολογήσει την πρόοδο των μαθητών, κάτι το οποίο ονομάζουμε *συνεχής αξιολόγηση*. Αυτές οι δύο φάσεις της διαμορφωτικής αξιολόγησης είναι κρίσιμες για την επιτυχή διαφοροποίηση, καθώς ο σχεδιασμός του μαθήματος πρέπει να βασίζεται στις προηγούμενες γνώσεις και δεξιότητες των μαθητών/τριών και, η ανάγκη και η καταλληλότητα της υποστήριξης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας πρέπει να δικαιολογείται από τη συνεχή διαμορφωτική αξιολόγηση.

(Α) Προδιαγνωστική αξιολόγηση για τα τέσσερα επίπεδα αποφάσεων κατά τη διαφοροποίηση

Συνήθως, οι εκπαιδευτικοί έχουν μακροπρόθεσμη κατανόηση των γνώσεων και των δεξιοτήτων των μαθητών/τριών τους που βασίζεται σε προηγούμενες συζητήσεις, παρατηρήσεις, τεστ και εξετάσεις. Ως επακόλουθο, οι εκπαιδευτικοί αξιοποιούν αυτά τα δεδομένα όταν πρόκειται να εξετάσουν τις ατομικές ανάγκες των μαθητών/τριών καθώς πρόκειται να σχεδιάσουν διαφοροποιημένα μαθήματα. Η πραγματική προδιαγνωστική αξιολόγηση μπορεί να λάβει πολλές διαφορετικές μορφές και ο χρόνος που χρειάζεται να γίνει ποικίλλει. Για παράδειγμα, ένας/μία εκπαιδευτικός μπορεί προηγουμένως να συζητήσει ανεπίσημα με τους/τις μαθητές/τριες για τις ιδέες τους σχετικά με το φαινόμενο που πρόκειται να μελετηθεί. Μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι να ζητηθεί από τους/τις μαθητές/τριες να απαντήσουν σε μια εννοιολογικής φύσεως ερώτηση πολλαπλής επιλογής με την αξιοποίηση ή όχι ενός καρτούν εννοιών (βλ. Πίνακα 6.2), η παροχή σύντομου χρόνου για σκέψη ατομικά ή σε ζευγάρια/ομάδες και η συλλογή των απαντήσεων χρησιμοποιώντας είτε κάρτες απαντήσεων (π.χ. Α-Δ), είτε ένα ψηφιακό σύστημα απαντήσεων τάξης (classroom response system) το οποίο συλλέγει τις απαντήσεις και τις παρουσιάζει σε μια οθόνη, για παράδειγμα σε μορφή ραβδογράμματος. Με αυτόν τον τρόπο ο/η εκπαιδευτικός λαμβάνει γρήγορα δεδομένα για την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών/τριών και μπορεί να αξιοποιήσει αυτές τις πληροφορίες κατά των προγραμματισμό των επόμενων βημάτων του/της. Το σύστημα απαντήσεων τάξης έχει πολλά πλεονεκτήματα, εκ των οποίων είναι η γρήγορη πρόσβαση στις απαντήσεις των μαθητών/τριών και η ανωνυμία στις περιπτώσεις που οι μαθητές/τριες αισθάνονται άβολα να εκφράσουν τις σκέψεις τους. Το σύστημα αυτό μπορεί να εφαρμοστεί με ειδικά τηλεχειριστήρια, κάτι που συνεπάγεται ότι κάθε μαθητής/τρια έχει μια συγκεκριμένη συσκευή για την επιλογή απάντησης. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές δωρεάν εφαρμογές για κινητά, όπως το Socrative, το Kahoot και το Mentimeter που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ένα τέτοιο σύστημα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα, ταμπλέτες ή φορητούς υπολογιστές. Περισσότερο δομημένες μορφές προδιαγνωστικής αξιολόγησης αποτελούν τα εννοιολογικά τεστ ή οι έρευνες ενδιαφέροντος. Τέτοια ερωτηματολόγια χρειάζονται

περισσότερο χρόνο, αλλά μπορούν να είναι πολύ χρήσιμα κατά τον προγραμματισμό μεγαλύτερων ενοτήτων διδασκαλίας.

Η πρώτη απόφαση διαφοροποίησης (βλ. Εικόνα 6.15 ή 6.1) είναι η *διαρρύθμιση της τάξης*. Η ευέλικτη διαρρύθμιση της τάξης είναι ουσιαστικό κομμάτι της αποτελεσματικής διαφοροποίησης (Boyle & Charles, 2014; Tomlinson & Moon, 2013). Σημαίνει ότι η εργασία σε ομάδες μπορεί να αλλάζει συχνά όταν οι μαθητές/τριες έχουν τη δυνατότητα να εργαστούν με άλλους/ες συμμαθητές/τριες τους, που μπορεί να έχουν ίδιο ή διαφορετικό επίπεδο ικανοτήτων σε σύγκριση με το δικό τους. Η κατάλληλη απόφαση για τη διαρρύθμιση της τάξης εξαρτάται από την ανατιθέμενη εργασία και άλλες συνθήκες, όπως οι ατομικές ικανότητες, αλλά θα πρέπει να βασίζεται σε προδιαγνωστική αξιολόγηση. Ας φανταστούμε ότι ένας/μία εκπαιδευτικός αντιλαμβάνεται μέσω των απαντήσεων των μαθητών/τριών σε μια εννοιολογική ερώτηση, ότι ορισμένοι/ες έχουν μια εσφαλμένη αντίληψη, για παράδειγμα «το ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνεται όταν ρέει μέσα από ένα κλειστό κύκλωμα». Τότε αποφασίζει να σχηματίσει μια ομοιογενή ομάδα από αυτούς/ές τους/τις μαθητές/τριες και να τους αναθέσει να μετρήσουν το ρεύμα σε διαφορετικά σημεία ενός κλειστού κυκλώματος που αποτελείται από μπαταρία και λαμπτήρες. Ο/Η εκπαιδευτικός μπορεί να δώσει διαφορετική εργασία σε μια άλλη ομάδα ανάλογα με τις παρανοήσεις τους για τα κυκλώματα συνεχούς ρεύματος. Σε ένα διαφορετικό μάθημα, ένας/μία εκπαιδευτικός μπορεί να σχηματίσει μια ετερογενή ομάδα σε αυτή την περίπτωση, εφόσον ξέρει πώς να αξιοποιήσει μερικούς/ές μαθητές/τριες ως μέντορες κατά την εργασία με συνομήλικους. Άλλες πάλι φορές, η ατομική εργασία είναι μια ορθότερη επιλογή, για παράδειγμα, όταν ένας/μία μαθητής/τρια έχει προσωρινή δυσκολία να εργαστεί με άλλους/ες, όταν η εργασία πρέπει να ολοκληρωθεί αξιοποιώντας μια συσκευή, όπως παρατηρήσεις με μικροσκόπιο που επιτρέπει μόνο σε έναν/μία μαθητή/τρια να τη χρησιμοποιεί, ή όταν η ατομική εργασία μπορεί στη συνέχεια να οδηγήσει σε συνεργατική μάθηση, όπως στην περίπτωση της προσέγγισης των ειδικών (jigsaw) που οι μαθητές/τριες αποκτούν τεχνογνωσία σε μια πτυχή και στη συνέχεια διδάσκουν τα άλλα μέλη της ομάδας τους τα όσα έχουν μάθει.

Στη δεύτερη απόφαση διαφοροποίησης ο/η εκπαιδευτικός πρέπει να αποφασίσει τον εφικτό βαθμό ανοικτότητας των επιμέρους φάσεων της ΜΜΔ για κάθε ομάδα ή άτομο. Αυτή η απόφαση δεν μπορεί να αποσυνδεθεί από την πρώτη, επειδή ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να ομαδοποιήσει τους/τις μαθητές/τριες με βάση τις τρέχουσες ικανότητές τους σε σχέση με τις επιμέρους φάσεις. Για μαθητές/τριες που θα εργαστούν ατομικά και ομοιογενείς ομάδες, ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να στηριχθεί στο τι γνωρίζει ήδη για τους/τις μαθητές/τριες ώστε να προσδιορίσει τον βαθμό ανοικτότητας. Για ετερογενείς ομάδες, η δεύτερη και η τρίτη απόφαση διαφοροποίησης θα πρέπει να γίνουν με τέτοιο τρόπο ώστε να σχεδιαστεί μια εργασία που είναι εφικτή για τα λιγότερο προχωρημένα μέλη της ομάδας και να εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση για τα πιο προχωρημένα

μέλη. Οι πιο προχωρημένοι/ες μαθητές/τριες μπορούν στη συνέχεια να υποστηρίξουν την υπόλοιπη ομάδα για την ολοκλήρωση της εργασίας τους.

Με παρόμοιο τρόπο, η τρίτη απόφαση συνδέεται με την πρώτη και τη δεύτερη απόφαση. Ο/Η εκπαιδευτικός θα πρέπει να χρησιμοποιήσει τις πληροφορίες που έχει στη διάθεσή του/της ώστε να επιλέξει την κατάλληλη επιμέρους φάση της ΜΜΔ που θα επεκταθεί στο μάθημα ή τη διδακτική ενότητα.

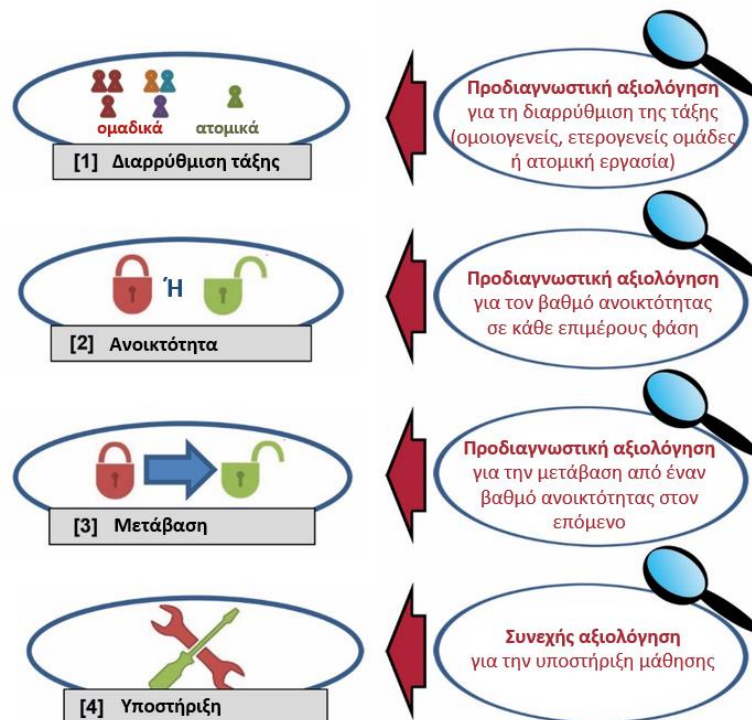
Στην τέταρτη απόφαση διαφοροποίησης (επιλογή υποστήριξης), η προσχεδιασμένη υποστήριξη (βλ. Κεφάλαιο 2 *Διαφοροποίηση και Υποστήριξη Μάθησης*) θα πρέπει να προετοιμαστεί με βάση την προδιαγνωστική αξιολόγηση. Διαφορετικοί/ές μαθητές/τριες ή ομάδες μπορεί να ωφεληθούν από διαφορετικές μεθόδους σκληρής υποστήριξης. Για παράδειγμα, ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να προετοιμάσει διάφορες παρωθήσεις ή κάρτες βοήθειας βήμα-προς-βήμα (βλ. Πίνακα 6.2) που να ανταποκρίνονται σε διαφορετικά επίπεδα δυσκολίας.

Συνολικά, παρόλο που η διαδικασία διαφοροποίησης χωρίζεται σε τέσσερις αποφάσεις, αυτό γίνεται κυρίως για τη διευκόλυνση της κατανόησης της διαδικασίας σχεδιασμού και προετοιμασίας διαφοροποιημένων μαθημάτων ή ενοτήτων μαθημάτων. Όταν σχεδιάζεται το μάθημα, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να λαμβάνουν υπόψη όλες τις αποφάσεις μαζί και να χρησιμοποιούν τα ίδια δεδομένα προδιαγνωστικής αξιολόγησης ως βάση για αυτές τις αποφάσεις.

(Β) Συνεχής αξιολόγηση στο πλαίσιο της τέταρτης απόφασης

Η υποστήριξη μπορεί επίσης να εφαρμοστεί έχοντας μια μαλακή μορφή (βλ. Κεφάλαιο 2 *Διαφοροποίηση και Υποστήριξη Μάθησης*), δηλαδή δεν είναι προσχεδιασμένη και παρέχεται κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας, συχνά με τρόπο αυθόρμητο (on-the-fly). Καθώς ο/η εκπαιδευτικός παρατηρεί τους/τις μαθητές/τριες ή τις ομάδες καθώς πραγματοποιούν την ερευνητική τους εργασία, μπορεί να παρατηρήσει ότι η προσχεδιασμένη υποστήριξη δεν είναι αρκετή. Ή μπορεί να ακούσει τη συζήτηση σε μια ομάδα και να διαπιστώσει ότι επικρατεί μια εσφαλμένη αντίληψη που δεν μπορεί να διορθωθεί μέσω της ίδιας της ερευνητικής δραστηριότητας. Αυτά τα γεγονότα θα πρέπει να ωθήσουν τον/την εκπαιδευτικό να παρέχει πρόσθετη υποστήριξη μέσω διαφόρων μέσων, όπως συζητήσεις στην ομάδα ή άλλη στοχευμένη υποστήριξη. Η μάθηση από συνομήλικους/ες μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως μια μορφή μη προσχεδιασμένης υποστήριξης, έχοντας άλλους/ες μαθητές/τριες ή ομάδες να αξιολογούν και να παρατηρούν την εργασία που κάνει ένας/μία άλλος/η μαθητής/τρια ή μια ομάδα. Επίσης, η αυτοαξιολόγηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει πληροφορίες στον/στην εκπαιδευτικό που πιθανώς να τον/την ωθήσουν στο να χρησιμοποιήσει επιπρόσθετες μεθόδους υποστήριξης. Για παράδειγμα, ζητείται από τους/τις

μαθητές/τριες να αξιολογήσουν την εργασία τους κατά τη διάρκεια του μαθήματος χρησιμοποιώντας μια ρουμπρίκα αξιολόγησης με προκαθορισμένα κριτήρια.



Εικ. 6.15: Διάγραμμα που συνοψίζει τις τέσσερις αποφάσεις του Εργαλείου Διαφοροποίησης

Περίληψη

Για τον προγραμματισμό διαφοροποιημένων μαθημάτων ΜΜΔ απαιτούνται διάφορες αποφάσεις στη βάση προδιαγνωστικής αξιολόγησης.

Αφού αποφασισθεί το γνωστικό πεδίο που θα αποτελέσει επίκεντρο του μαθήματος, πρέπει να γίνουν τέσσερις αποφάσεις σχετικές με τη διαφοροποίηση:

- (1) Απόφαση διαρρύθμισης τάξης: Επιλογή του τρόπου με τον οποίο θα εργαστούν οι μαθητές/τριες. Θα γίνει το μάθημα σε ετερογενείς ή ομοιογενείς ομάδες; Θα εργαστούν οι μαθητές/τριες ατομικά;
- (2) Απόφαση βαθμού ανοικτότητας: Καθορισμός του δυνητικού βαθμού ανοικτότητας κάθε ομάδας μαθητών/τριών ή κάθε ατόμου ξεχωριστά σε κάθε επιμέρους φάση της ΜΜΔ.

(3) Απόφαση επέκτασης βαθμού ανοικτότητας: Επιλογή της επιμέρους φάσης ή των επιμέρους φάσεων που θα γίνει επέκταση του βαθμού ανοικτότητας στο επόμενο επίπεδο.

(4) Απόφασης υποστήριξης: Επιλογή καταλληλότερων μεθόδων υποστήριξης για τη επίτευξη της επέκτασης του βαθμού ανοικτότητας στο επόμενο επίπεδο για την επιμέρους φάση ή τις επιμέρους φάσεις που αποφασίσθηκαν προηγουμένως.

Οι τέσσερις αποφάσεις διαφοροποίησης και οι διάφοροι τρόποι για την υλοποίησή τους (βλ. Πίνακες 6.1 και 6.2 για παραδείγματα) ορίζονται ως το Εργαλείο Διαφοροποίησης που χρησιμεύει κατά τον προγραμματισμό μαθημάτων.

Σε διαφορετικά στάδια του προγραμματισμού και της εφαρμογής ενός μαθήματος, είναι αναγκαίο να γίνεται προδιαγνωστική και συνεχής αξιολόγηση (βλ. Εικ. 6.15).

Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamiok-Naaman, R., Hofstein, A., & Tuan, H. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419.
- Alfieri, L., Brooks, P.J., Aldrich, N.J., & Tenenbaum, H.R. (2011). Does Discovery-Based Instruction Enhance Learning? *Journal of Educational Psychology* 103(1), 1–18.
- Arnold, J.C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36, 2719–2749.
- Atasoy, Ş., & Ergin, S. (2017). The effect of concept cartoon-embedded worksheets on grade 9 students' conceptual understanding of Newton's laws of motion. *Research in Science & Technological Education*, 35(1), 58–73.
- Azevedo, R. (2005). Computer environments as metacognitive tools for enhancing learning. *Educational Psychologist*, 40(4), 193–197.
- Baur, A., Emden, M., & Bewersdorff, A. (2019). Welche Unterrichtsprinzipien sollten für den Aufbau von Kompetenzen zum Experimentieren Beachtung finden? Eine Ableitung auf Basis multiperspektivisch begründeter Unterrichtsziele. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) –Biologie Lehren und Lernen*, 23(1), 10–24.
- Bell, R.L., Blair, L.M., Crawford, B.A., & Lederman, N.G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487–509.
- Boyle, B., & Charles, M. (2014). *Formative assessment for teaching and learning*. SAGE Publications.
- Chen, J., Wang, M., Grotzer, T.A., & Dede, C. (2018). Using a Three-Dimensional Thinking Graph to Support Inquiry Learning. *Journal of Research in Science Teaching* 55(9), 1239–1263.
- Chiemeke, S., & Imafidor, O.M. (2020). Web-based Learning In Periods of Crisis: Reflections on the Impact of COVID-19. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCISIT)*, 12.
- D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Haertel, G., Bernard, R., & Evgueni, E. (2014). *Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis*. SRI International.
- de Jong, T., & Lazonder, A.W. (2014). The guided discovery principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 371–390). Cambridge University Press.
- Duschl, R.A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291.
- Furtak, E.M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D.C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Hand, B. (2008). *Science inquiry, argument and language: A case for the science writing heuristic*. Sense.

- Hmelo-Silver, C.E., Duncan, R.G., & Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist* 42(2), 99–107.
- Huber, S.G., & Helm, C. (2020). COVID-19 and schooling: evaluation, assessment and accountability in times of crises—reacting quickly to explore key issues for policy, practice and research with the school barometer. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 32(2), 237–270.
- Jang, J.Y., & Hand, B. (2017). Examining the value of a scaffolded critique framework to promote argumentative and explanatory writings within an argument-based inquiry approach. *Research in science education*, 47(6), 1213–1231.
- Keogh, B., & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431–446.
- Kirschner, P.A., Sweller, J., & Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work. An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Koksal, E.A., & Berberoglou, G. (2014). The effect of guided inquiry instruction on 6th grade Turkish students' achievement, science process skills, and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 36, 66–78.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P.C., Marx, R.W., Bass, K.M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in Project-Based Science Classrooms: Initial Attempts by Middle School Students." *Journal of the Learning Sciences* 7(3–4), 313–350.
- Lubben, F., Campbell, B., Buffler, A., & Allie, S. (2001). Point and set reasoning in practical science measurement by entering university freshmen. *Science Education*, 85(4), 311–327.
- Metz, K.E. (2004). Children's understanding of scientific inquiry: Their conceptualization of uncertainty in investigations of their own design. *Cognition and Instruction*, 22, 219–290.
- Minner, D.D., Jurist Levy, A., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984–2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474–496.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Neubert, S., Reich, K., & Voß, R. (2001). Lernen als konstruktiver Prozess (Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten): In T. Hug (Ed.), *Wie kommt Wissenschaft zu Wissen* (Band 1) (pp. 253 – 265). Schneider.
- Quintana, C., Reiser, B.J., Davis, E.A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R.G., Kyza, E., Edelson, D., & Soloway, E. (2004). A Scaffolding Design Framework for Software to Support Science Inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 337–386.
- Reiser, B.J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanism of structuring and problematizing students work. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 273–304.
- Scheiter, K., & Gerjets, P. (2007). Learner control in hypermedia environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 285–307.
- Schmidt-Weigand, F., Hänze, M., & Wodzinski, R. (2009). Complex problem solving and worked examples: The role of prompting strategic behavior and fading-in solution steps. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 129–138.
- Schnotz, W. (2011). *Pädagogische Psychologie kompakt*. Beltz.
- Schunn, C.D., & Anderson, J.R. (1999). The generality/specificity of expertise in scientific reasoning. *Cognitive Science*, 23, 337–370.
- Slavin, R.E., Lake, C., Hanley, P., & Thurston, A. (2014). Experimental evaluations of elementary science programs: A best-evidence synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 870–901.
- Tomlinson, C.A., & Moon, T.R. (2013). *Assessment and student success in a differentiated classroom*. Association for Supervision & Curriculum Development.
- Tschirgi, J.E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51, 1–10.
- van Joolingen, W., & Zacharia, Z. (2009). Developments in inquiry learning. In N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder, & S. Barnes (Ed.), *Technology-Enhanced Learning* (pp. 21–37). Springer Netherlands.
- van Uum, M.S.J., Verhoeff, R.P., & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450–469.
- Walker, M. (2015). *Teaching inquiry-based science*. Amazon.
- Wu, H.L., & Pedersen, S. (2011). Integrating computer-and teacher-based scaffolds in science inquiry. *Computers & Education*, 57(4), 2352–2363.

7 Παραδείγματα Διδασκαλίας:

Εφαρμογή του Εργαλείου Διαφοροποίησης

7.1 Διόγκωση και συρρίκνωση ξύλου	138
(Διαδικαστικό πεδίο, Βιολογία, κατάλληλο για τάξεις 6-7)	
Armin Baur, Martina Schuknecht	
7.2 Εξουδετέρωση του στομαχικού οξέος	151
(Διαδικαστικό πεδίο, Χημεία, κατάλληλο για τάξεις 9–10)	
Martina Schuknecht	
7.3 Τα μέταλλα αντιδρούν με το οξύ	163
(Διαδικαστικό πεδίο, Χημεία, κατάλληλο για τάξεις 9–10)	
Martina Schuknecht	
7.4 Ο ρόλος της αιθάλης στην υπερθέρμανση του πλανήτη	176
(Εννοιολογικό πεδίο, Βιολογία/Επιστήμη, κατάλληλο για τάξεις 9–10)	
Caroline Neudecker	
7.5 Ρυθμός τήξης των παγοκύβων	191
(Εννοιολογικό πεδίο, Φυσική, κατάλληλο για τάξεις 6–7)	
Pasi Nieminen	
7.6 Θερμότητα και θερμοκρασία	203
(Εννοιολογικό πεδίο, Φυσική, κατάλληλο για τάξεις 9)	
Nikoletta Xenofontos	
7.7 Αίσθηση του φωτός των γαιοσκωλήκων	214
(Επιστημολογικό πεδίο, Βιολογία, κατάλληλο για τάξεις 5–6)	
Armin Baur	

Αποποίηση ευθυνών:

Τα πειράματα που περιγράφονται στο κεφάλαιο δοκιμάστηκαν εκ των προτέρων και παρουσιάζονται προσεκτικά. Ωστόσο, οι χρήστες είναι υποχρεωμένοι να ελέγξουν για τυχόν σφάλματα ή ανακρίβειες πριν πραγματοποιήσουν τα παραδείγματα. Οι συγγραφείς υποθέτουν ότι όσοι/ες θελήσουν να τα εφαρμόσουν έχουν τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες.

Προσοχή, πρέπει πάντα να τηρούνται οι γενικές οδηγίες ασφάλειας! Η χρήση των περιγραφών των μαθημάτων γίνεται με δική σας ευθύνη. Αποκλείεται η ευθύνη για ζημιές ή απώλειες που προκύπτουν από το χειρισμό των ουσιών, υλικών ή εξοπλισμού που περιγράφονται στον παρόν κείμενο, καθώς και αξιώσεις για ζημιές ή αξιώσεις εγγύησης λόγω λανθασμένων ή ελλιπών πληροφοριών. Επομένως, οι συγγραφείς αποκλείουν ρητά οποιανδήποτε άμεση ή έμμεση ευθύνη για ζημιές σε σχέση με την εφαρμογή των παραδειγμάτων διδασκαλίας που περιγράφονται.

7.1 Διόγκωση και συρρίκνωση ξύλου (Βιολογία, κατάλληλο για τις βαθμίδες 6 – 7)

Πραγματικά στοιχεία

Οι άνθρωποι της Λίθινης Εποχής εξέτασαν τη διαδικασία επεξεργασίας της πέτρας που μπορεί να παρατηρηθεί στη φύση. Στις φυσικές διεργασίες, το νερό μπαίνει σε ρωγμές και σχισμές πετρών. Εάν το νερό παγώσει, διαστέλλεται. Λόγω της διαστολής, μέρη μιας πέτρας μπορούν να εκραγούν (θρυμματισμός παγετού). Οι λαοί της Λίθινης Εποχής έμαθαν επίσης ότι όταν το ξηρό ξύλο υγραίνεται με νερό, διαστέλλεται. Συνδύασαν και τα δύο ευρήματα και τα χρησιμοποίησαν για την επεξεργασία της πέτρας, όπως συμβαίνει και στις φυσικές διαδικασίες. Η επεξεργασία των λίθων – η διαστασιολογική διαμόρφωση – γινόταν με ξύλινες σφήνες. Οι ξύλινες σφήνες χώνονταν σε πέτρινες σχισμές και μετά ποτίζονταν. Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν και σιδερένιες σμίλες και σφήνες. Με τη χρήση μιας σμίλης, οι άνθρωποι ήταν ανεξάρτητοι από τις σχισμές της φυσικής πέτρας. Ετοίμαζαν μικρές τρύπες και οι σιδερένιες σφήνες έμπαιναν σε αυτές για να σχίσουν την πέτρα (βλ. Εικ. 7.1.1).

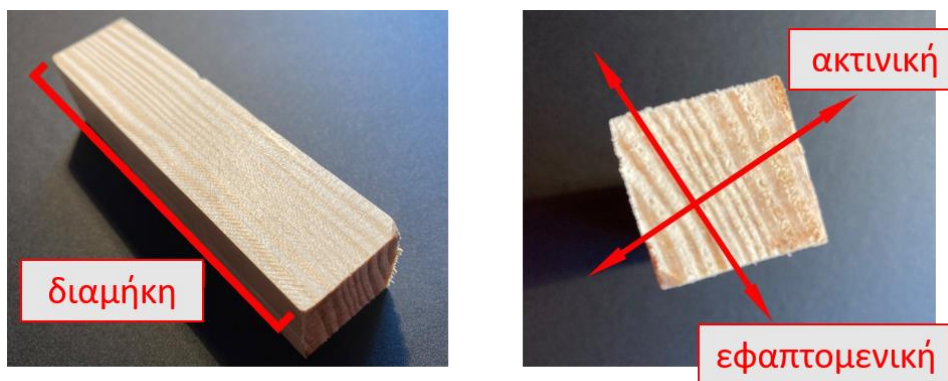
Πηγή: Μετάφραση από τα γερμανικά, Arbeitsgemeinschaft Praktische Archäologie (<https://blog.amh.de/merkwuerdige-loecher/>; ανακτήθηκε στις 11 Οκτωβρίου 2021)



Εικ. 7.1.1: Ιστορική πέτρα με τρύπες για σχίσμο λίθων: Εικόνα από την Christa Sallam, 2018

Το μάθημα που περιγράφεται παρακάτω αφορά την επεξεργασία λίθων χρησιμοποιώντας διογκωμένο ξύλο. Το ξύλο διογκώνεται και συρρικνώνεται ανάλογα με την υγρασία του περιβάλλοντος. Όταν το ξύλο είναι πιο στεγνό από το περιβάλλον, απορροφά την υγρασία και φουσκώνει. Κατά τη διόγκωση, το μήκος του ξύλου αλλάζει μετρίως προς την ακτινική κατεύθυνση (βλ. Εικ. 7.1.2) και πολύ έντονα στην κατεύθυνση των ετήσιων δακτυλίων (εφαπτομενική). Κατά τη διαμήκη κατεύθυνση το μέγεθος του ξύλου αλλάζει ελάχιστα. Η μεγέθυνση εξαρτάται από τον τύπο του ξύλου: το ξύλο οξιάς διογκώνεται περισσότερο από το ξύλο πεύκου, για παράδειγμα. Αντίθετα,

το ξύλο συρρικνώνεται όταν στεγνώσει, πράγμα που σημαίνει ότι μειώνονται οι διαστάσεις του ξύλου.



Εικ. 7.1.2: Ανατομία του ξύλου

Προσδιορισμός του στόχου (πεδίο μαθήματος):

Το μάθημα που παρουσιάζεται στοχεύει στο διαδικαστικό πεδίο. Ο πυρήνας της διδασκαλίας είναι η καλλιέργεια (κατάρτιση) ικανοτήτων των επιμέρους φάσεων της διερώτησης.

Τα τέσσερα στάδια απόφασης του εργαλείου διαφοροποίησης:

1. Επιλογή διαρρύθμισης τάξης

Σε αυτό το παράδειγμα, οι μαθητές/τριες χωρίζονται σε ομοιογενείς ομάδες από τον/την εκπαιδευτικό, έτσι ώστε να δίνονται στους/στις μαθητές/τριες εργασίες κατάλληλης πολυπλοκότητας για όλα τα μέλη της ομάδας. Οι μαθησιακοί στόχοι είναι ίδιοι για όλους/ες τους/τις μαθητές/τριες στις ομάδες, ωστόσο το επίπεδο υποστήριξης είναι διαφορετικό.



2. Επιλογή βαθμού ανοικτότητας των επιμέρους φάσεων

Το παρακάτω σχήμα (Εικ. 7.1.3) δείχνει τους βαθμούς ανοικτότητας στη μάθηση μέσω διερώτησης που επιλέγονται για τις ομάδες (ως παράδειγμα παρουσιάζονται δύο πλασματικές ομάδες). Τα διαφορετικά χρώματα – πορτοκαλί και κίτρινο – αντιπροσωπεύουν τις διαφορετικές ομάδες. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.1.3, σε όλες τις ομάδες δίνεται ένα πρόβλημα (μηδενικός βαθμός ανοικτότητας στην επιμέρους φάση). Και οι δύο ομάδες είναι διαφορετικές ως προς τις ικανότητές τους. Για την ομάδα 1 στην επιμέρους φάση *Διατύπωση Ερωτήσεων* επιλέγεται ένας χαμηλός βαθμός ανοικτότητας. Στην ομάδα προσφέρονται διάφορα ερευνητικά ερωτήματα για να διαλέξει. Για την ομάδα 2 η επιμέρους φάση *Διατύπωση Ερωτήσεων* είναι μέτριου βαθμού ανοικτότητας. Η ομάδα 2 διατυπώνει μια ερώτηση με βοήθεια που λαμβάνει επιτόπου από τον/την εκπαιδευτικό υπό τη μορφή ανατροφοδότησης. Στην επιμέρους φάση *Διατύπωση Υποθέσεων* και οι δύο ομάδες μπορούν να διατυπώσουν υποθέσεις με τη βοήθεια μιας λίστας ελέγχου (βλ. Παράρτημα 7.1.IV)

ανάλογα με τις ικανότητές τους. Η επιμέρους φάση είναι μέτριου βαθμού ανοικτότητας. Οι επιμέρους φάσεις *Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης* και *Συμπέρασμα* είναι χαμηλού βαθμού ανοικτότητας για την ομάδα 1 και μέτριου βαθμού ανοικτότητας για την ομάδα 2. Στην επιμέρους φάση *Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης* η ομάδα 1 υποστηρίζεται με μια λίστα υλικών και η ομάδα 2 επιλέγει, εάν χρειάζεται, υλικά με λίγη υποστήριξη από τον/την εκπαιδευτικό. Για την *Ερμηνεία Δεδομένων*, στην ομάδα 1 προσφέρεται η επιλογή εμφάνισης των αποτελεσμάτων σε πίνακα ή σε ραβδόγραμμα. Η ομάδα 2 λαμβάνει επιτόπου ανατροφοδότηση. Στην επιμέρους φάση *Συμπέρασμα* επιλέγεται ο μέτριος βαθμός ανοικτότητας και για τις δύο ομάδες. Για βοήθεια σε αυτήν την επιμέρους φάση δίνονται λεκτικές προτροπές σε μια συζήτηση στην τάξη (πιθανές προτροπές: «Αποδεικνύεται/διαψεύδεται η υπόθεση; Πώς μπορεί να αιτιολογηθεί αυτό; Απαντήθηκε το ερευνητικό ερώτημα; Υπήρξαν αποκλίσεις στη μέτρηση; Πώς αντιμετωπίστηκαν; Ποιες ασάφειες/προβλήματα έχουν προκύψει;»).

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
Εννοιολόγηση	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα
ομάδα 1 ομάδα 2		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό Αυτονομία μαθητή			

Εικ. 7.1.3: Πιθανοί βαθμοί ανοικτότητας

3. Επιλογή επιμέρους φάσεων για μετάβαση στο επόμενο επίπεδο ανοικτότητας



Το σχήμα 7.1.4 δείχνει τις επιμέρους φάσεις που επεκτείνονται σε υψηλότερο επίπεδο ανοικτότητας.

Οι μαθητές/τριες στον χαμηλό βαθμό ανοικτότητας στη Διατύπωση Ερωτήσεων (ομάδα 1) υποστηρίζονται για να φτάσουν στο μέτριο επίπεδο ανοικτότητας. Οι μαθητές/τριες της ομάδας 2 στο μέτριο επίπεδο ανοικτότητας υποστηρίζονται για να μεταβούν στον μέγιστο βαθμό ανοικτότητας. Αντίστοιχες μεταβάσεις για τις δύο ομάδες γίνονται και στην επιμέρους φάση Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης.

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
Εννοιολόγηση	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες χαπτούν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα
		ομάδα 1 ομάδα 2 Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό Αυτονομία μαθητή			

Εικ. 7.1.4: Μεταβάσεις για τα δύο παραδείγματα ομάδων

4. Επιλογή μεθόδων για υποστήριξη μάθησης

Στην επιμέρους φάση Διατύπωση Ερωτήσεων επιλέγεται μια λίστα ελέγχου ως μέθοδος υποστήριξης μάθησης και για τις δύο ομάδες (βλ.



Παράρτημα 7.1.III). Μια λίστα ελέγχου είναι κατάλληλη και για τους δύο βαθμούς ανοικτότητας. Επιπλέον, ο/η εκπαιδευτικός προσφέρει βοήθεια αν χρειαστεί.

Στην επιμέρους φάση *Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης* επιλέγονται κάρτες βοήθειας βήμα-προς-βήμα ως μέθοδος υποστήριξης μάθησης και για τις δύο ομάδες, προκειμένου να οδηγηθούν στο επόμενο επίπεδο ανοικτότητας (βλ. Παράρτημα 7.1.VI). Για κάθε βαθμό ανοικτότητας, χρησιμοποιείται διαφορετικό σύνολο καρτών βοήθειας. Οι μέθοδοι υποστήριξης μάθησης θα πρέπει να οδηγήσουν στον επόμενο βαθμό ανοικτότητας. Η μέθοδος της υποστήριξης μάθησης και η μέθοδος που χτίζει το επίπεδο ανοικτότητας συνδυάζονται. Παράδειγμα τέτοιου συνδυασμού είναι: Στην επιμέρους φάση *Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης*, η ομάδα 1 λαμβάνει μια λίστα υλικών που περιέχει όχι μόνο τον απαραίτητο εξοπλισμό και υλικά. Οι κάρτες βοήθειας μειώνουν τη λίστα υλικών βήμα προς βήμα μέχρι να είναι διαθέσιμα μόνο τα απαραίτητα υλικά.

Σχέδιο μαθήματος

Επίπεδο: Βαθμίδα 6 – 7	Γνωστικό αντικείμενο: Βιολογία (Μηχανική είναι επίσης δυνατή)	Θέμα: Διόγκωση και συρρίκνωση του ξύλου	Διάρκεια: 60 λεπτά	
Πρότερη γνώση: Οι μαθητές/τριες είναι εξοικειωμένοι με τα ακόλουθα: - γνωρίζουν ότι υπάρχουν διάφορα είδη ξύλου (ξύλο οξιάς, ξύλο ελάτης κ.λπ.), που διαφέρουν ως προς τις ιδιότητές τους - μπορούν να μετρήσουν μήκη με συρόμενο παχύμετρο - γνωρίζουν ότι ένα πείραμα χρειάζεται μια πειραματικές δοκιμές και δοκιμές ελέγχου - γνωρίζουν ότι μια πειραματική αναφορά και ένα πείραμα αποτελούνται από διάφορες ενότητες (ερώτηση, υπόθεση...) και γνωρίζουν επίσης τι αναμένεται από αυτούς/ές σε κάθε ενότητα.				
Αφόρμηση: Οι μαθητές/τριες ενθαρρύνονται να σκεφτούν πώς η υγρασία επηρεάζει το ξύλο.				
Μαθησιακοί στόχοι: Πρέπει να είναι μετρήσιμοι και να αντικατοπτρίζονται στα μαθησιακά προϊόντα	Διδακτικό/μαθησιακό υλικό: Μπορεί να είναι υλικό αναφοράς, φυσικά ή εικονικά υλικά και πηγές	Μαθησιακή δραστηριότητα: Περιγραφή του τι κάνουν οι μαθητές/τριες, συμπεριλαμβανομένης της υποστήριξης που λαμβάνουν	Μαθησιακό προϊόν: Πρέπει να αντικατοπτρίζει τις γνώσεις ή τις δεξιότητες που περιλαμβάνονται στους μαθησιακούς στόχους και να επιτρέπει τη ροή των μαθησιακών δραστηριοτήτων	Αξιολόγηση (διαμορφωτική ή ετεροαξιολόγηση ή τελική): Η αξιολόγηση εστιάζεται στα μαθησιακά προϊόντα
Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν και διεξάγουν μια δραστηριότητα διερώτησης (ένα πείραμα).	Εικόνες (Παράρτημα 7.1.I)	Ο/Η εκπαιδευτικός δείχνει στους/στις μαθητές/τριες εικόνες. Οι μαθητές/τριες εξηγούν τι μπορούν να δουν στις εικόνες. Ο/Η εκπαιδευτικός λέει στους/στις μαθητές/τριες ότι η πέτρα που φαίνεται στις εικόνες είναι πολύ παλιά και επεξεργάστηκε από ανθρώπους που έζησαν πριν από πολύ καιρό.		
	Κείμενο (Παράρτημα 7.1.II) Λίστα ελέγχου	Οι μαθητές/τριες διαβάζουν πρώτα το κείμενο σε ατομική εργασία και δηλώνουν	Ερευνητικό ερώτημα	Παρατηρήσεις στην τάξη, εάν χρειάζεται δίνονται λεκτικά βοηθήματα με τη

	(Παράρτημα 7.1.III)	ένα ερευνητικό ερώτημα. Στο επόμενο βήμα, συζητούν ερευνητικά τους ερωτήματα στις ομάδες τους και επιλέγουν ένα ερώτημα ανά ομάδα (συνεργατική μάθηση). Μετάβαση από χαμηλό βαθμό ανοικτότητας προς μέτριο βαθμό ανοικτότητας: Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα κατάλληλο ερευνητικό ερώτημα από μια λίστα δοσμένων ερωτημάτων. Για αυτή την εργασία χρησιμοποιούν τη λίστα ελέγχου. Πιθανές ερωτήσεις (μπορούν να δοθούν μέσω ενός φύλλου εργασίας): Πώς δούλευαν οι άνθρωποι τις πέτρες στη Λίθινη Εποχή; Πώς έχει αλλάξει η προσέγγιση στην επεξεργασία πέτρας με σιδερένια εργαλεία; Τι επίδραση έχει η υγρασία στο ξύλο; Τι επίδραση έχει η υγρασία στο μήκος και το πλάτος ενός ξύλινου μπλοκ; Τι συμβαίνει όταν το υγρό ξύλο στεγνώνει; Μετάβαση από μέτριο βαθμό ανοικτότητας προς μέγιστο βαθμό ανοικτότητας: Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ερευνητικά ερωτήματα χρησιμοποιώντας λιγότερες δοσμένες λέξεις που είναι διαθέσιμες σε κάρτες βοήθειας (Βοήθεια 1: Επίδραση, Βοήθεια 2: Νερό, Βοήθεια 3: Πλάτος ξύλου). Ως υποστήριξη μάθησης, χρησιμοποιούν επίσης τη λίστα ελέγχου (Παράρτημα 7.1.III).		μορφή προτροπών.
	Λίστα ελέγχου (Παράρτημα 7.1.IV)	Οι μαθητές/τριες δημιουργούν μια υπόθεση σε ατομική εργασία και τη συζητούν στο επόμενο βήμα στις ομάδες τους και επιλέγουν μία υπόθεση ανά ομάδα. Ως	Υπόθεση	Παρατήρηση στην τάξη, εάν είναι απαραίτητο δίνονται προτροπές.

	Εικόνα: Επιλογή υλικού (Παράρτημα 7.1.V) Κάρτες βοήθειας (Παράρτημα 7.1.VI)	βοήθεια, χρησιμοποιούν μια λίστα ελέγχου. Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν ένα πείραμα στις ομάδες τους σύμφωνα με τις υποθέσεις τους. Όλοι λαμβάνουν την υπόδειξη ότι πρέπει να ληφθεί υπόψη ο χρόνος μέχρι να φανεί/μετρηθεί κάτι (η παρατήρηση γίνεται την επόμενη μέρα). Όλοι οι πειραματικοί σχεδιασμοί πρέπει να παρουσιάζονται εν συντομία στον/στην εκπαιδευτικό πριν από την εκτέλεσή τους (είναι κατάλληλο για τους/τις μαθητές/τριες να κάνουν ένα σκίτσο που να απεικονίζει την υλοποίηση ή να περιγράψουν την υλοποίηση γραπτώς). Μετάβαση από χαμηλό βαθμό ανοικτότητας προς μέτριο βαθμό ανοικτότητας: Οι μαθητές/τριες επιλέγουν το υλικό για τα πειράματά τους από μια δεξαμενή υλικών. Οι κάρτες βοήθειας προσφέρουν συμβουλές για το ποια υλικά δεν είναι απαραίτητα. Μετάβαση από μέτριο βαθμό ανοικτότητας προς μέγιστο βαθμό ανοικτότητας: Οι μαθητές/τριες σκέφτονται τα κατάλληλα υλικά και σχεδιάζουν ένα πείραμα. Οι κάρτες βοήθειας παρέχουν συμβουλές.	Πειραματικός σχεδιασμός	Παρατήρηση στην τάξη, εάν είναι απαραίτητο δίνονται προτροπές.
		Οι μαθητές/τριες καταγράφουν τις μετρήσεις τους σε έναν πίνακα ή σε ένα διάγραμμα. Η ομάδα που εργάζεται στο επίπεδο μέτριου βαθμού ανοικτότητας επιλέγει έναν από τους δύο τρόπους αναπαράστασης δεδομένων (πίνακας ή διάγραμμα). Η άλλη	Παρουσίαση δεδομένων	Παρατήρηση στην τάξη, εάν είναι απαραίτητο δίνονται προτροπές.

		ομάδα αποφασίζει μόνη της ποια είναι η κατάλληλη αναπαράσταση δεδομένων. Ο/Η εκπαιδευτικός παρέχει υποστήριξη εάν είναι απαραίτητο.		
		Σε μια συζήτηση στην τάξη εξάγονται συμπεράσματα και γίνεται αναστοχασμός για τη διαδικασία.	Συμπεράσματα	

Παράρτημα 7.1.Ι – Εικόνες αφόρμησης



Πηγή: Εικόνες από Christa Sallam, 2018

Παράρτημα 7.1.II – Κείμενο για προβληματισμό

Οι άνθρωποι της Λίθινης Εποχής έμαθαν παρακολουθώντας από φυσικές διαδικασίες πώς να κόβουν πέτρες. Στις φυσικές διεργασίες το νερό μπαίνει σε ρωγμές και σχισμές λίθων. Εάν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 0 βαθμούς Κελσίου, το νερό γίνεται πάγος. Όταν το νερό παγώνει, διαστέλλεται. Λόγω της διόγκωσης, μέρη της πέτρας μπορούν να εκραγούν. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται θραύση παγετού.

Οι άνθρωποι της Λίθινης Εποχής έμαθαν επίσης ότι το στεγνό ξύλο είναι επίσης κατάλληλο για «ανατίναξη». Αυτή η τεχνική ανατίναξης ξύλου χρησιμοποιήθηκε στη Λίθινη Εποχή για την κοπή λίθων. Για την επεξεργασία των λίθων, ξύλινες σφήνες σφυρηλατήθηκαν σε υπάρχουσες πέτρινες ρωγμές και οι ξύλινες σφήνες περιχύθηκαν με νερό.

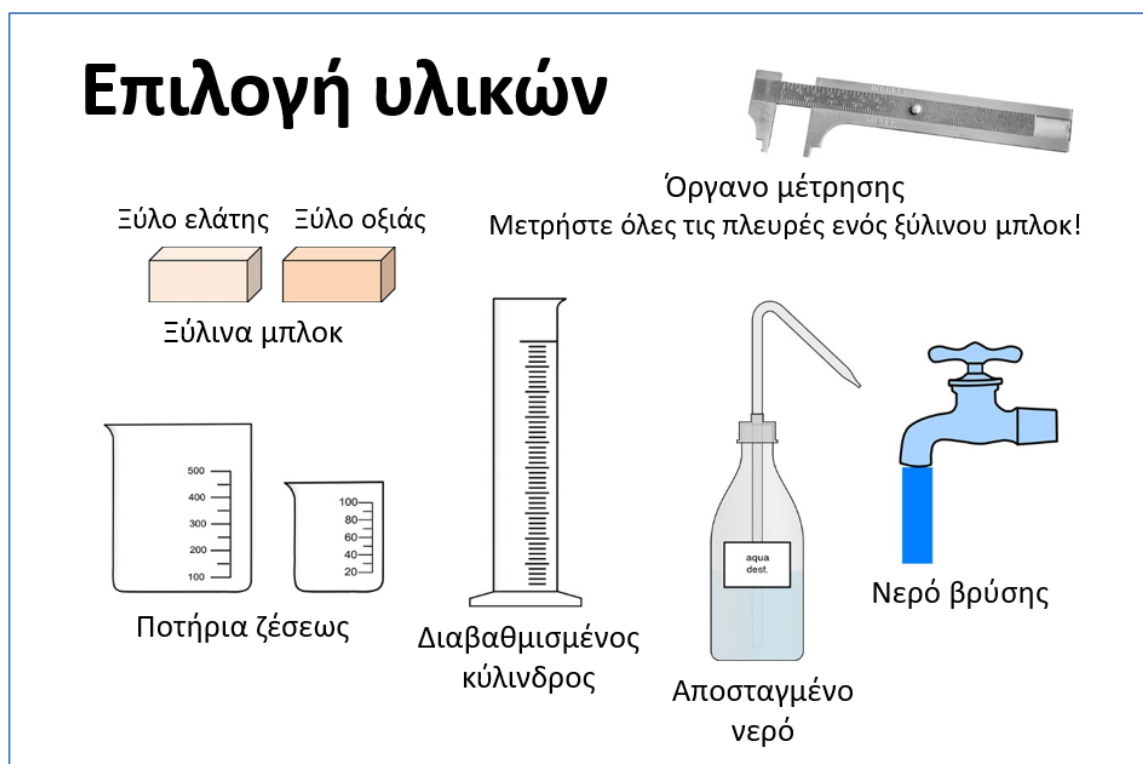
Αργότερα οι άνθρωποι χρησιμοποίησαν επίσης σμίλες και σφήνες από σίδηρο. Ως αποτέλεσμα, έπαψαν να εξαρτώνται από φυσικές ρωγμές.

Παράρτημα 7.1.III – Λίστα ελέγχου για Διατύπωση Ερωτήσεων

Λίστα ελέγχου για διατύπωση ενός ερευνητικού ερωτήματος			
1	Ταιριάζει η ερώτηση με το πρόβλημα (με το περιεχόμενο από το κείμενο);	Ναι []	Όχι []
2	Η ερώτηση σχετίζεται με ένα φυσικό φαινόμενο; (Ένα φυσικό φαινόμενο είναι μια διαδικασία που συμβαίνει στη φύση.)	Ναι []	Όχι []
3	Μπορεί η ερώτηση να απαντηθεί με τη χρήση ενός πειράματος;	Ναι []	Όχι []
4	Εάν έχετε επιλέξει κάπου Όχι, τότε πρέπει να διατυπωθεί ένα νέο ερευνητικό ερώτημα!		

Παράρτημα 7.1.IV – Λίστα ελέγχου για Διατύπωση Υποθέσεων

Λίστα ελέγχου για διατύπωση μιας υπόθεσης			
1	Είναι η διατυπωμένη υπόθεση μια πιθανή απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα;	Ναι []	Όχι []
2	Είναι διατυπωμένη η υπόθεση στη μορφή «Αν..., τότε...»;	Ναι []	Όχι []
3	Είναι γραμμένη η ανεξάρτητη μεταβλητή μετά τη λέξη «αν»;	Ναι []	Όχι []
4	Είναι αυτό που πρέπει να μετρηθεί/παρατηρηθεί γραμμένο μετά τη λέξη «τότε»;	Ναι []	Όχι []
5	Εάν έχετε επιλέξει κάπου Όχι, τότε η υπόθεση πρέπει να επαναδιατυπωθεί!		



Οδηγίες:

- (1) Παρακαλώ εργαστείτε με μολύβι!
- (2) Όλα τα υλικά είναι διαθέσιμα σε οποιοδήποτε αριθμό.
- (3) Διαγράψτε τυχόν υλικά που δεν χρειάζεστε για το πείραμά σας.
- (4) Σχεδιάστε ένα πείραμα με τα υλικά για να ελέγξετε την υπόθεσή σας.
- (5) Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις πράσινες κάρτες βοήθειας εάν χρειάζεστε βοήθεια.

Παράρτημα 7.1.VI – Βήμα-προς-βήμα κάρτες βοήθειας (Πράσινο: Μετάβαση χαμηλός βαθμός ανοικτότητας προς μέτριος βαθμός ανοικτότητας; Πορτοκαλί: Μετάβαση μέτριος βαθμός ανοικτότητας προς μέγιστος βαθμός ανοικτότητας)

Βοήθεια 1: Τα διάφορα είδη ξύλου (οξιά, έλατο...) θα μπορούσαν να αντιδράσουν διαφορετικά. Περιοριστείτε σε ένα είδος ξύλου.

Βοήθεια 2: Όλες οι δοκιμές πρέπει να πραγματοποιούνται στα ίδια δοχεία. Επιλέξτε έναν τύπο δοχείου και διαγράψτε όλες τις άλλες ποικιλίες δοχείων στη λίστα.

Βοήθεια 3: Το νερό πρέπει να είναι ίδιο στη σύστασή του σε όλες τις δοκιμές. Επιλέξτε είτε αποσταγμένο νερό, είτε νερό βρύσης.

Βοήθεια 4: Είναι δυνατό να βυθίσετε το ξύλινο μπλοκ ή να το βρέξετε ξανά και ξανά. Κατά τη βύθιση, απαιτείται πρόσθετο βάρος.

Υπόδειξη: Το ξύλο πρέπει να μετρηθεί από όλες τις πλευρές.

Βοήθεια 1: Τα διάφορα είδη ξύλου (οξιά, έλατο ...) θα μπορούσαν να αντιδράσουν διαφορετικά. Είναι πιο δύσκολο να σχεδιάσετε ένα πείραμα που μελετά διαφορετικούς τύπους ξύλου.

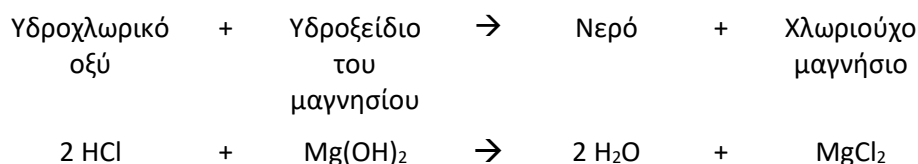
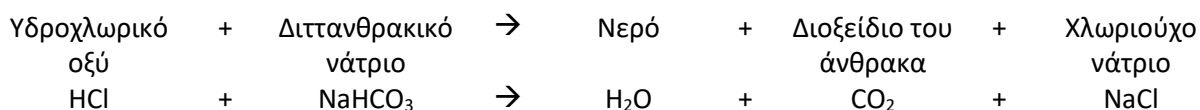
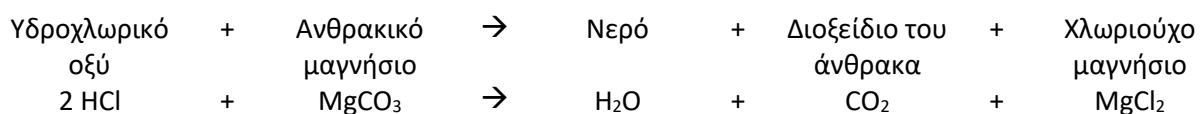
Βοήθεια 2: Πρέπει να χρησιμοποιήσετε ξύλινα μπλοκ ίδιου μεγέθους.

Βοήθεια 3: Έχετε προγραμματίσει μια πειραματική δοκιμή και μια δοκιμή ελέγχου;

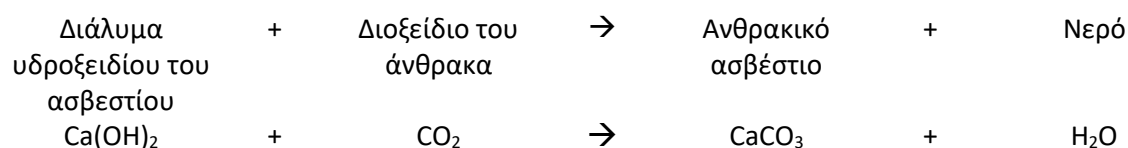
7.2 Εξουδετέρωση του στομαχικού οξέος (Χημεία, κατάλληλο για τις βαθμίδες 9 – 10)

Χρήσιμες πληροφορίες

Το στομαχικό οξύ είναι υδροχλωρικό οξύ, ένα ισχυρό όξινο διάλυμα. Όταν αυτό το στομαχικό οξύ ανεβαίνει από το στομάχι στον οισοφάγο, ονομάζεται καούρα. Εάν πάρετε μια θεραπεία για την καούρα, όπως π.χ. Rennie®, Bullrich Salz® ή Trigastril®, το στομαχικό οξύ θα εξουδετερωθεί. Μια εξουδετέρωση είναι ανιχνεύσιμη, μεταξύ άλλων, με έναν καθολικό δείκτη, ο οποίος γίνεται κόκκινος στο υδροχλωρικό οξύ, μπλε στο φάρμακο και πράσινος στο συνδυασμό στομαχικού οξέος και θεραπείας. Το συγκεκριμένο δραστικό συστατικό διαφέρει από φάρμακο σε φάρμακο. Για παράδειγμα, το Rennie® περιέχει ανθρακικό ασβέστιο και ανθρακικό μαγνήσιο, το Bullrich Salz® διττανθρακικό νάτριο (μαγειρική σόδα) και το Trigastril® οξείδιο του αλουμινίου και υδροξείδιο του μαγνησίου. Ωστόσο, αυτό δεν παίζει ρόλο στο φαινόμενο της «εξουδετέρωσης» που θα συζητηθεί σε αυτό το μάθημα.



Εάν χρησιμοποιηθεί ένα φάρμακο που παράγει διοξείδιο του άνθρακα, μπορεί να παρατηρηθεί ανάπτυξη αερίου. Το αέριο μπορεί να εισαχθεί σε ασβεστόνερο και να προκαλέσει θολότητα (δοκιμή ασβεστόνερου).



Το πείραμα είναι πολύ κατάλληλο για μια πρακτική εργασία στο πλαίσιο ενός τεστ απόδοσης (τελική αξιολόγηση), καθώς η υπάρχουσα γνώση εφαρμόζεται σε ένα καθημερινό φαινόμενο και το πείραμα είναι ελάχιστα πολύπλοκο.

Προσδιορισμός του στόχου (πεδίο μαθήματος):

Η εστίαση αυτού του μαθήματος είναι στο διαδικαστικό πεδίο γνώσης. Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις υπάρχουσες γνώσεις και εξασκούνται στον ανεξάρτητο σχεδιασμό και την εκτέλεση πειραμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Δίνεται αρκετός χώρος για αναστοχασμό, σχετικά με την πειραματική διαδικασία, στο τέλος του μαθήματος.

Τα τέσσερα στάδια απόφασης του εργαλείου διαφοροποίησης:

1. Επιλογή διαρρύθμισης τάξης

Οι μαθητές/τριες μπορούν να πραγματοποιήσουν το πείραμα τόσο ατομικά όσο και σε συνεργασία. Η ατομική εργασία είναι χρήσιμη εάν το πείραμα πρόκειται να διεξαχθεί με τη μορφή τεστ απόδοσης. Εάν το πείραμα δεν πραγματοποιηθεί ως μέρος ενός τεστ απόδοσης, η εργασία σε ζευγάρια είναι προτιμότερη έναντι εργασίας σε μεγαλύτερες ομάδες γιατί όλοι μπορούν να συμμετέχουν στην πρακτική εργασία. Σε σύγκριση με την ατομική εργασία, υπάρχει το πλεονέκτημα ότι τα επιμέρους βήματα μπορούν να κοινοποιηθούν απευθείας. Για στοχευμένη υποστήριξη, είναι λογικό να κατανεμηθούν οι μαθητές/τριες σε ομάδες όπως η 1 και 2 στο σχήμα της Εικόνας 7.2.1. Τα ζευγάρια μπορούν να διαμορφωθούν από μόνα τους.



2. Επιλογή βαθμού ανοικτότητας των επιμέρους φάσεων

Το σχήμα στην Εικόνα 7.2.2 δείχνει το βαθμό ανοικτότητας στις επιμέρους φάσεις της ΜΜΔ που ισχύουν για τα δύο πρότυπα ομάδων. Στο παράδειγμά μας έχουμε ζευγάρια που λειτουργούν στο πρότυπο της ομάδας 1 και ζευγάρια που λειτουργούν στο πρότυπο της ομάδας 2. Όπως δείχνει το σχήμα, η φάση του Προσανατολισμού διεκπεραιώνεται με μέτριο βαθμό ανοικτότητας από όλους/ες. Οι μαθητές/τριες έρχονται αντιμέτωποι με το φαινόμενο σε μια συζήτηση στην τάξη με τη βοήθεια ενός διαφημιστικού φιλμ (παραδείγματα μπορείτε να βρείτε στο YouTube). Στη συνέχεια, κάθε ζευγάρι αναπτύσσει μια ερώτηση που προκύπτει από το φιλμ. Στην επιμέρους φάση Διατύπωση Ερωτήσεων όλοι/ες οι μαθητές/τριες βρίσκονται στο επίπεδο του μέτριου βαθμού ανοικτότητας, καθώς ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να παράσχει βοήθεια ανά πάσα στιγμή. Στη συνέχεια, οι μαθητές/τριες μπορούν να ελέγξουν την ερώτησή τους με τη βοήθεια μιας λίστας ελέγχου για την αναθεώρηση μιας ερώτησης (βλ. Παράρτημα 7.2.II).



Εάν το πείραμα αποτελεί μέρος ενός τεστ απόδοσης, ένα σύντομο κείμενο πληροφοριών για την καούρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσανατολισμό (βλ. Παράρτημα 7.2.I). Για το σκοπό αυτό, ωστόσο, η ερώτηση πρέπει να δοθεί, άρα θα ολοκληρωθεί με *μηδενικό βαθμό ανοικτότητας*. Όλες οι άλλες φάσεις θα είναι *μέτριου βαθμού ανοικτότητας* για το τεστ απόδοσης.

Η επιμέρους φάση της *Δημιουργίας Υποθέσεων* είναι *χαμηλού βαθμού ανοικτότητας* στη μαθησιακή διαδικασία για τους/τις μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 1 με δυνατότητα επέκταση ικανότητας (βλ. παρακάτω). Για τους/τις μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 2, αυτή η φάση είναι *μετρίου βαθμού ανοικτότητας*. Χρησιμοποιούν τη λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση μιας υπόθεσης ως υποστήριξη (βλ. Παράρτημα 7.2.III). Επιπλέον, ο/η εκπαιδευτικός είναι στη διάθεση όλων για επιτόπου βοήθεια. Η επιμέρους φάση *Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης* είναι και πάλι *μέτριου βαθμού ανοικτότητας* για τους/τις μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 1. Στους/Στις μαθητές/τριες παρέχεται μόνο ένας κατάλογος ή κουτί υλικών από το οποίο μπορούν να επιλέξουν αυτά που χρειάζονται για το πείραμα (βλ. Παράρτημα 7.2.V). Οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 2 σχεδιάζουν το πείραμα με *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας*. Οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 2 θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν αυτή την επιμέρους φάση χωρίς βοήθεια. Η εξαίρεση σε αυτό, είναι ο έλεγχος ασφαλείας των προτεινόμενων πειραμάτων των μαθητών/τριών από τον/την εκπαιδευτικό πριν από την εκτέλεση. Κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής, ο/η εκπαιδευτικός παρεμβαίνει φυσικά σε θέματα που σχετίζονται με την ασφάλεια. Η *Ερμηνεία Δεδομένων* είναι *μεγίστου βαθμού ανοικτότητας* για όλους/ες. Σε αυτό το πείραμα δεν απαιτείται ειδική παρουσίαση δεδομένων και ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να υποστηρίξει επιτόπου. Το *Συμπέρασμα* είναι *μέτριου βαθμού ανοικτότητας* για όλους/ες και γίνεται μέσω συζήτηση στην τάξη. Ο/Η εκπαιδευτικός υποστηρίζει τη συζήτηση με στοχευμένες ερωτήσεις.

3. Επιλογή επιμέρους φάσεων για μετάβαση στο επόμενο επίπεδο ανοικτότητας



Δεδομένου ότι πολλές επιμέρους φάσεις πραγματοποιούνται ήδη σε *μέτριο βαθμό ανοικτότητας* ή ακόμη και σε *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας* σε αυτό το μάθημα, μόνο σε λίγες περιπτώσεις έχει νόημα η επέκταση της ικανότητας των μαθητών/τριών. Το Σχήμα 7.2.2 δείχνει ποιες επιμέρους φάσεις πρόκειται να επεκταθούν σε αυτό το μάθημα ως προς το βαθμό ανοικτότητας τους.

Για τους/τις μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 1, επιδιώκεται η επέκταση της ικανότητας στην επιμέρους φάση της *Διατύπωσης Υποθέσεων* στο *μέτριο βαθμό ανοικτότητας*. Όλοι/ες οι μαθητές/τριες (στην ομάδα προτύπων 1 και ομάδα 2) θα πρέπει να υποστηριχθούν στην επιμέρους φάση *Συμπέρασμα* προς τον *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας*.

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Εννοιολόγηση	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
Διερεύνηση	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξαγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξαγουν τα δικά τους συμπεράσματα
		Αυτονομία μαθητή			
		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό			

● ομάδα 1

● ομάδα 2

Εικ. 7.2.1: Πιθανοί βαθμοί ανοικτότητας

4. Επιλογή μεθόδων για υποστήριξη μάθησης

Για τους/τις μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 1, επιδιώκεται η επέκταση της ικανότητάς τους στη φάση της *Διατύπωσης Υποθέσεων*. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με κάρτες βοήθειας βήμα-προς-βήμα (βλ. Παράρτημα 7.2.IV) και επιτόπου ανατροφοδότηση από τον/την εκπαιδευτικό. Όλοι/ες οι μαθητές/τριες θα λάβουν υποστήριξη στην επιμέρους φάση του *Συμπεράσματος* προς την κατεύθυνση του *μέγιστου βαθμού ανοικτότητας*. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κάρτες βοήθειας (βλ. Παράρτημα 7.2.VI), οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με φειδώ και στοχευμένα. Ο/Η εκπαιδευτικός μπορεί επίσης να παρέχει υποστήριξη.



		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Εννοιολόγηση	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακες, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα
ομάδα 1 ομάδα 2		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό Αυτονομία μαθητή			

Εικ. 7.2.2: Μεταβάσεις για τα δύο παραδείγματα προτύπων ομάδων

Σχέδιο μαθήματος

Επίπεδο: Βαθμίδες 9 – 10	Γνωστικό αντικείμενο: Χημεία	Θέμα: Εξουδετέρωση του στομαχικού οξέος		Διάρκεια: 90 λεπτά
Πρότερη γνώση: Οι μαθητές/τριες γνωρίζουν ήδη ότι: - τα όξινα διαλύματα μετατρέπουν έναν καθολικό δείκτη σε κόκκινο χρώμα, τα αλκαλικά διαλύματα σε μπλε και τα ουδέτερα διαλύματα σε πράσινο, - τα όξινα διαλύματα μπορούν να εξουδετερώσουν τα αλκαλικά διαλύματα και το αντίστροφο, - το στομαχικό οξύ είναι υδροχλωρικό οξύ. Οι μαθητές/τριες μπορούν ήδη να: - διατυπώνουν υποθέσεις σε σχέση με ερευνητικά ερωτήματα, - σχεδιάζουν απλά πειράματα για να ελέγξουν τις υποθέσεις τους, - εξάγουν συμπεράσματα από παρατηρήσεις.				
Αφόρμηση: Οι μαθητές/τριες διερευνούν πώς λειτουργούν τα φάρμακα για την καούρα.				
Μαθησιακοί στόχοι: Πρέπει να είναι μετρήσιμοι και να αντικατοπτρίζονται στα μαθησιακά προϊόντα	Διδακτικό/μαθησιακό υλικό: Μπορεί να είναι υλικό αναφοράς, φυσικά ή εικονικά υλικά και πηγές	Μαθησιακή δραστηριότητα: Περιγραφή του τι κάνουν οι μαθητές/τριες, συμπεριλαμβανομένης της υποστήριξης που λαμβάνουν	Μαθησιακό προϊόν: Πρέπει να αντικατοπτρίζει τις γνώσεις ή τις δεξιότητες που περιλαμβάνονται στους μαθησιακούς στόχους και να επιτρέπει τη ροή των μαθησιακών δραστηριοτήτων	Αξιολόγηση (διαμορφωτική ή ετεροαξιολόγηση ή τελική): Η αξιολόγηση εστιάζεται στα μαθησιακά προϊόντα
	Διαφημιστικό φιλμ (παραδείγματα στο YouTube) ή πληροφοριακό κείμενο (βλ. Παράρτημα 7.2.1)	Οι μαθητές/τριες παρακολουθούν ένα σύντομο διαφημιστικό φιλμ για μια θεραπεία για την καούρα. Εναλλακτικά, η καούρα μπορεί επίσης να παρουσιαστεί μέσω ενός φυλλαδίου με πληροφορίες. Στη συζήτηση στην τάξη, οι μαθητές/τριες καταλαβαίνουν ότι η καούρα είναι η αύξηση του στομαχικού οξέος (υδροχλωρικό οξύ) και μπορεί να		

		αντιμετωπιστεί με θεραπεία.		
Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια έρευνα και προσδιορίζουν πειραματικά την επίδραση του γαστρικού φαρμάκου στο στομαχικό οξύ (υδροχλωρικό οξύ).	Λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση μιας ερώτησης (βλ. Παράρτημα 7.2.II)	Με βάση το πρόβλημα διατυπώνεται το ερευνητικό ερώτημα. Οι μαθητές/τριες αρχικά διατυπώνουν το ερώτημα ατομικά και στη συνέχεια τη συγκρίνουν με το ζευγάρι τους. Θα πρέπει να το ζευγάρι να καταλήξει σε συμφωνία. Η ερώτηση πρέπει να ελεγχθεί με τη λίστα ελέγχου. Κατάλληλες ερωτήσεις είναι: Τι επίδραση έχει το φάρμακο στο στομαχικό οξύ; Το φάρμακο εξουδετερώνει το στομαχικό οξύ; Πώς μπορεί το φάρμακο να καταπολεμήσει το στομαχικό οξύ; ...	Ερευνητικό ερώτημα	Παρατηρήσεις στην τάξη από τον/την εκπαιδευτικό. Εάν είναι απαραίτητο προσφέρει υποστήριξη.
	Λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση μιας υπόθεσης (βλ. Παράρτημα 7.2.III) Κάρτες βοήθειας βήμα-προς-βήμα για τη διατύπωση μιας υπόθεσης (βλ. Παράρτημα 7.2.IV)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με τη μορφή «Αν...τότε...». Και πάλι εργάζονται πρώτα ατομικά και μετά σε συντονισμό με το μέλος της ομάδας τους. Οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 2 υποστηρίζονται επιτόπου από τον/την εκπαιδευτικό και λαμβάνουν τη λίστα ελέγχου. Μετάβαση από χαμηλό βαθμό ανοικτότητας προς μέτριο βαθμό ανοικτότητας: Οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 1 μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις κάρτες βοήθειας – πρέπει να χρησιμοποιηθεί η κάρτα 1 – και πρέπει να χρησιμοποιήσουν τη λίστα ελέγχου. Κάθε ομάδα χρησιμοποιεί μόνο όσες κάρτες βοήθειας χρειάζεται. Ο/Η εκπαιδευτικός παρέχει υποστήριξη εάν είναι απαραίτητο.	Υπόθεση	Παρατηρήσεις στην τάξη από τον/την εκπαιδευτικό. Υποστήριξη εάν χρειάζεται με τη βοήθεια προτροπών.

	Κατάλογος υλικών (βλ. Παράρτημα 7.2.V) ή κουτί υλικών με: βάση δοκιμαστικού σωλήνα, 3 δοκιμαστικοί σωλήνες (εναλλακτικά, τρυβλία Petri), νερό, στομαχικό οξύ (υδροχλωρικό οξύ), φάρμακο, καθολικός δείκτης, πώμα και άλλα υλικά προς επιλογή που δεν χρειάζονται (δεν είναι απαραίτητα)	Οι μαθητές/τριες αρχικά σχεδιάζουν το πείραμα ατομικά και στη συνέχεια διατυπώνουν προσεκτικά τα επιμέρους βήματα υλοποίησης με το μέλος της ομάδας τους. Οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 1 λαμβάνουν μια λίστα υλικών ή ένα κουτί υλικών ως υποστήριξη. Οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 2 επιτρέπεται να επιλέξουν από όλα τα υλικά που είναι διαθέσιμα στην αίθουσα. Μετά τον έλεγχο ασφαλείας από τον/την εκπαιδευτικό, οι μαθητές/τριες εκτελούν το πείραμα σε ζευγάρια. Ο/Η εκπαιδευτικός δίνει προσοχή στη χρήση προστατευτικών γυαλιών. Οι ακόλουθες προσεγγίσεις είναι απαραίτητες: - Στομαχικό οξύ (υδροχλωρικό οξύ) με καθολικό δείκτη - Φάρμακο διαλυμένο σε νερό (πιθανώς με καθολικό δείκτη) - Τα δύο διαλύματα συνδυάζονται σταδιακά μέχρι να γίνει πράσινος ο καθολικός δείκτης.	Πειραματικός σχεδιασμός	Παρατηρήσεις στην τάξη από τον/την εκπαιδευτικό. Εάν είναι απαραίτητο προσφέρει υποστήριξη.
		Οι μαθητές/τριες καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους και ερμηνεύουν το μεταβαλλόμενο χρώμα του δείκτη. Ανάλογα με το φάρμακο, εξακολουθεί να παράγεται αέριο. Ιδιαίτερα γρήγορες ομάδες ή ομάδες υψηλών επιδόσεων λαμβάνουν την πρόσθετη εντολή να	Καταγραφή δεδομένων	Παρατηρήσεις στην τάξη από τον/την εκπαιδευτικό. Υποστήριξη εάν χρειάζεται με τη βοήθεια προτροπών.

		αποδείξουν την παραγωγή του αερίου.		
Οι μαθητές/τριες μπορούν να εξηγήσουν την επίδραση του γαστρικού φαρμάκου στο στομαχικό οξύ (υδροχλωρικό οξύ).	Κάρτες βοήθειας (βλ. Παράρτημα 7.2.VI) Κείμενο μαυροπίνακα για το συμπέρασμα (βλ. Παράρτημα 7.2.VII)	Οι παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα θα συζητηθούν στην ολομέλεια. Μετάβαση από μέτριο βαθμό ανοικτότητας προς μέγιστο βαθμό ανοικτότητας: Οι μαθητές θα πρέπει να καταλήξουν στο κείμενο του μαυροπίνακα μέσα από συνεργασία στις ομάδες τους. Ο/Η εκπαιδευτικός παρέχει οικονομική, στοχευμένη και ατομική υποστήριξη με τη βοήθεια καρτών βοήθειας και άλλων μορφών βοήθειας. Οι εξισώσεις αντίδρασης αποτελούν μια ιδιαίτερη πρόκληση και μπορούν να αναμένονται μόνο στο ανώτερο σχολικό επίπεδο (εκτεταμένο επίπεδο).	Συμπεράσματα	
Κλείσιμο: Το μάθημα τελειώνει με έναν αναστοχασμό για τη διαδικασία της ΜΜΔ και για την προσωπική πρόοδο μάθησης. Εάν μία ή περισσότερες ομάδες εργάζονται ιδιαίτερα γρήγορα, μπορεί να δοθεί επιπλέον η ερώτηση "Ποιο αέριο παράγεται;". Εναλλακτικά, αυτό το ερώτημα μπορεί να συζητηθεί στην ολομέλεια ή στο επόμενο μάθημα μετά τα συμπεράσματα.				

Παράρτημα 7.2.I – Κείμενο με πληροφορίες

Όταν το στομαχικό οξύ ανεβαίνει από το στομάχι, μπορείτε να νιώσετε τη λεγόμενη καούρα πίσω από το στέρνο. Υπό ορισμένες συνθήκες, αυτή η επώδυνη αίσθηση μπορεί να ανέβει στον λαιμό και στο λάρυγγα. Συχνά η καούρα συνοδεύεται από όξινο ερευγμό (ρέψιμο). Η καούρα μπορεί να αντιμετωπιστεί με διάφορα φάρμακα όπως Rennie®, Bullrich Salz® ή Trigastril®.

Παράρτημα 7.2.II – Λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση ενός ερωτήματος

Λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση ενός ερωτήματος:

- ☐ Έχει σχέση το ερώτημα με το κύριο θέμα των σημερινών μαθημάτων χημείας;
- ☐ Ταιριάζει το ερώτημα στο πρόβλημά μας;
- ☐ Είναι το ερώτημα πειραματικά επαληθεύσιμο ώστε να μπορεί να εξαχθεί ένας κανόνας στη συνέχεια;

Εάν δεν μπορείτε να απαντήσετε "ναι" σε όλες τις ερωτήσεις, χρειάζεται είτε να τροποποιήσετε το ερώτημά σας είτε να διατυπώσετε ένα νέο ερώτημα.

Παράρτημα 7.2.III – Λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση μιας υπόθεσης

Λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση μιας υπόθεσης:

- ☐ Είναι η υπόθεση μια πιθανή απάντηση στο ερώτημα;
- ☐ Μπορείτε να δικαιολογήσετε την υπόθεσή σας με τις προηγούμενες γνώσεις σας;
- ☐ Υποδηλώνει η υπόθεση το αναμενόμενο αποτέλεσμα;
- ☐ Η υπόθεση διατυπώνεται υπό τη μορφή «αν ... τότε...|»;

Εάν δεν μπορείτε να απαντήσετε "ναι" όλες τις ερωτήσεις, τότε χρειάζεται να αλλάξετε ή να αναδιαμορφώσετε την υπόθεσή σας ανάλογα.

Παράρτημα 7.2.IV – Κάρτες βοήθειας βήμα-προς-βήμα για τη διατύπωση μιας υπόθεσης

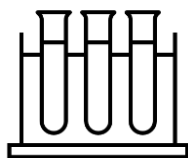
Βοήθεια 1: Καταγράψτε τρεις πιθανές απαντήσεις στο ερώτημα σας.

Βοήθεια 2: Ποια από τις απαντήσεις μπορεί να εξεταστεί με ένα πείραμα; Διαγράψτε όλες τις άλλες. Εάν είναι δυνατόν να ελέγξετε πειραματικά περισσότερες απαντήσεις, επιλέξτε μία από αυτές.

Βοήθεια 3: Η απάντηση αναφέρει τι πιστεύετε ότι θα αλλάξει/θα συμβεί;

Βοήθεια 4: Η απάντηση αναφέρει αυτό που πιστεύετε να είναι το έναυσμα για αυτό που συμβαίνει;

Παράρτημα 7.2.V – Κατάλογος υλικών (μπορεί να διανεμηθεί ως αντίγραφο ή ως κουτί με πραγματικά υλικά)



Παράρτημα 7.2.VI – Κάρτες βοήθειας για το συμπέρασμα

Τι σημαίνουν τα χρώματα του καθολικού δείκτη;	Τι αντιδραστήρια έχω;	Ποια προϊόντα έχουν δημιουργηθεί;
Ποιος είναι ο τύπος του υδροχλωρικού οξέος;	Ποια ουσία παράγεται κατά τη διάρκεια κάθε εξουδετέρωσης;	Το προκύπτον αέριο θολώνει το ασβεστόνερο.
Τι δραστικό συστατικό περιέχει το φάρμακο;	Ποια είναι η φόρμουλα του δραστικού συστατικού;	Μεταξύ των προϊόντων είναι ένα αλάτι.

Παράρτημα 7.2.VII – Κείμενο μαυροπίνακα

Το στομαχικό οξύ είναι ένα όξινο διάλυμα (υδροχλωρικό οξύ). Αυτό αποδεικνύεται από το κόκκινο χρώμα του δείκτη.

Το φάρμακο είναι μια αλκαλική ένωση, η οποία φαίνεται από τον μπλε χρωματισμό του δείκτη.

Εάν το όξινο και το αλκαλικό διάλυμα προστεθούν μαζί, οι ουσίες εξουδετερώνουν η μία την άλλη.

Αυτό γίνεται σαφές από τον πράσινο χρωματισμό του δείκτη.

Σχήμα αντίδρασης (επιλέξτε ανάλογα με τη δραστική ουσία):

Υδροχλωρικό οξύ	+	Ανθρακικό Μαγνήσιο	→	Νερό	+	Διοξείδιο του άνθρακα	+	Χλωριούχο Μαγνήσιο
Υδροχλωρικό οξύ	+	Διττανθρακικό νάτριο	→	Νερό	+	Διοξείδιο του άνθρακα	+	Χλωριούχο Νάτριο
Υδροχλωρικό οξύ	+	Υδροξείδιο του μαγνησίου	→	Νερό	+	Χλωριούχο Μαγνήσιο		

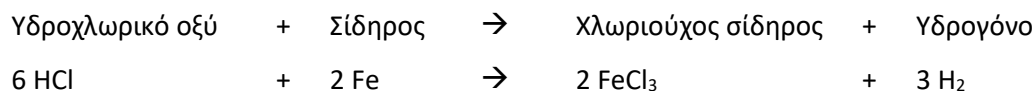
Σχήμα αντίδρασης (επιλέξτε ανάλογα με τη δραστική ουσία):

2 HCl	+	MgCO ₃	→	H ₂ O	+	CO ₂	+	MgCl ₂
HCl	+	NaHCO ₃	→	H ₂ O	+	CO ₂	+	NaCl
2 HCl	+	Mg(OH) ₂	→	2 H ₂ O	+	MgCl ₂		

7.3 Τα μέταλλα αντιδρούν με το οξύ (Χημεία, κατάλληλο για τις βαθμίδες 9 – 10)

Χρήσιμες πληροφορίες

Τα όξινα διαλύματα μπορούν να χαράξουν τα μέταλλα. Αυτό παράγει ένα αλάτι που μπορεί να ληφθεί με εξάτμιση και απελευθερώνεται υδρογόνο. Για παράδειγμα:



Το υδρογόνο μπορεί να συλλεχθεί (σε πνευματικό κύλινδρο) και στη συνέχεια να ανιχνευθεί με το τεστ οξυϋδρογόνου.

Όσο λιγότερο ευγενές είναι το μέταλλο, τόσο πιο βίαιη είναι η αντίδραση. Επιπλέον, ένα ισχυρό οξύ χαράσσει καλύτερα τα ευγενή μέταλλα από ένα ασθενές οξύ. Έτσι, το υδροχλωρικό οξύ μπορεί να χαράξει μέταλλα όπως το μαγνήσιο, το αργίλιο και ο σίδηρος. Για μια αντίδραση με χρυσό, από την άλλη πλευρά, απαιτείται η λεγόμενη aqua regia (μίγμα 75% πυκνού υδροχλωρικού οξέος και 25% πυκνού νιτρικού οξέος).

Η χάραξη των μετάλλων με οξέα χρησιμοποιήθηκε ήδη κατά τον Μεσαίωνα για τη διακόσμηση πανοπλιών. Σήμερα, η χαλκογραφία χρησιμοποιείται τόσο στις τέχνες και στη βιοτεχνία όσο και στη βιομηχανία. Για παράδειγμα, οι πλάκες χαλκού είναι χαραγμένες με αραιό νιτρικό οξύ.



Εικ. 7.3.1: Περίχυση οξέος σε σίδηρο

Εικόνα της αλυσίδας από analogicus, 2018; Η εικόνα είναι δωρεάν διαθέσιμη στο Pixabay.

Εικόνα του σταγονόμετρου από την Birgit Lachner, 2019 (CC-0 1.0)

Η έναρξη του μαθήματος αφήνει ανοιχτό το ενδεχόμενο εάν οι μαθητές/τριες θα ελέγξουν διαφορετικά οξέα με έναν τύπο μετάλλου ή διαφορετικά μέταλλα με έναν τύπο οξέος. Αυτή η ποικιλομορφία δεν χρειάζεται να αποτραπεί, καθώς διευρύνει το φάσμα των παρατηρήσεων για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Ωστόσο, ο/η εκπαιδευτικός θα πρέπει να καθοδηγεί το μάθημα με τέτοιο τρόπο ώστε τουλάχιστον σε ορισμένες ομάδες να γίνεται σαφής η διαφορά μεταξύ ευγενών και βασικών μετάλλων. Η επιλογή των μετάλλων που χρησιμοποιούνται στο μάθημα εξαρτάται τόσο από τις προμήθειες του σχολείου όσο και από τα θέματα ασφάλειας. Η συλλογή του υδρογόνου αρχικά δεν δίνεται ως επιλογή. Εάν κάποιες ομάδες ολοκληρώσουν νωρίς και εξακολουθούν να διερωτώνται ποιο αέριο παρήχθη, τότε μπορούν να προχωρήσουν στη δοκιμή για την ανίχνευση. Διαφορετικά, αυτό θα ήταν ένα θέμα για ένα επόμενο μάθημα.

Προσδιορισμός του στόχου (πεδίο μαθήματος):

Η εστίαση αυτού του μαθήματος είναι στο διαδικαστικό πεδίο γνώσης. Ειδικότερα, πρέπει να δρομολογηθεί περαιτέρω η ανεξαρτησία των μαθητών/τριών στον τομέα του σχεδιασμού και της διεξαγωγής διερεύνησης.

Τα τέσσερα στάδια απόφασης του εργαλείου διαφοροποίησης:

1. Επιλογή διαρρύθμισης τάξης

Οι μαθητές/τριες του παραδείγματός μας έχουν συνηθίσει να πραγματοποιούν πειράματα συνεργατικά, καθώς έτσι εμπλέκονται ενεργά όσο το δυνατόν περισσότεροι/ες μαθητές/τριες. Οι ατομικές επιμέρους εργασίες γίνονται πάντα στην αρχή ατομικά και στη συνέχεια συζητούνται με το/α μέλος/οι της ομάδας. Αυτό διασφαλίζει ότι όλοι/ες οι μαθητές/τριες εμπλέκονται γνωστικά στην τάξη. Εάν είναι απαραίτητο, πρέπει να επιτευχθεί συμφωνία μεταξύ των μαθητών/τριών μιας ομάδας συνεργασίας. Το θέμα του μαθήματος καλύπτεται συνήθως στο τέλος της βαθμίδας 9 ή στην αρχή της βαθμίδας 10. Οι μαθητές/τριες συνήθως εργάζονται σε ζευγάρια με κάποιον/α που μπορούν να οδηγηθούν σε επιτυχία κατά τη μάθηση.



2. Επιλογή βαθμού ανοικτότητας των επιμέρους φάσεων

Στο σχήμα (Εικ. 7.3.2) φαίνεται ποιοι βαθμοί ανοικτότητας στη ΜΜΔ έχουν επιλεγεί για τις συνεργατικές ομάδες ως παραδείγματα. Στο παράδειγμά μας, έχουμε συνεργατικές ομάδες που λειτουργούν στο πρότυπο της ομάδας 1 και συνεργατικές ομάδες που λειτουργούν στο πρότυπο της ομάδας 2. Όπως δείχνει το σχήμα, η φάση Προσανατολισμού είναι μέτριου βαθμού ανοικτότητας για όλους/ες. Οι



μαθητές/τριες επεξεργάζονται το φαινόμενο με τη βοήθεια εικόνων (βλ. Παράρτημα 7.3.I). Στη συνέχεια, οι μαθητές/τριες των συνεργατικών ομάδων στο πρότυπο της ομάδας 1 επιλέγουν το ερευνητικό τους ερώτημα (επιμέρους φάση *Διατύπωση Ερωτήσεων*) από διάφορες επιλογές που τους δίνονται (βλ. Παράρτημα 7.3.II). Ο *βαθμός ανοικτότητας* είναι *χαμηλός*. Οι συνεργατικές ομάδες στο πρότυπο της ομάδας 2 αναπτύσσουν με *μέτριο βαθμό ανοικτότητας* το ερώτημά τους. Η βοήθεια του/της εκπαιδευτικού προκύπτει από τις ερωτήσεις των μαθητών/τριών και προσφέρεται επιτόπου. Στη συνέχεια, μπορούν – εάν είναι πραγματικά απαραίτητο – να ελέγξουν το ερευνητικό τους ερώτημα με τη βοήθεια της λίστας ελέγχου για την αναθεώρηση ενός ερωτήματος (βλ. Παράρτημα 7.3.III). Η επιμέρους φάση *Διατύπωση Υποθέσεων* είναι *μέτριου βαθμού ανοικτότητας* για όλες τις συνεργατικές ομάδες. Και πάλι, υπάρχει μια λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση μιας υπόθεσης (βλ. Παράρτημα 7.3.IV). Επιπλέον, ο/η εκπαιδευτικός είναι διαθέσιμος/η για επιτόπου βοήθεια. Η επιμέρους φάσης *Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης* είναι *μέτριου βαθμού ανοικτότητας* για όλες τις συνεργατικές ομάδες. Ως βοήθημα, οι μαθητές/τριες μπορούν να δουν όλα τα διαθέσιμα υλικά και στη συνέχεια να τα επιλέξουν μόνοι/ες τους, με την υποστήριξη του/της εκπαιδευτικού μόνο αν χρειάζεται. Η *Ερμηνεία Δεδομένων* πραγματοποιείται στις συνεργατικές ομάδες στο πρότυπο της ομάδας 1 με *μηδενικό βαθμό ανοικτότητας*. Παρέχεται πίνακας για καταγραφή των δεδομένων (βλ. Παράρτημα 7.3.V). Οι συνεργατικές ομάδες στο πρότυπο της ομάδας 2 επιλέγουν την αναπαράσταση δεδομένων με την υποστήριξη του/της εκπαιδευτικού. Αυτή η φάση είναι *χαμηλού βαθμού ανοικτότητας* στις συνεργατικές ομάδες στο πρότυπο της ομάδας 2. Το *Συμπέρασμα* είναι *μέτριου βαθμού ανοικτότητας* για όλους/ες και γίνεται με συζήτηση στην τάξη. Ο/Η εκπαιδευτικός υποστηρίζει την συζήτηση με στοχευμένες ερωτήσεις.

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Εννοιολόγηση	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
Διερεύνηση	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα
ομάδα 1 ομάδα 2		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό Αυτονομία μαθητή			

Εικ. 7.3.2: Πιθανοί βαθμοί ανοικτότητας

3. Επιλογή επιμέρους φάσεων για μετάβαση στο επόμενο επίπεδο

Το σχήμα 7.3.3 δείχνει ποιες επιμέρους φάσεις σε αυτό το μάθημα πρέπει να επεκταθούν ως προς το βαθμό ανοικτότητας.



Στην επιμέρους φάση *Διατύπωση Ερωτήσεων*, οι μαθητές/τριες υποστηρίζονται μαθησιακά στο πρότυπο της ομάδας 1 για να επιτύχουν τον *μέτριο βαθμό ανοικτότητας*. Οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 2 θα πρέπει να φτάσουν τον *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας* σε αυτήν την επιμέρους φάση. Ομοίως, στην επιμέρους φάση της *Ερμηνείας Δεδομένων*, οι μαθητές/τριες υποστηρίζονται για να επιτύχουν τον επόμενο βαθμό ανοικτότητας. Οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 1 υποστηρίζονται μαθησιακά για να φτάσουν τον *χαμηλό βαθμό ανοικτότητας* και οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδα 2 για να φτάσουν στον *μέτριο βαθμό ανοικτότητας*.

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Εννοιολόγηση	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες παραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, γραβόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
Συμπέρασμα		Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξαγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξαγουν τα δικά τους συμπεράσματα
ομάδα 1 ομάδα 2		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό Αυτονομία μαθητή			

Εικ. 7.3.3: Μεταβάσεις για τα δύο παραδείγματα προτύπων ομάδων

4. Επιλογή μεθόδων για υποστήριξη μάθησης

Για την επιμέρους φάση *Διατύπωση Ερωτήσεων*, η λίστα ελέγχου (βλ. Παράρτημα 7.3.III) επιλέχθηκε ως υποστήριξη. Ωστόσο, οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 2 θα πρέπει επίσης να το μπορούν να διατυπώσουν ερωτήματα χωρίς αυτή τη λίστα ελέγχου. Επιπλέον, ο/η εκπαιδευτικός είναι πάντα διαθέσιμος/η για βοήθεια. Στην επιμέρους φάση της *Ερμηνείας Δεδομένων*, οι συνεργατικές ομάδες στο πρότυπο της ομάδας 1 έχουν στη διάθεσή τους ορισμένες επιλογές για τον τρόπο συλλογή και οργάνωσης των δεδομένων για το παρόν πείραμα (βλ. Παράρτημα 7.3.VI). Σε συνομιλία με τον/την εκπαιδευτικό, οι μαθητές/τριες επιλέγουν στη συνέχεια έναν τύπο παρουσίασης αιτιολογώντας την επιλογή τους. Οι συνεργατικές ομάδες στο πρότυπο της ομάδας 2 λαμβάνουν κάρτες βοήθειας για υποστήριξη (βλ. Παράρτημα 7.3.VII).



Σχέδιο μαθήματος

Επίπεδο: Βαθμίδες 9 – 10	Γνωστικό αντικείμενο: Χημεία	Θέμα: Τα μέταλλα αντιδρούν με οξύ	Διάρκεια: 90 λεπτά	
Πρότερη γνώση: Οι μαθητές/τριες γνωρίζουν ήδη ότι: • με υδροχλωρικό οξύ τα μέταλλα μπορούν να χαραχθούν, • όσο λιγότερο ευγενή είναι τα μέταλλα, τόσο πιο αντιδραστικά είναι όσο αφορά την αντίδραση με το οξυγόνο, • το παραγόμενο υδρογόνο μπορεί να ανιχνευθεί με το τεστ οξυϋδρογόνου. Οι μαθητές μπορούν ήδη να: • διατυπώνουν υποθέσεις σε σχέση με ερευνητικά ερωτήματα, • σχεδιάζουν απλά πειράματα για να ελέγξουν τις υποθέσεις τους.				
Αφόρμηση: Οι μαθητές/τριες εμπνέονται να χαράξουν το όνομά τους σε μια πινακίδα πόρτας, χαράσσοντας με οξύ. Θα πρέπει να επιλέξουν ένα κατάλληλο μέταλλο ή ένα κατάλληλο οξύ για το σκοπό αυτό.				
Μαθησιακοί στόχοι: Πρέπει να είναι μετρήσιμοι και να αντικατοπτρίζονται στα μαθησιακά προϊόντα	Διδαχτικό/μαθησιακό υλικό: Μπορεί να είναι υλικό αναφοράς, φυσικά ή εικονικά υλικά και πηγές	Μαθησιακή δραστηριότητα: Περιγραφή του τι κάνουν οι μαθητές/τριες, συμπεριλαμβανομένης της υποστήριξης που λαμβάνουν	Μαθησιακό προϊόν: Πρέπει να αντικατοπτρίζει τις γνώσεις ή τις δεξιότητες που περιλαμβάνονται στους μαθησιακούς στόχους και να επιτρέπει τη ροή των μαθησιακών δραστηριοτήτων	Αξιολόγηση (διαμορφωτική ή ετεροαξιολόγηση ή τελική): Η αξιολόγηση εστιάζεται στα μαθησιακά προϊόντα
	Εικόνες (βλ. Παράρτημα 7.3.I)	Με βάση δύο εικόνες, οι μαθητές/τριες συζητούν το φαινόμενο ότι τα οξέα μπορούν να χαράξουν μέταλλα. Δεν είναι ακόμη σαφές εάν αυτό λειτουργεί για όλα τα μέταλλα.		
Οι μαθητές/τριες εκτελούν τις επιμέρους φάσεις της διερεύνησης για να διερευνήσουν την αντίδραση διάφορων	Πιθανά ερευνητικά ερωτήματα (βλ. Παράρτημα 7.3.II) Λίστα ελέγχου για την	Με βάση το πρόβλημα διαμορφώνεται το ερευνητικό ερώτημα. Στο πρότυπο της ομάδας 1, οι μαθητές/τριες ολοκληρώνουν τα ημιτελή ερωτήματα συνεργατικά και επιλέγουν ένα ερώτημα (η λίστα ελέγχου	Ερευνητικό ερώτημα	Παρατηρήσεις στην τάξη από τον εκπαιδευτικό και υποστήριξη με τη βοήθεια προτροπών εάν χρειάζεται.

μετάλλων με υδροχλωρικό οξύ ή διαφορετικών οξέων με ένα επιλεγμένο μέταλλο.	αναθεώρηση της ερώτησης (βλ. Παράρτημα 7.3.III)	παρέχει βοήθεια). Οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 2 διατυπώνουν πρώτα το ερώτημα ατομικά και στη συνέχεια το συγκρίνουν το ζευγάρι τους. Θα πρέπει το ζευγάρι να καταλήξει σε συμφωνία. Ο/Η εκπαιδευτικός παρέχει βοήθεια εάν είναι απαραίτητο (επιτόπου υποστήριξη μάθησης). Κατάλληλες ερωτήσεις είναι: Μπορούν τα αραιωμένα οξέα να χαράξουν μέταλλα; Μπορεί το υδροχλωρικό οξύ να χαράξει όλα τα μέταλλα εξίσου καλά; Μπορούν όλα τα οξέα να χαράξουν το αλουμίνιο εξίσου καλά;		
	Λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση της υπόθεσης (βλ. Παράρτημα 7.3.IV)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με τη μορφή «Αν...τότε...». Και πάλι πρώτα εργάζονται ατομικά και μετά σε συντονισμό με το ζευγάρι τους.	Υπόθεση	Παρατηρήσεις στην τάξη από τον εκπαιδευτικό και υποστήριξη με τη βοήθεια προτροπών εάν χρειάζεται.
	Απαιτούμενα υλικά για το πείραμα (π.χ., δοκιμαστικοί σωλήνες, τρυβλία Petri, διάφορα μέταλλα όπως ταινία μαγνησίου, αλουμινόχαρτο, πλάκα σιδήρου, φύλλο χαλκού, φύλλο ασημιού, ανοξείδωτο χάλυβα ..., οξύ, προστατευτικά γυαλιά, ...)	Διατύπωση των βημάτων διεξαγωγής τους πειράματος συνεργατικά. Πρέπει να δοθεί προσοχή στη γλώσσα που χρησιμοποιείται, στη συμμόρφωση με τις πτυχές ασφάλειας και στο εάν η υπόθεση μπορεί να εξεταστεί πειραματικά. Μετά τον έλεγχο για θέμα ασφάλειας από τον/την εκπαιδευτικό, οι μαθητές/τριες εκτελούν το πείραμα σε ζευγάρια. Είναι πιθανόν να γίνουν τα ακόλουθα πειράματα: - Αλλαγή μετάλλων με το οξύ να παραμένει το ίδιο (ευγενή και ευτελή	Πειραματικός σχεδιασμός	Παρατηρήσεις στην τάξη από τον εκπαιδευτικό και υποστήριξη με τη βοήθεια προτροπών εάν χρειάζεται.

		μέταλλα) - Αλλαγή οξέος με το ίδιο μέταλλο - Μεταβολή της συγκέντρωσης ενός συγκεκριμένου οξέος με το ίδιο μέταλλο		
	Διάφορες μορφές παρουσίασης δεδομένων (βλ. Παράρτημα 7.3.VI) Κάρτες βοήθειας (βλ. Παράρτημα 7.3.VII)	Οι μαθητές/τριες καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους (κατάλληλος είναι ένας πίνακας). Μετάβαση από μηδενικό βαθμό ανοικτότητας σε χαμηλό βαθμό ανοικτότητας: Στους/στις μαθητές/τριες της ομάδας 1 παρουσιάζονται διάφορες δυνατότητες παρουσίασης δεδομένων σε μια σύντομη εισαγωγή και στη συνέχεια πρέπει να αποφασίσουν σε συνεννόηση με τον/την εκπαιδευτικό. Μετάβαση από μέτριο βαθμό ανοικτότητας σε μέγιστο βαθμό ανοικτότητας: Οι μαθητές/τριες στο πρότυπο της ομάδας 2 λαμβάνουν κάρτες βοήθειας για να τους/τις βοηθήσουν να επιλέξουν τη μορφή παρουσίασης των δεδομένων τους.	Παρουσίαση δεδομένων	Παρατηρήσεις στην τάξη από τον εκπαιδευτικό, υποστήριξη εάν χρειάζεται με τη βοήθεια προτροπών.
Οι μαθητές/τριες μπορούν να λάβουν τεκμηριωμένη απόφαση σχετικά με το ποια μέταλλα ή οξέα είναι κατάλληλα για χάραξη και ποια όχι.	Κείμενο μαυροπίνακα (βλ. Παράρτημα 7.3.VIII)	Στη συζήτηση στην τάξη, οι παρατηρήσεις αναφέρονται εν συντομία και στη συνέχεια συζητούνται όλες μαζί για να οδηγήσουν σε πιθανά συμπεράσματα. Στη συνέχεια, απαντάται η αρχική ερώτηση του μαθήματος και αναφέρονται τεχνικές εφαρμογές.	Συμπεράσματα	
Κλείσιμο: Το μάθημα τελειώνει με έναν αναστοχασμό για την διαδικασία της ΜΜΔ και για την προσωπική πρόοδο μάθησης. Εάν μία ή περισσότερες ομάδες εργάζονται ιδιαίτερα γρήγορα, μπορεί να δοθεί επιπλέον η ερώτηση "Ποιο αέριο παράγεται;". Εναλλακτικά, αυτό το ερώτημα μπορεί να συζητηθεί στην ολομέλεια ή στο επόμενο μάθημα μετά τα συμπεράσματα.				

Παράρτημα 7.3.I – Εικόνες για τη φάση Προσανατολισμού



Παράρτημα 7.3.II – Πιθανά ερευνητικά ερωτήματα

Σήμερα ασχολούμαστε με το φαινόμενο όπου τα οξέα μπορούν να χαράξουν μέταλλα. Συμπληρώστε τα παρακάτω ερωτήματα και επιλέξτε ένα από τα ακόλουθα για την έρευνά σας:

- Μπορούν τα αραιωμένα οξέα να χαράξουν μέταλλα;
- Είναι η πανοπλία του ιππότη βαρύτερη από την πλαστική πανοπλία;
- Οι χάλκινες πλακέτες ή οι πλαστικές πλακέτες είναι πιο κατάλληλες για κατασκευή υπολογιστών;
- Μπορεί το υδροχλωρικό οξύ να χαράξει _____ εξίσου καλά;
- Μπορεί _____ να χαράξει εξίσου καλά το αλουμίνιο;

Παράρτημα 7.3.III – Λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση ενός ερωτήματος

Λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση ενός ερωτήματος:

- ☐ Έχει σχέση το ερώτημα με το κύριο θέμα των σημερινών μαθημάτων χημείας;
- ☐ Ταιριάζει το ερώτημα στο πρόβλημά μας;
- ☐ Είναι το ερώτημα πειραματικά επαληθεύσιμο (τουλάχιστον εν μέρη) ώστε να μπορεί να εξαχθεί ένας κανόνας στη συνέχεια;

Εάν δεν μπορείτε να απαντήσετε "ναι" σε οποιαδήποτε από αυτές τις ερωτήσεις, τότε το ερώτημα δεν είναι κατάλληλο. Θα πρέπει να το τροποποιήσετε ανάλογα, επιλέγοντας ένα άλλο ερώτημα.

Παράρτημα 7.3.IV – Λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση μιας υπόθεσης

Λίστα ελέγχου για την αναθεώρηση μιας υπόθεσης:

- ☐ Είναι η υπόθεση μια πιθανή απάντηση στο ερώτημα;
- ☐ Μπορείτε να δικαιολογήσετε την υπόθεσή σας με τις προηγούμενες γνώσεις σας;
- ☐ Υποδηλώνει η υπόθεση το αναμενόμενο αποτέλεσμα;
- ☐ Η υπόθεση διατυπώνεται σε μορφή αν ... τότε...;

Εάν δεν μπορείτε να απαντήσετε "ναι" σε οποιαδήποτε από αυτές τις ερωτήσεις, τότε χρειάζεται να αλλάξετε ή να αναδιαμορφώσετε την υπόθεσή σας ανάλογα.

Για το παράδειγμα του υδροχλωρικού οξέος με διαφορετικά μέταλλα, μπορείτε να καταγράψετε τις παρατηρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα:

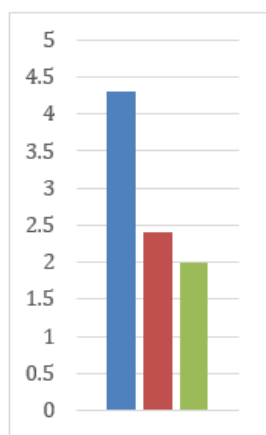
Υδροχλωρικό οξύ + ...	Σίδηρος	Αλουμίνιο	Χαλκός	Ασήμι
				
				
				
 Αφαιρέστε πρώτα το οξύ από το μέταλλο (ξεπλύνετε)!				

Προσαρμόστε τον πίνακα ανάλογα με τα μέταλλα που επιλέξατε. Ή αλλάξτε ανάλογα εάν το μέταλλο παραμένει ίδιο και το οξύ αλλάζει.

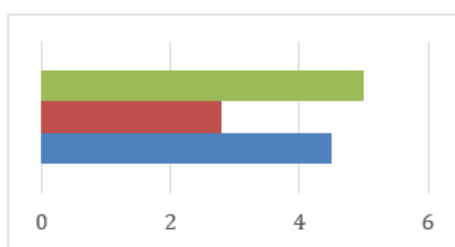
Εάν δεν μπορείτε να παρατηρήσετε τίποτα σε μια περιοχή, βάλτε μια γραμμή στο κατάλληλο πεδίο.

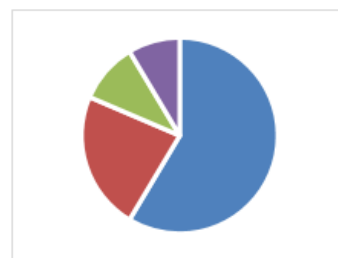
Παράρτημα 7.3.VI – Διάφορες δυνατότητες για παρουσίαση δεδομένων

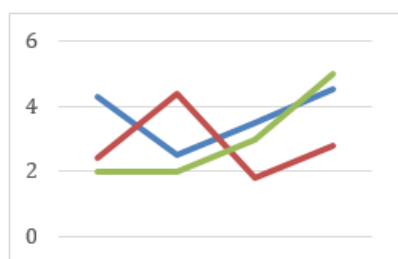
1. Κοιτάζτε τους διαφορετικούς τρόπους συλλογής και παρουσίασης δεδομένων και ονομάστε τους.
2. Σκεφτείτε για ποιους τύπους δεδομένων είναι κατάλληλες οι διάφορες μέθοδοι παρουσίασης.
3. Αποφασίστε ποιος τύπος παρουσίασης δεδομένων είναι κατάλληλος για το πείραμά μας. Αιτιολογείστε την απόφασή σας.



	xxx	xxx	xxx	xxx
yyy				
yyy				
yyy				
yyy				







1.	_____
2.	_____
3.	_____
4.	_____
5.	_____

Βοήθεια 1: Σκεφτείτε ποιους τύπους παρουσίασης δεδομένων γνωρίζετε. Μην περιορίσετε τις σκέψεις σας στα μαθήματα χημείας.

Βοήθεια 2: Για τους τύπους παρουσίασης δεδομένων, σκεφτείτε ποιοι τομείς εφαρμογής έχουν νόημα σε κάθε περίπτωση.

Βοήθεια 3: Έχετε περισσότερα δεδομένα με τη μορφή αριθμών ή με τη μορφή κειμένου στο πείραμα εδώ;

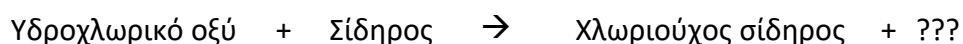
Βοήθεια 4: Τα γραφήματα είναι κατάλληλα για δεδομένα με τη μορφή αριθμών, οι πίνακες και οι λίστες με κουκκίδες είναι κατάλληλες για δεδομένα σε μορφή κειμένου.

Όσο λιγότερο ευγενές είναι ένα μέταλλο, τόσο καλύτερα αντιδρά με το υδροχλωρικό οξύ. Το μαγνήσιο αντιδρά πιο βίαια και μετά το αλουμίνιο και ο σίδηρος. Ο χαλκός και το ασήμι δεν χαράσσονται καθόλου.

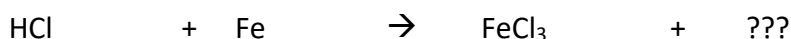
Όσο πιο ισχυρό είναι ένα οξύ, τόσο καλύτερα αντιδρά με ένα μέταλλο. Το ανθρακικό οξύ δεν χαράζει σχεδόν καθόλου το σίδηρο, το νιτρικό οξύ καλύτερα και το υδροχλωρικό οξύ λειτουργεί πιο καλά από όλα.

Η αντίδραση μετάλλων και υδροχλωρικού οξέος παράγει ένα αέριο.

Σχήμα αντίδρασης (παραδειγματικό):



Εξίσωση αντίδρασης (παραδειγματική):



7.4 Ο ρόλος της αιθάλης στην υπερθέρμανση του πλανήτη (Βιολογία/Επιστήμη, κατάλληλο για τις βαθμίδες 9–10)

Χρήσιμες πληροφορίες

Τα θέματα που σχετίζονται με την υπερθέρμανση του πλανήτη έχουν καταστεί πρόσφατα σχετικά και σημαντικά για τους/τις νέους/ες, από το κίνημα «Fridays for Future». Είναι εξοικειωμένοι με προβλήματα όπως η εξέλιξη του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου λόγω της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και της σχετικής υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Λιγότερο γνωστός είναι ο ρόλος της αιθάλης, των λεπτών μαύρων σωματιδίων που παράγονται κατά την καύση καυσίμων, άνθρακα ή ξύλου. Τα σωματίδια αιθάλης παράγονται επίσης κατά τη διάρκεια πυρκαγιών ή από τη βιομηχανία. Αυτά τα σωματίδια εναποτίθενται στις επιφάνειες του χιονιού και του πάγου, στην Ανταρκτική, την Αρκτική και στους παγετώνες ως σκούρα πέπλα. Ως αποτέλεσμα, οι μάζες χιονιού και πάγου αντανakλούν λιγότερο ηλιακό φως. Αντίθετα, το απορροφούν και η ανακλασιμότητα μειώνεται. Αυτό οδηγεί σε θέρμανση και άρα σε ταχύτερη τήξη (Nestler, R. 2019; Osterkamp, J. 2022).

Nestler, R. (2019): Ruß lässt Gletscher schneller schmelzen. Verfügbar unter:

<https://www.wienerzeitung.at/nachrichten/wissen/natur/2002291-Russ-laesst-Gletscher-schneller-schmelzen.html> (letzter Zugriff: 10.03.2022).

Osterkamp, J. (2022): Umweltverschmutzung verschlimmert Schneeschmelze in der Antarktis. Verfügbar unter:

<https://www.spektrum.de/news/antarktis-umweltverschmutzung-beschleunigt-schneeschmelze/1990678> (letzter Zugriff: 10.03.2022).

Προσδιορισμός του στόχου (πεδίο μαθήματος):

Σε αυτό το μάθημα, το εννοιολογικό πεδίο βρίσκεται στο προσκήνιο. Η ανάπτυξη ενός πειράματος για την ανίχνευση της απορρόφησης των σκοτεινών επιφανειών και της θέρμανσής τους χρησιμεύει για τη μεταφορά της γνώσης σε παγκόσμια φαινόμενα και συνέπειες της ανθρώπινης δράσης. Οι μαθητές/τριες θα πρέπει να γνωρίσουν, να κατανοήσουν και να αναστοχαστούν κριτικά τις περίπλοκες αλληλεπιδράσεις της κλιματικής αλλαγής. Η μεταφορά σε άλλους τομείς της ζωής πρέπει επίσης να είναι μέρος των μαθημάτων.

Τα τέσσερα στάδια απόφασης του εργαλείου διαφοροποίησης:

1. Επιλογή διαρρύθμισης τάξης

Οι μαθητές/τριες χωρίζονται σε ομάδες των δύο και τριών ατόμων από τον/την εκπαιδευτικό. Προκύπτουν τόσο ομοιογενείς όσο και

ετερογενείς ομάδες. Οι ομοιογενείς ομάδες μπορούν να επιλέξουν το κατάλληλο φύλλο εργασίας ανάλογα με το επίπεδο απόδοσής τους. Σε πιο ετερογενείς ομάδες, οι μαθητές/τριες με υψηλότερες



επιδόσεις μπορούν να καθοδηγήσουν τους/τις πιο αδύναμους/ες. Η επιλογή του φύλλου εργασίας γίνεται με δημοκρατικό τρόπο στις ετερογενείς ομάδες.

2. Επιλογή βαθμού ανοικτότητας των επιμέρους φάσεων

Το παρακάτω σχήμα (Εικ. 7.4.1) δείχνει τους βαθμούς ανοικτότητας στην ΜΜΔ που έχουν επιλεγεί για τις ομάδες (π.χ., η ομάδα 1 επιλέγει το φύλλο εργασίας 1 και η ομάδα 2 επιλέγει το φύλλο εργασίας 2). Τα διαφορετικά χρώματα αντιπροσωπεύουν τις διαφορετικές υποδειγματικές ομάδες.



Στην αρχή του μαθήματος, ο/η εκπαιδευτικός εισάγει τους/τις μαθητές/τριες σε ένα επίκαιρο πρόβλημα με τη βοήθεια επικεφαλίδων. Το Σχήμα 7.4.1 δείχνει ότι η φάση *Προσανατολισμού* πραγματοποιείται με *μηδενικό βαθμό ανοικτότητας* από όλες τις ομάδες. Μετά τη φάση του *Προσανατολισμού*, οι μαθητές/τριες χωρίζονται σε ομάδες και επιλέγονται το ομαδικό φύλλο εργασίας 1 ή το φύλλο εργασίας 2. Ενώ δίνεται ένα ήδη διατυπωμένο ερώτημα (*μηδενικός βαθμός ανοικτότητας*) στην ομάδα που επιλέγει το φύλλο εργασίας 1, η ομάδα με το φύλλο εργασίας 2 είναι υποχρεωμένη να διατυπώσει ένα κατάλληλο ερώτημα με τη βοήθεια ενός κειμένου με πληροφορίες που βρίσκεται στο φύλλο εργασίας (*μέτριος βαθμός ανοικτότητας*). Οι ομάδες λαμβάνουν υποστήριξη με τη μορφή επιτόπου ανατροφοδότησης από τον/την εκπαιδευτικό. Για τη δημιουργία υποθέσεων, η ομάδα 1 επιλέγει μια υπόθεση από πολλές υποθέσεις (*χαμηλός βαθμός ανοικτότητας*), αλλά έχει επίσης τη δυνατότητα να διατυπώσει τη δική της υπόθεση (μετάβαση σε *μέτριο βαθμό ανοικτότητας*). Γενικά, είναι επίσης δυνατό να επιλεγούν αρκετές υποθέσεις και να δοκιμαστούν αργότερα πειραματικά. Η ομάδα με το φύλλο εργασίας 2 δημιουργεί τη δική της υπόθεση για το ερευνητικό της ερώτημα (*μέγιστος βαθμός ανοικτότητας*). Εάν χρειάζονται βοήθεια, θα υποστηριχθούν από τον/την εκπαιδευτικό με επιτόπου ανατροφοδότηση. Η επιμέρους φάση *Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης* είναι *χαμηλού βαθμού ανοικτότητας* για την ομάδα 1. Οι μαθητές/τριες λαμβάνουν διαφορετικές πειραματικές διατάξεις σε κάρτες βοήθειας ως υποστήριξη μάθησης. Ωστόσο, ανάλογα με την εργασία, πρέπει να επιλέξουν την καταλληλότερη διάταξη για την υπόθεσή τους από διαφορετικά υλικά (το οποίο αντιπροσωπεύει ήδη τον επόμενο βαθμό ανοικτότητας, βλ. Μετάβαση). Η ομάδα 2 με το φύλλο εργασίας 2 επιλέγουν χωρίς κάποια βοήθεια τα κατάλληλα υλικά για τον *Σχεδιασμό και τη Διεξαγωγή Διερεύνησης* (*μέγιστος βαθμός ανοικτότητας*). Ως υποστήριξη, τα προτεινόμενα υλικά μπορούν να παρουσιαστούν στον/στην εκπαιδευτικό. Για την *Ερμηνεία Δεδομένων*, είναι διαθέσιμος ένας έτοιμος πίνακας στην ομάδα 1 με το φύλλο εργασίας 1, στον οποίο οι μαθητές/τριες αποφασίζουν ποια παρατήρηση ή μέτρηση εισάγεται (*μηδενικός βαθμός ανοικτότητας*). Η ομάδα 2 με το φύλλο εργασίας 2 βρίσκει έναν κενό πίνακα στο φύλλο εργασίας της (*χαμηλός βαθμός ανοικτότητας*). Και για τις δύο ομάδες, το

Συμπέρασμα πρέπει πρώτα να γραφτεί (μέτριος βαθμός ανοικτότητας) απαντώντας σε ερωτήσεις και στη συνέχεια να συζητηθεί στην ολομέλεια.

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Εννοιολόγηση	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
Διερεύνηση	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα
ομάδα 1 ομάδα 2		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό Αυτονομία μαθητή			

Εικ. 7.4.1: Πιθανοί βαθμοί ανοικτότητας: Η ομάδα 1 εργάζεται με το φύλλο εργασίας 1 και η ομάδα 2 εργάζεται με το φύλλο εργασίας 2

3. Επιλογή επιμέρους φάσεων για μετάβαση στο επόμενο επίπεδο

Το παρακάτω σχήμα (Εικ. 7.4.2) απεικονίζει τις επιμέρους φάσεις οι οποίες θα επεκταθούν στο επόμενο επίπεδο ανοικτότητας στο παράδειγμα.



Οι μαθητές/τρις στην χαμηλού βαθμού ανοικτότητας (ομάδα 1) επιμέρους φάση Διατύπωση Υποθέσεων, υποστηρίζονται για την επίτευξη του επόμενου βαθμού ανοικτότητας (μέτριος βαθμός ανοικτότητας). Στην επιμέρους φάση Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης, αυτό γίνεται κατά

ανάλογο τρόπο. Στην επιμέρους φάση *Συμπέρασμα*, η ομάδα 2 πρέπει να εξετάσει τα δικά της συμπεράσματα.

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
Εννοιολόγηση	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξαγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξαγουν τα δικά τους συμπεράσματα
		Αυτονομία μαθητή			
		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό			

Εικ. 7.4.2: Μεταβάσεις για τα δύο παραδείγματα ομάδων

4. Επιλογή μεθόδων για υποστήριξη μάθησης

Κατά τη δημιουργία υποθέσεων, δίνεται στην ομάδα 1 μια λίστα υποθέσεων για επιλογή και η δυνατότητα διατύπωσης δικής της υπόθεσης.



Για την επιμέρους φάση *Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης*, η ομάδα 1 έχει κάρτες βοήθειας με εικόνες (πειραματικές διατάξεις) για να λάβει εισηγήσεις εάν είναι απαραίτητο.

Η ομάδα 2 υποστηρίζεται στην επιμέρους φάση *Συμπέρασμα* με λεκτικά βοηθήματα εάν είναι απαραίτητο (Βοήθεια 1: Συνοψίστε πρώτα το αποτέλεσμα σας. Βοήθεια 2: Η υπόθεσή σας αποδεικνύεται/διαψεύδεται; Βοήθεια 3: Μήπως το ερώτημα σας απαντήθηκε τώρα; Βοήθεια 4: Τι σημαίνει το αποτέλεσμα σας όσον αφορά την κλιματική αλλαγή και τη βιώσιμη δράση;).

Σχέδιο μαθήματος

Επίπεδο: Βαθμίδες 9–10	Γνωστικό αντικείμενο: Βιολογία/Επιστήμη	Θέμα: Ο ρόλος της αιθάλης στην υπερθέρμανση του πλανήτη	Διάρκεια: 90 λεπτά	
Πρότερη γνώση: Οι μαθητές/τριες γνωρίζουν ήδη ότι: - το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου καθιστά τη γη κατοικήσιμη και διαχειρίσιμη, - το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου προωθεί την κλιματική αλλαγή, - η υπερθέρμανση του πλανήτη λιώνει τους πολικούς πάγους, - η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει εκτεταμένες οικολογικές και οικονομικές συνέπειες. Οι μαθητές μπορούν ήδη να: - διακρίνουν εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές, - εκτελούν πειραματικές δοκιμές και ελέγχου, - γράφουν πρωτόκολλα.				
Αφόρμηση: Οι μαθητές/τριες διερευνούν πώς μπορεί να έχει επίδραση η εναπόθεση σωματιδίων αιθάλης σε παγετώνες ή μάζες πάγου και χιονιού.				
Μαθησιακοί στόχοι: Πρέπει να είναι μετρήσιμοι και να αντικατοπτρίζονται στα μαθησιακά προϊόντα	Διδαχτικό/μαθησιακό υλικό: Μπορεί να είναι υλικό αναφοράς, φυσικά ή εικονικά υλικά και πηγές	Μαθησιακή δραστηριότητα: Περιγραφή του τι κάνουν οι μαθητές/τριες, συμπεριλαμβανομένης της υποστήριξης που λαμβάνουν	Μαθησιακό προϊόν: Πρέπει να αντικατοπτρίζει τις γνώσεις ή τις δεξιότητες που περιλαμβάνονται στους μαθησιακούς στόχους και να επιτρέπει τη ροή των μαθησιακών δραστηριοτήτων	Αξιολόγηση (διαμορφωτική ή ετεροαξιολόγηση ή τελική): Η αξιολόγηση εστιάζεται στα μαθησιακά προϊόντα
Οι μαθητές/τριες αναγνωρίζουν ένα πρόβλημα στην εναπόθεση αιθάλης στους παγετώνες, στους πάγους της Αρκτικής και της Ανταρκτικής.	Εικόνα με επικεφαλίδες (Παράρτημα 7.4.1)	Ο/Η εκπαιδευτικός ρωτά: «Τι κοινό έχουν οι πυρκαγιές, οι καμινάδες που καπνίζουν και τα κρουαζιερόπλοια;» Προβάλλονται διαφορετικές επικεφαλίδες η μια μετά την άλλη και οι μαθητές/τριες συζητούν πώς τα σωματίδια αιθάλης σκουραίνουν τις επιφάνειες του χιονιού και του πάγου.	Πρόβλημα	

Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν ένα πείραμα και το πραγματοποιούν.	Φύλλο εργασίας 1 ή 2 (Παραρτήματα 7.4.III και 7.4.IV)	Αφού οι μαθητές/τριες χωριστούν σε ομάδες των δύο και των τριών, επιλέγουν το φύλλο εργασίας 1 ή το φύλλο εργασίας 2, ανάλογα με το επίπεδο επίδοσής τους (ο/η εκπαιδευτικός βοηθά στην κατανομή εάν χρειάζεται). Στην εισαγωγή, διαβάζουν το σύντομο κείμενο που υπάρχει και στα δύο φύλλα εργασίας. Οι ομάδες με το φύλλο εργασίας 1 (ομάδα 1) λαμβάνουν ένα έτοιμο ερευνητικό ερώτημα, ενώ οι ομάδες με το φύλλο εργασίας 2 (ομάδα 2) σκέφτονται ένα κατάλληλο ερώτημα. Ο/Η εκπαιδευτικός είναι διαθέσιμος/η να τους υποστηρίξει με προτροπές.	Ερευνητικό ερώτημα	Παρατηρήσεις στην τάξη και λεκτική υποστήριξη από τον/την εκπαιδευτικό αν χρειαστεί.
	Φύλλο εργασίας 1 ή 2 (Παραρτήματα 7.4.III και 7.4.IV)	Οι μαθητές/τριες με το φύλλο εργασίας 1 επιλέγουν μία ή περισσότερες από τις δοσμένες υποθέσεις και έχουν επίσης την ευκαιρία να διατυπώσουν τη δική τους υπόθεση. Οι μαθητές/τριες με το φύλλο εργασίας 2 διατυπώνουν ανεξάρτητα μία ή περισσότερες κατάλληλες υποθέσεις.	Υπόθεση	Παρατηρήσεις στην τάξη και λεκτική υποστήριξη από τον/την εκπαιδευτικό αν χρειαστεί.
	Κάρτες βοήθειας: Εικόνες με πιθανή πειραματική διάταξη (Παράρτημα 7.4.II) Υλικό: - παγάκια - ψαλίδι - κολλητική ταινία - φλυτζάνι - μαύρο χαρτί	Όλοι/ες οι μαθητές/τριες ορίζουν την εξαρτημένη και την ανεξάρτητη μεταβλητή αφού διατυπώσουν τις υποθέσεις τους. Οι μαθητές/τριες με το φύλλο εργασίας 1 σχεδιάζουν ένα πείραμα που ταιριάζει στην επιλεγμένη υπόθεση. Επιλέγουν υλικά για πειραματισμό από διαθέσιμα υλικά. Κάρτες βοήθειας που δείχνουν πιθανές πειραματικές διατάξεις χρησιμοποιούνται ως υποστήριξη μάθησης. Οι μαθητές/τριες με το φύλλο εργασίας 2	Πειραματικός σχεδιασμός	Παρατηρήσεις στην τάξη και λεκτική υποστήριξη από τον/την εκπαιδευτικό αν χρειαστεί. Τα φύλλα εργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως διαγνωστικά.

	- άσπρο χαρτί - ζυγαριά - μαύρο μελάνι - λάμπα (ήλιος) - χρονόμετρο - θερμόμετρο	σχεδιάζουν ένα πείραμα για την επιλεγμένη υπόθεση. Εάν έχουν προβλήματα, τότε μπορούν να δουν τα διαθέσιμα υλικά στην έδρα του/της εκπαιδευτικού. Στο φύλλο εργασίας, οι μαθητές/τριες τεκμηριώνουν τη δομή/ακολουθία της πειραματικής δοκιμής τους και στη συνέχεια σκέφτονται μια δοκιμή ελέγχου για το πείραμά τους. Εδώ, ο/η εκπαιδευτικός είναι διαθέσιμος/η για να παράσχει υποστήριξη εάν απαιτείται. Υπάρχει χώρος στο φύλλο εργασίας για να περιγράψουν την πειραματική δοκιμή πριν και μετά το πείραμα.		
		Οι μαθητές/τριες με το φύλλο εργασίας 1 καταγράφουν τα δεδομένα τους σε έναν πίνακα. Οι μαθητές/τριες με το φύλλο εργασίας 2 θα βρουν έναν κενό πίνακα στο φύλλο εργασίας τους.	Παρουσίαση δεδομένων	Παρατηρήσεις στην τάξη και λεκτική υποστήριξη από τον/την εκπαιδευτικό αν χρειαστεί.
Προσομοίωση της υποχώρησης πάγου του παγετώνα Columbia: https://earthengine.google.com/timelapse/ Προσομοίωση της υποχώρησης του πάγου της Γροιλανδίας: https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2019-06/klimawandel-treibhausgaseffekt-erderwaermung-folgen		Στο πρώτο μέρος του συμπεράσματος, όλοι/ες οι μαθητές/τριες θα πρέπει να συνοψίσουν και να εξηγήσουν τα αποτελέσματά τους. Στη συνέχεια εξηγούν εάν η υπόθεσή τους θα μπορούσε να επιβεβαιωθεί. Τέλος, εξετάζουν συμπεράσματα σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη και πώς το χρώμα της επιφάνειας και η σχετική του θέρμανση θα μπορούσαν ενδεχομένως να παίξουν έναν ρόλο. Στη συζήτηση στην τάξη, γίνεται αναστοχασμός ολόκληρης της διαδικασίας και συζητούνται οι ιδέες από τα συμπεράσματα. Ο/Η εκπαιδευτικός μπορεί να κάνει	Συμπέρασμα	

	Αεροφωτογραφία του παγετώνα Okjökull (Ισλανδία) το 1986 και το 2019: https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.klimawandel-die-grossen-gletscher-schmelzen-dahin.f2148208-a5bf-47b8-9306-0a87b56551c5.html	υποστηρικτικές ερωτήσεις όπως: «Με ποιο αυτοκίνητο θα προτιμούσατε να οδηγήσετε μια ζεστή καλοκαιρινή μέρα, με μαύρο ή άσπρο;» «Τι χρώμα πρέπει να έχουν τα σπίτια σε ζεστές ή κρύες περιοχές της γης;» «Ποιο χρώμα είναι κατάλληλο για ηλιακούς συλλέκτες;» και τα λοιπά. Προκειμένου να επεξηγήσει τον ρόλο των (λευκών) επιφανειών πάγου, ο εκπαιδευτικός καταλήγει δείχνοντας δορυφορικές εικόνες παγετώνων ή πάγου της Αρκτικής με την πάροδο του χρόνου και διεγείροντας μια συζήτηση. Οι μαθητές συνειδητοποιούν ότι λόγω της τήξης των επιφανειών του πάγου, οι «φωτεινές» επιφάνειες γίνονται όλο και λιγότερες και δημιουργείται αρνητική ανατροφοδότηση. Όσο λιγότερος πάγος, τόσο λιγότερη αντανάκλαση και τόσο ισχυρότερη είναι η (παγκόσμια) υπερθέρμανση.		
Πιθανά επόμενα θέματα: • Επιδράσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη στα έμβια όντα στην Αρκτική και στην Ανταρκτική → Βιολογία • Επιδράσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη στα παγκόσμια ρεύματα (Ρεύμα του Κόλπου) → Γεωγραφία • Φαινόμενο Albedo → Φυσική				

Παράρτημα 7.4.I – Εικόνα με επικεφαλίδες



Κλιματική αλλαγή: Ο ρόλος της αιθάλης υποτιμήθηκε, λέει μελέτη



Ο υποτιμημένος ρόλος της αιθάλης στην υπερθέρμανση του πλανήτη *Neue Zürcher Zeitung*



Η αιθάλη και η βρωμιά λιώνουν το χιόνι και τον πάγο σε όλο τον κόσμο

Νέα έκθεση υπογραμμίζει την αυξημένη απώλεια στο πάγο της Γροιλανδίας από τη σκόνη και την αιθάλη.

GLETSCHERFORSCHUNG



Η αιθάλη λιώνει τους παγετώνες πιο γρήγορα

News
22.02.2022
Lesedauer ca. 2
Minuten
Deutsch
Tages

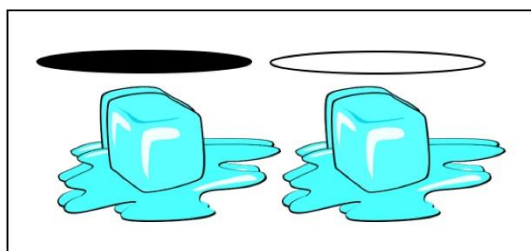
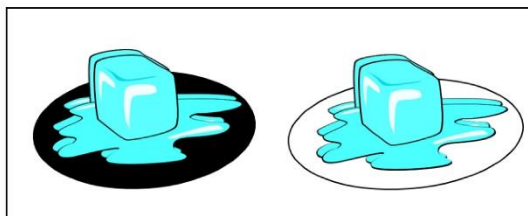
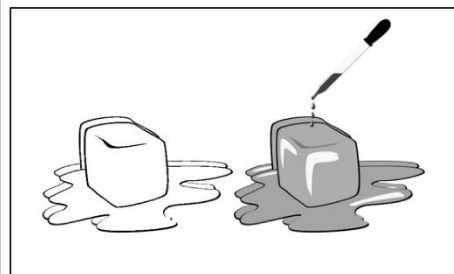
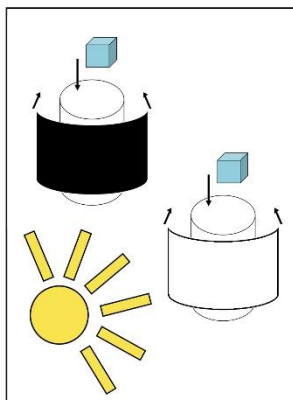
ANTARKTIS

Spektrum.de

Η ρύπανση επιδεινώνει το λιώσιμο του χιονιού στην Αρκτική

Στην Αρκτική, η ρύπανση είναι σπιτική: όσο περισσότερα κρουαζιερόπλοια έρχονται, τόσο περισσότερη αιθάλη εγκαθίσταται στο χιόνι και λιώνει πιο γρήγορα από ό,τι ήδη λιώνει.

Παράρτημα 7.4.II – Κάρτες βοήθειας



Ο ρόλος της αιθάλης στην υπερθέρμανση του πλανήτη

Γνωρίζετε ήδη ότι η καύση ορυκτών καυσίμων απελευθερώνει αέρια του θερμοκηπίου, τα οποία με τη σειρά τους συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

Λιγότερο γνωστός είναι ο ρόλος της αιθάλης, των λεπτών μαύρων σωματιδίων που παράγονται κατά την καύση καυσίμων, άνθρακα ή ξύλου. Τα σωματίδια αιθάλης παράγονται επίσης κατά τη διάρκεια

πυρκαγιών ή από τη βιομηχανία. Αυτά τα σωματίδια εναποτίθενται στις επιφάνειες του χιονιού και του πάγου, στην Ανταρκτική, την Αρκτική και στους παγετώνες, ως σκούρα πέπλα.



Παγετώνας – Εικόνα: annapictures, 2016, διαθέσιμη στο Pixabay (Άδεια για δωρεάν εμπορική χρήση)

Ερευνητικό ερώτημα:

Οι σκούρες επιφάνειες οδηγούν σε θέρμανση και άρα σε ταχύτερο λιώσιμο των πάγων;

Επιλέξτε μία (ή περισσότερες) υποθέσεις που θα θέλατε να ελέγξετε:

- ☐ Υπόθεση 1: Εάν υπάρχει ένα μαύρο στρώμα κάτω από τον πάγο, τότε λιώνει πιο γρήγορα.
- ☐ Υπόθεση 2: Ο μολυσμένος πάγος σημαίνει ότι τα λευκά ζώα της Αρκτικής δεν μπορούν πλέον να καμουφλάρονται.
- ☐ Υπόθεση 3: Όταν ο πάγος έχει σκούρα επικάλυψη, λιώνει πιο γρήγορα
- ☐ Υπόθεση 4 (για τη δική σας ιδέα):

Σύμφωνα με την υπόθεσή μας, η εξαρτημένη μεταβλητή είναι:

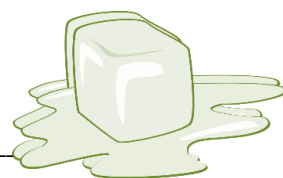
και η ανεξάρτητη μεταβλητή:

Υλικά (επιλέξτε τα υλικά που χρειάζεστε για να ελέγξετε την υπόθεσή σας):

- | | |
|---|--|
| ☐ παγάκια | ☐ άσπρο χαρτί |
| ☐ ψαλίδι | ☐ ζυγαριά |
| ☐ κολλητική ταινία | ☐ μαύρο μελάνι |
| ☐ φλιτζάνι | ☐ λάμπα (ήλιος) |
| ☐ μαύρο χαρτί | ☐ χρονόμετρο |

Πειραματική δοκιμή: Διατυπώστε την πειραματική δοκιμή για την υπόθεση που επιλέξατε.
Σημαντικό: μόνο μία εξαρτημένη μεταβλητή μπορεί να αλλάξει ανά δοκιμή.

Δοκιμή ελέγχου: Συνοψίστε πώς θα ελέγξετε την πειραματική δοκιμή σας.



Εδώ υπάρχει χώρος για ένα σκίτσο ή μια φωτογραφία των προσεγγίσεών σας πριν και ...

μετά την προσπάθεια!

Καταγράψτε πώς μοιάζουν τα παγάκια μετά από 10 λεπτά και το χρόνο μετά τον οποίο έλιωσε το πρώτο παγάκι:

	Δοκιμή ελέγχου	Πειραματική δοκιμή	Προαιρετική πειραματική δοκιμή (2)
Λεπτό: 10			
Λεπτό: _____			

Αξιολόγηση δεδομένων και συμπέρασμα:

1. Συνοψίστε το αποτέλεσμα σας.
2. Εξηγήστε εάν μπορέσατε να επιβεβαιώσετε τις υποθέσεις σας ή έπρεπε να τις απορρίψετε.
3. Τι σημαίνει για εσάς το πείραμά σας; Τι συμπεράσματα μπορείτε να βγάλετε; Επωφελείστε από τη νέα γνώση;

1. _____

2. _____

3. _____

Παράρτημα 7.4.IV – Φύλλο εργασίας 2 (για την ομάδα 2)

Ο ρόλος της αιθάλης στην υπερθέρμανση του πλανήτη

Γνωρίζετε ήδη ότι η καύση ορυκτών καυσίμων απελευθερώνει αέρια του θερμοκηπίου, τα οποία με τη σειρά τους συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη.



Παγετώνας – Εικόνα: *anncapictures*, 2016, διαθέσιμη στο Pixabay (Άδεια για δωρεάν εμπορική χρήση)

Λιγότερο γνωστός είναι ο ρόλος της αιθάλης, των λεπτών μαύρων σωματιδίων που παράγονται κατά την καύση καυσίμων, άνθρακα ή ξύλου. Τα σωματίδια αιθάλης παράγονται επίσης κατά τη διάρκεια πυρκαγιών ή από τη βιομηχανία. Αυτά τα σωματίδια εναποτίθενται στις επιφάνειες του χιονιού και του πάγου, στην Ανταρκτική, την Αρκτική και στους παγετώνες, ως σκούρα πέπλα.

Ερευνητικό ερώτημα:

Διατυπώστε μία (ή περισσότερες) υποθέσεις σχετικά με το πώς πιστεύετε ότι θα μπορούσε να απαντηθεί το ερευνητικό σας ερώτημα.

☐ Υπόθεση 1:

☐ Υπόθεση 2:

Σύμφωνα με την υπόθεσή μας, η εξαρτημένη μεταβλητή είναι:

και η ανεξάρτητη μεταβλητή:

Υλικά (τι υλικά χρειάζεστε για να ελέγξετε τις υποθέσεις σας;):

Πειραματική δοκιμή: Διατυπώστε την πειραματική δοκιμή για την υπόθεσή σας. Σημαντικό: Μόνο μία εξαρτημένη μεταβλητή μπορεί να αλλάξει ανά δοκιμή.

Δοκιμή ελέγχου: Συνοψίστε πώς θα ελέγξετε την πειραματική δοκιμή σας.



Εδώ υπάρχει χώρος για ένα σκίτσο ή μια φωτογραφία των προσεγγίσεων σας πριν και ...	μετά την προσπάθεια!
--	-----------------------------

Καταγραφή (σκεφτείτε ποιες σημειώσεις, αριθμούς, δεδομένα κ.λπ. χρειάζεστε για την αξιολόγηση):

Αξιολόγηση δεδομένων και συμπέρασμα:

7.5 Ρυθμός τήξης των παγοκύβων (Φυσική, κατάλληλο για τις βαθμίδες 6 – 7)

Προσδιορισμός του στόχου (πεδίο μαθήματος):

Το μάθημα εστιάζει στο εννοιολογικό πεδίο. Οι βασικές έννοιες είναι η μεταφορά θερμότητας και η θερμοχωρητικότητα. Σε αυτή την περίπτωση, οι μαθητές/τριες μπορούν να μάθουν ότι το λιώσιμο του πάγου απαιτεί ενέργεια που μεταφέρεται με ακτινοβολία και αγωγιμότητα (η μεταφορά δεν είναι κεντρική σε αυτή την περίπτωση), οι διαφορετικές χρωματιστές επιφάνειες απορροφούν διαφορετικές ποσότητες ακτινοβολίας θερμότητας και η μάζα των παγοκύβων επηρεάζει τον ρυθμό τήξης (θερμοχωρητικότητα).

Τα τέσσερα στάδια απόφασης του εργαλείου διαφοροποίησης:

1. Επιλογή διαρρύθμισης τάξης

Οι μαθητές/τριες σχηματίζουν ετερογενείς ομάδες όπου οι μαθητές/τριες με υψηλότερες επιδόσεις μπορούν να υποστηρίξουν τους μαθητές/τριες με χαμηλότερες επιδόσεις. Ο/Η εκπαιδευτικός γνωρίζει ότι ορισμένοι μαθητές/τριες χρειάζονται περισσότερη εξάσκηση στην επιλογή μιας κατάλληλης πειραματικής διάταξης (σχεδιασμός έρευνας), ενώ άλλοι/ες μπορούν να δημιουργήσουν το δικό τους περιβάλλον. Όλοι/ες οι μαθητές/τριες που χρειάζονται αρκετή υποστήριξη για τον σχεδιασμό της έρευνας τοποθετούνται σε τέτοιες ομάδες, αλλά αυτές οι ομάδες μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν μαθητές/τριες που είναι πιο προχωρημένοι όσον αφορά στον σχεδιασμό έρευνας. Οι ομάδες μπορεί επίσης να είναι ετερογενείς και ως προς άλλες πτυχές πέραν του σχεδιασμού έρευνας. Ωστόσο, η ικανότητα κατανόησης της πειραματικής διάταξης είναι κρίσιμη όταν ο/η εκπαιδευτικός σχηματίζει ομάδες.



2. Επιλογή βαθμού ανοικτότητας των επιμέρους φάσεων

Το παρακάτω σχήμα (Εικ. 7.5.1) δείχνει το επίπεδο ανοικτότητας των επιμέρους φάσεων της ΜΜΔ που ανήκουν οι ομάδες μαθητών/τριων.



Τα διαφορετικά χρώματα αντιπροσωπεύουν δύο διαφορετικές ομάδες στις οποίες μπορεί να ανήκουν οι μαθητές/τριες.

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Εννοιολόγηση	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
Διερεύνηση	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακες, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα
ομάδα 1 ομάδα 2		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό Αυτονομία μαθητή			

Εικ. 7.5.1: Επίπεδο ανοικτότητας για τα δύο παραδείγματα ομάδων

Το σχήμα δείχνει ότι στην περίπτωση αυτού του μαθήματος, όλες οι ομάδες μαθητών/τριών μπορούν να εμπλακούν σε ένα δοσμένο πρόβλημα (μηδενικός βαθμός ανοικτότητας). Επιπλέον, ο/η εκπαιδευτικός σχηματίζει ένα ερευνητικό ερώτημα για τους/τις μαθητές/τριες (μηδενικός βαθμός ανοικτότητας) όταν αρχικά συζητά μαζί τους για το λιώσιμο των πάγων. Όσον αφορά τη Διατύπωση Υποθέσεων, ορισμένες ομάδες μπορούν να επιλέξουν μια κατάλληλη υπόθεση από μια λίστα (χαμηλός βαθμός ανοικτότητας) και ορισμένες ομάδες μπορούν να διατυπώσουν υποθέσεις με υποστήριξη (μέτριος βαθμός ανοικτότητας). Όσον αφορά τον Σχεδιασμό και Διεξαγωγή Διερεύνησης, ορισμένες ομάδες χρειάζονται οδηγίες (μηδενικός βαθμός ανοικτότητας) ενώ άλλες μπορούν να σχεδιάσουν την έρευνα με υποστήριξη (μέτριος βαθμός ανοικτότητας). Στις δύο τελευταίες επιμέρους φάσεις, όλες οι ομάδες βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Μπορούν να ερμηνεύσουν δεδομένα χωρίς υποστήριξη (μέγιστος βαθμός ανοικτότητας) και να βγάλουν συμπεράσματα με υποστήριξη (μέτριος βαθμός ανοικτότητας).

3. Επιλογή επιμέρους φάσεων για μετάβαση στο επόμενο επίπεδο

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει τις επιμέρους φάσεις στις οποίες οι μαθητές/τριες θα υποστηριχθούν (η υποστήριξη θα καθοριστεί στο επόμενο στάδιο απόφασης) για να φτάσουν στο επόμενο επίπεδο ανοικτότητας.



		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
Εννοιολόγηση	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες απτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξαγωγή συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξαγωγή τα δικά τους συμπεράσματα
ομάδα 1 ομάδα 2		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό Αυτονομία μαθητή			

Εικ. 7.5.2: Μεταβάσεις για τα δύο παραδείγματα ομάδων

Στην επιμέρους φάση της Διατύπωσης Υποθέσεων, ορισμένες ομάδες χρειάζονται υποστήριξη για να μετακινηθούν από το επίπεδο χαμηλού βαθμού ανοικτότητας στο επίπεδο μέτριου βαθμού ανοικτότητας και άλλες από τον μέτριο βαθμό ανοικτότητας στον μέγιστο βαθμό ανοικτότητας. Στην επιμέρους φάση του Σχεδιασμού και Διεξαγωγής Διερεύνησης, μέρος των ομάδων θα υποστηρίζεται για μετάβαση από τον μηδενικό βαθμό ανοικτότητας στον χαμηλό βαθμό ανοικτότητας, ενώ άλλες από τον μέτριο βαθμό ανοικτότητας στον μέγιστο βαθμό ανοικτότητας.

4. Επιλογή μεθόδων για υποστήριξη μάθησης



Για την επιμέρους φάση *Διατύπωση Υποθέσεων*, η μέθοδος υποστήριξης μάθησης που επιλέχθηκε είναι η παροχή υποδείξεων στους/στις μαθητές/τριες για να διατυπώσουν την υπόθεσή τους. Οι ομάδες που μετακινούνται από τον *χαμηλό βαθμό ανοικτότητας* στον *μέτριο βαθμό ανοικτότητας*, θα έχουν στη διάθεσή τους όλες τις απαραίτητες λέξεις που χρειάζονται για να γράψουν την υπόθεσή τους. Άλλες ομάδες που μετακινούνται από τον *μέτριο βαθμό ανοικτότητας* στον *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας*, θα έχουν στη διάθεσή τους μόνο γενικές υποδείξεις για να έχουν κατά νου τις ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές για τη διατύπωση της υπόθεσης.

Για την επιμέρους φάση του *Σχεδιασμού και Διεξαγωγής Διερεύνησης*, ορισμένες ομάδες (από *μηδενικό βαθμό ανοικτότητας* σε *χαμηλό βαθμό ανοικτότητας*) θα έχουν στη διάθεσή τους σκίτσα πιθανών πειραματικών διατάξεων που θα τις βοηθήσουν να σκεφτούν ποια διερεύνηση είναι κατάλληλη για την εξέταση της υπόθεσής τους (βλ. Παράρτημα 7.X.II). Επιπλέον, ο/η εκπαιδευτικός δίνει την απαραίτητη υποστήριξη επιτόπου. Οι ομάδες που μετακινούνται από *μέτριο βαθμό ανοικτότητας* σε *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας* υποστηρίζονται επιτόπου όταν χρειάζονται καθοδήγηση.

Σχέδιο μαθήματος

Επίπεδο: βαθμίδες 6 – 7	Γνωστικό αντικείμενο: Φυσική	Θέμα: Ρυθμός τήξης των παγοκύβων	Διάταξη τάξης: Ομαδική δραστηριότητα	Διάρκεια: 2 x 45 λεπτά
Πρότερη γνώση: Οι μαθητές/τριες είναι εξοικειωμένοι με τα ακόλουθα: - το νερό λιώνει από πάγο σε υγρό όταν θερμαίνεται, - μάλλον γνωρίζουν ότι το μεγαλύτερο κομμάτι πάγου λιώνει πιο αργά.				
Αφόρμηση: Οι μαθητές/τριες εμπλέκονται στο να σκεφτούν πώς να κάνουν ένα κομμάτι πάγου να λιώσει όσο το δυνατόν γρηγορότερα σε εξωτερικούς χώρους την άνοιξη όταν ο ήλιος ζεσταίνει.				
Μαθησιακοί στόχοι: Πρέπει να είναι μετρήσιμοι και να αντικατοπτρίζονται στα μαθησιακά προϊόντα	Διδαχτικό/μαθησιακό υλικό: Μπορεί να είναι υλικό αναφοράς, φυσικά ή εικονικά υλικά και πηγές	Μαθησιακή δραστηριότητα: Περιγραφή του τι κάνουν οι μαθητές, συμπεριλαμβανομένης της υποστήριξης που λαμβάνουν	Μαθησιακό προϊόν: Πρέπει να αντικατοπτρίζει τις γνώσεις ή τις δεξιότητες που περιλαμβάνονται στους μαθησιακούς στόχους και να επιτρέπει τη ροή των μαθησιακών δραστηριοτήτων	Αξιολόγηση (διαμορφωτική ή ετεροαξιολόγηση ή τελική): Η αξιολόγηση εστιάζεται στα μαθησιακά προϊόντα
Σχεδιάζουν και μελετούν τους παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό τήξης ενός παγοκύβου		Ο/Η εκπαιδευτικός συζητά εάν οι μαθητές/τριες έχουν δει έναν επιστάτη ή κάποιον/α άλλο/η να απλώνει σωρούς χιονιού στην ασφαλτο την άνοιξη (εργασίες στη Φινλανδία). Γιατί το έκανε αυτό; Στη συνέχεια, ο/η εκπαιδευτικός ζητά από τους/τις μαθητές/τριες να σκεφτούν πώς θα μπορούσαν να κάνουν ένα παγάκι να λιώσει έξω όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Ο/Η εκπαιδευτικός συνεχίζει τη συζήτηση	Ερευνητικό ερώτημα	Αυτή είναι μια φάση που καθοδηγείται από τον/την εκπαιδευτικό, αλλά μέσω της συζήτησης, ο/η εκπαιδευτικός λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τη σκέψη των μαθητών για μετέπειτα καθοδήγηση, επομένως, υπό αυτή την έννοια,

		μέχρις ότου έχουν προκύψει αρκετοί πιθανοί παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό τήξης ενός παγοκύβου. Ο/Η εκπαιδευτικός σχηματίζει το ερευνητικό ερώτημα μαζί με τους/τις μαθητές/τριες: Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τον ρυθμό τήξης των παγοκύβων σε εξωτερικούς χώρους;		εμπλέκεται η διαμορφωτική αξιολόγηση.
	Φύλλο εργασίας (Παράρτημα 7.5.I)	Οι ομάδες που μετακινούνται από το επίπεδο χαμηλού βαθμού ανοικτότητας στο επίπεδο μέτριου βαθμού ανοικτότητας, έχουν στη διάθεσή τους όλες τις απαραίτητες λέξεις που χρειάζονται για να γράψουν την υπόθεσή τους. Άλλες ομάδες που μετακινούνται από τον μέτριο βαθμό ανοικτότητας στον μέγιστο βαθμό ανοικτότητας, έχουν στη διάθεσή τους μόνο γενικές ενδείξεις για να έχουν κατά νου τις ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές.	Υπόθεση	
	Εξοπλισμός εργαστηρίου Σκίτσα (Παράρτημα 7.5.II)	Μηδενικός βαθμός ανοικτότητας σε χαμηλός βαθμός ανοικτότητας: Οι μαθητές/τριες παρατηρούν τα σκίτσα πιθανών πειραματικών σχεδιασμών για να εξετάσουν ποιο είναι κατάλληλο για την υπόθεσή τους (βλ. Παράρτημα 7.X.II). Επιπλέον, ο/η εκπαιδευτικός παρέχει την απαραίτητη υποστήριξη επιτόπου. Ο/Η εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους/τις μαθητές/τριες να επιλέξουν το κατάλληλο πειραματικό σχεδιασμό εάν	Πειραματικός σχεδιασμός	Όσον αφορά τη διαμορφωτική αξιολόγηση, ο/η εκπαιδευτικός υποστηρίζει επιτόπου όταν οι μαθητές/τριες χρειάζονται βοήθεια.

		χρειάζεται. Οι μαθητές/τριες διεξάγουν το πείραμα χρησιμοποιώντας το σκίτσο που επέλεξαν και τα υλικά που τους δίνει ο/η εκπαιδευτικός (παγάκια, λάμπες θερμότητας, υλικά επιφάνειας, χρονόμετρο...). Μετρούν τον χρόνο τήξης των παγοκύβων. <i>Μέτριος βαθμός ανοικτότητας σε μέγιστο βαθμό ανοικτότητας:</i> Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν τον δικό τους πειραματικό σχεδιασμό για την υπόθεση της επιλογής τους. Οι μαθητές/τριες μπορούν να δουν τον εξοπλισμό και καταγράφουν το πλάνο τους. Ο/Η εκπαιδευτικός ζητά από τους/τις μαθητές/τριες να μετρήσουν τον χρόνο έτσι ώστε οι διάφοροι παράγοντες που μελετήθηκαν να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ διαφορετικών ομάδων. Ο/Η εκπαιδευτικός παρέχει επιτόπου υποστήριξη όταν χρειάζεται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και του πειράματος.		
		Οι μαθητές/τριες καταγράφουν τους χρόνους τήξης κατά τη διάρκεια του πειράματος σε έναν πίνακα.	Συμπληρωμένος πίνακας	
	Κουίζ για ερμηνεία δεδομένων και συμπέρασμα (Παράρτημα 7.5.III)	Οι μαθητές/τριες ολοκληρώνουν το πείραμά τους ερμηνεύοντας τους χρόνους τήξης. Για να το κάνουν αυτό απαντούν σε ορισμένες ερωτήσεις.	Απαντήσεις στο κουίζ	

Κατανοούν κάποια θεωρία πίσω από το λιώσιμο των παγοκύβων σε διαφορετικές συνθήκες		Οι μαθητές/τριες μπορούν να διαβάσουν κάποια θεωρία σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν το λιώσιμο των παγοκύβων ή/και ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να συζητήσει για τη θεωρία κατά το κλείσιμο του μαθήματος.		
Κλείσιμο: Ο/Η εκπαιδευτικός καθοδηγεί τη συζήτηση στην τάξη για αναστοχασμό σχετικά με το πείραμα, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα, καθώς και τη σχέση τους με τη θεωρία.				

Από χαμηλό βαθμό ανοικτότητας σε μέτριο βαθμό ανοικτότητας

Το ερευνητικό σας ερώτημα είναι: Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τον ρυθμό τήξης των παγοκύβων σε εξωτερικούς χώρους;

Ένας πιθανός παράγοντας που συζητήσαμε είναι το χρώμα της επιφάνειας κάτω από το παγάκι.

Διατυπώστε παρακάτω την ερευνητική σας υπόθεση χρησιμοποιώντας τους προκαθορισμένους όρους και προϋποθέσεις:

από / τοποθετείται στο φως του ήλιου / λιώνει πιο γρήγορα / ένα παγάκι / σε μια μαύρη επιφάνεια / σε μια λευκή επιφάνεια

Από μέτριο βαθμό ανοικτότητας σε μέγιστο βαθμό ανοικτότητας

Το ερευνητικό σας ερώτημα είναι: Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τον ρυθμό τήξης των παγοκύβων σε εξωτερικούς χώρους;

Συζητήσαμε πολλούς πιθανούς παράγοντες. Μπορείτε να επιλέξετε, ως ομάδα, έναν παράγοντα που θέλετε να μελετήσετε.

Διατυπώστε την υπόθεσή σας παρακάτω. Φροντίστε να συμπεριλάβετε την *ανεξάρτητη μεταβλητή* (π.χ. το χρώμα της επιφάνειας, το μέγεθος των παγοκύβων ή την τοποθέτηση στο φως του ήλιου/σκιά) και τη *σειρά με την οποία θα λιώσουν οι παγοκύβοι*:

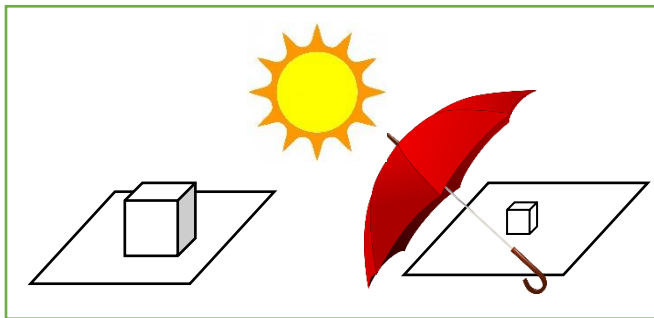
Παράρτημα 7.5.ΙΙ Σκίτσα για υποστήριξη κατά την επιλογή κατάλληλου πειραματικού σχεδιασμού

Μηδενικός βαθμός ανοικτότητας σε χαμηλό βαθμό ανοικτότητας

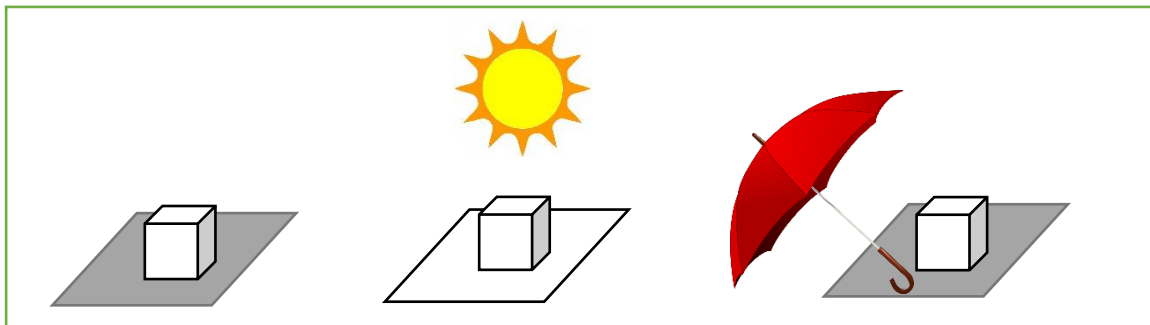
(Χρησιμοποιώντας τις παρακάτω εικόνες και παρόμοιες άλλες εικόνες, είναι δυνατό να σχηματιστούν και άλλες υποθέσεις (π.χ. μέγεθος παγοκύβων και τοποθέτηση σε ηλιακό φως/σκιά), αλλά εδώ παρουσιάζεται μόνο η επίδραση του χρώματος της επιφάνειας ως παράδειγμα.)

Πρέπει να επιλέξετε ποιο από τα παρακάτω σχέδια θα ήταν καλύτερο για να μελετήσετε την επίδραση του χρώματος του εδάφους.

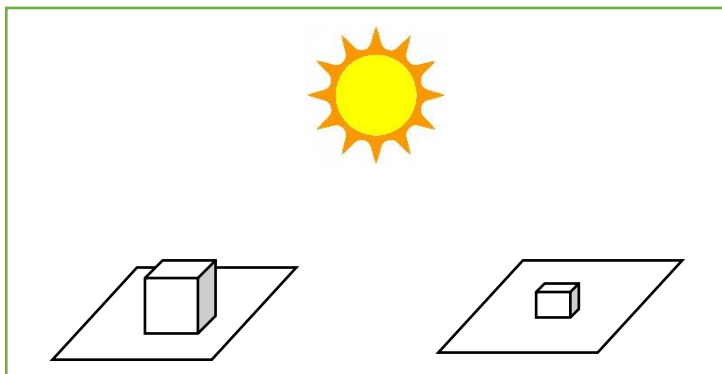
Α) Ένα μεγάλο παγάκι στο φως του ήλιου και ένα μικρό στη σκιά. Ποιο λιώνει πρώτο;



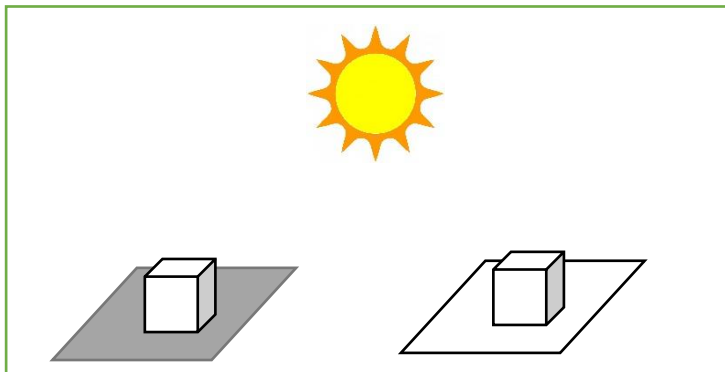
Β) Παγάκια ίδιου μεγέθους σε τρεις διαφορετικές συνθήκες. Ένα σε μια μαύρη επιφάνεια στον ήλιο, ένα άλλο σε μια λευκή επιφάνεια στον ήλιο και ένα τρίτο σε μια μαύρη επιφάνεια στη σκιά. Ποιο από τα παγάκια λιώνει πρώτο;



Γ) Ένα μεγάλο και ένα μικρό παγάκι στον ήλιο. Ποιο λιώνει πρώτο;



D) Τα ίδια μεγέθους παγάκια στον ήλιο, το ένα σε μαύρη επιφάνεια και το άλλο σε λευκή επιφάνεια. Ποιο λιώνει πρώτο;



Μέτριος βαθμός ανοικτότητας σε μέγιστο βαθμό ανοικτότητας

Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν τον δικό τους πειραματικό σχεδιασμό για την υπόθεση της επιλογής τους. Οι μαθητές/τριες μπορούν να δουν τον εξοπλισμό (π.χ. λαμπτήρες θερμότητας, υλικά επιφάνειας και χρονόμετρο) και καταγράφουν το πλάνο τους. Ο/Η εκπαιδευτικός ζητά από τους/τις μαθητές/τριες να μετρήσουν τον χρόνο έτσι ώστε οι διάφοροι παράγοντες που μελετήθηκαν να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ διαφορετικών ομάδων. Ο/Η εκπαιδευτικός παρέχει επιτόπου υποστήριξη όταν χρειάζεται κατά τον σχεδιασμό και τη διεξαγωγή του πειράματος.

Παράρτημα 7.5.III Κουίζ για ερμηνεία δεδομένων και συμπέρασμα

Μελετήσατε το λιώσιμο των παγοκύβων υπό ορισμένες συνθήκες. Επιβεβαιώθηκε ή απορρίφθηκε η υπόθεσή σας; Παρακαλώ εξηγήστε.

Επιβεβαιώθηκε, επειδή,

Απορρίφθηκε, επειδή,

7.6 Θερμότητα και θερμοκρασία (Φυσική, κατάλληλο για τη βαθμίδα 9)

Προσδιορισμός του στόχου (πεδίο μαθήματος):

Το μάθημα επικεντρώνεται στον εννοιολογικό πεδίο. Η έμφαση του μαθήματος είναι στην κατανόηση του φυσικού φαινομένου της μεταφοράς θερμότητας, της έννοιας της ειδικής θερμοχωρητικότητας και του νόμου της θερμιδομετρίας. Επομένως, η επιμέρους φάση *Συμπέρασμα* καταλαμβάνει πολύ χώρο σε αυτό το μάθημα.

Τα τέσσερα στάδια απόφασης του εργαλείου διαφοροποίησης:

1. Επιλογή διαρρύθμισης τάξης

Οι μαθητές/τριες σχηματίζουν ομοιογενείς ομάδες έτσι ώστε να λαμβάνουν εργασίες κατάλληλου επιπέδου πολυπλοκότητας για όλα τα μέλη της ομάδας. Οι μαθησιακοί στόχοι είναι ίδιοι για όλους/ες τους/τις μαθητές/τριες στις ομάδες, ωστόσο το επίπεδο υποστήριξης είναι διαφορετικό.



2. Επιλογή βαθμού ανοικτότητας των επιμέρους φάσεων

Το παρακάτω σχήμα (Εικ. 7.6.1) δείχνει το επίπεδο ανοικτότητας των επιμέρους φάσεων της ΜΜΔ που ανήκουν οι ομάδες μαθητών/τριών. Τα διαφορετικά χρώματα αντιπροσωπεύουν δύο διαφορετικές ομάδες στις οποίες μπορεί να ανήκουν οι μαθητές/τριες.



		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Εννοιολόγηση	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
Διερεύνηση	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξαγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξαγουν τα δικά τους συμπεράσματα
ομάδα 1 ομάδα 2		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό Αυτονομία μαθητή			

Εικ. 7.6.1: Επίπεδο ανοικτότητας για τα δύο παραδείγματα ομάδων

Σύμφωνα με το σχήμα, όλες οι ομάδες μαθητών/τριών μπορούν να εμπλακούν σε ένα δοσμένο πρόβλημα και μπορούν να διατυπώσουν ερευνητικά ερωτήματα με υποστήριξη, κυρίως λεκτική υποστήριξη με τη μορφή επιτόπου ανατροφοδότησης. Όσον αφορά τη *Διατύπωση Υποθέσεων*, ορισμένες ομάδες μπορούν να επιλέξουν μια κατάλληλη υπόθεση από μια λίστα και ορισμένες ομάδες μπορούν να διατυπώσουν υποθέσεις με υποστήριξη (βλ. υλικό παρακάτω). Τέλος, όλες οι ομάδες μαθητών/τριών βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο ανοικτότητας στις επόμενες τρεις επιμέρους φάσεις. Συγκεκριμένα, οι μαθητές/τριες μπορούν να επιλέξουν μια πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν κατά τη διάρκεια της έρευνάς τους, να αναλύσουν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και να καταλήξουν σε συμπέρασμα με υποστήριξη.

3. Επιλογή επιμέρους φάσεων για μετάβαση στο επόμενο επίπεδο

Το παρακάτω σχήμα (Εικ. 7.6.2) απεικονίζει τις επιμέρους φάσεις στις οποίες οι μαθητές/τριες θα λάβουν υποστήριξη μάθησης (το είδος υποστήριξης μάθησης θα καθοριστεί στο επόμενο στάδιο απόφασης) για να φτάσουν στο επόμενο επίπεδο ανοικτότητας.



		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
Εννοιολόγηση	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξαγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξαγουν τα δικά τους συμπεράσματα
		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό			Αυτονομία μαθητή

ομάδα 1

ομάδα 2

Εικ. 7.6.2: Μεταβάσεις για τα δύο παραδείγματα ομάδων

Οι μαθητές/τριες που βρίσκονται στον χαμηλό βαθμό ανοικτότητας στην επιμέρους φάση Διατύπωση Υποθέσεων θα υποστηριχθούν για να μετακινηθούν στο επόμενο επίπεδο ανοικτότητας, δηλαδή στον μέτριο βαθμό ανοικτότητας, και οι μαθητές/τριες στον μέτριο βαθμό ανοικτότητας θα υποστηριχθούν για να μετακινηθούν στον μέγιστο βαθμό ανοικτότητας. Όσον αφορά την επιμέρους φάση του Σχεδιασμού και Διεξαγωγής Διερεύνησης, όλοι/ες οι μαθητές/τριες θα υποστηριχθούν για να περάσουν στο επόμενο επίπεδο ανοικτότητας, δηλαδή από τον χαμηλό βαθμό ανοικτότητας στο μέτριο βαθμό ανοικτότητας.

4. Επιλογή μεθόδων για υποστήριξη μάθησης

Για την επιμέρους φάση Διατύπωση Υποθέσεων, η μέθοδος υποστήριξης μάθησης που επιλέχθηκε είναι η παροχή υποδείξεων στους/στις μαθητές/τριες για να διατυπώσουν την υπόθεσή τους.



Στην πρώτη ομάδα μαθητών/τριών (χαμηλός βαθμός ανοικτότητας σε μέτριο βαθμό ανοικτότητας), η υπόδειξη παρέχει όλα τα απαραίτητα δομικά στοιχεία για τη διατύπωση μιας υπόθεσης με τη μορφή μιας δήλωσης «Αν...τότε...». Στην άλλη ομάδα μαθητών/τριών (μέτριος βαθμός ανοικτότητας σε μέγιστο βαθμό ανοικτότητας), η υπόδειξη παρέχει μόνο τα κύρια δομικά στοιχεία για τη διατύπωση της υπόθεσης, τα οποία είναι οι ανεξάρτητες και οι εξαρτημένες μεταβλητές. Για την

επιμέρους φάση *Σχεδιασμού και Διεξαγωγής Διερεύνησης*, οι κάρτες βοήθειας έχουν επιλεγεί ως μέθοδος υποστήριξης μάθησης για να βοηθήσουν όλες τις ομάδες μαθητών/τριών να σχεδιάσουν την έρευνά τους με πιο ανοιχτό τρόπο (βλ. Παράρτημα 7.6.II).

Σχέδιο μαθήματος

Επίπεδο: Βαθμίδα 9	Γνωστικό αντικείμενο: Φυσική	Θέμα: Θερμότητα – Θερμοκρασία	Διάταξη τάξης: Ομαδική δραστηριότητα	Διάρκεια: 80 λεπτά
Πρότερη γνώση: Οι μαθητές/τριες είναι εξοικειωμένοι με τα ακόλουθα: - ένα υλικό μεταβάλλει τη θερμοκρασία του όταν του παρέχεται θερμότητα, - η θερμοκρασία ενός υλικού μετρίεται με διαφορετικούς τύπους θερμομέτρων, - οι μονάδες μέτρησης της θερμότητας είναι Joule και θερμίδες (1 θερμίδα = 4,2 Joule), - η μάζα ενός υγρού και η ποσότητα θερμότητας που παρέχεται στο υγρό επηρεάζουν τον ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας του (προηγούμενες διερευνήσεις).				
Αφόρμηση: Οι μαθητές/τριες καλούνται να σκεφτούν πώς ο τρόπος μαγειρέματος μπορεί να επηρεάσει τον χρόνο προετοιμασίας του φαγητού.				
Μαθησιακοί στόχοι: Πρέπει να είναι μετρήσιμοι και να αντικατοπτρίζονται στα μαθησιακά προϊόντα	Διδαχτικό/μαθησιακό υλικό: Μπορεί να είναι υλικό αναφοράς, φυσικά ή εικονικά υλικά και πηγές	Μαθησιακή δραστηριότητα: Περιγραφή του τι κάνουν οι μαθητές, συμπεριλαμβανομένης της υποστήριξης που λαμβάνουν	Μαθησιακό προϊόν: Πρέπει να αντικατοπτρίζει τις γνώσεις ή τις δεξιότητες που περιλαμβάνονται στους μαθησιακούς στόχους και να επιτρέπει τη ροή των μαθησιακών δραστηριοτήτων	Αξιολόγηση (διαμορφωτική ή ετεροαξιολόγηση ή τελική): Η αξιολόγηση εστιάζεται στα μαθησιακά προϊόντα
Διεξάγουν μια έρευνα για να προσδιορίσουν τη σχέση μεταξύ της αλλαγής της θερμοκρασίας ενός υλικού με τον τύπο του υλικού.	Φύλλο εργασίας (Παράρτημα 7.6.Ι)	Οι μαθητές/τριες διαβάζουν το επιχείρημα δύο σεφ και με βάση τη διαφωνία τους δημιουργούν ένα ερευνητικό ερώτημα για να καθοδηγήσει την έρευνά τους.	Ερευνητικό ερώτημα	Καθοδηγητικές ερωτήσεις που θα βοηθήσουν τους/τις μαθητές/τριες να διατυπώσουν ερευνητικές ερωτήσεις σχετικά με τον τύπο του υγρού (επιτόπου ανατροφοδότηση).
	Φύλλο εργασίας (Παράρτημα 7.6.Ι)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με τη μορφή μιας δήλωσης «Αν... τότε...», υποδεικνύοντας εάν πιστεύουν ότι	Υποθέσεις	

		ο τύπος του υγρού μπορεί να επηρεάσει τον ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας. <i>Χαμηλός βαθμός ανοικτότητας σε μέτριο βαθμό ανοικτότητας:</i> Ορισμένες ομάδες χρησιμοποιούν προκαθορισμένους όρους για τη διατύπωση της υπόθεσης. Παρέχονται όλοι οι απαραίτητοι όροι που απαιτούνται για τη διατύπωση της υπόθεσης. <i>Μέτριος βαθμός ανοικτότητας σε μέγιστο βαθμό ανοικτότητας:</i> Ορισμένες ομάδες διατυπώνουν την υπόθεσή τους χρησιμοποιώντας λιγότερο προκαθορισμένους όρους.		
	Εξοπλισμός εργαστηρίου Κάρτες βοήθειας (Παράρτημα 7.6.II)	<i>Χαμηλός βαθμός ανοικτότητας σε μέτριο βαθμό ανοικτότητας:</i> Δίνεται στους/στις μαθητές/τριες εξοπλισμός και υλικά για να σχεδιάσουν μια πειραματική διαδικασία για τη συλλογή δεδομένων για τον έλεγχο της υπόθεσής τους. Παρέχονται στους/στις μαθητές κάρτες βοήθειας για να τους υποστηρίξουν στον σχεδιασμό ενός έγκυρου πειράματος. Οι ομάδες χρησιμοποιούν τις κάρτες βοήθειας με δική τους βούληση. Ο/Η εκπαιδευτικός παρακολουθεί τον αριθμό των καρτών που χρησιμοποιεί κάθε ομάδα.	Πειραματικός σχεδιασμός	Ο/Η εκπαιδευτικός θα είναι σε θέση να αξιολογήσει την ετοιμότητα των μαθητών/τριών να διεξάγουν πειράματα σε μορφή μέτριο βαθμού ανοικτότητας, μετρώντας τον αριθμό των καρτών βοήθειας που χρησιμοποιήθηκαν. Εάν οι μαθητές/τριες χρησιμοποίησαν όλες τις κάρτες βοήθειας, αυτό σημαίνει ότι δεν είναι ακόμη έτοιμοι.
		Οι μαθητές/τριες διατηρούν αρχείο με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος σε έναν πίνακα.	Συμπληρωμένος πίνακας	
		Οι μαθητές/τριες δημιουργούν ένα	Γράφημα δεδομένων	

		γράφημα δεδομένων του ρυθμού μεταβολής της θερμοκρασίας των υγρών, παρουσιάζοντας τις μετρήσεις του χρόνου στον οριζόντιο άξονα και τις μετρήσεις της θερμοκρασίας των υγρών στον κατακόρυφο άξονα.		
	Κουίζ για ερμηνεία δεδομένων και συμπέρασμα (Annex 7.6.III)	Οι μαθητές/τριες ολοκληρώνουν το πείραμά τους ερμηνεύοντας τις καμπύλες στο γράφημα δεδομένων. Για να το κάνουν αυτό απαντούν σε ορισμένες ερωτήσεις.	Απαντήσεις στο κουίζ	Παρέχονται ξεκάθαρες οδηγίες για τον τρόπο ερμηνείας του γραφήματος δεδομένων στους/στις μαθητές/τριες που δυσκολεύονται να το κάνουν. Για παράδειγμα, ο ρυθμός μεταβολής μιας ποσότητας σχετίζεται με την κλίση της καμπύλης αυτής της ποσότητας όταν αναπαρίσταται με την πάροδο του χρόνου. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση της καμπύλης, τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός μεταβολής της ποσότητας.
Ορίζουν την έννοια της ειδικής θερμοχωρητικότητας.	Παράρτημα (7.6.IV)	Οι μαθητές/τριες διαβάζουν κάποια θεωρία σχετικά με την έννοια της ειδικής θερμοχωρητικότητας και στη συνέχεια επιχειρηματολογούν για την επιλογή μιας κατσαρόλας για την ταχύτερη προετοιμασία του φαγητού.	Γραπτό επιχείρημα	Το τελικό επιχείρημα των μαθητών/τριών χρησιμοποιείται για τελική ή διαμορφωτική αξιολόγηση.
Κλείσιμο: Το μάθημα κλείνει με αναστοχασμό για τη διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά τη διάρκεια της διερεύνησης.				

Παράρτημα 7.6.Ι. Επιχείρημα των Σεφ



Πιστεύετε ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ του ρυθμού μεταβολής της θερμοκρασίας των δύο υγρών και αν ναι, ποιο από τα δύο πιστεύετε ότι θα θερμανθεί πιο γρήγορα;

Διατυπώστε ένα ερευνητικό ερώτημα για να καθοδηγήσετε τον πειραματισμό σας σχετικά με το επιχείρημα των σεφ:

¹ Διατυπώστε παρακάτω την υπόθεσή σας χρησιμοποιώντας τους προκαθορισμένους όρους και προϋποθέσεις:

Εάν / τότε / αλλάξει / παραμένει ο ίδιος / είναι διαφορετικός / ο τύπος του υγρού / ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας

² Διατυπώστε την υπόθεσή σας παρακάτω. Φροντίστε να συμπεριλάβετε τους όρους *τύπος υγρού* και *ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας*:

¹ Από χαμηλό βαθμό ανοικτότητας σε μέτριο βαθμό ανοικτότητας

² Από μέτριο βαθμό ανοικτότητας σε μέγιστο βαθμό ανοικτότητας

Παράρτημα 7.6.II. Κάρτες βοήθειας για τον σχεδιασμό ενός έγκυρου πειράματος

Κάρτα Βοήθειας 1: Ποιες από τις ακόλουθες μεταβλητές πρέπει να λάβετε υπόψη όταν σχεδιάζετε το πείραμα σας;

- Μάζα υγρού
- Τύπος υγρού
- Ρυθμός παροχής θερμότητας
- Θερμοκρασία υγρού

Κάρτα Βοήθειας 2: Ποια από τις ακόλουθες μεταβλητές πρέπει να διατηρήσετε σταθερή κατά τη διάρκεια του πειράματος;

- Τον τύπο και τη μάζα του υγρού
- Τη θερμοκρασία και τη μάζα του υγρού
- Τη μάζα του υγρού και τον ρυθμό παροχής θερμότητας

Κάρτα Βοήθειας 3: Ποια μεταβλητή πρέπει να αλλάξετε στο πείραμά σας (ανεξάρτητη μεταβλητή)?

- Μάζα υγρού
- Τύπος υγρού
- Ρυθμός παροχής θερμότητας

Κάρτα Βοήθειας 4: Ποια μεταβλητή πρέπει να παρατηρήσετε/μετρήσετε στο πείραμά σας (εξαρτημένη μεταβλητή)?

- Μάζα υγρού
- Θερμοκρασία υγρού
- Τύπος υγρού
- Ρυθμός παροχής θερμότητας

Κάρτα Βοήθειας 5: Για να σχεδιάσετε ένα έγκυρο πείραμα, πρέπει να διατηρήσετε σταθερή τη μάζα των υγρών.

Η μεταβλητή που χρειάζεται να **αλλάξετε** είναι ο **τύπος του υγρού**.

Επομένως, βάλτε την ίδια ποσότητα υγρών (νερό και λάδι) σε δύο δοχεία.

Ο ρυθμός **παροχής θερμότητας** πρέπει επίσης να παραμείνει **σταθερός**.

Καθώς παρέχετε θερμότητα στα δοχεία, πρέπει να **καταγράφετε** την **θερμοκρασία** κάθε υγρού με την **πάροδο του χρόνου**.

Παράρτημα 7.6.III. Κουίζ για ερμηνεία δεδομένων και συμπέρασμα

1. Ποιο υγρό θερμαίνεται πιο γρήγορα, με βάση το γράφημα δεδομένων που σχεδιάσατε;

- Το νερό
- Το λάδι
- Και τα δύο υγρά θερμαίνονται το ίδιο

2. Επιβεβαιώθηκε ή απορρίφθηκε η υπόθεσή σας; Παρακαλώ εξηγήστε.

Επιβεβαιώθηκε, επειδή, _____

Απορρίφθηκε, επειδή, _____

3. Τι συμβουλή θα μπορούσατε να δώσετε στους δύο σεφ για την απόφασή τους για το συνοδευτικό του κυρίως πιάτου τους;

Παράρτημα 7.6.IV. Τελικό επιχείρημα

Η μεταβλητή που καθορίζει πόσο «εύκολα» μεταβάλλεται η θερμοκρασία ενός υλικού **ονομάζεται ειδική θερμοχωρητικότητα (c)**. Κάθε υλικό έχει τη δική του ειδική θερμοχωρητικότητα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα ενός υλικού, τόσο πιο αργά μπορεί να μεταβληθεί η θερμοκρασία του καθώς παρέχεται θερμότητα. Ο νόμος που περιγράφει τη σχέση μεταξύ της μεταβολής της θερμοκρασίας ενός υλικού και της ειδικής θερμοχωρητικότητάς του ονομάζεται **Νόμος της Θερμιδομετρίας ($Q = m \cdot c / \Delta T$)**.

Q = θερμική ενέργεια

m = μάζα

c = ειδική θερμοχωρητικότητα

ΔT = μεταβολή θερμοκρασίας

Στον παρακάτω πίνακα, μπορείτε να δείτε διάφορα υλικά με τη συγκεκριμένη θερμοχωρητικότητά τους.

Ειδική θερμοχωρητικότητα		
Υλικό	$\frac{J}{g \cdot K}$	$\frac{cal}{g \cdot K}$
Αλουμίνιο	0,897	0,215
Ασήμι	0,233	0,056
Βολφράμι	0,134	0,032
Γρανίτης	0,790	0,190
Γυαλί	0,837	0,200
Λάδι	1,970	0,473
Ξύλο	1,800	0,410
Νερό	4,186	1
Σίδηρο	0,449	0,107
Χαλκός	0,385	0,092
Χρυσός	0,129	0,030

Οι δύο σεφ διαφωνούν και για την κατσαρόλα που θα τους βοηθήσει να ετοιμάσουν το φαγητό τους σε λιγότερο χρόνο. Ποιο από τα παρακάτω πιστεύετε ότι πρέπει να επιλέξουν;

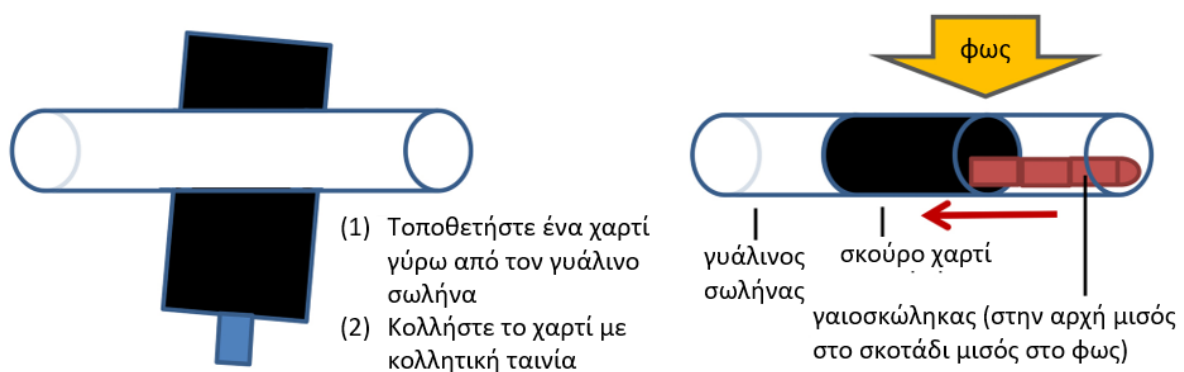
- Μια σιδερένια κατσαρόλα
- Μια χάλκινη κατσαρόλα
- Μια αλουμινένια κατσαρόλα
- Οποιοδήποτε από τα παραπάνω. Δεν κάνει διαφορά.

Παρακαλώ εξηγήστε το σκεπτικό σας: _____

7.7 Αίσθηση του φωτός των γαιοσκωλήκων (Βιολογία, κατάλληλο για τις βαθμίδες 5 – 6)

Πληροφορίες περιεχομένου

Λανθασμένα, όλοι οι γαιοσκώληκες συχνά θεωρείται ότι ανήκουν σε ένα είδος. Σε όλο τον κόσμο, ωστόσο, υπάρχουν περίπου 670 διαφορετικά είδη γαιοσκωλήκων της οικογένειας των *Lumbricidae*. Για παράδειγμα, μόνο στη Γερμανία υπάρχουν 46 διαφορετικά είδη γαιοσκωλήκων. Οι γαιοσκώληκες ανήκουν στη φυλή των annelid σκουληκιών (*Annelida*), όπου μερικά μέλη χαρακτηρίζονται από ένα τμηματοποιημένο σώμα με δερματικό μυϊκό σωλήνα. Σε αντίθεση με κάποιους άλλους σκώληκες με στρογγυλό σώμα (ringworms), οι γαιοσκώληκες δεν έχουν μάτια. Παρόλα αυτά, μπορούν να διακρίνουν το φως και το σκοτάδι. Οι γαιοσκώληκες έχουν μια αίσθηση του φωτός. Ο μυϊκός σωλήνας του δέρματος των επιμέρους τμημάτων του σώματός τους στεγάζει απλά αισθητήρια κύτταρα φωτός τα οποία όταν φωτίζονται εκπέμπουν παλμούς στο νευρικό σύστημα. Με αυτό τον τρόπο, οι γαιοσκώληκες μπορούν να αντιληφθούν ποια τμήματα βρίσκονται στο φως και ποια στο σκοτάδι και να συντονίσουν την κατεύθυνση που θέλουν να κινηθούν. Αυτός ο συντονισμός είναι σημαντικός για τους γαιοσκώληκες επειδή το ισχυρό ηλιακό φως τους βλάπτει και όταν είναι εκτεθειμένοι σε φωτεινά σημεία τους κάνει εύκολα ορατούς στα αρπακτικά. Οι γαιοσκώληκες επομένως απομακρύνονται από το φως (αρνητική φωτοταξία).



Εικ. 7.7.1: Πιθανό πείραμα για να διερευνηθεί η αίσθησή του φωτός των γαιοσκωλήκων

Προσδιορισμός του στόχου (πεδίο μαθήματος):

Η διδασκαλία που παρουσιάζεται είναι προσανατολισμένη στο επιστημολογικό πεδίο. Το επίκεντρο των μαθημάτων είναι η εκπαίδευση (εξάσκηση) ικανοτήτων για αναστοχασμό του σχεδιασμού και της εκτέλεση του πειράματος.

Τα τέσσερα στάδια απόφασης του εργαλείου διαφοροποίησης:

1. Επιλογή διαρρύθμισης τάξης

Σε αυτό το παράδειγμα, ο/η εκπαιδευτικός χωρίζει τους/τις μαθητές/τριες σε ομοιογενείς ομάδες, έτσι ώστε να ανατίθενται στους/στις μαθητές/τριες εργασίες κατάλληλης πολυπλοκότητας για όλα τα μέλη της ομάδας. Οι γενικοί μαθησιακοί στόχοι είναι πανομοιότυποι για όλες τις ομάδες. Ωστόσο, υπάρχουν διαφορές στην εκπαίδευση (περαιτέρω ανάπτυξη) των ικανοτήτων (βλ. σχέδιο μαθήματος παρακάτω).



2. Επιλογή βαθμού ανοικτότητας των επιμέρους φάσεων

Τα ακόλουθα σχήματα (Εικ. 7.7.2 και 7.7.3) δείχνουν τους βαθμούς ανοικτότητας στη ΜΜΔ που θεωρήθηκαν ως πιθανοί για τις ομάδες (όπως με όλα τα παραδείγματα στο Κεφάλαιο 7, δύο εικονικές ομάδες παρουσιάζονται ως παραδείγματα). Όπως και στα άλλα παραδείγματα, τα διαφορετικά χρώματα αντιπροσωπεύουν τις διαφορετικές ομάδες (δείτε τα παρακάτω σχήματα).



		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
	Προσανατολισμός	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο πρόβλημα (φαινόμενο)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εντοπίζουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εισάγουν ένα πρόβλημα (φαινόμενο) στην τάξη
Εννοιολόγηση	Διατύπωση Ερωτήσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με ένα δοσμένο ερώτημα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν ένα ερώτημα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το δικό τους ερώτημα
	Διατύπωση Υποθέσεων	Οι μαθητές/τριες ασχολούνται με μια δοσμένη υπόθεση	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν μια υπόθεση από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν μια υπόθεση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τη δική τους υπόθεση
Διερεύνηση	Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης	Οι μαθητές/τριες εργάζονται με δοσμένες οδηγίες («συνταγή»)	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν οδηγίες που τους δίνονται	Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν μια διερεύνηση με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν το δικό τους σχεδιασμό έρευνας
	Ερμηνεία Δεδομένων	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σενάριο, μοτίβο, παράδειγμα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν κατάλληλες αναπαραστάσεις από δοσμένες (π.χ. πίνακας, ραβδόγραμμα κ.ά.)	Οι μαθητές/τριες αναλύουν δεδομένα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εφαρμόζουν τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης δεδομένων
	Συμπέρασμα	Οι μαθητές/τριες συζητούν δοσμένα συμπεράσματα	Οι μαθητές/τριες επιλέγουν συμπεράσματα από μια λίστα	Οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα με υποστήριξη (λεκτική ή έντυπη)	Οι μαθητές/τριες εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα
ομάδα 1 ομάδα 2		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό			
		Αυτονομία μαθητή			

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Συζήτηση	Επικοινωνία	---	Οι μαθητές/τριες επικοινωνούν σύμφωνα με δοσμένες πτυχές επικοινωνίας	Οι μαθητές/τριες επικοινωνούν και ο/η εκπαιδευτικός συντονίζει την επικοινωνία (δίνει βοήθεια όταν χρειάζεται)	Οι μαθητές/τριες επικοινωνούν χωρίς βοήθεια
	Αναστοχασμός	Ο/η εκπαιδευτικός αναστοχάζεται για τη διερώτηση	Οι μαθητές/τριες αναστοχάζονται με δοσμένες αναστοχαστικές ερωτήσεις	Οι μαθητές/τριες αναστοχάζονται και ο/η εκπαιδευτικός συντονίζει τον αναστοχασμό (δίνει βοήθεια όταν χρειάζεται)	Οι μαθητές/τριες αναστοχάζονται χωρίς βοήθεια
		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό			Αυτονομία μαθητή

● group 1
● group 2

Εικ. 7.7.2 και 7.7.3: Πιθανοί βαθμοί ανοικτότητας για τις δύο ομάδες

Οι ομάδες οδηγούνται στο πρόβλημα μέσω μιας καθοδηγούμενης συζήτησης στην τάξη (η φάση του Προσανατολισμού είναι μέτριου βαθμού ανοικτότητας). Για την επιμέρους φάση Διατύπωση Ερωτήσεων, επιλέχθηκε ο χαμηλός βαθμός ανοικτότητας και για τις δύο ομάδες. Οι μαθητές/τριες επιλέγουν ερώτημα από μια λίστα ερωτημάτων (δείτε το σχέδιο μαθήματος παρακάτω). Η επιμέρους φάση Διατύπωση Υποθέσεων σχεδιάζεται να είναι μέτριου βαθμού ανοικτότητας και στις δύο ομάδες. Σε μια συζήτηση στην τάξη, διατυπώνονται μαζί οι υποθέσεις. Οι επιμέρους φάσεις Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Διερεύνησης προσφέρεται ως χαμηλού βαθμού ανοικτότητας για την ομάδα 1 και μέτριου βαθμού ανοικτότητας για την ομάδα 2. Η ομάδα 1 λαμβάνει όλα τα απαραίτητα υλικά και πρέπει να σχεδιάσει με αυτά μια πειραματική διάταξη. Η ομάδα 2 παίρνει μόνο έναν γυάλινο σωλήνα και πρέπει να σκεφτεί όλα τα άλλα υλικά. Η Ερμηνεία Δεδομένων έχει σχεδιαστεί για όλες τις ομάδες μεγίστου βαθμού ανοικτότητας. Το Συμπέρασμα είναι μέτριου βαθμού ανοικτότητας και στις δύο ομάδες. Ως βοήθεια, προσφέρονται λεκτικές προτροπές σε μια συζήτηση στην τάξη (πιθανές προτροπές: «Αποδεικνύεται/διαψεύδεται η υπόθεση; Πώς μπορεί να αιτιολογηθεί αυτό; Απαντήθηκε το ερευνητικό ερώτημα;»). Η επιμέρους φάση Επικοινωνία είναι μέτριου βαθμού ανοικτότητας για όλους/ες. Ο/Η εκπαιδευτικός δίνει προφορική βοήθεια όπου κριθεί απαραίτητο. Ο Αναστοχασμός είναι χαμηλού βαθμού ανοικτότητας για την ομάδα 1 και μέτριου βαθμού ανοικτότητας για την ομάδα 2. Η ομάδα 1 λαμβάνει ερωτήσεις αναστοχασμού και η ομάδα 2 λαμβάνει βοήθεια όταν χρειάζεται.

3. Επιλογή επιμέρους φάσεων για μετάβαση στο επόμενο επίπεδο

Το παρακάτω σχήμα (Εικ. 7.7.4) δείχνει την επιμέρους φάση η οποία επεκτείνεται ως προς το επίπεδο ανοικτότητάς της και για τις δύο ομάδες του παραδείγματος.



Οι μαθητές/τριες στην *χαμηλού βαθμού ανοικτότητας* επιμέρους φάση *Αναστοχασμός* (ομάδα 1) υποστηρίζονται για να φτάσουν στον επόμενο βαθμό ανοικτότητας (*μέτριος βαθμός ανοικτότητας*) και οι μαθητές/τριες του *μέτριου βαθμού ανοικτότητας* (ομάδα 2) υποστηρίζονται για να φτάσουν στον *μέγιστο βαθμό ανοικτότητας*. Η διαδικασία εξηγείται στον παρακάτω πίνακα (σχέδιο μαθήματος). Δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν αναστοχασμοί για όλες τις διαδικασίες διερώτησης σε ομαδική εργασία λόγω χρονικών περιορισμών. Ο αναστοχασμός για το ερευνητικό ερώτημα πραγματοποιείται σε συζήτηση στην τάξη και επομένως είναι *χαμηλού βαθμού ανοικτότητας* ή *μέτριου βαθμού ανοικτότητας* για όλες τις ομάδες, ανάλογα με την απαραίτητη βοήθεια που χρειάζονται οι μαθητές/τριες. Ο αναστοχασμός για τον σχεδιασμό και υλοποίηση του πειράματος πραγματοποιείται σε ομαδική εργασία (σε διαφορετικούς βαθμούς ανοικτότητας).

		0 μηδενικός βαθμός ανοικτότητας	1 χαμηλός βαθμός ανοικτότητας	2 μέτριος βαθμός ανοικτότητας	3 μέγιστος βαθμός ανοικτότητας
Συζήτηση	Επικοινωνία	---	Οι μαθητές/τριες επικοινωνούν σύμφωνα με δοσμένες πτυχές επικοινωνίας	Οι μαθητές/τριες επικοινωνούν και ο/η εκπαιδευτικός συντονίζει την επικοινωνία (δίνει βοήθεια όταν χρειάζεται)	Οι μαθητές/τριες επικοινωνούν χωρίς βοήθεια
	Αναστοχασμός	Ο/η εκπαιδευτικός αναστοχάζεται για τη διερώτηση	Οι μαθητές/τριες αναστοχάζονται με δοσμένες αναστοχαστικές ερωτήσεις	Οι μαθητές/τριες αναστοχάζονται και ο/η εκπαιδευτικός συντονίζει τον αναστοχασμό (δίνει βοήθεια όταν χρειάζεται)	Οι μαθητές/τριες αναστοχάζονται χωρίς βοήθεια
		Καθοδήγηση από εκπαιδευτικό			Αυτονομία μαθητή

group 1
 group 2

Εικ. 7.7.4: Μεταβάσεις στο επόμενο επίπεδο βαθμού ανοικτότητας

4. Επιλογή μεθόδων για υποστήριξη μάθησης

Για την επιμέρους φάση του *Αναστοχασμού*, επιλέχθηκε ένας συνδυασμός προτροπών (ερωτήσεις) και καρτών βοήθειας (βλ. Παράρτημα 7.7.III) ως μέθοδος υποστήριξης μάθησης για την ομάδα 1 και καρτών βοήθειας με προτροπές (βλ. Παράρτημα 7.7.II) για την ομάδα 2.



Σχέδιο μαθήματος

Επίπεδο: Βαθμίδες 5 – 6		Γνωστικό αντικείμενο: Βιολογία		Θέμα: Αίσθηση του φωτός των γαιοσκωλήκων		Διάρκεια: 60 λεπτά			
Πρότερη γνώση: Οι μαθητές/τριες είναι εξοικειωμένοι με τα ακόλουθα: • γνωρίζουν τι είναι ένα επιστημονικό ερώτημα και μια υπόθεση έρευνας, • γνωρίζουν ότι χρειάζονται μια πειραματική δοκιμή και μια δοκιμή ελέγχου για πειραματισμό, • γνωρίζουν ότι μια αναφορά και συνεπώς ένα πείραμα αποτελείται από διαφορετικές «ενότητες» (ερώτηση, υπόθεση...) και γνωρίζουν επίσης τι αναμένεται από αυτούς/ές σε αυτές τις ενότητες.									
Ερώτηση Καθοδήγησης: Οι μαθητές καλούνται να μάθουν εάν ένας γαιοσκώληκας μπορεί να ανιχνεύσει φως και σκοτάδι.									
Μαθησιακοί στόχοι: Πρέπει να είναι μετρήσιμοι και να αντικατοπτρίζονται στα μαθησιακά προϊόντα		Διδαχτικό/μαθησιακό υλικό: Μπορεί να είναι υλικό αναφοράς, φυσικά ή εικονικά υλικά και πηγές		Μαθησιακή δραστηριότητα: Περιγραφή του τι κάνουν οι μαθητές, συμπεριλαμβανομένης της υποστήριξης που λαμβάνουν		Μαθησιακό προϊόν: Πρέπει να αντικατοπτρίζει τις γνώσεις ή τις δεξιότητες που περιλαμβάνονται στους μαθησιακούς στόχους και να επιτρέπει τη ροή των μαθησιακών δραστηριοτήτων		Αξιολόγηση (διαμορφωτική ή ετεροαξιολόγηση ή τελική): Η αξιολόγηση εστιάζεται στα μαθησιακά προϊόντα	
Οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν και πραγματοποιούν ένα πείραμα και αναστοχάζονται για την πορεία τους.		Εικόνα (Παράρτημα 7.7.Ι)		Ο/Η εκπαιδευτικός δείχνει δύο εικόνες (Παράρτημα 7.7.Ι) και αφήνει τους/τις μαθητές/τριες να περιγράψουν τις διαφορές των εικόνων (συζήτηση στην τάξη). Ο/Η εκπαιδευτικός δίνει προφορικά προτροπές.					
		Λίστα ερευνητικών ερωτημάτων που εμφανίζεται στον πίνακα		Στις ομάδες τους, οι μαθητές/τριες επιλέγουν ένα ερώτημα που είναι κατάλληλο για ένα πείραμα από μια λίστα ερωτημάτων. Πιθανά ερωτήματα που μπορεί να παρουσιαστούν είναι: 1. Έχουν οι		Ερευνητική ερώτηση		Εντυπώσεις από τη συζήτηση στην τάξη, εάν χρειάζεται, δίνεται λεκτική βοήθεια με τη μορφή προτροπών.	

		γαιοσκώληκες ένα στόμα που κλείνει; 2. Μπορούν οι γαιοσκώληκες να ανιχνεύσουν το φως και το σκοτάδι; 3. Γιατί οι γαιοσκώληκες ζουν στο χώμα; (Μόνο η ερώτηση 2 είναι κατάλληλη) Σε μια συζήτηση στην τάξη, τα ερωτήματα που επιλέγουν οι ομάδες ελέγχονται ως προς την καταλληλότητά τους και συζητείται η αναγκαιότητα και η συνάφεια ενός ερευνητικού ερωτήματος.		
		Σε μια συζήτηση στην τάξη, διατυπώνονται μαζί οι υποθέσεις.	Υπόθεση	Εντυπώσεις από τη συζήτηση στην τάξη, εάν χρειάζεται, δίνεται λεκτική βοήθεια με τη μορφή προτροπών.
	Κάρτες βοήθειας (Παράρτημα 7.7.II) Προτροπές + κάρτες βοήθειας (Παράρτημα 7.7.III) Γυάλινοι σωλήνες, μαύρο χαρτί, κολλητική ταινία, γαιοσκώληκες	Στην ομαδική εργασία, οι μαθητές/τριες σχεδιάζουν πειράματα, τα πραγματοποιούν και αναστοχάζονται για τη δομή και την εκτέλεση του πειράματός τους. Η ομάδα 1 (χαμηλός βαθμός ανοικτότητας) παραλαμβάνει όλα τα απαραίτητα υλικά (γυάλινος σωλήνας, χάρτινες λωρίδες μαύρου χαρτιού, κολλητική ταινία, γαιοσκώληκες). Η ομάδα 2 (μέτριος βαθμός ανοικτότητας) λαμβάνει μόνο έναν γυάλινο σωλήνα και πρέπει να σκεφτεί όλα τα άλλα υλικά. Μετά τις πρώτες προσπάθειες, ο/η εκπαιδευτικός δίνει στις ομάδες την υπόδειξη ότι είναι χρήσιμο να τοποθετήσουν τον γαιοσκώληκα μισό στο	Πειραματικός σχεδιασμός	Παρατηρήσεις στην τάξη, προτροπές εάν χρειάζεται. Τα σκίτσα σχεδιασμού των μαθητών (πρωτόκολλα πειραματισμού) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διαγνωστικά.

		σκοτάδι και μισό στο φως. Μετά την εκτέλεση του πειράματος, οι ομάδες πρέπει να αναστοχαστούν για το πειράματά τους. Μετάβαση Αναστοχασμού από μέτριο βαθμό ανοικτότητας σε μέγιστο βαθμό ανοικτότητας: Η ομάδα 2 μπορεί να χρησιμοποιήσει κάρτες βοήθειας με προτροπές (βλ. Παράρτημα 7.7.II). Μετάβαση Αναστοχασμού από χαμηλό βαθμό ανοικτότητας σε μέγιστο βαθμό ανοικτότητας: Η ομάδα 1 λαμβάνει προτροπές και κάρτες βοήθειας (βλ. Παράρτημα 7.7.III).		
		Οι μαθητές/τριες καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους σε μια αναφορά.	Παρουσίαση δεδομένων	
		Σε συζήτηση στην τάξη παρουσιάζονται τα πειράματα και οι αναστοχασμοί των ομάδων. Μαζί, εξάγονται συμπεράσματα από τα αποτελέσματα.	Συμπέρασμα	Εντυπώσεις από τη συζήτηση στην τάξη, εάν χρειάζεται, δίνεται λεκτική βοήθεια με τη μορφή προτροπών.

Παράρτημα 7.7. I – Εικόνες για την επιμέρους φάση του Προσανατολισμού



Παράρτημα 7.7. II – Κάρτες βοήθειας για την ομάδα 2

Εργασία: Πρέπει να σκεφτείτε εάν:

1. το πείραμά σας δημιουργήθηκε πολύ καλά.
2. το πείραμά σας έγινε σωστά.

Εάν χρειάζεστε βοήθεια, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις κάρτες βοήθειας.

Βοήθεια 1: Έχει ληφθεί υπόψη να γίνει μια σύγκριση (δοκιμή και έλεγχος);

Βοήθεια 2: Γιατί έχει νόημα να βάλουμε τον γαιοσκώληκα μισό στο φως και μισό στο σκοτάδι;

Βοήθεια 3: Είναι δυνατόν να προκύψει ένας τεκμηριωμένος ισχυρισμός με έναν μόνο γαιοσκώληκα και εκτέλεση του πειράματος μία μόνο φορά;

Παράρτημα 7.7. III – Προτροπές και κάρτες βοήθειας για την ομάδα 1

Εργασία: Τώρα πρέπει να σκεφτείτε αν έχετε σκεφτεί τα πάντα όταν κάνατε το πείραμά σας.
Χρησιμοποιήστε τις προτροπές 1 – 3 και, εάν χρειάζεται, τις αντίστοιχες κάρτες βοήθειας.

Προτροπές	Κάρτες βοήθειας
(1) Έχει ληφθεί υπόψη μια σύγκριση (δοκιμή και έλεγχος);	Βοήθεια: Μια σύγκριση μπορεί να γίνει παρατηρώντας τι συνέβη στην αρχή (έλεγχος) και μετά από λίγα λεπτά (δοκιμή) ή δημιουργώντας μια πειραματική δοκιμή και μια δοκιμή ελέγχου. Είχατε μια σύγκριση (δοκιμή και έλεγχος);
(2) Γιατί έχει νόημα να βάλουμε τον γαιοσκώληκα μισό στο φως και μισό στο σκοτάδι;	Βοήθεια: Σκεφτείτε δύο πράγματα: (α) Τι θα μπορούσε να συμβεί αν ο γαιοσκώληκας είναι πολύ μακριά από το σκοτάδι και δεν αναγνωρίζει το σκοτάδι; (β) Τι θα μπορούσε να συμβεί αν ο γαιοσκώληκας είναι ήδη πολύ μέσα στο σκοτάδι;
(3) Είναι δυνατόν να προκύψει ένας τεκμηριωμένος ισχυρισμός με έναν μόνο γαιοσκώληκα και εκτέλεση του πειράματος μία μόνο φορά;	Βοήθεια 1: Σκεφτείτε δύο πράγματα: (α) Πρέπει το πείραμα να γίνει σταδιακά με αρκετούς γαιοσκώληκες; Λόγος! (β) Πρέπει το πείραμα να γίνει πολλές φορές με κάθε γαιοσκώληκα; Λόγος!
	Βοήθεια 2: (α) Κάθε μεμονωμένος γαιοσκώληκας αντιδρά το ίδιο; (β) Ένας γαιοσκώληκας αντιδρά πάντα το ίδιο;

Κεφάλαιο 8: Κανονισμοί Ασφάλειας για Εργαστηριακή Εργασία

Όταν εκτελούνται πειράματα στο σχολείο, με ή χωρίς χημικά, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ασφάλειας και προφυλάξεις και να θεσπίζονται εργαστηριακοί κανόνες, οι οποίοι θα τηρούνται. Ο/Η εκπαιδευτικός πρέπει να πραγματοποιήσει μια εκτίμηση κινδύνου πριν από τον πειραματισμό στο σχολείο. Αυτή η εκτίμηση περιλαμβάνει συλλογή πληροφοριών σχετικά με τους κινδύνους, τις προφυλάξεις και τα προστατευτικά μέτρα σχετικά με το αντίστοιχο πείραμα.

Πού βρίσκετε τις απαραίτητες πληροφορίες;

Πίνακας 8.1: Βασικές πληροφορίες σχετικά με τις οδηγίες ασφάλειας για τα μαθήματα φυσικών επιστημών στο σχολείο (Αύγουστος 2021)

Χώρα	Πληροφορίες
Αυστρία	Συλλογή αρχείων σχετικά με την ασφάλεια στο σχολείο (Allgemeine Unfallversicherung): https://www.auva.at/cdscontent/?portal=auvaportal&contentid=10007.671658 https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/schulrecht/rs/1997-2017/2016_22.html
Γερμανία	RISU 2019: Σύνοψη των κανονισμών σχετικά με την ασφάλεια στο σχολείο, που ενημερώνεται τακτικά: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf https://www.gesetze-im-internet.de/biostoffv_2013/BJNR251410013.html
Φινλανδία	Βιβλίο κατευθυντήριων γραμμών για την ασφάλεια στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, που εκδόθηκε από την Εθνική Φινλανδική Υπηρεσία για την Εκπαίδευση: https://www.oph.fi/fi/tilastot-ja-julkaisut/julkaisut/luonnontieteiden-opetustilat-tyoturvallisuus-ja-valineet ή απευθείας σύνδεσμος: https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/137890_luonnontieteiden_opetustilat_tyoturvallisuus_ja_valineet_2.up_0.pdf
Κύπρος	Οι οδηγίες για ασφάλεια κατά τη χρήση σχολικού εργαστηρίου παρέχονται μόνο στην ιστοσελίδα της εκπαίδευσης της Χημείας (http://chem.schools.ac.cy/index.php/el/ergastirio/asfaleia-ergastirio). Μεταξύ των αρχείων σε αυτόν τον ιστότοπο, περιλαμβάνονται γενικές οδηγίες για ασφάλεια κατά τη χρήση εργαστηρίου για την εκπαίδευση των φυσικών επιστημών, οι οποίες αφορούν τα μαθήματα φυσικής, χημείας και βιολογίας, π.χ.: - Οδηγός ασφάλειας και υγείας για εργαστήρια Χημείας (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/tee_chemistry_labguide_2019.pdf) - Μέτρα και κανόνες ασφάλειας (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/metra_kanones.pdf) - Κανόνες ασφάλειας (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/kanones.pdf) - Οδηγίες ασφάλειας (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/odigies_asfaleias.pdf) - Εγχειρίδιο χημικών ουσιών (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/encheiridio_chimikon_ousion.pdf) - Κατάλογος ασύμβατων χημικών ουσιών (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/katalogos_asymvaton_ousion.pdf)

Όλοι οι κανονισμοί ασφάλειας προσαρμόζονται συνεχώς, επομένως πρέπει να ελέγχετε τα τρέχοντα πρότυπα. Στον πίνακα 8.1 παρέχουμε ορισμένες αναφορές σχετικά με τα σχολεία στις συμμετέχουσες χώρες στο έργο, για το έτος 2021. Ωστόσο, και για αυτές τις χώρες πρέπει να χρησιμοποιείτε τις ενημερωμένες εκδόσεις των κανονισμών ασφάλειας. Σε ορισμένες χώρες, υπάρχουν βασικοί κανόνες που έχουν προετοιμαστεί ειδικά για χρήση από εκπαιδευτικούς (π.χ. RiSU στη Γερμανία, επιμελημένοι από τους Υπουργούς Παιδείας και ισχύουν για όλα τα σχολεία στη Γερμανία). Έτσι, το πολύ περίπλοκο θέμα των κανονισμών ασφάλειας γίνεται διαχειρίσιμο και κανένας/καμία εκπαιδευτικός δεν πρέπει να σταματήσει να πειραματίζεται λόγω αβεβαιότητας, εξαιτίας ασαφών απαιτήσεων.

Καθώς ο/η εκπαιδευτικός είναι υπεύθυνος για την τάξη του, οι κανόνες ασφάλειας πρέπει να συζητηθούν μαζί στην αρχή της σχολικής χρονιάς και πριν από τον πειραματισμό. Εάν ο σχεδιασμός/υποδομή της τάξης ή άλλες συνθήκες ασφάλειας δεν είναι κατάλληλες για το προγραμματισμένο πείραμα, αυτό το πείραμα δεν πρέπει να πραγματοποιηθεί.

Οι απαραίτητοι έλεγχοι ασφάλειας αναφέρονται σε 3 επίπεδα:

- α) Γενικά μέτρα ασφάλειας στο σχολείο
- β) Εξοπλισμός της τάξης ή του εργαστηρίου, συμπεριλαμβανομένων των εργαστηριακών κανόνων για τους/τις μαθητές/τριες
- γ) Ειδικές πτυχές, ανάλογα με το επιλεγμένο πείραμα, π.χ. χημικές ουσίες, θερμότητα και φωτιά, ηλεκτρική ενέργεια, βιολογικοί κίνδυνοι, όπως μικροοργανισμοί, ζώα.

Αυτές οι τρεις πτυχές επεξηγούνται παρακάτω με περισσότερη. Ένα παράδειγμα σύντομης περίληψης κανόνων εργαστηρίου για μαθητές/τριες βρίσκεται στο τέλος αυτού του κεφαλαίου.

Δήλωση αποποίησης ευθύνης: Συνιστούμε να δώσετε σημασία στους κανόνες ασφάλειας και τα μέτρα ασφάλειας που παρουσιάζονται. Επιπλέον, ο/η αναγνώστης/τρια είναι υποχρεωμένος/η να εξετάσει τα τρέχοντα και απαιτούμενα μέτρα ασφάλειας της αντίστοιχης χώρας και σχολείου.

α) Γενικά μέτρα ασφάλειας

- Έξοδοι διαφυγής έκτακτης ανάγκης και πυροσβεστήρας: Οι μαθητές/τριες πρέπει να είναι ενημερωμένοι για τις εξόδους διαφυγής. Όλες οι εξόδους διαφυγής πρέπει να διατηρούνται προσβάσιμες κατά τη διάρκεια του πειραματισμού (να μην υπάρχουν σχολικές τσάντες κ.λπ.). Επίσης, η θέση του πυροσβεστήρα πρέπει να είναι σε περίοπτη και εύκολα προσβάσιμη θέση.

- Εξοπλισμός έκτακτης ανάγκης: όπου υπάρχουν διακόπτες έκτακτης ανάγκης, σταθμοί πλήσης ματιών και ντους έκτακτης ανάγκης, η λειτουργία τους πρέπει να ελέγχεται τακτικά.
- Εξοπλισμός πρώτων βοηθειών: Ένα κουτί πρώτων βοηθειών πρέπει να αποτελεί μέρος του βασικού εξοπλισμού σε κάθε εργαστηριακή αίθουσα και τάξη που χρησιμοποιείται για πειράματα. Να ελέγχετε τακτικά αυτό το κουτί πρώτων βοηθειών και να το ξαναγεμίζετε όταν δεν είναι πλήρες!

β) Εξοπλισμός της τάξης ή του εργαστηρίου

- Έλεγχος επιφάνειας εργασίας: Η επιφάνεια των τραπεζιών πρέπει να είναι ανθεκτική στα χημικά και στη θερμότητα, ανάλογα με τα επιλεγμένα πειράματα. Σε αντίθετη περίπτωση, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε πυρίμαχο υπόστρωμα, όπως πυρίμαχα πλακάκια ή μεταλλικές πλάκες.
- Έλεγχος προστατευτικού εξοπλισμού/ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού: Ο/Η εκπαιδευτικός φροντίζει ώστε οι μαθητές/τριες να φορούν κατάλληλο ρουχισμό ή κατάλληλο προστατευτικό ρουχισμό, π.χ. προστατευτικά γυαλιά, προστασία ματιών, γάντια (μιας χρήσης), ρόμπα εργαστηρίου (όταν χρειάζεται).
- Αποθήκευση: Για ορισμένα πειράματα, τα υλικά πρέπει να διατηρούνται στο ψυγείο/να ψύχονται (μερικά χημικές ουσίες ή νεκρά ζωικά υλικά που χρησιμοποιούνται για ανατομή, όπως ψάρια, μάτια χοίρου). Βάλτε ετικέτα σε τέτοια υλικά και μην τα αποθηκεύετε μαζί με τρόφιμα!
- Ορισμένα πειράματα πρέπει να γίνονται μόνο σε ειδικά διαμορφωμένη εστία!

γ) Ειδικές πτυχές, ανάλογες των πειραμάτων που πραγματοποιούνται

α) Εκτίμηση κινδύνου

Οι εκπαιδευτικοί είναι υποχρεωμένοι να διενεργούν εκτίμηση κινδύνου πριν από τον πειραματισμό στην τάξη. Ανάλογα με το προγραμματισμένο πείραμα, οι ακόλουθες πτυχές μπορούν να αποτελούν μέρος μιας εκτίμησης κινδύνου:

- Επιτρέπεται η διεξαγωγή του πειράματος στην αντίστοιχη βαθμίδα; Αυτό μερικές φορές εξαρτάται από επικίνδυνες ουσίες που δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται από νεότερους/ες μαθητές/τριες.
- Ορισμένα πειράματα μπορούν να πραγματοποιηθούν μόνο από τον/την εκπαιδευτικό.
- Ποιοι κίνδυνοι ή ρίσκα μπορεί να προκύψουν χρησιμοποιώντας μια ουσία, ζώο, μικροοργανισμό, εξοπλισμό ή ηλεκτρονική συσκευή;
- Όταν χρησιμοποιείτε επικίνδυνες ουσίες, πρέπει να αναστοχαστείτε για πιθανά υποκατάστατα.

- Φυσικά, πρέπει να μάθετε ποιες προφυλάξεις πρέπει να ληφθούν, ποια μέτρα έκτακτης ανάγκης πρέπει να προετοιμαστούν και πώς διασφαλίσετε και οργανώνετε τη σωστή διαχείριση των απορριμμάτων.

Τα έντυπα για τις εκτιμήσεις κινδύνου παρέχονται από την αντίστοιχη σχολική διοίκηση.

β) Χημικά, επικίνδυνες ουσίες και υλικά

- Οι εκπαιδευτικοί είναι υποχρεωμένοι να διερευνούν τις προϋποθέσεις χρήσης και την απαγόρευση χρήσης χημικών. Πρέπει να διεξάγουν δοκιμές υποκατάστατων και πρέπει επίσης να λαμβάνουν υπόψη τυχόν ενδιάμεσα εμφανιζόμενες ουσίες.
- Χημικές ουσίες: Από το 2015, όλες οι χημικές ουσίες επισημαίνονται με σύμβολα κινδύνου, τα λεγόμενα εικονογράμματα. Τα εικονογράμματα ΠΕΣ είναι έγκυρα/νόμιμα παγκοσμίως (ΠΕΣ: «Παγκοσμίως Εναρμονισμένο Σύστημα ταξινόμησης και επισήμανσης των χημικών προϊόντων»). Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να ελέγχουν εάν όλες οι χημικές ουσίες φέρουν σωστή σήμανση. Οι μαθητές/τριες θα πρέπει να μάθουν για τη σημασία των εικονογραμμάτων ΠΕΣ πριν χειριστούν χημικές ουσίες. Έτσι, γνωρίζουν τους κινδύνους των ουσιών και μπορούν να λάβουν τις απαραίτητες προφυλάξεις έναντι τραυματισμών και ζημιών. Ο Πίνακας 8.2 δείχνει τα τρέχοντα εικονογράμματα ΠΕΣ.
- Αποθήκευση χημικών ουσιών: Οι εκπαιδευτικοί φροντίζουν για τα σωστά δοχεία αποθήκευσης (δεν χρησιμοποιούνται δοχεία για τρόφιμα!), σωστή σήμανση και απαραίτητες συνθήκες αποθήκευσης (ψυγείο, ντουλάπια αποθήκευσης ασφαλείας εάν χρειάζεται).

Πίνακας 8.2: Παγκοσμίως Εναρμονισμένο Σύστημα ταξινόμησης και επισήμανσης των χημικών προϊόντων
(<https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3491QuickCardPictogram.pdf>)

Σύμβολο	Περιγραφή
	ΠΕΣ 01 Εκρηκτικό • Εκρηκτικά • Αυτό-αντιδραστικά • Οργανικά Υπεροξειδία
	ΠΕΣ 02 Εύφλεκτο • Εύφλεκτα • Πυροφορικά • Αυτό-θερμαντικά • Εκπέμπει εύφλεκτο αέριο • Αυτό-αντιδραστικά • Οργανικά Υπεροξειδία

	ΠΕΣ 03 Οξειδωτικό • Οξειδωτικά
	ΠΕΣ 04 Αέριο υπό πίεση • Αέρια υπό πίεση
	ΠΕΣ 05 Διαβρωτικό • Διάβρωση/Εγκαύματα δέρματος • Οφθαλμική βλάβη • Διαβρωτικό σε μέταλλα
	ΠΕΣ 06 Τοξικό • Οξεία τοξικότητα (θανατηφόρα ή τοξική)
	ΠΕΣ 07 Κίνδυνος για την υγεία • Ερεθιστικό (δέρμα και μάτια) • Ευαισθητοποιητής δέρματος • Οξεία τοξικότητα (επιβλαβής) • Ναρκωτικές Επιδράσεις • Ερεθιστικό Αναπνευστικής Οδού • Επικίνδυνο για το στρώμα του όζοντος (Μη υποχρεωτικό)
	ΠΕΣ 08 Σοβαρός κίνδυνος για την υγεία • Καρκινογόνο • Μεταλλαξιγένεση • Αναπαραγωγική Τοξικότητα • Ευαισθητοποιητής αναπνοής • Τοξικότητα οργάνων-στόχων • Τοξικότητα εισπνοής
	ΠΕΣ 09 Επικίνδυνο για το περιβάλλον • Υδατική Τοξικότητα
https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3491QuickCardPictogram.pdf	

γ) Φωτιά και θερμότητα

- Οι λύχνοι Bunsen ή Teclu και τα κεριά χρησιμοποιούνται με γυμνή φλόγα. Καμία εύφλεκτη ουσία δεν πρέπει να θερμαίνεται ή να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα στο δωμάτιο. Δώστε προσοχή στον κίνδυνο από μακριά μαλλιά ή ογκώδη ρούχα!

- Για θέρμανση υγρών, όπως νερό, χρησιμοποιούνται θερμαντικές πλάκες ή φούρνοι μικροκυμάτων. Προσέξτε τις καυτές επιφάνειες, τα καυτά δοχεία και την καθυστέρηση του βρασμού!

δ) Εξοπλισμός εργασίας

- Πρέπει να γίνεται εκπαίδευση για τον χειρισμό πιθανώς επικίνδυνου εξοπλισμού, όπως διαφορετικά είδη γυαλικών, αιχμηρά εργαλεία όπως νυστέρια, βελόνες, ψαλίδια και μαχαίρια, για αποφυγή τραυματισμών.
- Ακόμη και στην περίπτωση χρήσης αντικειμένων από την καθημερινή ζωή, είναι απαραίτητο οι μαθητές/τριες να εξασκούνται στον σωστό χειρισμό και να ενημερώνονται για τους κινδύνους και τις προφυλάξεις.

ε) Βιολογικοί παράγοντες και ζωντανοί οργανισμοί

- Πρέπει να τηρείτε βασικούς κανόνες ασφάλειας, κυρίως από την καθημερινή ζωή, σχετικά με τον ασφαλή χειρισμό και την υγιεινή, για αποφυγή μολύνσεων. Αυτό ισχύει όταν εργάζεστε με βακτήρια, μύκητες, παράσιτα και ζωντανούς οργανισμούς που μπορεί να μεταφέρουν παθογόνα.
- Ειδικές προϋποθέσεις όταν εργάζεστε με μικροοργανισμούς: Οι επιφάνειες του τραπεζιού πρέπει να είναι ασφαλείς για διαλύτες (χρήση αλκοόλης για καθαρισμό) και πρέπει να υπάρχει νιπτήρας με δοχείο σαπουνιού, χαρτοπετσέτες και απολυμαντικό. Επίσης, πρέπει να υπάρχει δυνατότητα αποστείρωσης μολυσμένου υλικού (π.χ. κλίβανος, χύτρα ταχύτητας).
- Γενικά, αυτοί οι κανονισμοί και προϋποθέσεις ισχύουν επίσης για πειράματα με ζωντανούς οργανισμούς ή κατά τη διάρκεια ανατομής ζώων (πέστροφας ή άλλων ψαριών) ή οργάνων (πνεύμονας, συκώτι, μάτι χοίρου, καρδιά χοίρου).
- Παρατηρήσεις για τα ζωντανά ζώα στο σχολείο: Διαβάστε για νομικά ζητήματα (προστασία των ζώων, προστασία της φύσης), ηθικές και συναισθηματικές πτυχές (αηδία, φοβία), καθώς και οργάνωση της σωστής διατήρησης των ζώων.
- Ελέγξτε ακριβώς ποια ζωντανά ζώα επιτρέπεται να φέρετε στο σχολείο της χώρας σας! Όλα τα ζώα πρέπει να είναι υγιή και ακίνδυνα. Δεν επιτρέπονται στην τάξη δηλητηριώδη ή επικίνδυνα ζώα και ζώα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν αλλεργίες.
- Πρέπει να τηρούνται οι κανόνες υγιεινής κατά τον χειρισμό ή τη διατήρηση ζώων για την αποφυγή ζωνοδόσων, δηλαδή παθογόνων που μεταφέρονται από ζώο σε άνθρωπο. Τα μέτρα υγιεινής περιλαμβάνουν το σχολαστικό πλύσιμο των χεριών, την ορθή διατήρηση των ζώων/κατάλληλη για το είδος και τον τακτικό έλεγχο της υγείας των ζώων.

- Μην συλλέγετε ζώα ή άλλο υλικό σε προστατευμένες περιοχές!
- Απαγορεύεται αυστηρά ο πειραματισμός σε ζώα που προκαλεί τραυματισμούς ή περιττό άγχος. Οι κανόνες για τα σπονδυλωτά (σκύλοι, ποντίκια κ.λπ.) είναι αυστηρότεροι από εκείνους για τα ασπόνδυλα (σαλιγκάρια, γαιοσκώληκες). Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να θεωρούν δεδομένο ότι κανένα ζώο δεν πληγώνεται κατά τη διάρκεια πειραμάτων στο σχολείο!
- Εάν θέλετε να κρατήσετε ζώα στην τάξη για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, πρέπει να λάβετε υπόψη τα ακόλουθα οργανωτικά ζητήματα: τα ζώα πρέπει να διατηρούνται ανάλογα με το είδος τους και να φροντίζονται σύμφωνα με τις οδηγίες των νόμων για την προστασία των ζώων. Οι τεχνικές παροχές (φως, θέρμανση) πρέπει να εγκατασταθούν και να συντηρούνται. Τέλος, πρέπει να είναι ξεκάθαρο το τι συμβαίνει με τα ζώα μετά από το σχολείο!

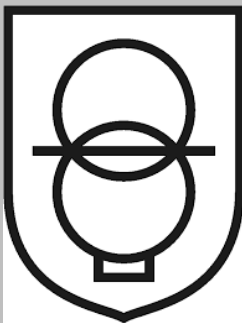
στ) Ηλεκτρική ενέργεια και ηλεκτρικές συσκευές

Ο ηλεκτρικός εξοπλισμός δεν χρησιμοποιείται μόνο στη φυσική, αλλά και σε πολλά πειράματα σε μαθήματα βιολογίας και χημείας (θερμαντικές πλάκες, μικροσκόπια, λάμπες, ψυγεία κ.λπ.). Ο χειρισμός αυτών των συσκευών δεν διαφέρει από τον σωστό χειρισμό στην καθημερινή χρήση. Πειράματα με ηλεκτρισμό/ηλεκτρικό ρεύμα πρέπει να εκτελούνται μόνο σύμφωνα με τους αντίστοιχους κανονισμούς των χωρών.

Οδηγίες χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας στο σχολείο και στην καθημερινή ζωή (σύμφωνα με το RiSU 2019, βλ. Πίνακα 8.1)

- Ελέγξτε όλα τα καλώδια, τις πρίζες και τις συσκευές/εξοπλισμό για ζημιές και δυσλειτουργίες πριν τα χρησιμοποιήσετε στην τάξη!
- Απενεργοποιήστε την τάση, όταν εμφανίζονται διαταραχές ή δυσλειτουργίες!
- Αναφέρετε δυσλειτουργίες και ζημιές στην αρμόδια αρχή. Ο αντίστοιχος εξοπλισμός πρέπει να τεθεί εκτός χρήσης αμέσως.
- Οι επισκευές ηλεκτρικών συσκευών, καλωδίων, πριζών και διακόπτων πρέπει να γίνονται από ηλεκτρολόγο. Ο/Η εκπαιδευτικός πρέπει να προβαίνει μόνο σε απλές ενέργειες, όπως η αλλαγή ενός λαμπτήρα.
- Καλώδια: προσέξτε για τσακίσματα και για πτώσεις από σκοντάψιμο!
- Προστατέψτε τον ηλεκτρικό εξοπλισμό από το νερό και την υγρασία. Μην χρησιμοποιείτε βρεγμένες ηλεκτρικές συσκευές!
- Οι συσκευές ασφάλειας δεν πρέπει να χειραγωγούνται ή να απενεργοποιούνται!

- Πειράματα με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, απευθείας από την κύρια παροχή, μπορούν να πραγματοποιηθούν μόνο εάν υπάρχουν οι κατάλληλες συσκευές ασφάλειας και είναι πλήρως λειτουργικές (π.χ. διακόπτης έκτακτης ανάγκης, RCCB).
- Χρησιμοποιείτε μόνο συσκευές με έγκυρη σήμανση για την αντίστοιχη χώρα. Βεβαιωθείτε ότι ο έλεγχος της συσκευής είναι ενημερωμένος!
- Χρησιμοποιείτε ηλεκτρικές συσκευές μόνο για τον προβλεπόμενο σκοπό και τηρείτε τις οδηγίες λειτουργίας!
- Οι ηλεκτρικές συσκευές στο σχολείο πρέπει να ελέγχονται τακτικά από ηλεκτρολόγο. Τα διαστήματα δοκιμών είναι διαφορετικά για φορητές και μόνιμα εγκατεστημένες συσκευές. Ενημερωθείτε για τους ισχύοντες κανονισμούς στη χώρα σας!
- Δεν επιτρέπεται στους μαθητές/τριες να εκτελούν πειράματα χρησιμοποιώντας επικίνδυνη τάση. Επομένως, πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθοι κανόνες ασφαλείας: Μόνο ηλεκτρικές συσκευές με ELV (εξαιρετικά χαμηλή τάση) επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται για πειράματα από μαθητές/τριες (EN 61558-2-6, π.χ. μετασχηματιστές ασφάλειας, συσσωρευτές). Στους μετασχηματιστές ασφάλειας (σύμβολο βλέπε εικ. 8.1) το πρωτεύον και το δευτερεύον τύλιγμα διαχωρίζονται πλήρως.



Εικ. 8.1 Ετικέτα μετασχηματιστή απομόνωσης ασφαλείας, IEC5222

Μερικές συμβουλές από πρακτικές εμπειρίες στο σχολείο:

- Επισημάνετε ότι τα βύσματα τύπου μπανάνα δεν πρέπει να συνδέονται με πρίζες!
- Μην αγγίζετε τα κυκλώματα μετά την παροχή της τάσης λειτουργίας. Αφού ολοκληρώσετε το πείραμα, απενεργοποιήστε την τάση και αποσυνδέστε τις συνδέσεις των καλωδίων.
- Προσοχή με πυκνωτές τάσης άνω των 60V: παρέχετε προστασία έναντι επαφής και αποφορτίστε τον πυκνωτή πριν από την αποσυναρμολόγηση της πειραματικής ρύθμισης.
- Συσσωρευτές και μπαταρίες: μην προσπαθήσετε ποτέ να φορτίσετε μια κύρια μπαταρία, υπάρχει κίνδυνος έκρηξης! Για τη φόρτιση συσσωρευτών, χρησιμοποιήστε μόνο τον φορτιστή που παρέχεται ή συνιστάται από τον κατασκευαστή.

- Ηλεκτρομαγνητικά πεδία και ακτινοβολία: οι συσκευές που χρησιμοποιούνται συνήθως στο σχολείο δεν φτάνουν τις οριακές τιμές έκθεσης, όταν χρησιμοποιούνται κατάλληλα. Σεβαστείτε τις οδηγίες του κατασκευαστή, ειδικά όταν εργάζεστε με αόρατη ακτινοβολία όπως τα μικροκύματα.
- Προσοχή: προστατέψτε τα άτομα με εμφυτεύματα, όπως εμφύτευμα κοχλία και βηματοδότες, από ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Πρέπει να κρατήσουν αποστάσεις ή να φύγουν από το δωμάτιο.

ζ) Μηχανική και μηχανική σταθερότητα

- Για όλες τις πειραματικές ρυθμίσεις, είναι σημαντικό να δίνετε προσοχή στη μηχανική σταθερότητα, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται βάσεις στήριξης.
- Κατά τη διάρκεια ορισμένων πειραμάτων μετακινούνται βαριές μάζες. Μπορεί να γίνουν επικίνδυνες εάν χτυπήσουν άτομα. Να είστε προσεκτικοί όταν εργάζεστε με φορτωμένα ελατήρια και σύρματα και σε πειράματα υψηλής πίεσης, τροχαλίας ή περιστροφής.

η) Θερμοδυναμική

Όταν χρησιμοποιείτε δοχεία πίεσης για θέρμανση νερού, πρέπει να ελέγξετε τις βαλβίδες ασφάλειας πριν ξεκινήσετε το πείραμα. Μην υπερβείτε το μέγιστο όριο πίεσης!

θ) Οπτική και οπτική ακτινοβολία

Οι περισσότερες από τις πηγές ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται στο σχολείο χρησιμοποιούνται επίσης στην καθημερινή ζωή και στο σπίτι. Ο ασφαλής χειρισμός αυτών των φυσικών και τεχνητών πηγών φωτός και ακτινοβολίας συγκαταλέγεται στους στόχους των οδηγιών στις φυσικές επιστήμες.

Παραδείγματα τέτοιων πηγών ακτινοβολίας είναι τα τυπικά οικιακά φωτιστικά, όπως οι λαμπτήρες νήματος ή φθορισμού, οι δείκτες λέιζερ και τα λέιζερ, οι λαμπτήρες υπεριώδους και υπέρυθρης ακτινοβολίας, τα LEDs, οι ανοιχτές φλόγες, το ηλιακό φως και το εστιασμένο ηλιακό φως, οι φασματικές λυχνίες και το φλας.

Πρέπει να τηρείτε τις οριακές τιμές έκθεσης με τις περισσότερες από αυτές τις πηγές ακτινοβολίας. Αυτές οι τιμές εξαρτώνται από τον χρόνο, την απόσταση και το είδος της ακτινοβολίας. Ειδικά στο σχολείο, οι πραγματικές τιμές είναι σημαντικές (έντονο φως, οφθαλμική βλάβη), δεν πρέπει να υπάρχουν συνθήκες για μακροπρόθεσμα όρια. Κανονικά, κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει τις ακόλουθες πηγές ακτινοβολίας χωρίς ειδικά προστατευτικά μέτρα: λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται στο νοικοκυριό, λαμπτήρες μαύρου φωτός, μικρά LEDs, ανοιχτές φλόγες και φλας.

Χρειάζεστε προστατευτικά μέτρα για τις ακόλουθες πηγές ακτινοβολίας (μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο όταν ο/η εκπαιδευτικός είναι στην τάξη και οι μαθητές/τριες έχουν λάβει οδηγίες χρήσης).

- Λέιζερ και δείκτες λέιζερ: Αποφύγετε το έντονο φως. Φροντίστε ώστε να μην μπορεί κανείς να κοιτάξει απευθείας στη δέσμη φωτός.
- Λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας: αποφύγετε την έκθεση του δέρματος σε υπεριώδη ακτινοβολία.
- Φασματικές λυχνίες: μελετήστε τις οδηγίες λειτουργίας. Χρησιμοποιήστε προστασία από το διάσπαρτο φως, επισημάνετε τον χώρο εργασίας με κατάλληλη πινακίδα/ετικέτα.
- Λυχνίες LED υψηλής ισχύος: ποτέ μην στοχεύετε τις λυχνίες LED στα μάτια, επειδή υπάρχει κίνδυνος έντονης λάμψης και ζημιάς.
- Εστιασμένο ηλιακό φως: κίνδυνος εγκαυμάτων και κίνδυνος πυρκαγιάς. Μην κοιτάτε στη δέσμη φωτός ή απευθείας προς τον ήλιο!
- Λαμπτήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας: κρατήστε απόσταση τουλάχιστον 50cm. Η απόσταση από εύφλεκτα αντικείμενα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1 μέτρο. Μη χρησιμοποιείτε λαμπτήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας χωρίς έλεγχο/επιτήρηση!
-

Κατάλληλη συμπεριφορά στο εργαστήριο: γενικοί κανόνες για μαθητές/τριες

- μην τρώτε
- μην πίνετε
- διατηρήστε τον σταθμό εργασίας σας καθαρό και ακολουθήστε τους κανόνες υγιεινής: καθαρίστε ή απολυμάνετε όταν χρειάζεται
- μην τρέχετε (αποφύγετε τις συγκρούσεις, αποφύγετε τη διαρροή ουσιών)
- διατηρήστε τον χώρο εργασίας σας και τους διαδρόμους καθαρούς: όχι παλτά και τσάντες στα τραπέζια ή στους διαδρόμους
- φοράτε προστατευτικά ματιών
- όταν εργάζεστε με γυμνή φλόγα (π.χ. λύχνους Bunsen, κεριά) δέστε πίσω τα μακριά μαλλιά και αφαιρέστε ογκώδη ρούχα, όπως παλτά και κασκόλ
- πλύνετε τα χέρια σας προσεκτικά αφότου έχετε εργαστεί με χημικές ουσίες, ζώα, ζωικά ή φυτικά υλικά ή μικρόβια
- αναφέρετε οποιαδήποτε ζημιά ή τραυματισμό στον εκπαιδευτικό

9 Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς ευχαριστούν θερμά την εταιρεία Alexander Brown Communications και την Katharina Kersting για την επεξεργασία και τη διόρθωση του κειμένου, την Christa Sallam, τον Arne Bewersdorff και τον Hartmut Rohrmann για τις χρήσιμες συζητήσεις σχετικά με το περιεχόμενο και την Christa Sallam για τη διάθεση εικόνων αρχαίων λίθων με τρύπες.

Επιπλέον, ευχαριστούμε όσους/ες διάβασαν την πρώτη εκδοχή του βιβλίου για την εις βάθος ανάγνωση και την εποικοδομητική ανατροφοδότηση τους: Caroline Neudecker, Claudia Kriechbaum, Martina Schuknecht, Καθ. Δρ. Manuela Welzel-Breuer, Καθ. Δρ. Marcus Hammann και Καθ. Δρ. Markus Emden.

Είμαστε ευγνώμων για την οικονομική υποστήριξη που μας παρείχε η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Υπηρεσία Ακαδημαϊκών Ανταλλαγών της Διάσκεψης των Υπουργείων Πολιτισμού μέσω του προγράμματος Erasmus+.

Ιδιαίτερα θερμές ευχαριστίες οφείλουμε στην Kathrin Eßwein, η οποία, ως συνομιλήτρια μας στην Υπηρεσία Ακαδημαϊκών Ανταλλαγών, παρείχε αμέριστη υποστήριξη και συμβουλές. Ευχαριστούμε επίσης την Janine Jahnke στο Πανεπιστήμιο Εκπαίδευσης της Χαϊδελβέργης, η οποία μας βοήθησε σε θέματα διαχείρισης εξωτερικής χρηματοδότησης.

Η δημοσίευση, συμπεριλαμβανομένων όλων των μερών της, προστατεύεται με πνευματική ιδιοκτησία. Το κείμενο δημοσιεύεται υπό τη δημόσια άδεια Creative Commons Αναφορά Παρόμοια Διανομή 4.0 (CC BY-SA 4.0). Το πλήρες κείμενο της άδειας υπάρχει στην ιστοσελίδα: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>. Η εκμετάλλευση που υπερβαίνει το πεδίο εφαρμογής της άδειας CC BY-SA 4.0 απαγορεύεται χωρίς τη συγκατάθεση των δημιουργών. Οι εικόνες και άλλο υλικό τρίτων που περιέχεται σε αυτό το έργο υπόκεινται επίσης στην προαναφερθείσα άδεια Creative Commons, εκτός εάν αναφέρεται διαφορετικά στη λεζάντα της πηγής/εικόνας. Εάν το εν λόγω υλικό δεν υπόκειται στην προαναφερθείσα άδεια Creative Commons και η εν λόγω πράξη δεν επιτρέπεται από τον νόμο, πρέπει να ληφθεί η συγκατάθεση του αντίστοιχου κατόχου πνευματικών δικαιωμάτων για τις προαναφερόμενες περαιτέρω χρήσεις του υλικού.