



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»**

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ «ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ»

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Χημικοί Συλλογισμοί που Χρησιμοποιούν
Πτυχιούχοι Χημείας και Μαθητές Λυκείου στις Εξηγήσεις τους
για Κοινωνικο-Επιστημονικά Θέματα**

**ΜΑΥΡΙΔΗ ΜΑΡΙΑ
ΧΗΜΙΚΟΣ**

ΑΘΗΝΑ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Χημικοί συλλογισμοί που χρησιμοποιούν πτυχιούχοι Χημείας και μαθητές Λυκείου στις εξηγήσεις τους για κοινωνικο-επιστημονικά θέματα

ΜΑΥΡΙΔΗ ΜΑΡΙΑ

A.M.: 171103

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Μαυρομούστακος Θωμάς, Καθηγητής, ΕΚΠΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μαυρομούστακος Θωμάς, Καθηγητής, ΕΚΠΑ

Μεθενίτης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΕΚΠΑ

Κουλουγλιώτης Διονύσιος, Καθηγητής, Ιόνιο Πανεπιστήμιο

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 13/2/2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μηχανιστικοί χημικοί συλλογισμοί αποτελούν ιδιαίτερης σημασίας υποκατηγορία των χημικών συλλογισμών, δηλαδή των συλλογισμών που βασίζονται σε χημικές γνώσεις και πληροφορίες, και η ενσωμάτωσή τους σε εξηγήσεις αποτελεί έναν βασικό στόχο της χημικής εκπαίδευσης. Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε το είδος των χημικών συλλογισμών σε γραπτές εξηγήσεις μαθητών Β' Λυκείου ενός πρότυπου σχολείου και πτυχιούχων Χημείας για το κοινωνικο-επιστημονικό θέμα της κλιματικής αλλαγής και των εναλλακτικών καυσίμων. Τα δεδομένα αναλύθηκαν με την εφαρμογή δύο πλαισίων ανάλυσης που στηρίζονται στη φιλοσοφική οπτική του μηχανιστικού συλλογισμού (ταυτοποίηση δομικών στοιχείων του μηχανισμού και εύρεση σχέσεων μεταξύ τους). Τα αποτελέσματα έδειξαν αφενός ότι και οι δυο ομάδες χρησιμοποιούν ποικιλία χημικών συλλογισμών (περιγραφικούς, συσχετιστικούς, απλούς αιτιακούς και αναδυόμενους μηχανιστικούς) και αφετέρου ότι οι πτυχιούχοι Χημείας ενσωματώνουν περισσότερο στις εξηγήσεις τους αναδυόμενους μηχανιστικούς συλλογισμούς σε σχέση με τους μαθητές, με τους τελευταίους ωστόσο να μπορούν να συλλογίζονται μηχανιστικά σε κάποιες περιπτώσεις. Σημαντικό ρόλο στον τύπο του συλλογισμού φαίνεται να έχει το είδος και η διατύπωση των ερωτήσεων καθώς επίσης και το κοινωνικο-επιστημονικό πλαίσιο.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Επιστημονικοί συλλογισμοί

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: χημικοί συλλογισμοί, μηχανιστικοί συλλογισμοί, σύγκριση αρχαρίων – ειδικών, κοινωνικο-επιστημονικά θέματα, κλιματική αλλαγή, φαινόμενο του θερμοκηπίου.

ABSTRACT

Mechanistic reasoning in chemistry is a key aspect of chemical reasoning, which is based on chemical knowledge and information and its use in explanations is an important goal of chemical education. In this study, model high school students' and chemists' chemical reasoning in written explanations concerning a socioscientific issue such as climate change and alternative fuels was under investigation. Data were analysed using two frameworks based on the philosophical aspect of mechanistic reasoning (identification of system components and relationships between them). The analysis revealed that both groups include a variety of types of chemical reasoning (descriptive, relational, simple causal, emerging mechanistic) in their explanations. Also, chemists tend to reason more mechanistically than students but the latter can sometimes think in that way, as well. The role of the questions' type and wording and the socioscientific framework seems to be crucial.

SUBJECT AREA: Scientific reasoning

KEYWORDS: chemical reasoning, mechanistic reasoning, novice-expert comparison, socioscientific issue, climate change, global warming.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας ερευνητικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Θωμά Μαυρομούστακο για τη συνεργασία και την πολύτιμη συμβολή του στην ολοκλήρωση της. Θέλω, επίσης, να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και προς τα άλλα δυο μέλη της τριμελούς επιτροπής και συγκεκριμένα τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Μεθενίτη και τον καθηγητή κ. Διονύσιο Κουλουγλιώτη, οι οποίοι συνέβαλαν με τις υποδείξεις και τις παρατηρήσεις τους στη βελτίωσή της.

Πολλές ευχαριστίες οφείλω στην αγαπητή μου κ. Κατερίνα Σάλτα, χωρίς την καθοδήγηση και τη στήριξη της οποίας δε θα ήταν δυνατή η πραγματοποίηση της εργασίας αυτής.

Ευχαριστώ πολύ όλους τους διδάσκοντες του ΠΜΣ ΔιΧηNET (πολλοί από τους οποίους διδάσκουν ανιδιοτελώς) για τη συμβολή τους με τις εύστοχες παρατηρήσεις τους κατά την παρουσίαση της πρότασης της ερευνητικής εργασίας, την κ. Κατερίνα Πασχαλίδου για την πολύ μεγάλη βοήθειά της όλο το διάστημα που φοίτησα στο ΠΜΣ και τον εκπαιδευτικό κ. Κωνσταντίνο Χαρίτο, ο οποίος ήταν υπεύθυνος κατά την πρακτική μου άσκηση στο Πρότυπο ΓΕΛ Αναβρύτων και με τα σχόλιά του συνέβαλε στη βελτίωση του εργαλείου της έρευνας. Ευχαριστίες οφείλω και σε όσους χημικούς αφιέρωσαν χρόνο και συμπλήρωσαν τις ερωτήσεις κατά την υλοποίηση της έρευνας.

Τελευταίους αλλά όχι λιγότερο σημαντικούς θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τις αδερφές μου και τους φίλους μου, οι οποίοι με στήριξαν και με βοήθησαν πάρα πολύ όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	18
1.1 Εξήγηση	18
1.1.1 Επιστημονική εξήγηση	19
1.1.2 Εξήγηση κοινής λογικής	19
1.1.3 Εξήγηση στο σχολικό πλαίσιο.....	20
1.1.4 Διαφορά εξήγησης με επιχείρημα και αιτιολόγηση	21
1.2 Επιστημονικοί - χημικοί συλλογισμοί	22
1.2.1 Η επιστημονική σκέψη και οι επιστημονικοί συλλογισμοί	22
1.2.2 Η χημική σκέψη και οι χημικοί συλλογισμοί.....	23
1.2.3 Μηχανιστικοί χημικοί συλλογισμοί.....	24
1.2.4 Πλαίσια ανάλυσης μηχανιστικών συλλογισμών	27
1.2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τους χημικούς συλλογισμούς.....	30
1.3 Κοινωνικο-επιστημονικά θέματα	32
1.3.1 Γενικά για τα κοινωνικο-επιστημονικά θέματα	32
1.3.2 Κοινωνικο-επιστημονικά θέματα και συλλογισμοί	32
1.3.3 Το κοινωνικο-επιστημονικό θέμα της κλιματικής αλλαγής.....	33
1.3.4 Πώς κατανοούν οι μαθητές και εκπαιδευτικοί θέματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή	33
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	35
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	38
3.1 Σχεδιασμός της έρευνας	38
3.2 Το εργαλείο της έρευνας.....	39
3.2.1 Ανάπτυξη των ερωτήσεων	39
3.2.2 Αξιολόγηση των ερωτήσεων	41
3.3 Υλοποίηση της έρευνας.....	42

3.3.1	Υλοποίηση της έρευνας στους μαθητές	42
3.3.2	Υλοποίηση της έρευνας στους πτυχιούχους Χημείας.....	43
3.4	Ανάλυση δεδομένων.....	44
3.4.1	Παρουσίαση των ερωτήσεων.....	45
3.4.2	Προσαρμογή του πλαισίου ανάλυσης του Russ και των συνεργατών του [43]	47
3.4.3	Προσαρμογή του πλαισίου ανάλυσης του Moreira και των συνεργατών του [36]	49
3.4.4	Αξιοπιστία της ανάλυσης των δεδομένων	53
4.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	54
4.1	Αναγνώριση του μηχανιστικού συλλογισμού με βάση το πλαίσιο του Russ και των συνεργατών του [43]	54
4.1.1	Εφαρμογή του πλαισίου ανάλυσης στις ερωτήσεις	55
4.1.2	Εφαρμογή του πλαισίου ανάλυσης στο κείμενο	58
4.2	Αναγνώριση του μηχανιστικού συλλογισμού με βάση το πλαίσιο του Moreira και των συνεργατών του [36].....	61
4.2.1	Εφαρμογή του πλαισίου ανάλυσης στις ερωτήσεις	86
4.2.2	Εφαρμογή του πλαισίου ανάλυσης στο κείμενο	88
4.3	Διαφορές στους συλλογισμούς μεταξύ μαθητών και χημικών	90
4.4	Συζήτηση των αποτελεσμάτων	94
4.5	Επισημάνσεις σχετικές με την ορθότητα των συλλογισμών	98
4.6	Περιορισμοί της έρευνας.....	101
5.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	102
6.	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ	106
7.	ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	109
8.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: Ερωτήσεις (για μαθητές).....	110
9.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Ερωτήσεις (για χημικούς).....	115
10.	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	120

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Δομικά στοιχεία μηχανισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 1)	56
Σχήμα 2: Δομικά στοιχεία μηχανισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 2)	56
Σχήμα 3: Δομικά στοιχεία μηχανισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 3)	57
Σχήμα 4: Δομικά στοιχεία μηχανισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 4)	58
Σχήμα 5: Φαινόμενα που χρησιμοποιήθηκαν στις εξηγήσεις στο κείμενο.....	59
Σχήμα 6: Δομικά στοιχεία μηχανισμού της καύσης στις εξηγήσεις (κείμενο).....	59
Σχήμα 7: Δομικά στοιχεία μηχανισμού της φωτοσύνθεσης στις εξηγήσεις (κείμενο)	60
Σχήμα 8: Δομικά στοιχεία μηχανισμού του φαινομένου του θερμοκηπίου στις εξηγήσεις (κείμενο)	61
Σχήμα 9: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 1)	62
Σχήμα 10: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 1)	62
Σχήμα 11: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 1)	63
Σχήμα 12: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 1)	63
Σχήμα 13: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 1)	64
.....	
Σχήμα 14: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 1)	64
.....	
Σχήμα 15: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 2)	65
Σχήμα 16: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 2)	65
Σχήμα 17: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 2)	66
Σχήμα 18: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 2)	66
Σχήμα 19: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 2)	67
Σχήμα 20: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 2)	67
.....	
Σχήμα 21: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 2)	68
.....	

Σχήμα 22: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 3)	68
Σχήμα 23: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 3)	69
Σχήμα 24: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 3)	69
Σχήμα 25: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 3)	70
Σχήμα 26: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 3)	70
Σχήμα 27: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 3)	71
Σχήμα 28: Διάγραμμα συλλογισμού περιγραφικού επιπέδου (ερώτηση 4).....	72
Σχήμα 29: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 4)	72
Σχήμα 30: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 4)	73
Σχήμα 31: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 4)	74
Σχήμα 32: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 4)	75
Σχήμα 33: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 4)	75
Σχήμα 34: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 4)	76
Σχήμα 35: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 4)	77
Σχήμα 36: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 4)	78
Σχήμα 37: Διάγραμμα συλλογισμού περιγραφικού επιπέδου (κείμενο).....	80
Σχήμα 38: Διάγραμμα συλλογισμού περιγραφικού επιπέδου (κείμενο)	80
Σχήμα 39: Διάγραμμα συλλογισμού περιγραφικού επιπέδου (κείμενο)	81
Σχήμα 40: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (κείμενο).....	81
Σχήμα 41: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (κείμενο).....	82
Σχήμα 42: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (κείμενο).....	83
Σχήμα 43: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (κείμενο).....	83
Σχήμα 44: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (κείμενο).....	84

Σχήμα 45: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (κείμενο).....	85
Σχήμα 46: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (κείμενο)....	85
Σχήμα 47: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 1)	86
Σχήμα 48: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 2)	86
Σχήμα 49: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 3)	87
Σχήμα 50: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 4)	87
Σχήμα 51: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις για την καύση (κείμενο).....	88
Σχήμα 52: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις για τη φωτοσύνθεση (κείμενο)	89
Σχήμα 53: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις για το φαινόμενο θερμοκηπίου (κείμενο)	89
Σχήμα 54: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις (κείμενο - συνολικά)	90

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Σχέδιο μαθητή M05 (ερώτηση 4α)	71
Εικόνα 2: Σχέδιο μαθητή M04 (ερώτηση 4α)	72
Εικόνα 3: Σχέδιο μαθητή M24 (ερώτηση 4α)	73
Εικόνα 4: Σχέδιο μαθητή M17 (ερώτηση 4α)	73
Εικόνα 5: Σχέδιο μαθητή M13 (ερώτηση 4α)	74
Εικόνα 6: Σχέδιο χημικού X01 (ερώτηση 4α)	75
Εικόνα 7: Σχέδιο μαθητή M20 (ερώτηση 4α)	76
Εικόνα 8: Σχέδιο χημικού X10 (ερώτηση 4α)	77
Εικόνα 9: Σχέδιο μαθητή M08 (ερώτηση 4α)	78
Εικόνα 10: Διάγραμμα της θερμοκρασίας συναρτήσει των χιλιάδων ετών πριν από σήμερα και της συγκέντρωσης του CO ₂ (ppm). Το διάγραμμα αυτό δινόταν στην ερώτηση 3.	99
Εικόνα 11: Φαινόμενο του θερμοκηπίου (Λιοδάκης κ.ά., 2011)	100

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Προφίλ μαθητών και πτυχιούχων Χημείας με βάση τα επίπεδα συλλογισμού στις ερωτήσεις (Π: Περιγραφικό, Σ: Συσχετιστικό, Α: Απλό Αιτιακό, Μ: Αναδυόμενο μηχανιστικό).	90
Πίνακας 2: Επιμέρους συλλογισμοί μαθητών και πτυχιούχων Χημείας στο κείμενο (Π: Περιγραφικοί, Σ: Συσχετιστικοί, Α: Απλοί αιτιακοί, Μ: Αναδυόμενοι μηχανιστικοί)	92
Πίνακας 3: Συνολικοί συλλογισμοί μαθητών και πτυχιούχων Χημείας στο κείμενο (Π: Περιγραφικός, Σ: Συσχετιστικός, Α: Απλός Αιτιακός, Μ: Αναδυόμενος μηχανιστικός). ..	93
Πίνακας 4: Συλλογισμοί μαθητών και πτυχιούχων Χημείας στο κείμενο (Π: Περιγραφικός, Σ: Συσχετιστικός, Α: Απλός Αιτιακός, Μ: Αναδυόμενος μηχανιστικός). ..	93
Πίνακας 5: Πίνακας ορολογίας με τις αντιστοιχίσεις των ελληνικών και ξενόγλωσσων όρων	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 Εξήγηση

Πολλοί φιλόσοφοι ισχυρίζονται ότι οι επιστημονικές θεωρίες, εκτός από την περιγραφή του κόσμου, θα πρέπει να παρέχουν και εξηγήσεις σχετικές με τον κόσμο. Σύμφωνα με το Macmillan Λεξικό της Ιστορίας των Επιστημών (σελ. 209) *εξήγηση (explanation) είναι η διαδικασία ή η απολογιστική αναφορά με την οποία κάτι γίνεται κατανοητό.* [1] Αυτό που εξηγείται ονομάζεται *εξηγητέο (explanandum)* και μπορεί να είναι πρόταση, συμβάν, κατάσταση, διεργασία, νόμος ή θεωρία, ενώ η διεργασία ή η απολογιστική αναφορά που επιτελεί το έργο της εξήγησης αποτελεί το *εξηγούν* ή την *εξηγητική αρχή (explanans)*. [1, 2]

Από φιλοσοφική άποψη, οι εξηγήσεις μπορεί να είναι αιτιακές, νομολογικές, τελεολογικές, ψυχολογικές κ.ά. Η αιτιακή εξήγηση αποδίδει τη δομή αιτίου και αποτελέσματος σε συμβάντα προς εξήγηση ενός φαινομένου. Η νομολογική εξήγηση ή εξήγηση με αναφορά σε νόμους δείχνει ότι το συμβάν έπρεπε να συμβεί, εφόσον οι φυσικοί νόμοι είναι αυτοί που είναι. [2] Σύμφωνα με τον Ladyman, η επιστημονική εξήγηση είναι συνήθως αιτιακή και η αναφορά σε νόμους συμπληρώνεται με έναν αιτιακό απολογισμό του γιατί ισχύουν οι νόμοι. [2] Για παράδειγμα, οι νόμοι των αερίων εξηγούνται με αναφορά στις μοριακές κινήσεις που είναι το αίτιο «φαινομένων» όπως η πίεση και η θερμοκρασία. Επομένως, η αιτιακή εξήγηση μπορεί να αναχθεί σε νομολογική εξήγηση. [2] Στη σύγχρονη επιστήμη, πολλές εξηγήσεις συνήθως απορρέουν από μαθηματικούς νόμους, όπως ο νόμος των ιδανικών αερίων. Η εξήγηση με αναφορά ενός νόμου (μιας παγκόσμιας γενίκευσης) σε συγκεκριμένες συνθήκες προβλέπει, είτε ντετερμινιστικά είτε πιθανολογικά, τη συμπεριφορά ενός φαινομένου. [3]

Οι ερωτήσεις που ζητούν εξηγήσεις συνήθως είναι της μορφής «Γιατί;». [4] Αν δεχθούμε τον απλούστερο ορισμό, ότι δηλαδή η εξήγηση είναι η απάντηση σε μια συγκεκριμένη ερώτηση, γίνεται αντιληπτό ότι μια συγκεκριμένη εξήγηση

δεν είναι κατάλληλη σε όλες τις περιστάσεις και για όλα τα ακροατήρια. Η σημασία της εξήγησης ποικίλει ανάλογα με την εμπειρία και τις προσδοκίες αυτών που τη ζητούν ή τη δίνουν. [5] Με άλλη σημασία χρησιμοποιούν τη λέξη εξήγηση οι άνθρωποι στην καθημερινή τους ζωή, με άλλοι οι μαθητές στο πλαίσιο των σχολικών μαθημάτων και με άλλοι οι επιστήμονες.

1.1.1 Επιστημονική εξήγηση

Μια επιστημονική εξήγηση (scientific explanation) είναι η απάντηση στην ερώτηση του πώς και γιατί ένα φαινόμενο συμβαίνει, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες και τις συνέπειες του παρατηρούμενου φαινομένου, [6] ή γιατί μια οντότητα έχει συγκεκριμένες ιδιότητες. [7] Υπάρχει βέβαια μια ποικιλία ορισμών για την έννοια αυτή και αναφέρεται στη βιβλιογραφία ότι δεν μπορεί να υπάρξει ένας μόνο πλήρης ορισμός της επιστημονικής εξήγησης. [8, 9, 10] Επίσης, σημαντικό ρόλο στις επιστημονικές εξηγήσεις έχουν τα επιστημονικά μοντέλα. [5] Ανάμεσα στις επιστημονικές περιλαμβάνονται και οι χημικές εξηγήσεις, οι οποίες προκύπτουν από την εφαρμογή των θεωρητικών πλαισίων και γνώσεων της Χημείας. [11]

1.1.2 Εξήγηση κοινής λογικής

Τα κριτήρια που ένας άνθρωπος χρησιμοποιεί για να αξιολογήσει τις εξηγήσεις του σχετικά με τα διάφορα φαινόμενα δεν είναι απαραίτητα ίδια με αυτά που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες, καθώς οι τελευταίοι έχουν ως σημείο αναφοράς τις αποδεκτές επιστημονικές εξηγήσεις. [12] Αν και οι επιστημονικές εξηγήσεις έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τις καθημερινές εξηγήσεις, οι δυο αυτοί τύποι εξηγήσεων διαφέρουν ουσιαστικά. Στην καθημερινή ζωή, όταν οι άνθρωποι χρησιμοποιούν την λέξη «εξήγηση», δε ζητούν απαραίτητα από κάποιον να δώσει επαρκή στοιχεία και συλλογισμό για κάποιον ισχυρισμό του, αλλά τους αρκεί μια περιγραφή, [13] μια αφήγηση γεγονότων ή μια προσπάθεια να κατανοήσει κάποιος κάτι. [14] Για παράδειγμα, κάποιος μπορεί να ρωτήσει «Μπορείς να μου εξηγήσεις πώς να πάω στο ταχυδρομείο;» ή «Εξήγησέ μου πώς λειτουργεί αυτή η εφαρμογή». Όπως όλοι οι άνθρωποι, και οι μαθητές καλούνται σε καθημερινό επίπεδο να αξιολογήσουν εξηγήσεις που εμφανίζονται στο διαδίκτυο ή την τηλεόραση με βάση την εγκυρότητα και την αξιοπιστία που αυτές έχουν. [13]

1.1.3 Εξήγηση στο σχολικό πλαίσιο

Οι αρχικές εξηγήσεις των μαθητών για μια διαδικασία ή ένα φαινόμενο περιλαμβάνουν συνήθως μια ποικιλία μη επιστημονικά αποδεκτών ιδεών, κάποιες από τις οποίες είναι περισσότερο παραγωγικές από άλλες. [15] Έχει μάλιστα παρατηρηθεί ότι πολλοί μαθητές, όταν τους ζητούνται εξηγήσεις, γράφουν μόνο ισχυρισμούς χωρίς να παρέχουν καμία εξήγηση ή αιτιολόγηση γι' αυτούς. [13] Τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι μαθητές συχνά κατασκευάζουν εξηγήσεις από μερική κατανόηση των επιστημονικών ιδεών, περιορισμένη πρόσβαση σε εμπειρικά δεδομένα και ποικίλες ιδέες σχετικά με τον φυσικό κόσμο. [9] Επίσης, οι μαθητές συχνά εξετάζονται στην ικανότητά τους να ανακαλούν έναν περιορισμένο αριθμό εξηγήσεων και να τις εφαρμόζουν σε συγκεκριμένες μόνο καταστάσεις για να αξιολογηθούν. [5, 14] Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην τους δίνεται το περιθώριο να εξασκούνται στην διαδικασία παραγωγής εξηγήσεων για διάφορα επιστημονικά φαινόμενα.

Το μάθημα της Χημείας προσφέρει πολλές ευκαιρίες στους μαθητές για παραγωγή εξηγήσεων. [6] Η κατασκευή εξηγήσεων από τους μαθητές είναι ένας από τους βασικούς στόχους της (χημικής) εκπαίδευσης διεθνώς [9, 16, 17] καθώς αποτελεί μια ευκαιρία να εμπλακούν στις επιστημονικές πρακτικές με έναν καθοδηγούμενο τρόπο [18] και είναι απαραίτητη για τον επιστημονικό γραμματισμό τους. [16] Επίσης, η παροχή μιας επιστημονικής εξήγησης συνεισφέρει στην καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου [13] και είναι ένδειξη αυτής [19], αποτελεί μια δεξιότητα ιδιαίτερης σημασίας στην επικοινωνία της επιστήμης και είναι σημαντική σε δραστηριότητες τόσο εντός της σχολικής τάξης [20] όσο και γενικότερα.

Συνεπώς, μεγάλο είναι και το σχετικό ενδιαφέρον των ερευνητών, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο πλήθος ερευνών για την παραγωγή γραπτών εξηγήσεων στη Χημεία και τις Φυσικές Επιστήμες τόσο σε μαθητές [8, 10, 21, 22] όσο και σε φοιτητές. [19] Σε κάποιες από αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί πλαίσια με σκοπό την υποστήριξη της παραγωγής εξηγήσεων. [16, 23, 24] Έχουν, επίσης, μελετηθεί προφορικές εξηγήσεις μαθητών [20] και φοιτητών. [11]

1.1.4 Διαφορά εξήγησης με επιχειρήματα και αιτιολόγηση

Η έρευνα για τις επιστημονικές εξηγήσεις στα πλαίσια των μαθημάτων των φυσικών επιστημών έχει στενή σχέση με την έρευνα σχετικά με την επιχειρηματολογία, [20] καθώς η κατασκευή μιας εξήγησης και ενός επιχειρήματος είναι συμπληρωματικές πρακτικές. [8] Ωστόσο, οι όροι εξήγηση, επιχείρημα (argument) και αιτιολόγηση (justification) δεν χρησιμοποιούνται αδιακρίτως.

Ένα επιχείρημα σχετικό με ένα επιστημονικό θέμα θα πρέπει να περιλαμβάνει έναν ισχυρισμό (claim), δηλαδή ένα συμπέρασμα σχετικά με ένα πρόβλημα που ουσιαστικά αποτελεί μια απάντηση σε μια συγκεκριμένη ερώτηση, με κατάλληλα και επαρκή στοιχεία (evidence), δηλαδή επιστημονικά δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό, και ένα συλλογισμό (reasoning), δηλαδή μια αιτιολόγηση, με βάση τις κατάλληλες επιστημονικές αρχές, του γιατί τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως στοιχεία για να υποστηρίξουν τον ισχυρισμό. [6]

Σύμφωνα με τους Osborne και Patterson, ο σκοπός μιας επιστημονικής εξήγησης είναι να λογοδοτήσει για ένα γενικώς αποδεκτό φαινόμενο και να δώσει μια αίσθηση αυξημένης κατανόησης, ενώ μια αιτιολόγηση ή ένα επιχείρημα επιδιώκει να πείσει ή να δικαιολογήσει μια πεποίθηση και ισχυρισμό. [25] Σε μια εξήγηση η πρόταση που εξηγείται έχει μεγαλύτερη βεβαιότητα από τις προτάσεις που χρησιμοποιούνται για να την εξηγήσουν. Αντίθετα, σε ένα επιχείρημα η μεγαλύτερη βεβαιότητα βρίσκεται στις προκείμενες που παράγουν μια αιτιολόγηση για ένα λιγότερο βέβαιο συμπέρασμα. [25] Οι εξηγήσεις δεν κατασκευάζονται από δεδομένα, τα οποία αποτελούν στοιχεία ενός επιχειρήματος, αλλά από επιστημονικές αρχές, μοντέλα και αναπαραστάσεις της πραγματικότητας. Για τον λόγο αυτό, πολλές εξηγήσεις δεν είναι επιχειρήματα ή αιτιολογήσεις και πολλές αιτιολογήσεις και επιχειρήματα δεν είναι εξηγήσεις. [7]

Παράδειγμα ερώτησης που απαιτεί αιτιολόγηση είναι: «Αιτιολόγησε ποιο χαρακτηριστικό ενός καυσίμου θεωρείς περισσότερο σημαντικό». Παράδειγμα ερώτησης που απαιτεί εξήγηση είναι: «Εξήγησε γιατί το υδρογόνο είναι «φιλικότερο» προς το περιβάλλον καύσιμο από το πετρέλαιο».

Η παραγωγή εξηγήσεων καθιστά περισσότερο εμφανή τον συλλογισμό των μαθητών από την κατασκευή ενός επιχειρήματος. [26]

1.2 Επιστημονικοί - χημικοί συλλογισμοί

1.2.1 Η επιστημονική σκέψη και οι επιστημονικοί συλλογισμοί

Οι επιστημονικοί συλλογισμοί (scientific reasoning ή scientific thinking) αποτελούν έναν από τους βασικούς στόχους της εκπαίδευσης τον 21ο αιώνα σε διεθνές επίπεδο. [27, 28] Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για τους επιστημονικούς συλλογισμούς και την επιστημονική σκέψη. Σύμφωνα με τους Morris, Croker, Masnick & Zimmerman, ένας επιστημονικός συλλογισμός περιλαμβάνει το συλλογισμό και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων για την παραγωγή, τον έλεγχο και την αναθεώρηση υποθέσεων ή θεωριών και, σε ένα ανώτερο επίπεδο, τον αναστοχασμό της διαδικασίας απόκτησης της γνώσης και της αλλαγής της γνώσης ως αποτέλεσμα διερεύνησης. [29]

Μέσα από τη μελέτη της ιστορίας της επιστήμης και του τρόπου με τον οποίο οι επιστήμονες συλλογίζονται ώστε να απαντήσουν σε θεμελιώδεις ερωτήσεις για τον φυσικό κόσμο και να τεκμηριώσουν τις ιδέες τους, έχουν καταγραφεί τα είδη των συλλογισμών που έχουν αναπτυχθεί στην επιστημονική σκέψη από την αρχαιότητα ακόμη. Αυτά είναι: (1) η μαθηματική παραγωγή (mathematical deduction), δηλαδή η χρήση των μαθηματικών για την αναπαράσταση του κόσμου και για την κατασκευή ενός παραγωγικού επιχειρήματος, (2) η πειραματική αξιολόγηση (experimental evaluation), δηλαδή η χρήση πειραματικής έρευνας και εμπειρικών δεδομένων για τον έλεγχο των επιστημονικών ιδεών, μοτίβων, υποθετικών μοντέλων, επιχειρημάτων κ.ά., (3) η μοντελοποίηση (hypothetical modeling), δηλαδή η κατασκευή αναλογικών και υποθετικών εξηγητικών μοντέλων για την αναπαράσταση του φυσικού κόσμου, (4) η κατηγοριοποίηση και ταξινόμηση (categorization and classification), δηλαδή η διάταξη μιας ποικιλίας οντοτήτων μέσω σύγκρισης και κριτηρίων ταξινόμησης, (5) ο πιθανολογικός συλλογισμός (probabilistic reasoning), δηλαδή η στατιστική ανάλυση των κανονικοτήτων στους πληθυσμούς, η αναγνώριση μοτίβων και ο υπολογισμός της πιθανότητάς τους και (6) ο ιστορικά βασισμένος εξελικτικός συλλογισμός (historical-based evolutionary reasoning), δηλαδή η δημιουργία ιστορικών αναφορών για την

προέλευση των ειδών, τη δημιουργία της Γης, του ηλιακού συστήματος, των στοιχείων κ.ά.. [30]

Η επιστημονική σκέψη διαφέρει από καθημερινούς, ανεπίσημους τρόπους σκέψης με την έννοια ότι αναπτύσσεται με αργούς ρυθμούς [29] και αδυναμίες σε αυτήν παρουσιάζουν περισσότερο τα παιδιά και πολύ λιγότερο οι ενήλικες. Τέτοιες αδυναμίες είναι η ελλιπής ή η μη συστηματική έρευνα, η αδυναμία ελέγχου εξωτερικών μεταβλητών, η παραποίηση δεδομένων για να διατηρηθούν υπάρχουσες «αγαπημένες» θεωρίες, τα λογικά λάθη στην ερμηνεία μοτίβων στα δεδομένα.

Καθώς οι μαθητές ξεκινούν να αντιλαμβάνονται τους περιορισμούς των καθημερινών τρόπων σκέψης, μπορούν να τους χρησιμοποιήσουν ως βάση για την ανάπτυξη της αναλυτικής και επιστημονικής σκέψης. Αυτή η μετάβαση ενισχύεται με την εξάσκηση σε βάθος χρόνου. [31] Η καθοδήγηση πάντως των μαθητών στην ανάπτυξη επιστημονικών συλλογισμών είναι απαραίτητη. [27, 29]

1.2.2 Η χημική σκέψη και οι χημικοί συλλογισμοί

Ειδικά για τη Χημεία, χρησιμοποιούνται οι όροι χημικός συλλογισμός (chemical reasoning) και χημική σκέψη (chemical thinking) για τη διαδικασία της σκέψης (thought process) που βασίζεται σε χημικές γνώσεις και πληροφορίες. Χρησιμοποιείται και ο όρος «chemical rationale» που αναφέρεται στο προϊόν ενός συλλογισμού ο οποίος χρησιμοποιεί χημική γνώση για την παραγωγή εξηγήσεων, αιτιολογήσεων ή επιχειρημάτων και διακρίνεται σε φαινομενολογικό, μηχανικό και δομικό. [17] Ιδιαίτερης σημασίας χημικοί συλλογισμοί είναι οι μηχανιστικοί (mechanistic), [32] οι συλλογισμοί με βάση μοντέλα (model-based) [33] και οι συλλογισμοί που βασίζονται στη σχέση δομής – ιδιοτήτων. [34] Η ενσωμάτωση των τελευταίων στις εξηγήσεις αποτελεί μια πολύ σημαντική δεξιότητα ενός χημικού. [15]

Μια άλλη ταξινόμηση των συλλογισμών που συνδέονται με χημικές έννοιες και χρησιμοποιούν συχνότερα οι μαθητές προέκυψε από έρευνες σχετικές με τη μαθησιακή πρόοδο. [35] Με βάση αυτήν την ταξινόμηση, οι κυριότεροι τρόποι συλλογισμού των μαθητών είναι: (α) ο περιγραφικός (descriptive), ο οποίος βασίζεται σε εμπειρίες από την καθημερινή ζωή, δε γίνεται αναφορά

σε αιτίες και ως εξήγηση θεωρείται η περιγραφή του φαινομένου, (β) ο συσχετιστικός (relational), ο οποίος συσχετίζει τις ιδιότητες με τη συμπεριφορά χωρίς να παρέχει εξηγήσεις ή να τεκμηριώνει τη συσχέτιση, (γ) ο γραμμικός αιτιακός (linear causal), όπου τα φαινόμενα θεωρούνται αποτέλεσμα ενός μόνο «δράστη» (agent) στις υπόλοιπες οντότητες και οι σχέσεις αιτίας – αποτελέσματος είναι γραμμικές και (δ) ο πολυσυστατικός (multicomponent), ο οποίος διακρίνεται σε απομονωμένο (isolated), όταν η επίδραση των διαφορετικών μεταβλητών λαμβάνεται υπόψη ξεχωριστά, και σε απαρτιωμένο (integrated), όταν τα πολύπλοκα φαινόμενα θεωρούνται ως το αποτέλεσμα της δυναμικής αλληλεπίδρασης περισσότερων της μιας μεταβλητής. [35] Η παραπάνω ταξινόμηση εξελίχθηκε από τους Moreira, Marzabal & Talanquer [36], οι οποίοι αναφέρονται σε αναδύμενο μηχανιστικό (emerging mechanistic) αντί για τον πολυσυστατικό συλλογισμό. Ο αναδύμενος μηχανιστικός συλλογισμός έχει στοιχεία χωρο-χρονικής οργάνωσης.

1.2.3 Μηχανιστικοί χημικοί συλλογισμοί

Κατά την ανάπτυξη της Χημείας, ιδιαίτερο ρόλο στις εξηγήσεις έχουν οι μηχανιστικοί συλλογισμοί, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή, εξήγηση και πρόβλεψη της συμπεριφοράς πολλών συστημάτων. [15] Σύμφωνα με τους Machamer, Darden & Craver, οι μηχανισμοί αποτελούνται από οντότητες (entities) και δραστηριότητες (activities) που οργανώνονται έτσι ώστε να παράγουν ομαλές μεταβολές από τις αρχικές μέχρι τις τελικές συνθήκες. [32] Οι μηχανισμοί δεν αναφέρονται απαραίτητα σε μηχανικά συστήματα.

Γενικά, οι αιτιακοί μηχανιστικοί συλλογισμοί αρχίζουν με τον προσδιορισμό του φαινομένου που πρέπει να εξηγηθεί, ακολουθεί ο χαρακτηρισμός των σχετικών οντοτήτων και δραστηριοτήτων και στη συνέχεια περιγράφουν τη χωροχρονική οργάνωση αυτών των συστατικών που παράγει το φαινόμενο (δηλαδή, ο μηχανισμός παρέχει μια αιτιακή αιτιολόγηση του φαινομένου). [37] Οι οντότητες του μηχανισμού θεωρείται ότι έχουν χαρακτηριστικές ιδιότητες οι οποίες καθορίζουν τον τρόπο που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και τις δραστηριότητες στις οποίες εμπλέκονται [38] και υπάρχει αλληλοεξάρτηση

μεταξύ οντοτήτων και δραστηριοτήτων. Οι μηχανισμοί είναι συνεχείς διαδικασίες αλλά, για δική μας διευκόλυνση, θεωρούμε ότι αποτελούνται από διακριτά στάδια και έχουν μια κανονικότητα, με την έννοια ότι λειτουργούν ως επί το πλείστον με τον ίδιο τρόπο υπό τις ίδιες συνθήκες. Η κανονικότητα αυτή φαίνεται από την παραγωγική συνέχεια μεταξύ των σταδίων. Μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν διαγράμματα που αναπαριστούν χαρακτηριστικά των μηχανισμών, τα οποία είναι περισσότερο αντιληπτά με οπτικό τρόπο. Μάλιστα, ένα διάγραμμα μπορεί να περιλαμβάνει πολλούς διαφορετικούς μηχανισμούς. Ακόμη, οι αρχικές συνθήκες (χρονικές, χωρικές ή άλλου είδους) αποτελούν μέρος του μηχανισμού και περιλαμβάνουν συνθήκες ενεργοποίησης του μηχανισμού. Οι τελικές συνθήκες είναι συνήθως καταστάσεις αυξημένης σταθερότητας, όπως για παράδειγμα η κατάσταση ισορροπίας. [32]

Η οργάνωση των συστατικών μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διάφορα επίπεδα και οι ιδιότητες ενός συστήματος σε ένα δεδομένο επίπεδο προκύπτουν συχνά από τις ιδιότητες, τις αλληλεπιδράσεις, τις δραστηριότητες και την οργάνωση των υποσυστημάτων ενός άλλου επιπέδου. [38] Ένα παράδειγμα τέτοιας οργάνωσης σε ένα μηχανιστικό συλλογισμό στη Χημεία είναι το εξής: οι ιδιότητες των μοριακών ενώσεων εξηγούνται με βάση τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε έναν μεγάλο αριθμό μορίων. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις με τη σειρά τους καθορίζονται από τη σύσταση και τη δομή μεμονωμένων μορίων που προκύπτουν από δυναμικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε υποατομικά επίπεδα τα οποία περιλαμβάνουν πρωτόνια και ηλεκτρόνια.

Ο μηχανιστικός συλλογισμός διαφέρει από τον συλλογισμό που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή για να κατανοήσουμε τι συμβαίνει στο περιβάλλον μας και, επομένως, παρουσιάζει δυσκολίες τόσο για τους ίδιους τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς που θέλουν να εμπλέξουν τους μαθητές τους σε αυτό το είδος συλλογισμού. Ένας λόγος είναι ότι απαιτεί την ταυτόχρονη ανάλυση πολλών παραγόντων σε διαφορετικά επίπεδα: ατομικό, μοριακό και πολυσωματιδιακό. [15, 39] Επίσης, πολλοί μαθητές σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες δεν μπορούν να αντιληφθούν τα άτομα και τα μόρια (στο υπομικροσκοπικό επίπεδο) ή τις χημικές ουσίες (στο μακροσκοπικό

επίπεδο) ως δυναμικές οντότητες που οι ιδιότητες τους προέρχονται από τις δυναμικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συστατικών τους. Αντιθέτως, θεωρούν ότι πρόκειται για απλά ή σύνθετα στατικά αντικείμενα με εσωτερικές δυνάμεις ή σκοπούς. Συνεπώς, πολλοί μαθητές αποτυγχάνουν να παράγουν ή ακόμα και να σκεφτούν μια μηχανιστική εξήγηση βασισμένη στην ανάλυση των ανταγωνιστικών, τυχαίων διαδικασιών που περιλαμβάνουν πολλά επιμέρους συστατικά. [40]

Οι μαθητές χρησιμοποιούν μηχανιστική σκέψη σε συγκεκριμένες μόνο περιπτώσεις στις οποίες έχουν διδαχθεί τα αντίστοιχα φαινόμενα με αυτόν τον τρόπο. Ωστόσο, δεν υπάρχει συστηματική προσπάθεια ανάπτυξης μηχανιστικού συλλογισμού των μαθητών που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ερμηνεία διαφορετικών φαινομένων. Συγκεκριμένα, η οργάνωση των μαθημάτων γίνεται με βάση το περιεχόμενο (π.χ. χημικός δεσμός, χημικές αντιδράσεις) και όχι με βάση τους χημικούς τρόπους συλλογισμού, ενώ δίνεται έμφαση στην απόκτηση περιγραφικής γνώσης και βασικών δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων. [15] Η κατασκευή αιτιακών μηχανιστικών εξηγήσεων για χημικά φαινόμενα από τους μαθητές μπορεί να μας δώσει πολλές πληροφορίες για το πώς κατανοούν οι μαθητές τις χημικές έννοιες και πώς τα διαφορετικά περιβάλλοντα μάθησης υποστηρίζουν το συλλογισμό τους. [18]

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο μηχανιστικός χημικός συλλογισμός όπως περιγράφεται στο πλαίσιο αυτής της εργασίας δεν ταυτίζεται απαραίτητα με το μηχανιστικό συλλογισμό στην οργανική χημεία, δηλαδή με τον σχεδιασμό των κυρτών βελών. Επειδή υπάρχουν αρκετές προσεγγίσεις, μερικές φορές αλληλοσυγκρουόμενες, για το τι είναι μηχανιστικός συλλογισμός, δημιουργείται συχνά σύγχυση σχετικά με το τι αναμένεται από τους μαθητές και πώς θα γνωρίζουμε αν έχουν ανταποκριθεί σε αυτές τις προσδοκίες. [41] Για την αποφυγή τέτοιας σύγχυσης, στην παρούσα εργασία, γίνεται από την αρχή γνωστό ότι υιοθετείται ο ορισμός των Machamer, Darden & Craver [32] και θα χρησιμοποιηθούν πλαίσια ανάλυσης που βασίζονται σε αυτόν τον ορισμό.

1.2.4 Πλαίσια ανάλυσης μηχανιστικών συλλογισμών

Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί μεθοδολογία για τον τρόπο προσδιορισμού, αξιολόγησης και υποστήριξης της ανάπτυξης των μηχανιστικών συλλογισμών στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών. [42] Πλαίσια ανάλυσης που στηρίζονται στην φιλοσοφική οπτική του επιστημονικού συλλογισμού όπως έχει εκφραστεί από την εργασία του Machamer και των συνεργατών του [32] είναι αυτά των Russ, Scherr, Hammer & Mikeska [43] και του Moreira και των συνεργατών του [36], τα οποία και θα περιγράψουμε στη συνέχεια επειδή χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Το σχήμα κωδικοποίησης του Russ και των συνεργατών του [43] έχει εφαρμοστεί και σε άλλες έρευνες. [12] Αυτά τα πλαίσια ανάλυσης δεν ξεετάζουν την επιστημονική ορθότητα του συλλογισμού.

(A) Το πλαίσιο ανάλυσης για την αναγνώριση του μηχανιστικού συλλογισμού του Russ και των συνεργατών του [43]: Με το εργαλείο αυτό ανιχνεύονται δομικά στοιχεία του μηχανιστικού συλλογισμού. Στο σχήμα κωδικοποίησής τους υπάρχουν εννέα κατηγορίες:

(A1) **Περιγραφή του φαινομένου – στόχου (*describing the target phenomenon*)**: Ο κωδικός «περιγραφή του φαινομένου – στόχου» αφορά σε μια ξεκάθαρη αναφορά ή περιγραφή του συγκεκριμένου φαινομένου ή του αποτελέσματος που επιδιώκεται να εξηγηθεί. Παράδειγμα: «Ένα κουτάκι από coca-cola light επιπλέει και ένα κουτάκι από κανονική coca-cola βυθίζεται στο νερό.»

(A2) **Ταυτοποίηση αρχικών συνθηκών (*identifying setup conditions*)**: Όταν ταυτοποιούνται συγκεκριμένες χωρικές και χρονικές συνθήκες του περιβάλλοντος που επιτρέπουν τη λειτουργία του μηχανισμού, αυτό κωδικοποιείται ως «ταυτοποίηση των αρχικών συνθηκών». Παράδειγμα: «Κράτησα και τα δυο κουτιά από coca-cola πριν τα αφήσω στο νερό».

(A3) **Ταυτοποίηση οντοτήτων (*identifying entities*)**: Όταν αναγνωρίζονται συστατικά που επηρεάζουν το αποτέλεσμα του φαινομένου, αυτό κωδικοποιείται ως «ταυτοποίηση οντοτήτων». Παράδειγμα: «Σκέφτομαι σχετικά με τον ρόλο κάθε ξεχωριστού μορίου νερού».

(A4) **Ταυτοποίηση δραστηριοτήτων (*identifying activities*):** Όταν γίνεται αναφορά στις δράσεις και τις αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα μεταξύ των οντοτήτων και οι οποίες προκαλούν αλλαγές στις περιβάλλουσες οντότητες, αυτό κωδικοποιείται ως «ταυτοποίηση δραστηριοτήτων». Παράδειγμα: «Κάθε ξεχωριστό μόριο νερού *σπρώχνει* προς τα πάνω τα μόρια που βρίσκονται από πάνω του».

(A5) **Ταυτοποίηση ιδιοτήτων των οντοτήτων (*identifying properties of entities*):** Ο κωδικός «ταυτοποίηση ιδιοτήτων των οντοτήτων» αφορά στη διατύπωση γενικών ιδιοτήτων των οντοτήτων που είναι απαραίτητες για να λειτουργήσει ο συγκεκριμένος μηχανισμός. Παράδειγμα: «Τα μόρια του νερού είναι *λίγο σκληρές μπάλες* που αναπηδούν σε ο,τιδήποτε».

(A6) **Ταυτοποίηση οργάνωσης των οντοτήτων (*identifying organization of entities*):** Όταν αναφέρεται η χωρική οργάνωση, η θέση και το πώς δομούνται οι οντότητες, τα σχόλια αυτά κωδικοποιούνται ως «ταυτοποίηση οργάνωσης των οντοτήτων». Παράδειγμα: «Το νερό *κάτω* από το λάδι ασκεί πίεση σε αυτό, ενώ η αλκοόλη *πάνω* από το λάδι επίσης ασκεί πίεση σε αυτό».

(A7) **Αλυσιδωτή σύνδεση προς τα πίσω και μπρος (*chaining backward and forward*):** Ως «αλυσιδωτή σύνδεση» κωδικοποιείται ο συλλογισμός σχετικά με ένα στάδιο του μηχανισμού, ο οποίος βασίζεται σε ό,τι είναι γνωστό σχετικά με άλλα στάδια του συγκεκριμένου μηχανισμού. Όταν οι μαθητές πραγματοποιούν αλυσιδωτή σύνδεση προς τα πίσω, απαντούν σε ερωτήσεις: «Ποιες δραστηριότητες θα μπορούσαν να έχουν προκαλέσει τις οντότητες με αυτές τις ιδιότητες;» ή «Ποιες οντότητες ήταν απαραίτητες για να προκύψει αυτή η δραστηριότητα;». Όταν οι μαθητές πραγματοποιούν αλυσιδωτή σύνδεση προς τα μπροστά, απαντούν σε ερωτήσεις: «Σε ποιες δραστηριότητες θα μπορούσαν αυτές οι οντότητες με αυτές τις ιδιότητες να συμμετέχουν;» ή «Αν αυτή η δραστηριότητα συνέβαινε, τι αλλαγές θα περίμενα στις περιβάλλουσες οντότητες και τις ιδιότητές τους;». Παράδειγμα: «Γνωρίζω ότι τα αντικείμενα πέφτουν στο έδαφος στον αέρα αλλά όχι στα υγρά, επομένως *πρέπει να υπάρχει κάποια δύναμη που να σπρώχνει προς τα πάνω τα αντικείμενα στα υγρά και τα εμποδίζει να πέσουν*».

Σε ό,τι αφορά στην ιεράρχηση των κωδικών αυτών, η ταυτοποίηση των ιδιοτήτων και της οργάνωσης των οντοτήτων έχει ως προαπαιτούμενο την ταυτοποίηση των οντοτήτων. Η αλυσιδωτή σύνδεση έχει ως προαπαιτούμενο τη χρήση πληροφοριών σχετικά με τις οντότητες, τις δραστηριότητες, τις ιδιότητες και την οργάνωσή τους για την κατασκευή μιας βήμα προς βήμα «ιστορίας» για το πώς λειτουργεί ο μηχανισμός (δύσκολο και σύνθετο). Υπάρχουν δυο επιπλέον κωδικοί, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικά επίπεδα συλλογισμού και για τον λόγο αυτό δεν περιλαμβάνονται στην παραπάνω ιεραρχία.

- **Αναλογίες (analogies):** Ένας κωδικός «αναλογίας» χρησιμοποιείται όταν πραγματοποιείται σύγκριση του φαινομένου – στόχου με ένα άλλο. Παράδειγμα: «Σκέφτομαι ότι το νερό είναι σαν ένα σκοινί με τάση, το οποίο μπορεί να σπρωχτεί έξω από το δρόμο του αλλά ακόμα αντιστέκεται».

- **Κινούμενα μοντέλα (animated models):** Ένας κωδικός «κινούμενου μοντέλου» χρησιμοποιείται όταν κάποιος χρησιμοποιεί εξωτερικά κινούμενα μοντέλα (χειρονομίες, κινήσεις του σώματος κ.ά.) για να δείξει στους άλλους πώς «βλέπει» συγκεκριμένες οντότητες που δρουν στον μηχανισμό. Παράδειγμα: Οι μαθητές μπορεί με τις κινήσεις των χεριών τους να μοντελοποιήσουν, την ιδέα του νερού σαν ένα σκοινί με τάση.

Ο Moreira και οι συνεργάτες του [36] χρησιμοποίησαν το παραπάνω πλαίσιο κάνοντας τις παρακάτω αλλαγές: 3 από τις αρχικές κατηγορίες (περιγραφή του φαινομένου-στόχου, ταυτοποίηση των αρχικών συνθηκών και αλυσιδωτή σύνδεση) αφαιρέθηκαν, καθώς δεν βοηθούσαν στη διαφοροποίηση μεταξύ των εξηγήσεων ή δεν ήταν σημαντικά παρούσες στις εξηγήσεις που παρείχαν οι συμμετέχοντες στη μελέτη, ενώ προστέθηκε η κατηγορία αναπαράσταση (representation – R), η οποία αναφέρεται στον βαθμό που το σχέδιο/σκίτσο παρέχει επιπλέον γνώση και πληροφορίες για τον συλλογισμό των μαθητών.

(B) Το πλαίσιο ανάλυσης για την αναγνώριση του μηχανιστικού συλλογισμού του Moreira και των συνεργατών του [36]: Με το πλαίσιο αυτό αναζητούνται οι σχέσεις μεταξύ διαφορετικών επεξηγηματικών στοιχείων και στη συνέχεια χαρτογραφούνται σε ένα διάγραμμα συλλογισμού (reasoning diagram). Γίνεται κατανομή των συλλογισμών σε 4 διαφορετικά επίπεδα:

(B1) **Περιγραφικό επίπεδο (*descriptive*):** περιλαμβάνει απαντήσεις που είναι περιγραφικές στη φύση και περιορίζονται στην αναδιατύπωση του φαινομένου με διαφορετικές λέξεις. Απαντήσεις σε αυτήν την κατηγορία θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν αναφορές στις ιδιότητες των συστατικών του συστήματος αλλά χωρίς μια ξεκάθαρη αιτιακή σύνδεση μεταξύ αυτών των ιδιοτήτων και του υπό μελέτη φαινομένου.

(B2) **Συσχετιστικό επίπεδο (*relational*):** οι εξηγήσεις βασίζονται σε απλές συσχετίσεις μεταξύ ιδιοτήτων των κυρίων οντοτήτων στο σύστημα.

(B3) **Απλό αιτιακό επίπεδο (*simple causal*):** οι εξηγήσεις βασίζονται στις δραστηριότητες μιας ή περισσότερων οντοτήτων του συστήματος. Αυτές οι εξηγήσεις ενσωματώνουν δραστηριότητες ενός ή περισσότερων δομικών στοιχείων του συστήματος. Περιλαμβάνουν περισσότερες λεπτομέρειες για τις δράσεις ενός αιτιακού παράγοντα και πιο σαφείς/ξεκάθαρες αιτιακές σχέσεις, από μονοκατευθυνόμενες σχέσεις σε περιπτώσεις αμοιβαίας αιτιότητας.

(B4) **Αναδύμενο μηχανιστικό επίπεδο (*emerging mechanistic*):** οι εξηγήσεις αναφέρονται στην οργάνωση των οντοτήτων και των δραστηριοτήτων στον χώρο και τον χρόνο ώστε να γίνει κατανοητό το φαινόμενο. Τα πιο εξεζητημένα/σύνθετα είδη συλλογισμού περιλαμβάνονται σε αυτό το επίπεδο. Σε αυτές τις περιπτώσεις αναφέρεται η χωρο-χρονική οργάνωση των οντοτήτων που περιλαμβάνονται στις δραστηριότητες. Οι αιτιακές σχέσεις είναι μονοκατευθυνόμενες, δηλαδή υπάρχει αιτιακός παράγοντας.

1.2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τους χημικούς συλλογισμούς

Το πλαίσιο επηρεάζει τους συλλογισμούς των μαθητών. [12] Υποστηρίζεται ότι γενικά οι επιστημονικοί συλλογισμοί δεν είναι εντελώς ανεξάρτητοι του επιστημονικού τομέα (*domain-general*) αλλά εξαρτώνται σημαντικά και από την εξειδικευμένη γνώση κάθε τομέα (*domain-specific*). [17, 27, 33, 44] Οι επιστημονικοί συλλογισμοί επηρεάζονται ακόμη από τον σκοπό ενός ατόμου, δηλαδή αν πρόκειται για κατανόηση, για επίλυση προβλημάτων ή για σχεδιασμό και δημιουργία, από συναισθήματα που έχει σχετικά με το θέμα (για παράδειγμα, άγχος για την κλιματική αλλαγή) το βαθμό καθοδήγησης, το κοινωνικό πλαίσιο συνεργασίας μεταξύ των ανθρώπων και τη χρήση

Ψηφιακών Τεχνολογιών, όπως για παράδειγμα η προβολή προσομοίωσης σε υπολογιστή. [27, 29] Σημαντικό ρόλο, επίσης, παίζει η ηλικία/εμπειρία του ανθρώπου [45] και γενικότεροι αναπτυξιακοί παράγοντες. [46] Για τον ρόλο της εκπαίδευσης χρειάζεται περισσότερη έρευνα, καθώς φαίνεται πως υπάρχουν ορισμένοι τρόποι σκέψης που είναι αρκετά ανθεκτικοί στην αλλαγή [40] και είναι απαραίτητη κατάλληλη καθοδήγηση των μαθητών στην κατασκευή μηχανιστικών συλλογισμών. Για τον σκοπό αυτό, έχουν αναπτυχθεί αναλυτικά προγράμματα οργανωμένα με βάση τη χημική σκέψη αλλά και πλαίσια αξιολόγησης αυτής. [47]

Η έρευνα σχετικά με τον τρόπο συλλογισμού των μαθητών κατά τις εξηγήσεις που δίνουν σχετίζεται πολύ και με τις έρευνες στην εννοιολογική αλλαγή. Η διαφορά είναι ότι δεν αναζητούνται απλώς οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για συγκεκριμένα θέματα, αλλά γίνεται προσπάθεια να ανιχνευθούν μοτίβα στον τρόπο σκέψης τους. [40] Οι εναλλακτικές αντιλήψεις και, επομένως, οι εναλλακτικές εξηγήσεις που δίνουν οι μαθητές προέρχονται από ένα εξηγητικό πλαίσιο (απλοϊκή θεωρία) που έχουν σχετικά με τις χημικές ουσίες και τα χημικά φαινόμενα και που στηρίζεται, κατά βάση, στην κοινή λογική. Αυτό το εξηγητικό πλαίσιο, σε συνδυασμό με μη αναλυτικούς χημικούς συλλογισμούς, παρότι δε χρησιμοποιείται συνειδητά, παρέχει μια ψευδή αίσθηση μεγάλης εξηγητικής ισχύος. [48] Επιπλέον, παρ' όλο που φαινομενικά υποστηρίζει και καθοδηγεί τον συλλογισμό των μαθητών, καθώς πιστεύουν ότι κατανοούν και μπορούν να εξηγήσουν περισσότερα απ' ό,τι στην πραγματικότητα, αντίθετα τον περιορίζει. [35, 48]

Στη Χημεία υπάρχει αρκετή σχετική έρευνα για τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι μαθητές και οι φοιτητές στην οικοδόμηση μηχανιστικών συλλογισμών διαφορετικών χημικών φαινομένων: στην Οργανική Χημεία [49, 50], στη Φυσικοχημεία [51], σε διαφορετικούς τύπους χημικών αντιδράσεων [45, 52] και στις διαμοριακές αλληλεπιδράσεις. [18]

Έχουν, επίσης, διεξαχθεί έρευνες με συμμετέχοντες διαφορετικής ηλικίας και έρευνες στις οποίες πραγματοποιείται σύγκριση των χημικών συλλογισμών ομάδων με διαφορετική εμπειρία στη Χημεία. [35, 40, 44, 45] Ακόμη, υπάρχουν έρευνες που εστιάζουν στη μαθησιακή πρόοδο σχετικά με μια

χημική έννοια, δηλαδή στα ενδιάμεσα στάδια ανάπτυξης του χημικού συλλογισμού σχετικά με αυτήν. [46]

1.3 Κοινωνικο-επιστημονικά θέματα

1.3.1 Γενικά για τα κοινωνικο-επιστημονικά θέματα

Τα κοινωνικο-επιστημονικά θέματα (socioscientific issues) αναδεικνύουν πολύπλοκα κοινωνικά διλήμματα που σχετίζονται άμεσα με τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία. [53] Συχνά περιλαμβάνουν ανοιχτά προβλήματα, επιστημονικά στοιχεία που δεν οδηγούν σε ένα και μόνο συμπέρασμα, καθώς και διαφορετικές οπτικές των ενδιαφερόμενων. [54] Οι έρευνες υποστηρίζουν την αξιοποίηση τέτοιων θεμάτων ως πλαίσια εμπλοκής των μαθητών σε διαδικασίες μάθησης. [55] Τέτοια θέματα οδηγούν σε συζήτηση, αντιπαράθεση, διερεύνηση, καθώς και σε εμβάθυνση και κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης. [54, 56, 57] Κρίνεται απαραίτητο στη σύγχρονη κοινωνία οι μαθητές να μπορούν να διαπραγματευτούν ένα κοινωνικο-επιστημονικό θέμα. [21]

1.3.2 Κοινωνικο-επιστημονικά θέματα και συλλογισμοί

Για την επιτυχή διαπραγμάτευση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων απαιτείται να ληφθούν υπόψη κοινωνικοπολιτισμικοί, πολιτικοί, οικονομικοί και ηθικοί παράγοντες αλλά κυρίως εφαρμογή επιστημονικών εξηγήσεων και κατανόηση της φύσης της επιστήμης. Με άλλα λόγια, τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα αποτελούν ένα ιδανικό πλαίσιο για την ανάπτυξη επιστημονικών εξηγήσεων. [58] Επίσης, μέσα από την ενασχόλησή τους με τέτοια θέματα, οι μαθητές αναπτύσσουν τον συλλογισμό τους παράλληλα με την εννοιολογική και διαδικαστική γνώση, στάσεις και συμπεριφορές. [59]

Έχει βρεθεί ότι κατά τους συλλογισμούς και τις εξηγήσεις που δίνουν μαθητές για κοινωνικο-επιστημονικά θέματα βασίζονται επιλεκτικά σε συναισθηματικά, ενστικτώδη και ορθολογιστικά κριτήρια, ανεξάρτητα από τις γνώσεις τους σχετικά με το θέμα. [35] Επίσης, συμπεριλαμβάνουν οικονομικές παραμέτρους, δίνουν έμφαση στην αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης λύσης και αναφέρουν ηθικούς και περιβαλλοντικούς προβληματισμούς. [59]

1.3.3 Το κοινωνικο-επιστημονικό θέμα της κλιματικής αλλαγής

Χωρίς αμφιβολία, ένα από τα κυρίαρχα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα της εποχής μας είναι η κλιματική αλλαγή. Η κλιματική αλλαγή είναι ένα πολύπλοκο επιστημονικό φαινόμενο, του οποίου οι επιπτώσεις δεν έχουν ακόμα κατανοηθεί πλήρως. Εκτός όμως από την επιστημονική οπτική, οι συζητήσεις σχετικά με την κλιματική αλλαγή αφορούν στην τεχνολογία, την πολιτική, τα μέσα ενημέρωσης, την οικονομία και σε άλλες πτυχές της κοινωνίας. Ταυτόχρονα, απαιτείται τόσο ατομική όσο και συλλογική δράση [60] αλλά παρατηρούνται και διαφορές από κοινωνία σε κοινωνία. [60, 61]

Η κλιματική αλλαγή συνδέεται πρώτιστα με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την επίδραση ανθρωπογενών παραγόντων στο φυσικό αυτό φαινόμενο. Ένας από τους ανθρωπογενείς παράγοντες είναι και η χρήση των καυσίμων, ορυκτών και ανανεώσιμων. Ο δε ρόλος της Χημείας σε ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή, τα ανανεώσιμα καύσιμα και το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ιδιαίτερα σημαντικός. [62]

1.3.4 Πώς κατανοούν οι μαθητές και εκπαιδευτικοί θέματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή

Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή, τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό, οι οποίες εξετάζουν τις γνώσεις αλλά και τις απόψεις σχετικά με το φαινόμενο αυτό. Ενδεικτικά αναφέρουμε κάποιες έρευνες σε μαθητές δημοτικού [63], σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης [61, 64, 65, 66], σε φοιτητές [67, 68, 69, 70], σε εκπαιδευτικούς [71, 72] αλλά και σε ενήλικες γενικότερα. [73]

Εδώ και αρκετά χρόνια έχουν καταγραφεί τα σημεία στα οποία διαφοροποιούνται οι απαντήσεις των μαθητών σε ερωτήσεις σχετικές με το μηχανισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου και τα οποία είναι: (1) η θέση και η κατανομή των αερίων του θερμοκηπίου: α) τα αέρια του θερμοκηπίου κατανέμονται ομοιόμορφα στην ατμόσφαιρα ή β) τα αέρια του θερμοκηπίου σχηματίζουν μια σχετικά λεπτή στιβάδα σε μεγάλο υψόμετρο από το έδαφος, (2) η ύπαρξη συνδέσεων μεταξύ του φαινομένου του θερμοκηπίου και της εξασθένησης της στιβάδας του όζοντος: α) δεν υπάρχει καμία σύνδεση μεταξύ του φαινομένου του θερμοκηπίου και της τρύπας του όζοντος, β) τα δυο

φαινόμενα θεωρούνται ξεχωριστά αλλά συνδέονται με αιτιακό τρόπο, γ) τα δυο φαινόμενα συγχέονται και αντιμετωπίζονται ως ένα φαινόμενο και (3) τα είδη της ακτινοβολίας που συνδέονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου: α) θερμικές ακτίνες ή θερμότητα που προέρχεται από τον ήλιο, β) ηλιακές ακτίνες γενικά, γ) υπεριώδεις ακτίνες που εισέρχονται στην ατμόσφαιρα από την τρύπα (τρύπες) του όζοντος και οι οποίες γενικά θεωρούνται «δυνατές», δηλαδή πολύ ζεστές. [63]

Ένας σημαντικός λόγος στον οποίο οφείλονται οι εναλλακτικές αντιλήψεις είναι ότι το φως και η θερμότητα είναι πολύ δύσκολες έννοιες για τους μαθητές και αντιμετωπίζονται ως υλικές ουσίες. Αυτό σχετίζεται και με μια υλιστική γλώσσα που συχνά χρησιμοποιείται στην καθημερινή ζωή, π.χ. «ρίξε λίγο φως να δω». Ειδικά για τη θερμότητα, η σχέση της με τη θερμοκρασία δεν ήταν πάντα ξεκάθαρη στους επιστήμονες, όπως δεν είναι ξεκάθαρη σε όλους τους μαθητές σήμερα. [74]

Εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με τον μηχανισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου και με την κλιματική αλλαγή γενικότερα εμφανίζονται και σε φοιτητές – μελλοντικούς εκπαιδευτικούς [67] αλλά και σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς. Έρευνες έχουν δείξει ότι στην Ελλάδα αρκετοί δάσκαλοι έχουν κενά στις γνώσεις τους και εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με το εν λόγω φαινόμενο (για παράδειγμα, ότι πρόκειται για αποκλειστικά ανθρωπογενές φαινόμενο), καθώς για αρκετούς η κύρια πηγή πληροφοριών για τα περιβαλλοντικά ζητήματα είναι τα μέσα ενημέρωσης [71] ή τα σχολικά εγχειρίδια. Έχει επίσης βρεθεί ότι οι καθηγητές φυσικής έχουν καλύτερη κατανόηση του ζητήματος σε σχέση με τις υπόλοιπες ειδικότητες. [72]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το θέμα της παρούσας εργασίας επιλέχθηκε, πέρα από λόγους που το καθιστούν προσωπικά ενδιαφέρον, λόγω της μεγάλης σημασίας που έχει η διερεύνηση των χημικών συλλογισμών στις εξηγήσεις των μαθητών για τη χημική εκπαίδευση αλλά και γενικότερα.

Όπως προκύπτει από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας στο προηγούμενο κεφάλαιο, το μάθημα της Χημείας ενδείκνυται για κατασκευή εξηγήσεων από τους μαθητές. Η ενσωμάτωση χημικών και γενικότερα επιστημονικών συλλογισμών σε αυτές τις εξηγήσεις περιλαμβάνεται στις δεξιότητες ενός χημικού, καθώς πρόκειται για συλλογισμούς που αφορούν στην επίλυση προβλημάτων, τη διατύπωση ή τον έλεγχο υποθέσεων και τον αναστοχασμό σχετικά με τη διαδικασία της μάθησης. Από το σύνολο των επιστημονικών συλλογισμών, ιδιαίτερης σημασίας για τη Χημεία είναι οι μηχανιστικοί, οι οποίοι περιλαμβάνουν έναν αιτιακό μηχανισμό ενός φαινομένου.

Στα πλαίσια του επιστημονικού γραμματισμού, η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο σκέφτονται οι μαθητές και οι συλλογισμοί που κάνουν σε θέματα της Χημείας και, σε ένα επόμενο βήμα, η περαιτέρω ανάπτυξη αυτών είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Αυτό δεν αφορά μόνο όσους θα ασχοληθούν με τη Χημεία επαγγελματικά, αλλά όλους τους ανθρώπους που κάποια στιγμή στη ζωή τους θα πρέπει να συλλογιστούν με χημικό τρόπο και να πάρουν σημαντικές αποφάσεις για να λύσουν προβλήματα που αφορούν στη σύγχρονη κοινωνία (κοινωνικο-επιστημονικά θέματα), όπως ποιες συσκευασίες είναι ασφαλείς για την αποθήκευση διαφορετικών τροφίμων, ποια καύσιμα προκαλούν τη μικρότερη καταστροφή στο περιβάλλον κ.ο.κ.. [35] Όταν οι μαθητές διαπραγματεύονται κοινωνικο-επιστημονικά θέματα, έχει μεγάλη σημασία να αναπτύσσουν και συλλογισμούς με βάση τις γνώσεις Χημείας και γενικότερα την επιστημονική γνώση, λαμβάνοντας δηλαδή και αυτούς υπόψη μαζί με τις οικονομικές, κοινωνικές, ηθικές κ.ά. παραμέτρους του θέματος.

Η διερεύνηση των χημικών συλλογισμών έχει πολύ μεγάλη σημασία καθώς πλέον έχει καταγραφεί ένας πολύ μεγάλος αριθμός εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών, με αποτέλεσμα οι εκπαιδευτικοί να αδυνατούν να ταυτοποιήσουν συγκεκριμένα μοτίβα στον τρόπο σκέψης των μαθητών και, επομένως, να αντιμετωπίζουν τις εναλλακτικές αντιλήψεις τους ως απομονωμένα τμήματα πληροφορίας. [48] Χρησιμοποιώντας πλαίσια ανάλυσης συλλογισμών και προσαρμόζοντάς τα σε διαφορετικά επιστημονικά φαινόμενα, διευκολύνεται αυτή η πτυχή του εκπαιδευτικού έργου. Επιπλέον, τα αποτελέσματα της ανάλυσης των τρόπων συλλογισμού των μαθητών διευρύνουν τη διδασκαλία και την αξιολόγηση [47] και δίνουν σε αυτές μια επιπλέον οπτική: δε δίνεται μόνο έμφαση στην κατανόηση μιας χημικής έννοιας αλλά και στο αν και πώς αυτή χρησιμοποιείται από τους μαθητές και ενσωματώνεται σε έναν επιστημονικό συλλογισμό.

Σύμφωνα με τον Talanquer, παρατηρείται έλλειψη έρευνας σχετικά με τον χαρακτηρισμό της χημικής σκέψης των μαθητών. [17] Γενικότερα, η πρόκληση του προσδιορισμού των χημικών συλλογισμών είναι μεγάλη καθώς δεν υπάρχει ένα σαφώς καθορισμένο πλαίσιο. Ακόμη, οι ήδη υπάρχουσες σχετικές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί σε πλαίσια αυστηρά θεμάτων Χημείας ή επιστημονικών θεμάτων γενικότερα. Η παρούσα έρευνα, ωστόσο, αφορά στους χημικούς συλλογισμούς σχετικά με ένα κοινωνικο-επιστημονικό θέμα γιατί τέτοια θέματα αποτελούν ιδανικό πλαίσιο για την ανάπτυξη της χημικής σκέψης και των χημικών συλλογισμών. [58]

Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιήσουμε δύο διαφορετικά πλαίσια για τον χαρακτηρισμό του χημικού συλλογισμού μαθητών και χημικών. [36, 43] Και τα δύο πλαίσια στηρίζονται στην φιλοσοφική οπτική του επιστημονικού συλλογισμού, η οποία έχει εκφραστεί από την εργασία του Machamer και των συνεργατών του. [32] Το πρώτο πλαίσιο εστιάζει στον εντοπισμό των συστατικών της μηχανιστικής συλλογιστικής και τη χρήση τους από τους μαθητές για την ανάδειξη των συλλογισμών τους. [43] Το δεύτερο συνδυάζει το πρώτο, δηλαδή τον εντοπισμό των συστατικών της μηχανιστικής συλλογιστικής, με μια εστίαση στα αιτιακά μοντέλα των μαθητών όταν εξηγούν φαινόμενα. [36]

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του είδους των χημικών συλλογισμών που χρησιμοποιούν μαθητές και πτυχιούχοι Χημείας σε γραπτές εξηγήσεις σχετικές με κοινωνικο-επιστημονικά θέματα. Ο σκοπός αυτός αποτελεί μέρος ενός μεγαλύτερου σκοπού που απαντά στη σχετική βιβλιογραφία και συγκεκριμένα της καλύτερης κατανόησης και ενδεχομένως πρόβλεψης των ιδεών των μαθητών σχετικά με τα διάφορα φαινόμενα μέσω της οργάνωσης των ιδεών και των συλλογισμών τους. [48]

Χρησιμοποιείται η μεθοδολογία σύγκρισης αρχαρίων – ειδικών [35] προκειμένου να αναδειχθούν οι διαφορές στους χημικούς συλλογισμούς που χρησιμοποιούν οι δύο ομάδες σε εξηγήσεις σχετικές με ένα κοινωνικο-επιστημονικό θέμα. Με βάση όσα αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι ειδικοί (χημικοί) ενσωματώνουν στις εξηγήσεις τους συχνότερα/περισσότερο συλλογισμούς υψηλότερου επιπέδου που προσεγγίζουν τους μηχανιστικούς σε σχέση με τους αρχαρίους (μαθητές). Ενδιαφέρον, ωστόσο, θα έχουν τα είδη, η ποιότητα και οι διαφορές των συλλογισμών που παρουσιάζουν οι δύο ομάδες.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας είναι:

1. Ποιους χημικούς συλλογισμούς χρησιμοποιούν κυρίως οι μαθητές σε εξηγήσεις σχετικές με ένα κοινωνικο-επιστημονικό θέμα;
2. Ποιους χημικούς συλλογισμούς χρησιμοποιούν κυρίως οι χημικοί σε εξηγήσεις σχετικές με το ίδιο κοινωνικο-επιστημονικό θέμα;
3. Ποια η διαφορά μεταξύ των χημικών συλλογισμών μαθητών και χημικών;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1 Σχεδιασμός της έρευνας

Το δείγμα της έρευνας αποτελούν μαθητές Β' Λυκείου και πτυχιούχοι Χημείας. Επιλέχθηκε η Β' Λυκείου ως η τάξη στην οποία θα πραγματοποιηθεί η έρευνα, δεδομένου ότι οι μαθητές σε αυτή την ηλικία έχουν διδαχτεί Χημεία για αρκετά έτη, έχουν κάποιες βασικές γνώσεις Χημείας και, ενδεχομένως, έχουν αναπτύξει κάποιες μορφής χημική σκέψη και χημικούς συλλογισμούς. Για τους χημικούς δεν υπήρχε κάποιος περιορισμός ως προς την ηλικία ή το επίπεδο σπουδών.

Ακολούθησε η επιλογή του κοινωνικο-επιστημονικού θέματος ως πλαίσιο διερεύνησης των χημικών συλλογισμών και συγκεκριμένα τα εναλλακτικά καύσιμα στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής. Τα επιστημονικά φαινόμενα στα οποία εστίασαμε την προσοχή μας και σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή είναι η καύση, η φωτοσύνθεση, η κυτταρική αναπνοή και, κυρίως, το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επιλέχθηκε ένα κοινωνικο-επιστημονικό θέμα δεδομένου ότι για την προσέγγισή του απαιτούνται, εκτός από την εκτίμηση ηθικών, κοινωνικών οικονομικών και άλλων παραμέτρων, και χημικοί συλλογισμοί. Ο λόγος που προτιμήθηκε το συγκεκριμένο θέμα είναι αφενός ότι τα επιστημονικά φαινόμενα της καύσης, της φωτοσύνθεσης, της κυτταρικής αναπνοής αλλά και του φαινομένου του θερμοκηπίου περιλαμβάνονται στην ύλη της Β' Λυκείου (2018 – 2019)¹ και αφετέρου πρόκειται για ένα θέμα σχετικά οικείο στους συμμετέχοντες, τόσο γιατί οι μαθητές το έχουν προσεγγίσει και σε προηγούμενα σχολικά έτη όσο και γιατί γενικότερα γίνεται αντικείμενο συζήτησης στα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης και στην καθημερινή ζωή.

¹ Αρ.Πρωτ.142742/Δ2/04-09-2018/ΥΠΠΕΘ

3.2 Το εργαλείο της έρευνας

3.2.1 Ανάπτυξη των ερωτήσεων

Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτήσεων που αξιοποιούν: (α) ανάπτυξη κειμένου, (β) εξαγωγή δεδομένων από γραφική παράσταση και (γ) οπτική αναπαράσταση ενός φαινομένου.

Στις ερωτήσεις οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να απαντήσουν με γραπτές εξηγήσεις (οι λέξεις «εξήγηση», «εξήγησε» κ.λπ. είναι με έντονα γράμματα ώστε να μην τις παραβλέψουν). Όταν οι εξηγήσεις που δίνει κάποιος είναι γραπτές, μπορούμε να δούμε πιο ξεκάθαρα τη σκέψη του τόσο ως προς την κατανόηση όσο και ως προς το συλλογισμό του. [13] Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ο όρος «εξήγησε» και όχι ο όρος «αιτιολόγησε», καθώς με τον πρώτο ζητάμε μια εξήγηση για ένα φαινόμενο (φωτοσύνθεση, κυτταρική αναπνοή, καύση, φαινόμενο θερμοκηπίου), ενώ με τον δεύτερο ένα επιχείρημα που να αιτιολογεί μια άποψη.

Οι ερωτήσεις ενσωματώθηκαν σε σενάριο, το οποίο εντάσσει τα φαινόμενα προς εξήγηση σε ένα κοινωνικοεπιστημονικό πλαίσιο. Για τους μαθητές (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: Ερωτήσεις (για μαθητές)) το σενάριο είναι το εξής: «Στη σχολική εφημερίδα διαβάζεις τα επόμενα δημοσιεύματα: το δημοσίευμα Α δείχνει τα πλεονεκτήματα της ξυλείας ως καύσιμο θέρμανσης (κυρίως σε οικονομικό επίπεδο), ενώ το δημοσίευμα Β θίγει τις συνέπειες της αποψίλωσης των δασών, αναφέροντας το παράδειγμα του δάσους του Αμαζονίου. Λόγω της αντίθεσης των απόψεων, ο αρχισυντάκτης της εφημερίδας ζητά από τους Ομίλους του σχολείου να εκφράσουν τεκμηριωμένα την άποψή τους για το θέμα. Ως εκπρόσωπος του Ομίλου Φυσικών Επιστημών, καλείσαι να γράψεις ένα μικρό κείμενο προς δημοσίευση (100-120 λέξεων), στο οποίο θα εξηγείς αν και γιατί η ξυλεία είναι ένα καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου.»

Για τους πτυχιούχους Χημείας (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Ερωτήσεις (για χημικούς)) το σενάριο είναι το εξής: «Εργάζεσαι ως χημικός σε ένα εργοστάσιο κατασκευής καυστήρων θέρμανσης. Στην ιστοσελίδα του εργοστασίου και συγκεκριμένα στην ενότητα «Ενδιαφέροντα νέα» διαβάζεις τα επόμενα δημοσιεύματα: το δημοσίευμα Α δείχνει τα πλεονεκτήματα της ξυλείας ως καύσιμο θέρμανσης

(κυρίως σε οικονομικό επίπεδο), ενώ το δημοσίευμα Β θίγει τις συνέπειες της αποψίλωσης των δασών, αναφέροντας το παράδειγμα του δάσους του Αμαζονίου. Λόγω της διάστασης των απόψεων, ο διαχειριστής της ιστοσελίδας ζητά από τους εργαζόμενους να εκφράσουν τεκμηριωμένα την άποψή τους για το θέμα. Ως χημικός, αποφασίζεις να γράψεις ένα μικρό κείμενο προς δημοσίευση (100-120 λέξεων), στο οποίο θα εξηγήεις αν και γιατί η ξυλεία είναι ένα καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου.»

Επειδή ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας είναι η σύγκριση αρχαίων – ειδικών, τα σενάρια δε διαφέρουν σημαντικά ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτή. Πιο συγκεκριμένα, και τα δύο σενάρια αφορούν ένα χώρο στον οποίο οι εμπλεκόμενοι περνούν πολλές ώρες της καθημερινότητάς τους (σχολείο για τους μαθητές, χώρος εργασίας για τους πτυχιούχους Χημείας). Επίσης, τα δημοσιεύματα προέρχονται από ένα μέσο ενημέρωσης στο οποίο έχει πρόσβαση το ευρύ κοινό (σχολική εφημερίδα για τους μαθητές, ιστοσελίδα του εργοστασίου για τους πτυχιούχους Χημείας) και στο ίδιο μέσο καλούνται οι εμπλεκόμενοι να υποβάλλουν ένα τεκμηριωμένο κείμενο που θα απευθύνεται στο κοινωνικό σύνολο. Ακόμη, τονίζεται η ιδιότητα των εμπλεκόμενων (μέλος του Ομίλου Φυσικών Επιστημών και χημικός αντίστοιχα) ώστε να την έχουν υπόψη τους καθώς γράφουν το τελικό κείμενο και να συμπεριλάβουν σε αυτό εξηγήσεις και χημικούς συλλογισμούς.

Το πρώτο δημοσίευμα² αφορά στα θετικά της χρήσης ξυλείας από υλοτομία ως καύσιμο και το δεύτερο³ στις επιπτώσεις του γεγονότος αυτού υπό ένα περιβαλλοντικό πρίσμα με αναφορά στην κλιματική αλλαγή. Επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα δημοσιεύματα ώστε να δημιουργηθεί ένα δίλημμα στους συμμετέχοντες, καθώς πρόκειται για ένα ανοιχτό πρόβλημα και υπεισέρχονται διαφορετικές οπτικές των ενδιαφερόμενων, κάτι που αποτελεί χαρακτηριστικό των κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων. [54] Σε αντίστοιχες έρευνες για κοινωνικοεπιστημονικά θέματα η εμπλοκή των μαθητών γίνεται επίσης μέσω φωτογραφιών από ΜΜΕ. [60] Επίσης, οι τελευταίοι χειμώνες ήταν ιδιαίτερα κρύοι στην Ελλάδα σε σχέση με προηγούμενες χρονιές, κάτι που

² <http://greenagenda.gr/εικόνες-το-τροπικό-δάσος-αμαζονίου-απ/> (τελευταία επίσκεψη: 7/2/2019)

³ <http://www.sigmalive.com/simerini/business/549274/fotia-stis-tsepes-apo-ti-varyxeimonia> (τελευταία επίσκεψη: 7/2/2019)

επανελημμένα έχει γίνει θέμα στα ΜΜΕ, επομένως ίσως οι συμμετέχοντες στην έρευνα να νιώσουν πως τους αφορά άμεσα το θέμα.

Στα δημοσιεύματα έγινε κατάλληλη προσαρμογή, απλοποίηση του κειμένου και έμφαση στα στοιχεία που εξυπηρετούν το σκοπό μας, ακόμα και με πληροφορίες που δεν είναι κατ' ανάγκη αληθείς. Η μόνη διαφορά μεταξύ μαθητών και πτυχιούχων Χημείας ήταν ότι για τους μεν μαθητές ως συγγραφείς των άρθρων αναγράφονται μαθητές Β' Λυκείου (συνομήλικοι εκείνων που αποτελούν το δείγμα της έρευνας), για δε τους πτυχιούχους Χημείας αναγράφεται ένας φυσικός και ένας βιολόγος, χωρίς να υπάρχει ιδιαίτερος λόγος για τον οποίο επιλέχθηκαν οι ειδικότητες αυτές. Δεν επιλέχθηκε η ιδιότητα του χημικού έτσι ώστε οι χημικοί να επιλέξουν οι ίδιοι τη βαρύτητα στις παραμέτρους του θέματος.

Επίσης, τα δημοσιεύματα θίγουν την κοινωνικο-οικονομική (δημοσίευμα Α) και την περιβαλλοντική πλευρά του ζητήματος (δημοσίευμα Β) ενώ στις ερωτήσεις ζητούνται οι μηχανισμοί για συγκεκριμένα φαινόμενα (φωτοσύνθεση – κυτταρική αναπνοή, καύση, φαινόμενο θερμοκηπίου). Στο κείμενο που ζητείται να γράψουν φαίνεται αν τελικά χρησιμοποιούν τη χημική-επιστημονική γνώση για τους συλλογισμούς τους, των οποίων η ανάλυση είναι και ο βασικός σκοπός της εργασίας, ή αν εστιάζουν σε άλλες αιτίες και πτυχές του προβλήματος (π.χ. περιβαλλοντική, οικονομική, ηθική, κοινωνική).

3.2.2 Αξιολόγηση των ερωτήσεων

Η αξιολόγηση των ερωτήσεων έγινε με τη βοήθεια: (α) μιας μαθήτριας Β' Λυκείου, (β) του εκπαιδευτικού της τάξης που συμμετείχε στην έρευνα για τον έλεγχο της αναγνωσιμότητας, της κατανόησης τους και της καταλληλότητας τους για τους μαθητές του δείγματός μας και (γ) της βιβλιογραφίας για τον έλεγχο της καταλληλότητας των ερωτήσεων σχετικά με τους στόχους της έρευνας.

Αρχικά, οι ερωτήσεις δόθηκαν σε μαθήτρια Β' Λυκείου για να ελέγξουμε αν τα κείμενα και οι ερωτήσεις είναι αντιληπτά/κατανοητά από μαθητές αυτής της ηλικίας. Ζητήθηκε από τη μαθήτρια η γνώμη της για το αν υπάρχουν άγνωστες λέξεις για τους μαθητές αυτής της τάξης, αν υπάρχουν λέξεις που δεν μπορεί να αναφέρει τη σημασία τους και αν μπορεί να καταλάβει τι

ζητείται από την κάθε ερώτηση. Σε δεύτερη φάση, οι ερωτήσεις δόθηκαν στον εκπαιδευτικό της τάξης και ζητήθηκε και η δική του γνώμη σε όσα ρωτήθηκε η μαθήτρια. Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός μάς πληροφόρησε ότι οι μαθητές είχαν τη χημική γνώση από τα μαθήματα που είχαν προηγηθεί για να εξηγήσουν τα φαινόμενα στα οποία στόχευαν οι ερωτήσεις. Με βάση τις παρατηρήσεις της μαθήτριας και του εκπαιδευτικού έγιναν κάποιες αλλαγές ώστε να βελτιωθούν οι ερωτήσεις.

Τέλος, οι ερωτήσεις αξιολογήθηκαν με βάση τη σχετική βιβλιογραφία σχετικά με το αν μπορούν να μετρήσουν αυτό που ισχυριζόμαστε ότι μετρούν (εγκυρότητα μέτρησης). Στην περίπτωση μας, η εγκυρότητα της μέτρησης επιδιώχθηκε με τη συλλογή των διαθέσιμων βιβλιογραφικά πλαισίων μέτρησης των επιστημονικών - χημικών συλλογισμών, την υιοθέτηση και προσαρμογή δύο εξ αυτών.

3.3 Υλοποίηση της έρευνας

3.3.1 Υλοποίηση της έρευνας στους μαθητές

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ένα τμήμα της Β' Λυκείου στα πλαίσια πρακτικής μου άσκησης στο Πρότυπο ΓΕΛ Αναβρύτων, η οποία έλαβε χώρα τους μήνες Φεβρουάριο – Απρίλιο 2019, με τη συνεργασία του διδάσκοντος χημικού. Οι μαθητές αυτού του σχολείου είχαν εισαχθεί στην Α' Λυκείου το προηγούμενο σχολικό έτος μετά από εξετάσεις στα μαθήματα της Νεοελληνικής Γλώσσας και των Μαθηματικών. Πρόκειται, επομένως, για μαθητές υψηλών επιδόσεων.

Αρχικά, για κάποιες διδακτικές ώρες παρακολουθούσα το μάθημα της Χημείας στο Χημείο του σχολείου, όπου οι μαθητές ήταν χωρισμένοι σε ομάδες των 4 ατόμων (εκτός από μια ομάδα των 3 ατόμων, στην οποία καθόμουν). Κατά τη διάρκεια των παρακολουθήσεων, δεν ειπώθηκε κάτι που να είχε άμεση σχέση με τα υπό μελέτη φαινόμενα της παρούσας εργασίας, καθώς οι μαθητές διδάσκονταν σχετικά με τα καρβοξυλικά οξέα.

Οι ερωτήσεις χορηγήθηκαν στις 8/3/2019, την 6η διδακτική ώρα (διάρκεια: 45 λεπτά). Το τμήμα αποτελούνταν από 27 άτομα και ήταν παρόντες 20 μαθητές. Οι ερωτήσεις συμπληρώθηκαν εκείνη την ώρα από 6 μαθητές, ενώ οι

υπόλοιποι ολοκλήρωσαν τη συμπλήρωσή της στο σπίτι. Οι παρόντες μαθητές έδωσαν τις ερωτήσεις σε όσους μαθητές έλειπαν, για να την παραδώσουν την επόμενη φορά. Ο καθηγητής του τμήματος τόνισε, μάλιστα, πως θα πρέπει να την επιστρέψουν οπωσδήποτε την επόμενη φορά γιατί θα αξιολογηθούν γι' αυτό. Ειπώθηκε στους μαθητές πως οι απαντήσεις τους δεν θα προσμετρήσουν στην επίδοσή τους και χρειάζεται να είναι ατομικές για να διευκολυνθεί η έρευνα. Επίσης, κατά τη συμπλήρωση των ερωτήσεων μια μαθήτρια επεσήμανε ένα τυπογραφικό λάθος σε μια λέξη (φτιάξει αντί για φτάσει). Το λάθος αυτό διορθώθηκε πριν τη χορήγηση στους πτυχιούχους Χημείας.

Συνολικά, το δείγμα της έρευνας αποτελούν 25 μαθητές. Τηρήθηκε η ανωνυμία των μαθητών και κωδικοποιήθηκαν με έναν κωδικό 3 χαρακτήρων: ο πρώτος χαρακτήρας ήταν το Μ (από τη λέξη μαθητής) και οι 2 επόμενοι ο αύξων αριθμός καταλόγου του κάθε μαθητή (π.χ. Μ05, Μ17).

3.3.2 Υλοποίηση της έρευνας στους πτυχιούχους Χημείας

Τον Απρίλιο 2019 ξεκίνησε η διανομή των ερωτήσεων σε πτυχιούχους Χημείας είτε πρόσωπο με πρόσωπο είτε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Σε όσους στάλθηκε ηλεκτρονικά, δόθηκαν οδηγίες για την εικόνα (για παράδειγμα, να τη σχεδιάσουν απλά σε ένα χαρτί και να τη στείλουν σε ξεχωριστό αρχείο ως φωτογραφία).

Το δείγμα αποτέλεσαν 12 χημικοί: 3 μεταπτυχιακοί φοιτητές Αναλυτικής Χημείας (Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ), 2 μεταπτυχιακοί φοιτητές Οργανικής Χημείας (Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ), 3 μεταπτυχιακοί φοιτητές από το ΠΜΣ ΔιΧηNET του Τμήματος Χημείας, ΕΚΠΑ (από τους οποίους ο ένας είναι εν ενεργεία εκπαιδευτικός ενώ οι άλλοι δύο δεν εργάζονται στην εκπαίδευση), 2 χημικοί που δεν είναι εν ενεργεία μεταπτυχιακοί φοιτητές (απόφοιτοι του Τμήματος Χημείας, ΕΚΠΑ), 1 χημικός εκπαιδευτικός στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και 1 χημικός ΕΔΙΠ (Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ).

Το δείγμα της έρευνας στους πτυχιούχους Χημείας είναι σχετικά μικρό, γιατί όπως σχολιάστηκε από τους χημικούς, οι ερωτήσεις ήταν ανοικτού τύπου και επομένως αρκετά χρονοβόρες, οπότε αρκετοί από αυτούς που τους στάλθηκε το ερωτηματολόγιο δεν το απάντησαν. Τηρήθηκε η ανωνυμία των χημικών και

κωδικοποιήθηκαν με έναν κωδικό 3 χαρακτήρων: ο πρώτος χαρακτήρας ήταν το X (από τη λέξη χημικός) και οι 2 επόμενοι ο αύξων αριθμός τους ανάλογα με το πότε επέστρεψαν συμπληρωμένες τις ερωτήσεις (π.χ. X05, X12).

3.4 Ανάλυση δεδομένων

Οι απαντήσεις μαθητών και χημικών σε όλες τις ερωτήσεις «διασπάστηκαν» σε μικρά τμήματα πληροφορίας. Σε κάθε τμήμα πληροφορίας αποδόθηκε ένας κωδικός, σύμφωνα με το πλαίσιο του Russ και των συνεργατών του [43], ο οποίος αντιστοιχεί σε κάποιο δομικό στοιχείο του μηχανισμού (οντότητες, δραστηριότητες των οντοτήτων, ιδιότητες των οντοτήτων, οργάνωση των οντοτήτων). Το επόμενο στάδιο περιελάμβανε την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων μαθητών και χημικών με βάση την ιεραρχία των κωδικών και τις ενδείξεις μηχανιστικού συλλογισμού, σύμφωνα με το ίδιο πλαίσιο ανάλυσης. Κατά τη διάρκεια του τελευταίου σταδίου ανάλυσης, δημιουργήθηκαν σχήματα σύνδεσης μεταξύ των δομικών αυτών στοιχείων ώστε να γίνουν σαφείς/ξεκάθαρες οι σχέσεις μεταξύ τους (περιγραφικό επίπεδο, συσχετιστικό επίπεδο, απλό αιτιακό επίπεδο, αναδυόμενο μηχανιστικό επίπεδο) και να αξιολογηθεί η πολυπλοκότητα του συλλογισμού σύμφωνα με το πλαίσιο ανάλυσης του Moreira και των συνεργατών του. [36] Σε όλα τα στάδια της ανάλυσης τα σχέδια των μαθητών αναλύθηκαν σε συνδυασμό με την αντίστοιχη εξήγηση.

Τον Ιούνιο 2019 μεταφράστηκαν τα πλαίσια ανάλυσης των δεδομένων. [36, 43] Τους μήνες Ιούνιο μέχρι και Σεπτέμβριο 2019 πραγματοποιήθηκε ανάλυση των δεδομένων με ταυτόχρονη προσαρμογή των πλαισίων ανάλυσης στη φύση των ερωτήσεων και των δεδομένων μας, ενώ τους μήνες Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο 2019 ολοκληρώθηκε η ανάλυση των δεδομένων. Σε όλες τις φάσεις της ανάλυσης γινόταν έλεγχος της αξιοπιστίας της. Επίσης, μετά τη χορήγηση των ερωτήσεων σε μαθητές και χημικούς διαπιστώθηκε ότι η ερώτηση 5 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: Ερωτήσεις (για μαθητές) και ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Ερωτήσεις (για χημικούς)) απαιτούσε αιτιολόγηση και όχι εξήγηση, επομένως δεν αναλύθηκε.

3.4.1 Παρουσίαση των ερωτήσεων

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι ερωτήσεις και οι επιμέρους πληροφορίες για καθεμιά από αυτές:

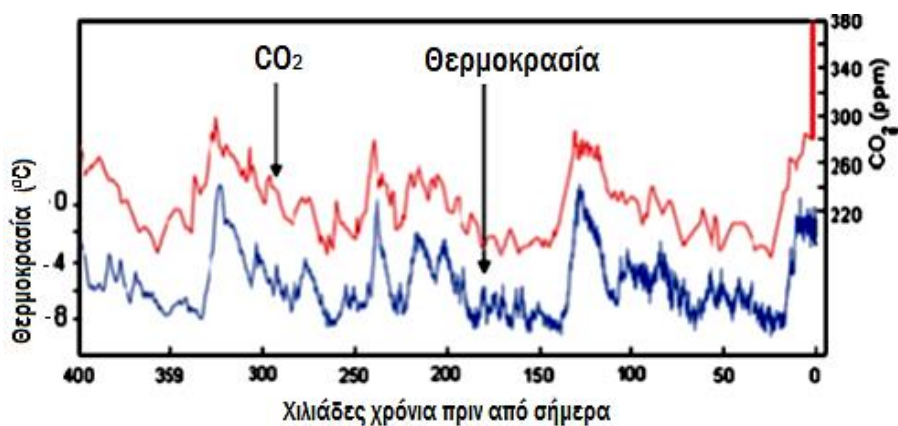
1. Εξήγησε πώς η ύπαρξη ενός δέντρου σε μια περιοχή επηρεάζει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα.

Για να απαντήσει κανείς στην ερώτηση αυτή θα πρέπει να δώσει μια εξήγηση, με βάση τη συνολική αντίδραση της φωτοσύνθεσης και της κυτταρικής αναπνοής, για τη σχέση του δέντρου με την ποσότητα CO_2 στην ατμόσφαιρα.

2. Με δεδομένο ότι το ξύλο αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n, εξήγησε πώς η καύση του ξύλου επηρεάζει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα.

Για να απαντήσει κανείς στην ερώτηση αυτή θα πρέπει να δώσει μια εξήγηση, με βάση τη συνολική αντίδραση της καύσης, τόσο σε ποιοτικό επίπεδο (δηλαδή ότι κατά την καύση παράγεται CO_2) όσο και ποσοτικά (στοιχειομετρική αναλογία), για τη σχέση του ξύλου με την ποσότητα CO_2 στην ατμόσφαιρα.

3. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τη μεταβολή στη θερμοκρασία και το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) κατά τους προηγούμενους αιώνες. Ο άξονας στα αριστερά δείχνει τη θερμοκρασία (κάτω γραμμή) και ο άξονας στα δεξιά δείχνει τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (πάνω γραμμή). Ο άξονας κάτω δείχνει τα χρόνια από το παρελθόν μέχρι το παρόν (0).



Οι επιστήμονες με βάση τα δεδομένα του διαγράμματος υποστηρίζουν ότι αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της Γης. Δώσε τη δική σου εξήγηση για το πώς συμβαίνει αυτό.

Για να απαντήσει κανείς στην ερώτηση αυτή θα πρέπει να δώσει μια εξήγηση με βάση τον μηχανισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου και τις πληροφορίες που δίνει το διάγραμμα, για τη σχέση της ποσότητας CO₂ που υπάρχει στην ατμόσφαιρα με τη θερμοκρασία. Τόσο η ερώτηση όσο και το διάγραμμα προέρχονται από το ερωτηματολόγιο του Shepardson και των συνεργατών του [75], μετά από κατάλληλη προσαρμογή ώστε να ζητείται εξήγηση για το φαινόμενο.

4. α) Σχεδίασε μια αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Μπορείς να ονομάσεις τα τμήματα του σχεδίου σου. β) Εξήγησε το σχέδιό σου.

Η ερώτηση αυτή βασίζεται επίσης στο μηχανισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η ερώτηση επίσης προέρχεται από το ερωτηματολόγιο του Shepardson και των συνεργατών του [75] μετά από μικρή απλοποίηση. Τα σχέδια των μαθητών σε συνδυασμό με τις γραπτές τους εξηγήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί ως δεδομένα και σε άλλες έρευνες, ειδικά για το φαινόμενο του θερμοκηπίου [66] αλλά και γενικότερα [36, 46] καθώς τα σχέδια αποτελούν μια αναπαράσταση του πώς σκέφτεται κάποιος και ορισμένες φορές είναι δυνατόν να δώσουν πληροφορίες που δεν μπορούν να δώσουν άλλα εργαλεία έρευνας. [36, 76] Αυτό οφείλεται σε εξωτερικούς παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή γραπτών εξηγήσεων, επομένως ο συνδυασμός εξήγησης και σχεδίου παρέχει περισσότερες πληροφορίες για το συλλογισμό των μαθητών. [18]

Τελικό κείμενο - (Μαθητές): «Με τη βοήθεια όσων σκέφτηκες για να απαντήσεις στις προηγούμενες ερωτήσεις αλλά και με βάση ό,τι ήδη γνωρίζεις, γράψε ένα μικρό κείμενο (100-120 λέξεων) στο οποίο θα εξηγείς αν και γιατί η ξυλεία είναι ένα καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου. Υπενθύμιση: Το κείμενο σου θα δημοσιευτεί στη σχολική εφημερίδα.»

(Πτυχιούχοι Χημείας): «Με τη βοήθεια όσων σκέφτηκες για να απαντήσεις στις προηγούμενες ερωτήσεις αλλά και με βάση ό,τι ήδη γνωρίζεις, γράψε ένα μικρό κείμενο (100-120 λέξεων) στο οποίο θα εξηγείς αν και γιατί η ξυλεία

είναι ένα καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου. Υπενθύμιση: Το κείμενο σου θα δημοσιευτεί στην ιστοσελίδα του εργοστασίου.»

Οι μικρές παραλλαγές μεταξύ των εκφωνήσεων οφείλονται στο λίγο διαφορετικό σενάριο μεταξύ των μαθητών και των πτυχιούχων Χημείας. Με βάση την εκφώνηση και λόγω της υπόδειξης που δίνεται «με τη βοήθεια όσων σκέφτηκες για να απαντήσεις στις προηγούμενες ερωτήσεις» περιμένουμε από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν χημική γνώση και συγκεκριμένα μηχανισμούς για τα φαινόμενα με τα οποία ασχολήθηκαν στις προηγούμενες δραστηριότητες (φωτοσύνθεση – κυτταρική αναπνοή, καύση, φαινόμενο του θερμοκηπίου). Τυχόν αναφορές σε οικονομικές, κοινωνικές, πολιτισμικές, ηθικές κ.ά. παραμέτρους δεν περιλαμβάνουν χημική γνώση άρα δεν αποτελούν χημικούς συλλογισμούς, παρ' όλο που μπορεί να υπάρχει κάποια αιτιακή, για παράδειγμα, σχέση.

3.4.2 Προσαρμογή του πλαισίου ανάλυσης του Russ και των συνεργατών του [43]

Το πλαίσιο ανάλυσης προσαρμόστηκε στη φύση των ερωτήσεων και των δεδομένων μας.

Κωδικοποιήθηκαν ως «**Οντότητες**» (E - Entities) τα συστατικά/στοιχεία του συστήματος που επηρεάζουν το αποτέλεσμα του αντίστοιχου φαινομένου (φωτοσύνθεση, κυτταρική αναπνοή, καύση, φαινόμενο του θερμοκηπίου) για κάθε ερώτηση.

Κωδικοποιήθηκαν ως «**Δραστηριότητες**» (A – Activities) οι δράσεις και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οντοτήτων, οι οποίες προκαλούν αλλαγές στο σύστημα.

Κωδικοποιήθηκαν ως «**Ιδιότητες**» (P - Properties) οι ιδιότητες των οντοτήτων που είναι απαραίτητες για τη λειτουργία του μηχανισμού του φαινομένου.

Κωδικοποιήθηκε ως «**Οργάνωση**» (O - Organisation) η χωρική και η χρονική οργάνωση των οντοτήτων που επηρεάζει τη λειτουργία του μηχανισμού καθώς και η χημική εξίσωση (οργανώνονται οι ουσίες σε αντιδρώντα και προϊόντα και οι ποσότητες τους μέσω της στοιχειομετρικής αναλογίας των mol).

Ο κωδικός «κινούμενα μοντέλα» (χειρονομίες, κινήσεις σώματος) δεν χρησιμοποιήθηκε, εφόσον πρόκειται για γραπτές ερωτήσεις. Επίσης, οι κωδικοί «περιγραφή του φαινομένου στόχου», «αρχικές συνθήκες» και «αναλογίες» δεν αναζητήθηκαν γιατί θεωρήθηκε ότι δε διαφοροποιούσαν σημαντικά τους συλλογισμούς, όπως έγινε και κατά την εφαρμογή του πλαισίου αυτού από τον Moreira και τους συνεργάτες του. [36] Κατά τον έλεγχο αξιοπιστίας ανάλυσης των δεδομένων διαπιστώθηκε η απουσία «αλυσιδωτής σύνδεσης στο παρελθόν και το μέλλον», οπότε ούτε αυτή κωδικοποιήθηκε. Η κατηγορία «αναπαράσταση» που προστέθηκε στο πλαίσιο από τον Moreira και τους συνεργάτες του [36] δεν αποτέλεσε ξεχωριστή κατηγορία κωδικού γιατί οι συλλογισμοί για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (ερώτηση 4β) αναλύθηκαν μαζί με το σχέδιο (ερώτηση 4α).

Είναι σημαντικό να διευκρινιστούν τα εξής σχετικά με το πλαίσιο του Russ και των συνεργατών του [43]. Αρχικά, αναλύθηκαν οι συλλογισμοί με σκοπό τη διερεύνηση του είδους των συλλογισμών και ανεξάρτητα απ' το αν είναι επιστημονικά σωστοί, όπως πραγματοποιήσαν και οι συγκεκριμένοι ερευνητές. [43] Επίσης, η σημασία κάθε κωδικού έγκειται στο ότι αποτελεί ένδειξη μηχανιστικού συλλογισμού. Υψηλότερα επίπεδα στην ιεραρχία των κωδικών αποτελούν και περισσότερο πειστικές ενδείξεις. Ακόμα, οι ίδιοι τονίζουν ότι η απουσία κωδικών δεν σημαίνει απαραίτητα απουσία μηχανιστικού συλλογισμού, αλλά απλώς μη ανίχνευση αυτών των κωδικών. [43] Με άλλα λόγια, το παραπάνω σχήμα κωδικοποίησης ανιχνεύει και κατατάσσει συγκεκριμένες πτυχές της εξήγησης που αποτελούν ενδείξεις μηχανιστικού συλλογισμού, χωρίς να μπορούμε να συμπεράνουμε με βεβαιότητα αν ο μαθητής ή ο πτυχιούχος Χημείας συλλογίζεται μηχανιστικά. [43] Επίσης, οι κωδικοί είναι φαινομενολογικοί με την έννοια ότι δεν σχετίζονται με γνωστικά στοιχεία, δεξιότητες και ικανότητες. Για παράδειγμα, όπου εμφανίζονται στοιχεία οργάνωσης δε σημαίνει ότι ο αντίστοιχος ερωτώμενος έχει απαραίτητα την δεξιότητα να συλλογίζεται μηχανιστικά με στοιχεία οργάνωσης. [43] Επίσης, η ιεραρχία των κωδικών δε συσχετίζεται με αναπτυξιακά στάδια και το σχήμα κωδικοποίησης δεν αποτελεί μια παιδαγωγική ρούμπρικα. [43]

3.4.3 Προσαρμογή του πλαισίου ανάλυσης του Moreira και των συνεργατών του [36]

Ερώτηση 1 (φωτοσύνθεση – κυτταρική αναπνοή): «Εξήγησε πώς η ύπαρξη ενός δέντρου σε μια περιοχή επηρεάζει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα.» Στην ερώτηση αυτή ως σύστημα θεωρείται το δέντρο και η ατμόσφαιρα, ενώ οι οντότητες που χρειάζεται να συνδεθούν μέσω του συλλογισμού στην εξήγηση είναι το δέντρο και το CO_2 .

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **περιγραφικός** όταν τα δέντρα δε συνδέονται με την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα μέσω του φαινομένου της φωτοσύνθεσης ή της κυτταρικής αναπνοής (επειδή από την εκφώνηση δε δίνονται τα φαινόμενα της φωτοσύνθεσης και της κυτταρικής αναπνοής).

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **συσχετιστικός** όταν τα δέντρα συσχετίζονται με την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα μέσω του φαινομένου της φωτοσύνθεσης ή της κυτταρικής αναπνοής (επειδή από την εκφώνηση δε δίνονται τα φαινόμενα της φωτοσύνθεσης και της κυτταρικής αναπνοής). Μπορεί να αναφέρεται ότι προκύπτουν και άλλες ουσίες ή ότι μεσολαβούν οντότητες όπως το φως.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **απλός αιτιακός** όταν (α) αναφέρεται χημική αντίδραση (χωρίς τη χημική εξίσωση) ή χημική εξίσωση χωρίς συντελεστές ή (β) γίνεται αναφορά στη διαδικασία της αναπνοής χωρίς όμως να συνδέεται με τη φωτοσύνθεση. Μπορεί να υπάρχει μερική χρονική οργάνωση.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **αναδυόμενος μηχανιστικός** όταν (α) υπάρχει χρονική οργάνωση ή/και σύνδεση μεταξύ των φαινομένων της φωτοσύνθεσης και της κυτταρικής αναπνοής ή/και (β) υπάρχει χημική εξίσωση συμπληρωμένη με συντελεστές.

Ερώτηση 2 (καύση): «Με δεδομένο ότι το ξύλο αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n, εξήγησε πώς η καύση του ξύλου επηρεάζει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα.» Στην ερώτηση αυτή ως σύστημα θεωρείται το δέντρο ή το ξύλο και η ατμόσφαιρα, ενώ οι οντότητες που χρειάζεται να συνδεθούν μέσω του συλλογισμού στην εξήγηση είναι το δέντρο ή η κυτταρίνη και το CO_2 .

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **περιγραφικός** όταν απλώς αναφέρεται η αύξηση ή η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα, χωρίς να συνδέεται με την καύση.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **συσχετιστικός** όταν το διοξείδιο του άνθρακα αναφέρεται ως ένα προϊόν της καύσης. Δεν αναφέρεται το οξυγόνο. Το ότι αναφέρεται κάποιο προϊόν της καύσης δεν υποδηλώνει απαραίτητα χημική αντίδραση, καθώς δεν υποδηλώνεται ξεκάθαρα κάποια αλληλεπίδραση μεταξύ αντιδρώντων προς παραγωγή προϊόντων.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **απλός αιτιακός** όταν (α) αναφέρεται χημική αντίδραση (χωρίς τη χημική εξίσωση)/χημική εξίσωση χωρίς συντελεστές ή ένας δράστης (π.χ. οξυγόνο) ή (β) γίνεται αναφορά και στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **αναδυόμενος μηχανιστικός** όταν υπάρχει χημική εξίσωση συμπληρωμένη με συντελεστές. Μπορεί να γίνεται αναφορά ή σύγκριση με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, να αναφέρονται επιμέρους στάδια και να υπάρχουν στοιχεία οργάνωσης.

Ερώτηση 3 (φαινόμενο του θερμοκηπίου): «Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τη μεταβολή στη θερμοκρασία και το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) κατά τους προηγούμενους αιώνες. Ο άξονας στα αριστερά δείχνει τη θερμοκρασία (κάτω γραμμή) και ο άξονας στα δεξιά δείχνει τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (πάνω γραμμή). Ο άξονας κάτω δείχνει τα χρόνια από το παρελθόν μέχρι το παρόν (0). Οι επιστήμονες με βάση τα δεδομένα του διαγράμματος υποστηρίζουν ότι αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της Γης. Δώσε τη δική σου εξήγηση για το πώς συμβαίνει αυτό.» Στην ερώτηση αυτή ως σύστημα θεωρείται η θερμοκρασία και η ατμόσφαιρα, ενώ οι οντότητες που χρειάζεται να συνδεθούν μέσω του συλλογισμού στην εξήγηση είναι η θερμοκρασία και το CO₂.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **περιγραφικός** όταν οι ερωτώμενοι απλώς περιγράφουν την καμπύλη και αναφέρουν τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **συσχετιστικός** όταν οι αυξομειώσεις της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα συνδέονται με τις αυξομειώσεις της

θερμοκρασίας (επειδή στην εκφώνηση δε δίνεται η συσχέτιση, δηλαδή το φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **απλός αιτιακός** όταν το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται ως η αιτία της αύξησης της θερμοκρασίας. Ο ρόλος του CO₂ στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται ανεπαρκώς ή καθόλου.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **αναδυόμενος μηχανιστικός** όταν αναφέρονται κάποια στάδια του μηχανισμού του φαινομένου του θερμοκηπίου με τον ρόλο του CO₂.

Ερώτηση 4 (φαινόμενο του θερμοκηπίου και οπτική αναπαράσταση):

«Σχεδίασε μια αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Μπορείς να ονομάσεις τα τμήματα του σχεδίου σου. Εξήγησε το σχέδιό σου.» Στην ερώτηση αυτή ως σύστημα θεωρείται η ακτινοβολία και η ατμόσφαιρα, ενώ οι οντότητες που χρειάζεται να συνδεθούν μέσω του συλλογισμού στην εξήγηση είναι η ακτινοβολία/ακτίνες και τα αέρια του θερμοκηπίου (CO₂, υδρατμοί κ.ά).

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **περιγραφικός** όταν δε συνδέονται στην εξήγηση η ακτινοβολία με την ατμόσφαιρα και τα συστατικά της (κυρίως CO₂) και απλώς αναφέρεται η σταθερή θερμοκρασία.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **συσχετιστικός** όταν η ακτινοβολία αλληλεπιδρά με την ατμόσφαιρα, χωρίς να αναφέρονται τα συστατικά της (κυρίως το CO₂) που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **απλός αιτιακός** όταν η ακτινοβολία συσχετίζεται με το CO₂ (ή άλλα αέρια συστατικά) της ατμόσφαιρας. Μπορεί να αναφέρεται και η υπέρυθη (IR) ακτινοβολία που εκπέμπει η γη ως θερμό σώμα αλλά χωρίς περαιτέρω οργάνωση στον χώρο/χρόνο.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **αναδυόμενος μηχανιστικός** όταν (α) η ακτινοβολία οργανώνεται σε μέρη (ηλιακή, θερμότητα ή υπέρυθη από τη γη ως θερμό σώμα) ή (β) τα συστατικά της ατμόσφαιρας οργανώνονται στον χρόνο.

Κείμενο: «Με τη βοήθεια όσων σκέφτηκες για να απαντήσεις στις προηγούμενες ερωτήσεις αλλά και με βάση ό,τι ήδη γνωρίζεις, γράψε ένα μικρό κείμενο οποίο θα εξηγήεις αν και γιατί η ξυλεία είναι ένα καλό εναλλακτικό

καύσιμο του πετρελαίου.» Αναζητήθηκαν συλλογισμοί για τα επιμέρους φαινόμενα (καύση, φωτοσύνθεση – κυτταρική αναπνοή και φαινόμενο του θερμοκηπίου) σύμφωνα με τα παραπάνω και στη συνέχεια, με βάση την ύπαρξη και τη σύνδεση των φαινομένων, κωδικοποιήθηκαν οι συλλογισμοί συνολικά, δηλαδή ως προς την απάντηση στην ερώτηση του αν και γιατί η ξυλεία είναι ένα καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **περιγραφικός** όταν (α) δεν αναφέρεται κανένα από τα επιμέρους φαινόμενα ή (β) απουσιάζει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς πρόκειται για το κύριο φαινόμενο που συνδέει τα άλλα δυο.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **συσχετιστικός** όταν αναφέρεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου και συνδέεται με τουλάχιστον ένα από τα άλλα δυο φαινόμενα (καύση, φωτοσύνθεση), χωρίς να είναι ξεκάθαρος ο ρόλος του CO₂ ως αιτία για τη σύνδεση αυτή.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **απλός αιτιακός** όταν αναφέρεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου, συνδέεται με τουλάχιστον ένα από τα άλλα δυο φαινόμενα (καύση, φωτοσύνθεση) και είναι ξεκάθαρος ο ρόλος του CO₂ ως αιτία για τη σύνδεση αυτή.

Ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται **αναδυόμενος μηχανιστικός** όταν αναφέρεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου, συνδέεται και με τα άλλα δυο φαινόμενα (καύση, φωτοσύνθεση), είναι ξεκάθαρος ο ρόλος του CO₂ ως αιτία της σύνδεσης αυτή και υπάρχει κάποια οργάνωση μεταξύ των φαινομένων.

Σύμφωνα με το πλαίσιο του Moreira και των συνεργατών του, το συσχετιστικό επίπεδο περιλαμβάνει συλλογισμούς στους οποίους συσχετίζονται ιδιότητες των οντοτήτων του συστήματος. [36] Στην παρούσα εργασία, ωστόσο, σε όλες τις ερωτήσεις κωδικοποιήθηκαν συσχετίσεις και μεταξύ οντοτήτων (και όχι μόνο μεταξύ των ιδιοτήτων τους). Επίσης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, ειδικά για το κείμενο είναι σημαντικό να έχουμε υπόψη ότι αναλύθηκαν μόνο οι χημικοί συλλογισμοί, δηλαδή οι συλλογισμοί που χρησιμοποιούν χημικές γνώσεις και πληροφορίες, και δεν εξετάστηκαν άλλοι συλλογισμοί. Επομένως, όταν αναφέρεται ότι ένας από τους συμμετέχοντες στην έρευνα χρησιμοποίησε περιγραφικό συλλογισμό, αυτό δε σημαίνει ότι στην εξήγησή

του δεν υπήρχε κάποια αιτία γενικά (π.χ. ρύπανση του περιβάλλοντος, κόστος κ.ά.) αλλά ότι απουσίαζε μια αιτιακή σύνδεση μέσω χημικών φαινομένων.

3.4.4 Αξιοπιστία της ανάλυσης των δεδομένων

Ο έλεγχος της αξιοπιστίας της ανάλυσης των δεδομένων έγινε σε τρεις φάσεις κατά τη διάρκεια της κωδικοποίησης, από δύο άτομα που ενεπλάκησαν με τη διαδικασία της κωδικοποίησης: την συγγραφέα της εργασίας και μια ερευνήτρια της Διδακτικής της Χημείας (interrater reliability). Στην πρώτη φάση και οι δύο, μετά από ανάγνωση των απαντήσεων των μαθητών και συζήτηση, συμφώνησαν στο ποια στοιχεία των απαντήσεων έπρεπε να κωδικοποιηθούν ως οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες, οργάνωση και αλυσιδωτή σύνδεση σύμφωνα με το πλαίσιο του Russ και των συνεργατών του [43]. Στη δεύτερη φάση, οι δύο ερευνήτριες κωδικοποίησαν χωριστά τις 4 ερωτήσεις στα μισά από τα δεδομένα και με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της κωδικοποίησης διαπιστώθηκε συμφωνία σε ποσοστό μεγαλύτερο από το 75% των κωδικών. Ακολούθησε, συζήτηση μεταξύ τους μέχρι να καταλήξουν σε συμφωνία και διορθώθηκαν οι κωδικοί όπου χρειαζόταν. Επίσης, διαπιστώθηκε η απουσία «αλυσιδωτής σύνδεσης στο παρελθόν και το μέλλον», οπότε αφαιρέθηκε από την κωδικοποίηση.

Στην τρίτη φάση, ελέγχθηκε η αξιοπιστία της ταξινόμησης των σχέσεων μεταξύ των στοιχείων του συλλογισμού που προέκυψαν από τις δύο πρώτες φάσεις κωδικοποίησης σε περιγραφικό, συσχετιστικό, απλό αιτιακό και αναδυόμενο μηχανιστικό σύμφωνα με το πλαίσιο του Moreira και των συνεργατών του. [36] Οι δύο εμπλεκόμενες στην κωδικοποίηση συμφώνησαν στις προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες μια σχέση μεταξύ των δομικών στοιχείων του συλλογισμού εντάσσεται σε μία από τις τέσσερις κατηγορίες. Η συγγραφέας της παρούσης εργασίας προχώρησε στην κωδικοποίηση και την κατασκευή των διαγραμμάτων συλλογισμών και κατόπιν ακολούθησε συζήτηση, κατά την οποία λύθηκαν θέματα διαφωνίας και έγινε η επανακωδικοποίηση και η κατασκευή των τελικών διαγραμμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αναγνώριση του μηχανιστικού συλλογισμού με βάση το πλαίσιο του Russ και των συνεργατών του [43]

Το πλαίσιο ανάλυσης του Russ και των συνεργατών του [43] περιλαμβάνει την κωδικοποίηση δομικών στοιχείων ενός μηχανισμού τα οποία αποτελούν ενδείξεις μηχανιστικού συλλογισμού. Στην παρούσα εργασία κωδικοποιήθηκαν οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες των οντοτήτων και οργάνωση των οντοτήτων.

Παραδείγματα **οντοτήτων** (E) ανά φαινόμενο είναι τα εξής:

(α) φωτοσύνθεση/κυτταρική αναπνοή: *δέντρα/φυτά, CO₂, O₂, H₂O, γλυκόζη, υδατάνθρακες,*

(β) καύση: *ξύλο, κυτταρίνη, άνθρακας, H₂O, CO₂, O₂, καυσαέρια,*

(γ) φαινόμενο του θερμοκηπίου: *CO₂, θερμοκρασία, ατμόσφαιρα, γη, ήλιος, θερμότητα, ακτινοβολία, ωκεανοί, σύννεφα, όζον, αέρια του θερμοκηπίου.*

Παραδείγματα **δραστηριοτήτων** (A) των οντοτήτων ανά φαινόμενο είναι τα εξής:

(α) φωτοσύνθεση/κυτταρική αναπνοή: *τα δέντρα απορροφούν CO₂, το οξυγόνο ελευθερώνεται από τα φυτά, το CO₂ μετατρέπεται σε γλυκόζη, μειώνεται η ποσότητα του CO₂,*

(β) καύση: *η κυτταρίνη παράγει CO₂, με την καύση του ξύλου απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα, η κυτταρίνη αντιδρά με οξυγόνο και έτσι σχηματίζεται διοξείδιο του άνθρακα,*

(γ) φαινόμενο του θερμοκηπίου: *αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα, ο ήλιος εκπέμπει ακτινοβολία, τα αέρια του θερμοκηπίου απορροφούν και επανεκπέμπουν την ακτινοβολία, η ακτινοβολία δεν διαπερνά και εγκλωβίζεται από το διοξείδιο του άνθρακα, η ατμόσφαιρα παγιδεύει την ακτινοβολία, η γη θερμαίνεται.*

Παραδείγματα **ιδιοτήτων** (P) των οντοτήτων είναι τα εξής:

πράσινα φυτά, αέριο CO₂, ηλιακή/υπέρυθρη/υπεριώδης ακτινοβολία.

Παραδείγματα **οργάνωσης** (O) των οντοτήτων ανά φαινόμενο είναι τα εξής:

(α) φωτοσύνθεση/κυτταρική αναπνοή: *ημέρα, νύχτα, όλο το 24ωρο, κατά τις ώρες που φωτοσυνθέτουν, $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$, σε κυτταρικό επίπεδο, η ποσότητα του CO₂ αυξάνεται με γρηγορότερους ρυθμούς απ' ό,τι καταναλώνεται,*

(β) καύση: $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_v + 6v\text{O}_2 \rightarrow 6v\text{CO}_2 + 5v\text{H}_2\text{O}$,

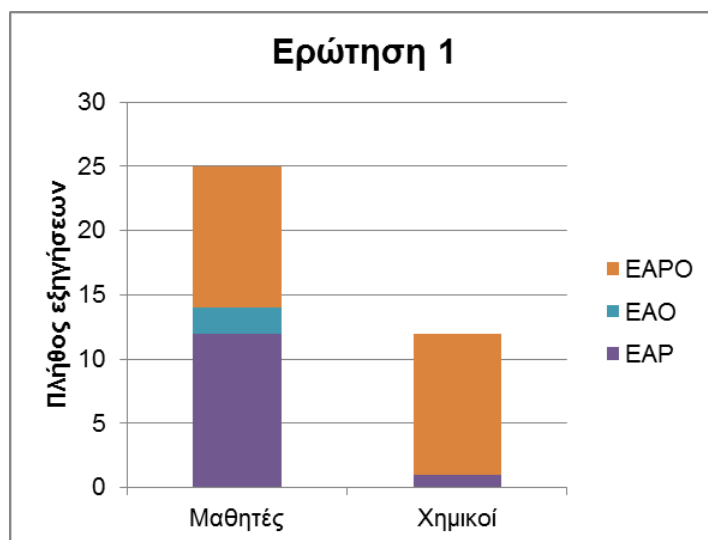
(γ) φαινόμενο του θερμοκηπίου: *στρώμα CO₂, ακτινοβολία εκπέμπεται προς τη γη/προς το διάστημα, στα όρια της ατμόσφαιρας, χωρισμός σε φάσεις, μέρη της ακτινοβολίας*

και σε όλα: διαδοχή γεγονότων, ταυτόχρονα, παράλληλα, ισορροπία.

4.1.1 Εφαρμογή του πλαισίου ανάλυσης στις ερωτήσεις

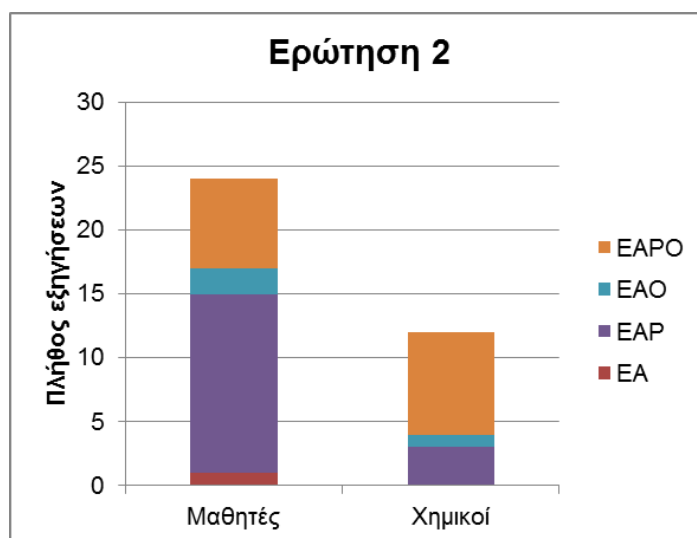
Οντότητες και δραστηριότητες αναφέρουν μαθητές και χημικοί σε όλες τις ερωτήσεις, ενώ ανάλογα με την ερώτηση και τους συμμετέχοντες παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στις ιδιότητες και τα στοιχεία οργάνωσης που αναφέρονται.

Στην ερώτηση 1 (φωτοσύνθεση – κυτταρική αναπνοή) από τους 25 μαθητές 23 αναφέρουν ιδιότητες των οντοτήτων και 13 αναφέρουν την οργάνωση των οντοτήτων. Από τους 12 πτυχιούχους Χημείας όλοι αναφέρουν ιδιότητες και 11 αναφέρουν την οργάνωση των οντοτήτων. Από τους 25 μαθητές 12 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και ιδιότητες (EAP), 2 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και οργάνωση (EAO) και 11 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες και οργάνωση (EAPO). Από τους 12 χημικούς 1 αναφέρει οντότητες, δραστηριότητες και ιδιότητες (EAP) και 11 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες και οργάνωση (EAPO). Τα παραπάνω φαίνονται συγκεντρωτικά στο Σχήμα 1.



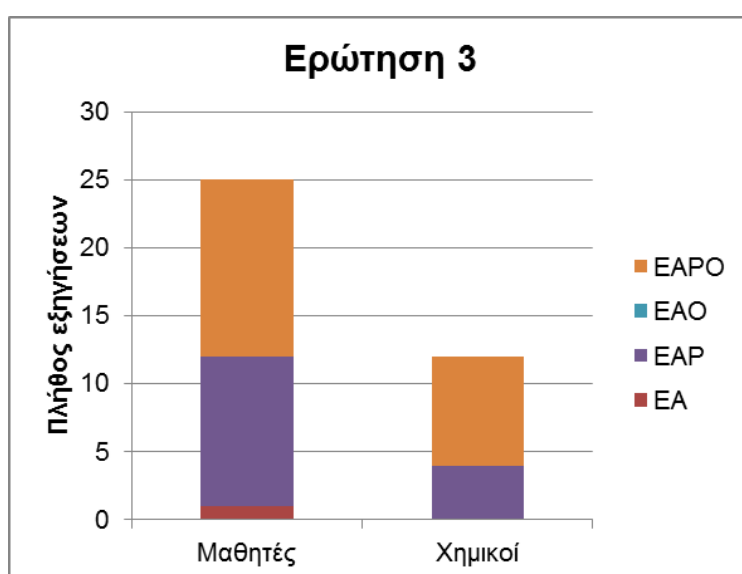
Σχήμα 1: Δομικά στοιχεία μηχανισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 1)

Στην ερώτηση 2 (καύση) από τους 25 μαθητές απάντησαν οι 24 και από αυτούς 21 αναφέρουν ιδιότητες των οντοτήτων και 9 την οργάνωση των οντοτήτων. Από τους 12 πτυχιούχους Χημείας 11 αναφέρουν ιδιότητες των οντοτήτων και 9 την οργάνωση των οντοτήτων. Από τους 24 μαθητές 1 αναφέρει οντότητες και δραστηριότητες (EA), 14 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και ιδιότητες (EAP), 2 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και οργάνωση (EAO) και 7 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες και οργάνωση (EAPO). Από τους 12 χημικούς 3 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και ιδιότητες (EAP), 1 αναφέρει οντότητες, δραστηριότητες και οργάνωση (EAO) και 8 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες και οργάνωση (EAPO). Τα παραπάνω φαίνονται συγκεντρωτικά στο Σχήμα 2.



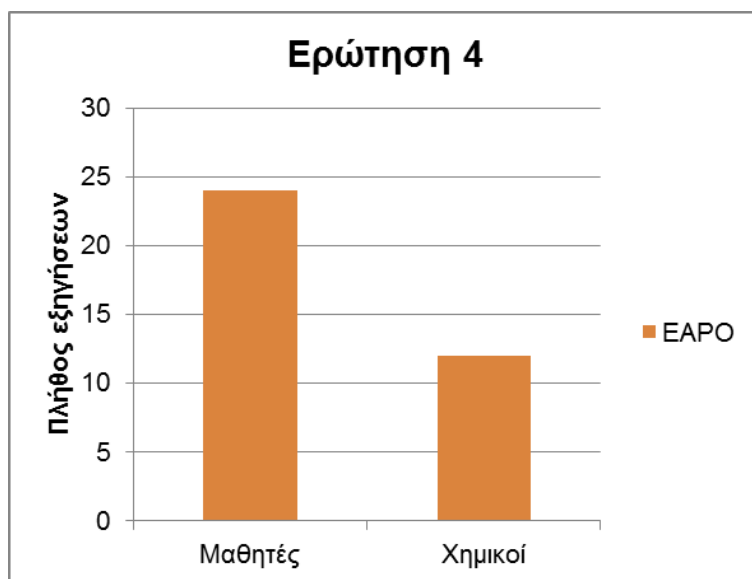
Σχήμα 2: Δομικά στοιχεία μηχανισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 2)

Στην ερώτηση 3 (φαινόμενο του θερμοκηπίου) από τους 25 μαθητές που απάντησαν 24 αναφέρουν ιδιότητες των οντοτήτων και 13 αναφέρουν την οργάνωση των οντοτήτων. Από τους 12 πτυχιούχους Χημείας όλοι αναφέρουν ιδιότητες των οντοτήτων και 8 αναφέρουν την οργάνωση των οντοτήτων. Από τους 25 μαθητές 1 αναφέρει οντότητες και δραστηριότητες (EA), 11 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και ιδιότητες (EAP) και 13 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες και οργάνωση (EAPΟ). Από τους 12 χημικούς 4 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και ιδιότητες (EAP) και 8 αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες και οργάνωση (EAPΟ). Τα παραπάνω φαίνονται συγκεντρωτικά στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3: Δομικά στοιχεία μηχανισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 3)

Στην ερώτηση 4 (φαινόμενο του θερμοκηπίου και οπτική αναπαράσταση) όλοι οι μαθητές (εκτός από 1 που δεν απάντησε την ερώτηση) και όλοι οι χημικοί αναφέρουν ιδιότητες των οντοτήτων και την οργάνωση των οντοτήτων. Με άλλα λόγια, και οι 24 μαθητές και οι 12 χημικοί αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες και οργάνωση (EAPΟ). Τα παραπάνω φαίνονται συγκεντρωτικά στο Σχήμα 4.

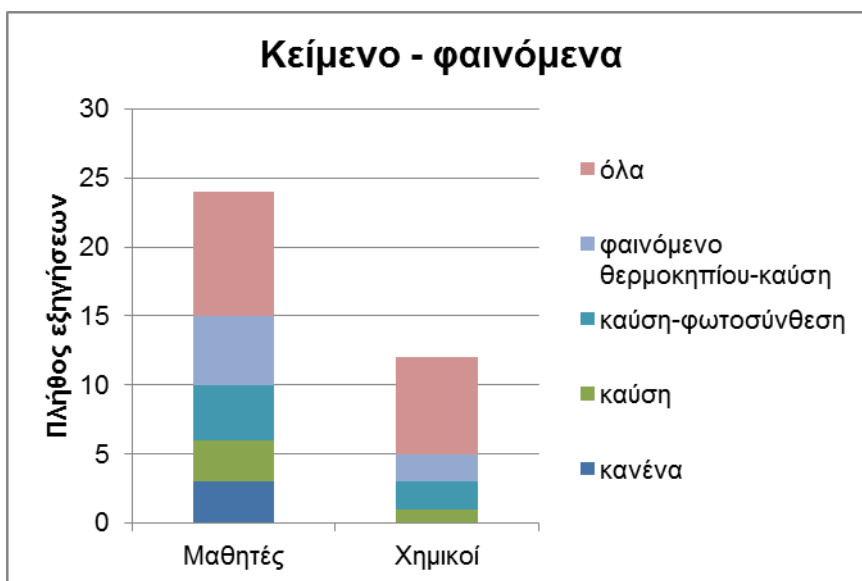


Σχήμα 4: Δομικά στοιχεία μηχανισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 4)

4.1.2 Εφαρμογή του πλαισίου ανάλυσης στο κείμενο

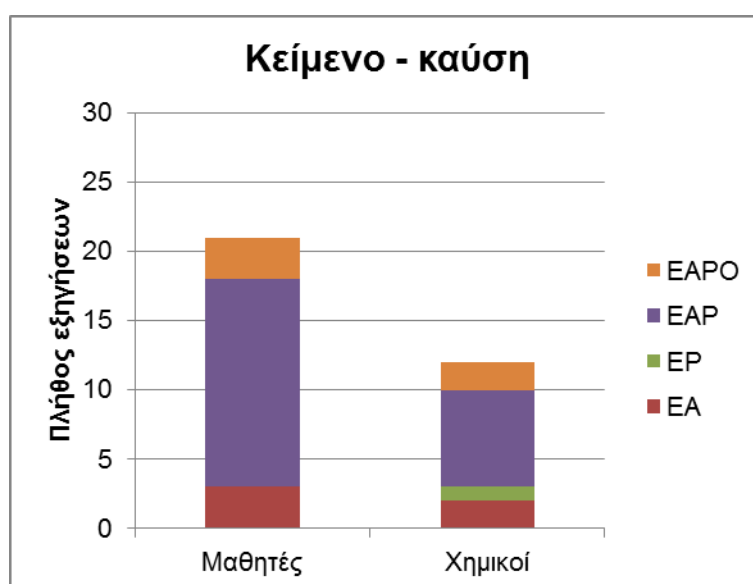
Σε ό,τι αφορά στο ποια επιστημονικά φαινόμενα χρησιμοποιούνται, από τους 24 μαθητές 21 ανέφεραν την καύση, 14 ανέφεραν τη φωτοσύνθεση (και όχι την κυτταρική αναπνοή) και 14 ανέφεραν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ενώ από τους 12 χημικούς και οι 12 ανέφεραν την καύση, 9 ανέφεραν τη φωτοσύνθεση (και όχι την κυτταρική αναπνοή) και 9 ανέφεραν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Πιο συγκεκριμένα, 3 μαθητές δεν ανέφεραν κανένα φαινόμενο, 3 μαθητές ανέφεραν μόνο την καύση, 4 μαθητές ανέφεραν την καύση και τη φωτοσύνθεση, 5 μαθητές ανέφεραν την καύση και το φαινόμενο του θερμοκηπίου και 9 μαθητές ανέφεραν και τα 3 φαινόμενα. Δεν υπήρξαν μαθητές που να αναφέρουν μόνο τη φωτοσύνθεση, μόνο το φαινόμενο του θερμοκηπίου ή τη φωτοσύνθεση και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Από τους χημικούς 1 χημικός ανέφερε μόνο την καύση, 2 χημικοί ανέφεραν την καύση και τη φωτοσύνθεση, 2 χημικοί ανέφεραν την καύση και το φαινόμενο του θερμοκηπίου και 7 χημικοί ανέφεραν και τα 3 φαινόμενα. Δεν υπήρξαν πτυχιούχοι Χημείας που να μην αναφέρουν κανένα φαινόμενο ή να αναφέρουν μόνο τη φωτοσύνθεση ή μόνο το φαινόμενο του θερμοκηπίου ή τη φωτοσύνθεση και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα παραπάνω φαίνονται συγκεντρωτικά στο Σχήμα 5.



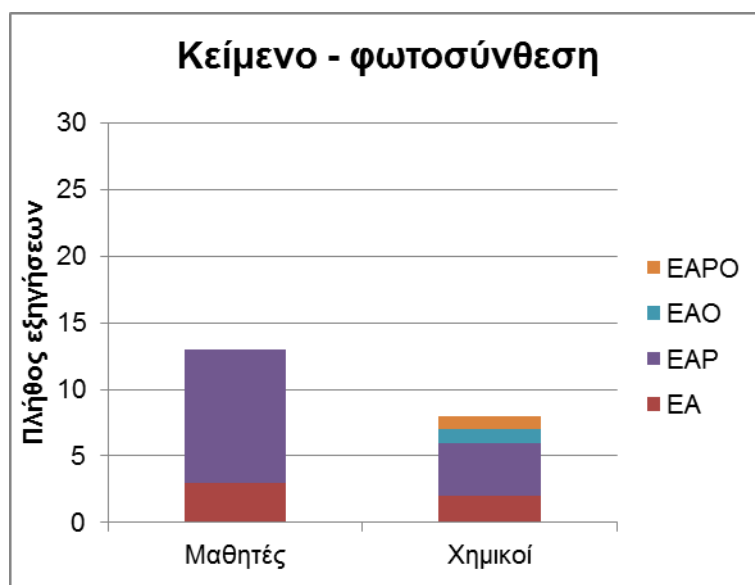
Σχήμα 5: Φαινόμενα που χρησιμοποιήθηκαν στις εξηγήσεις στο κείμενο

Για το φαινόμενο της καύσης στο κείμενο, 3 μαθητές αναφέρουν μόνο οντότητες και δραστηριότητες (EA), 15 μαθητές αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και ιδιότητες (EAP) και 3 μαθητές αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες και οργάνωση (EAPO). Από την άλλη, 2 χημικοί αναφέρουν μόνο οντότητες και δραστηριότητες (EA), 1 χημικός αναφέρει οντότητες και ιδιότητες (EP), 7 χημικοί αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και ιδιότητες (EAP) και 2 χημικοί αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες και οργάνωση (EAPO). Τα παραπάνω φαίνονται συγκεντρωτικά στο Σχήμα 6.



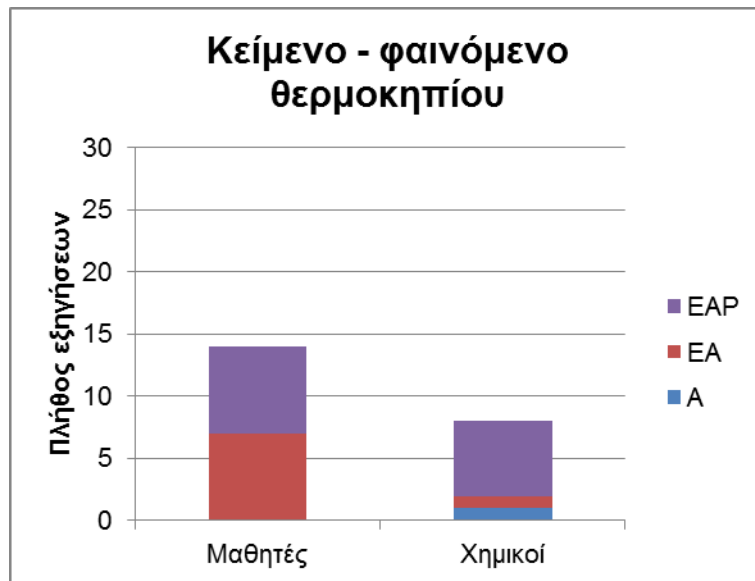
Σχήμα 6: Δομικά στοιχεία μηχανισμού της καύσης στις εξηγήσεις (κείμενο)

Για το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης στο κείμενο, 3 μαθητές αναφέρουν μόνο οντότητες και δραστηριότητες (EA) και 10 μαθητές αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και ιδιότητες (EAP). Από την άλλη, 2 χημικοί αναφέρουν μόνο οντότητες και δραστηριότητες (EA), 4 χημικοί αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και οργάνωση (EAP), 1 χημικός αναφέρει οντότητες, δραστηριότητες και οργάνωση (EAO) και 1 χημικός αναφέρει οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες και οργάνωση (EAPΟ). Τα παραπάνω φαίνονται συγκεντρωτικά στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7: Δομικά στοιχεία μηχανισμού της φωτοσύνθεσης στις εξηγήσεις (κείμενο)

Για το φαινόμενο του θερμοκηπίου στο κείμενο, 7 μαθητές αναφέρουν μόνο οντότητες και δραστηριότητες (EA) και 7 μαθητές αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και ιδιότητες (EAP). Από την άλλη, 1 χημικός αναφέρει μόνο δραστηριότητες (A), 1 χημικός αναφέρει μόνο οντότητες και δραστηριότητες (EA) και 6 χημικοί αναφέρουν οντότητες, δραστηριότητες και οργάνωση (EAP). Τα παραπάνω φαίνονται συγκεντρωτικά στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8: Δομικά στοιχεία μηχανισμού του φαινομένου του θερμοκηπίου στις εξηγήσεις (κείμενο)

4.2 Αναγνώριση του μηχανιστικού συλλογισμού με βάση το πλαίσιο του Moreira και των συνεργατών του [36]

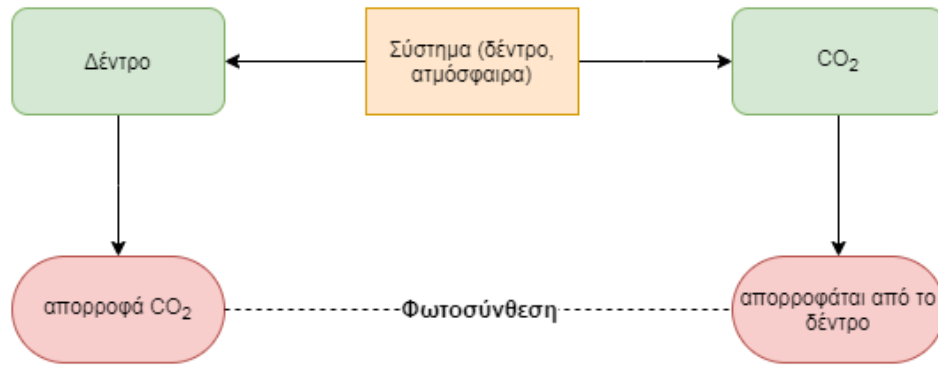
Με το πλαίσιο ανάλυσης του Moreira και των συνεργατών του [36] αναζητούνται οι σχέσεις μεταξύ διαφορετικών επεξηγηματικών, δομικών στοιχείων και στη συνέχεια χαρτογραφούνται σε ένα διάγραμμα συλλογισμού. Γίνεται κατανομή των συλλογισμών σε 4 διαφορετικά επίπεδα: περιγραφικό, συσχετιστικό, απλό αιτιακό και αναδυόμενο μηχανιστικό.

Στα διαγράμματα συλλογισμού δε σχεδιάστηκαν όλες οι οντότητες, καθώς μας ενδιαφέρει η σύνδεση μόνο των οντοτήτων που σχετίζονται με την αντίστοιχη εξήγηση. Διαφορετικά χρώματα χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση διαφορετικών δομικών συστατικών σε μια εξήγηση. Για τις ερωτήσεις, το σύστημα απεικονίζεται με πορτοκαλί χρώμα, οι οντότητες με πράσινο, οι δραστηριότητες με ροζ, οι ιδιότητες με μωβ και η οργάνωση με κίτρινο ρόμβο. Οι διακεκομμένες γραμμές στα διαγράμματα συσχετιστικού επιπέδου χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση μη αιτιωδών συσχετίσεων, ενώ οι συνεχόμενες χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση πραγματικών αιτιωδών συνδέσεων.

Ερώτηση 1 (φωτοσύνθεση – κυτταρική αναπνοή): Με κριτήριο τη σύνδεση των οντοτήτων «δέντρο» και «CO₂», ανιχνεύθηκαν συσχετιστικοί, απλοί

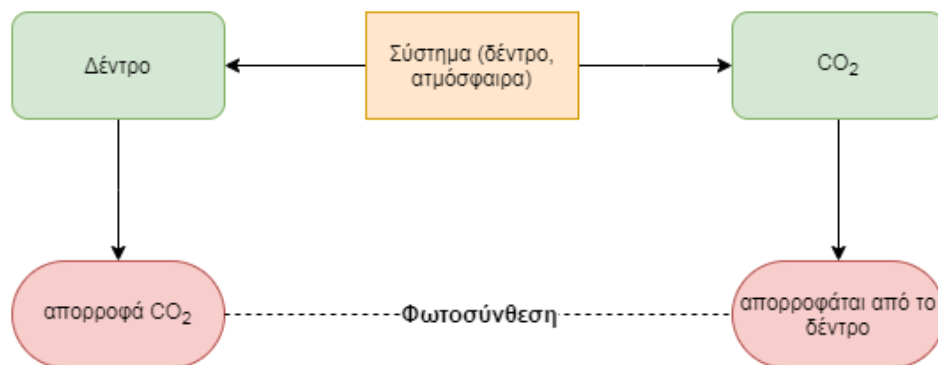
αιτιακοί και αναδυόμενοι μηχανιστικοί συλλογισμοί, ενώ δεν ανιχνεύθηκαν περιγραφικοί συλλογισμοί. Ακολουθούν χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Συσχετιστικός: Το δέντρο, μέσω της φωτοσύνθεσης, απορροφά το CO₂ και απελευθερώνει O₂. Με αποτέλεσμα, η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα να μειώνεται σταδιακά. (M03)



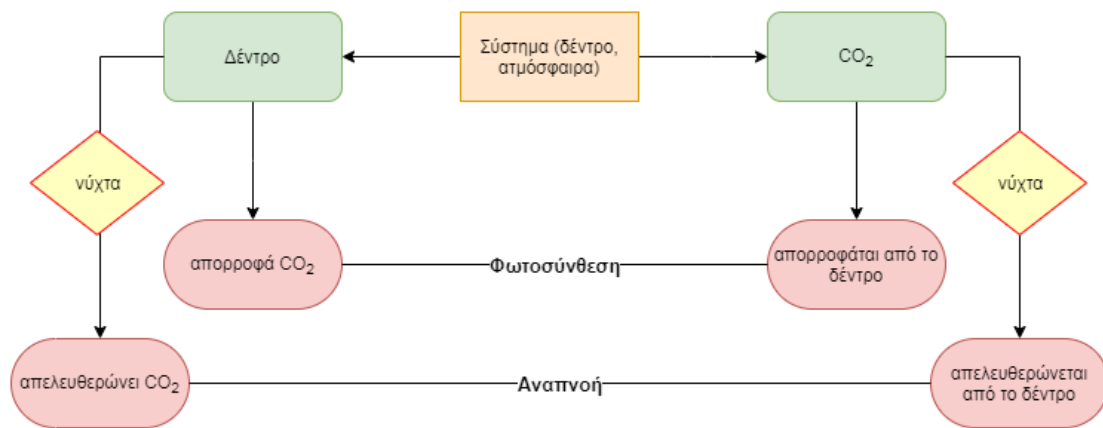
Σχήμα 9: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 1)

Συσχετιστικός: Κατά μέσο όρο, ένα τυπικό δέντρο απορροφά, μέσω της φωτοσύνθεσης, το ισοδύναμο 1 τόνου CO₂ για την αύξηση κάθε κυβικού μέτρου ιστών του, παράγοντας το ισοδύναμο 727 Kg O₂, ως παραπροϊόν-ωφέλιμο για μας. Δηλαδή ο αέρας είναι πιο καθαρός από ρύπανση κι εμπλουτισμένος με οξυγόνο σε μια περιοχή με δέντρα. (X07)



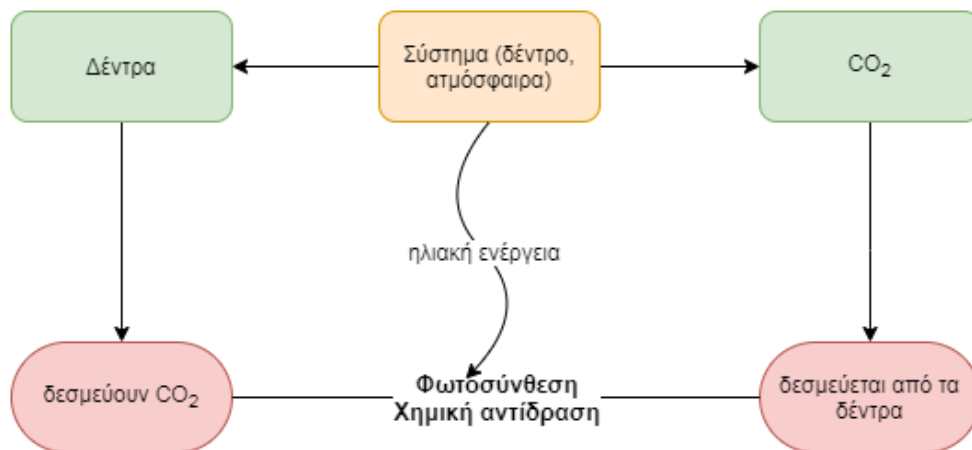
Σχήμα 10: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 1)

Απλός αιτιακός: Η ύπαρξη των δέντρων σε μια περιοχή είναι πολύπλευρα συνδεδεμένη με το διοξείδιο του άνθρακα. Το δέντρο, όπως και κάθε φυτό, κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης απορροφά ένα ποσό αυτού του στοιχείου (διοξειδίου του άνθρακα) ώστε να καταφέρει να επιβιώσει. Στον αντίποδα βέβαια, τα δέντρα κατά τις νυκτερινές ώρες απελευθερώνουν και μια ποσότητα διοξειδίου λόγω της αναπνοής τους. (M16)



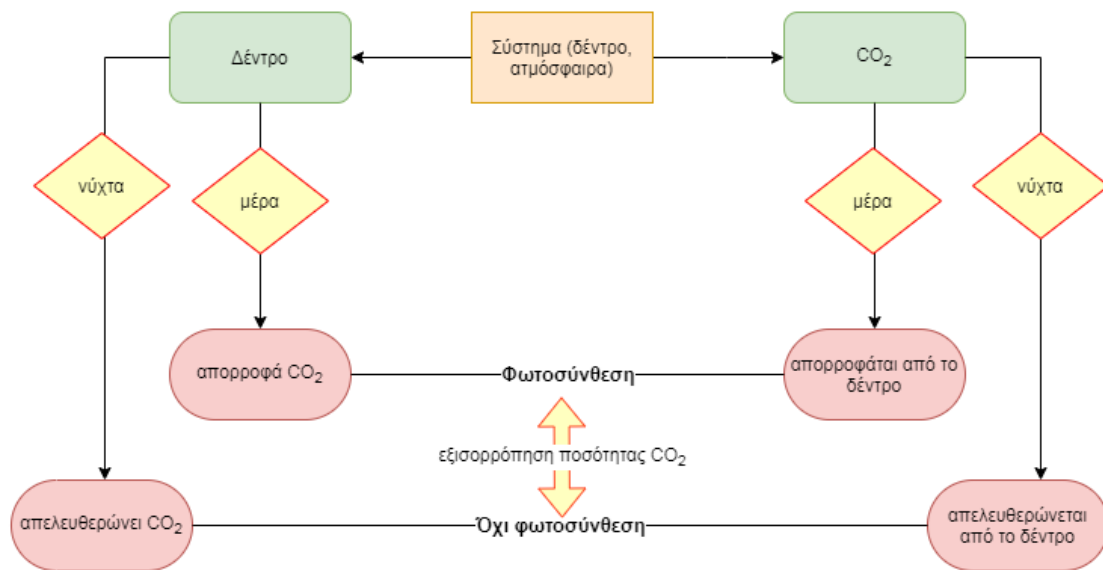
Σχήμα 11: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 1)

Απλός αιτιακός: Σύμφωνα με τη βασική απλουστευμένη εξίσωση της φωτοσύνθεσης, οι φυτικοί οργανισμοί δεσμεύουν H_2O και CO_2 από το περιβάλλον τους προς παραγωγή O_2 και υδατανθράκων, παρουσία ηλιακής ενέργειας. Συνεπώς, η λειτουργία αυτή των φυτών δρα ως ρυθμιστική των επιπέδων CO_2 στην ατμόσφαιρα. (X01)



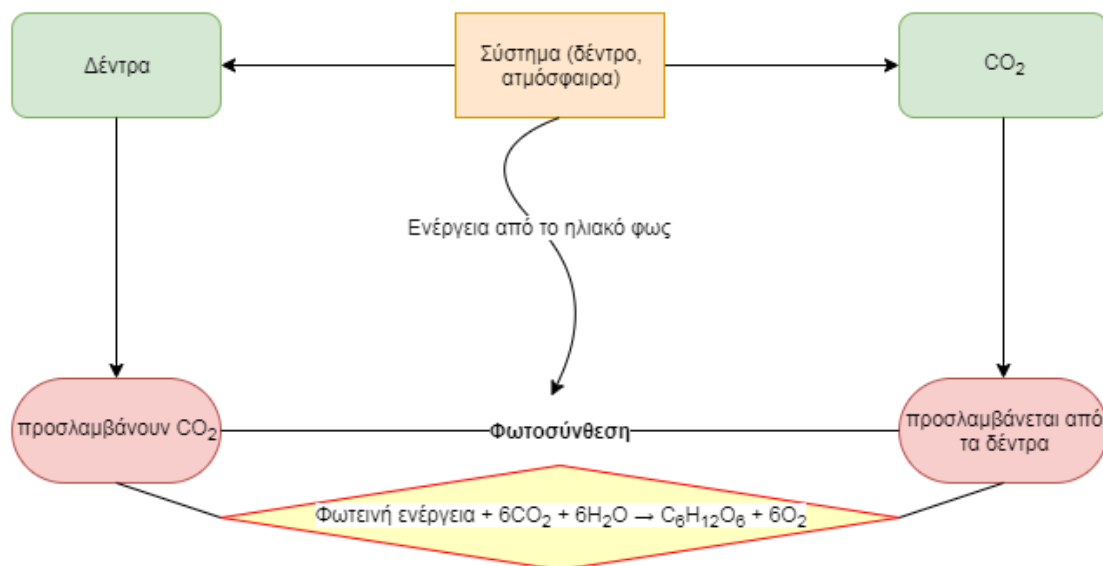
Σχήμα 12: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 1)

Αναδυόμενος μηχανιστικός: Η ύπαρξη ενός δέντρου σε μια περιοχή επηρεάζει άμεσα την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα, καθώς τα φυτά κατά τη διάρκεια της μέρας απορροφούν CO_2 και απελευθερώνουν οξυγόνο. Αντίθετα, τη νύχτα, όπου τα φυτά δεν φωτοσυνθέτουν, απορροφούν οξυγόνο και απελευθερώνουν μικρή ποσότητα CO_2 . Επομένως, τα δέντρα εξισορροπούν την ποσότητα O_2 και CO_2 . (M01)



Σχήμα 13: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 1)

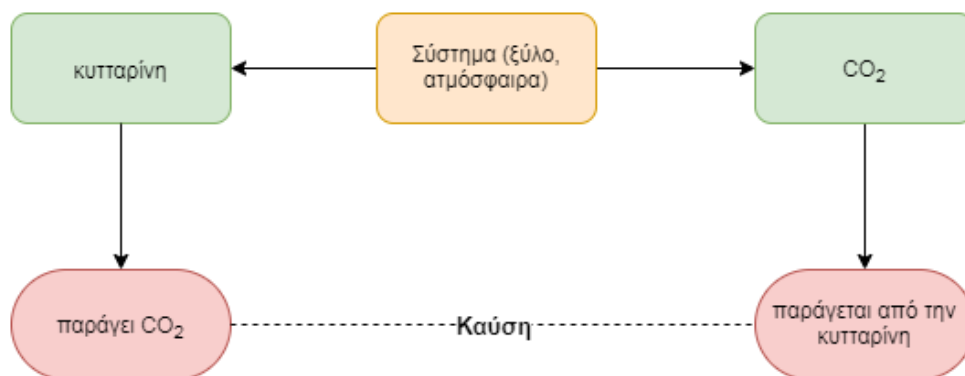
Αναδυόμενος μηχανιστικός: Τα δέντρα προσλαμβάνουν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας, νερό, άζωτο από την αμμωνία και τα νιτρικά άλατα του εδάφους και χρησιμοποιώντας την ενέργεια που προέρχεται από το ηλιακό φως, συνθέτουν οργανικά μόρια απαραίτητα για την επιβίωσή τους. Το συνολικό αποτέλεσμα της όλης διεργασίας ονομάζεται φωτοσύνθεση και συνοψίζεται απλά στην εξίσωση: $\text{Φωτεινή ενέργεια} + 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$. Επομένως, η παρουσία του μειώνει την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. (X12)



Σχήμα 14: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 1)

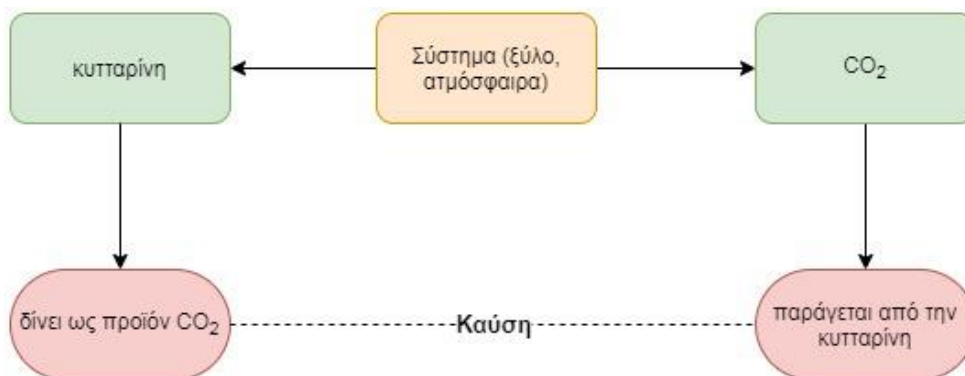
Ερώτηση 2 (καύση): Με κριτήριο τη σύνδεση των οντοτήτων «δέντρο» ή «κυτταρίνη» και «CO₂», ανιχνεύθηκαν συσχετιστικοί, απλοί αιτιακοί και αναδυόμενοι μηχανιστικοί συλλογισμοί, ενώ δεν ανιχνεύθηκαν περιγραφικοί συλλογισμοί. Ακολουθούν χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Συσχετιστικός: Ένα από τα προϊόντα της τέλει καύσης της κυτταρίνης είναι το CO₂. Έτσι, όσο περισσότερα ξύλα καίγονται, τόσο περισσότερο CO₂ διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα. (M05)



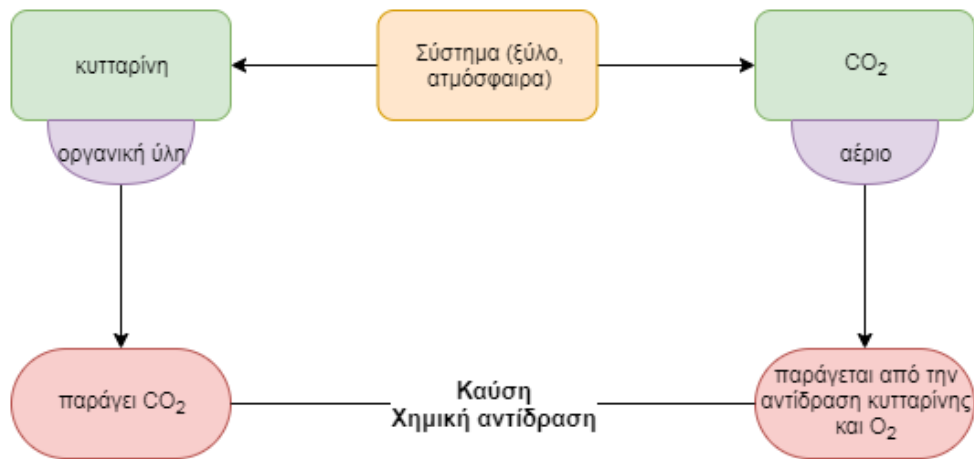
Σχήμα 15: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 2)

Συσχετιστικός: Η καύση της κυτταρίνης θα δώσει ως προϊόντα CO₂ και H₂O, συνεπώς θα αυξηθούν τα επίπεδα CO₂. Επίσης, μπορεί να σχηματιστούν + άλλες βλαβερές ουσίες (π.χ. CO), ως αποτέλεσμα ατελούς καύσης. (X01)



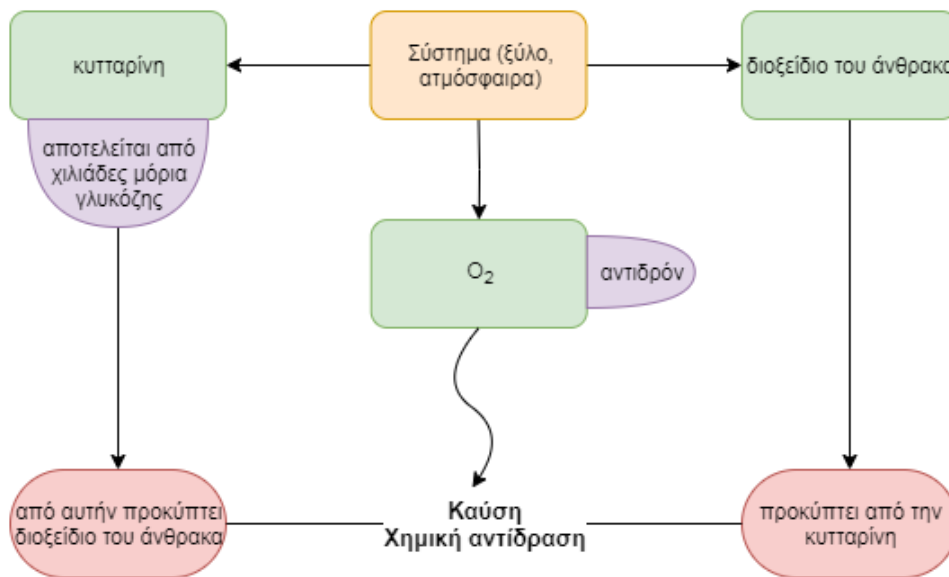
Σχήμα 16: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 2)

Απλός αιτιακός: Μια αντίδραση καύσης περιλαμβάνει την αντίδραση οργανικής ύλης (στην συγκεκριμένη περίπτωση της κυτταρίνης) με το O₂ της ατμόσφαιρας προς παραγωγή CO₂ και άλλων αερίων, H₂O και θερμότητας (πρόκειται για εξώθερμη αντίδραση). Συνεπώς, η καύση του ξύλου αυξάνει την ποσότητα του CO₂ στην ατμόσφαιρα. (X03)



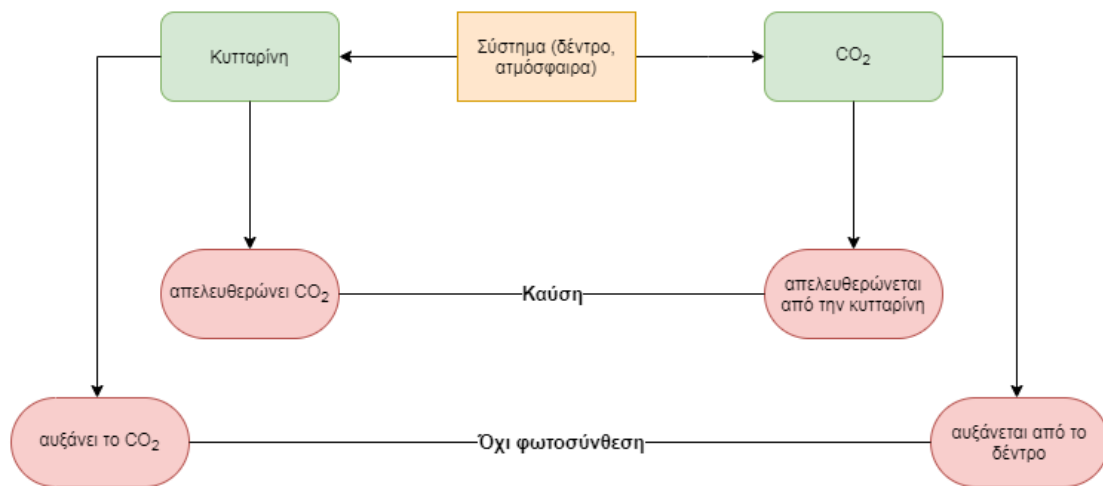
Σχήμα 17: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 2)

Απλός αιτιακός: Η κυτταρίνη αποτελείται από χιλιάδες μόρια γλυκόζης. Από την καύση της, επομένως, προκύπτουν διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Έτσι, με την καύση του ξύλου αυξάνεται η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, ενώ παράλληλα μειώνεται η ποσότητα του οξυγόνου, καθώς είναι απαραίτητο στοιχείο για να γίνει η αντίδραση (είναι αντιδρόν). (M20)



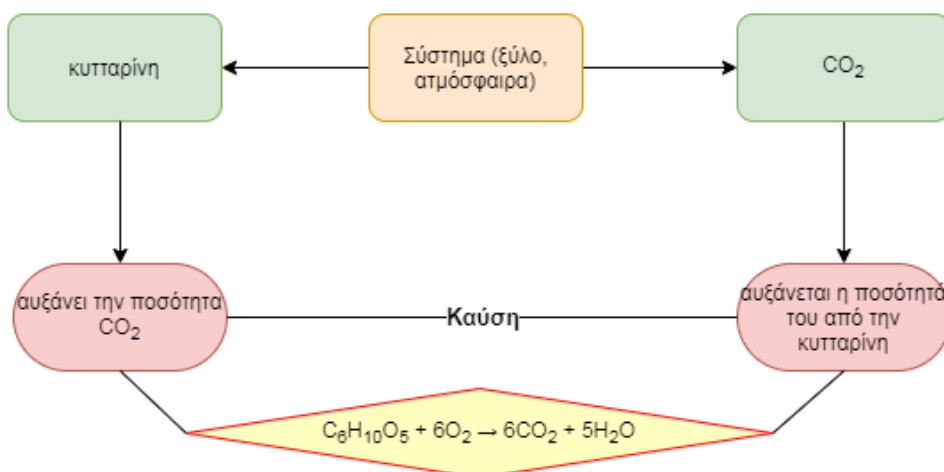
Σχήμα 18: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 2)

Απλός αιτιακός: Όταν γίνεται καύση της κυτταρίνης, δηλαδή αντίδραση με το οξυγόνο, απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα και έτσι μειώνεται το καθαρό οξυγόνο, εφόσον τα δέντρα δε μπορούν να κάνουν πλέον φωτοσύνθεση. Με τον ίδιο τρόπο αυξάνεται το CO₂ στην ατμόσφαιρα. (M22)



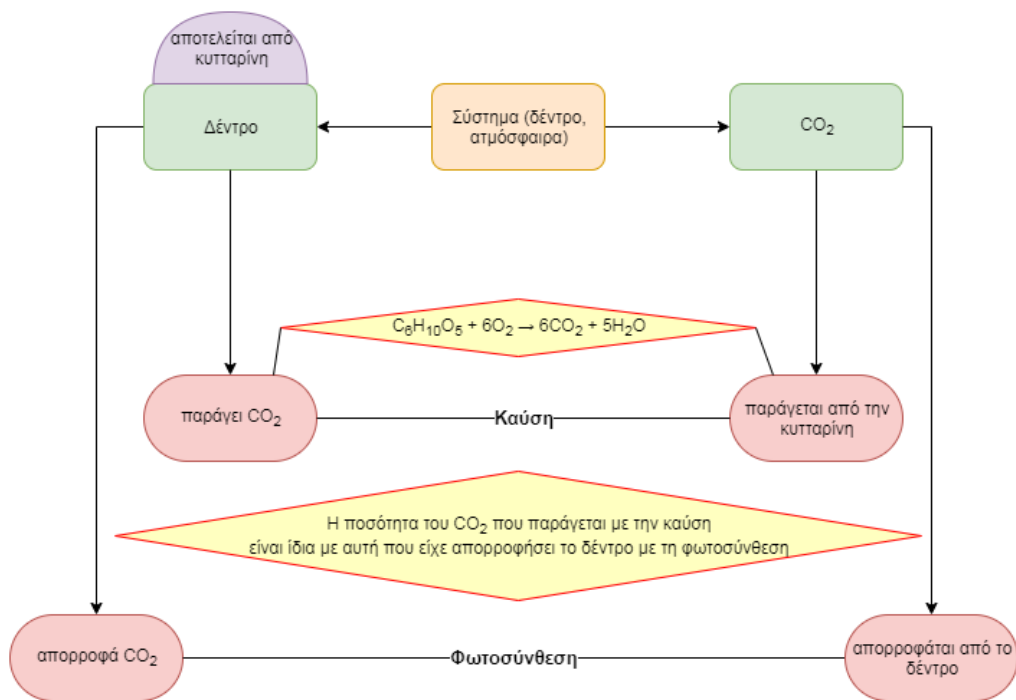
Σχήμα 19: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 2)

Αναδυόμενος μηχανιστικός: $C_6H_{10}O_5 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 5H_2O$, έτσι αυξάνεται η ποσότητα CO_2 στην ατμόσφαιρα. (M27)



Σχήμα 20: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 2)

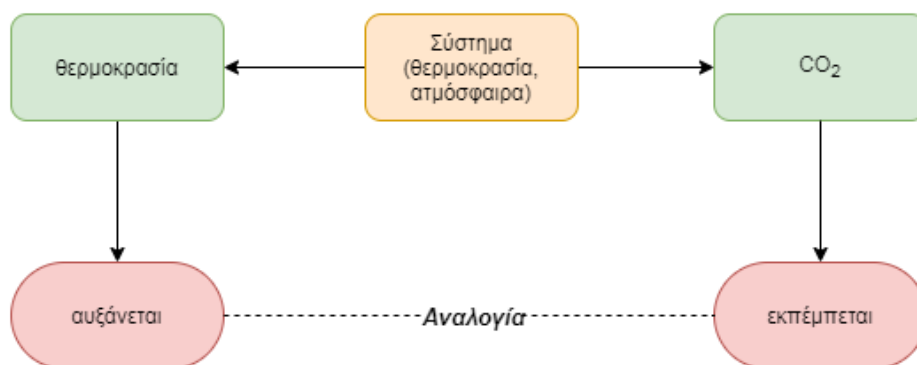
Αναδυόμενος μηχανιστικός: ...Πραγματοποιείται καύση της κυτταρίνης και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Αν θεωρήσουμε πως δεν λαμβάνει χώρα ατελής καύση, αλλά μόνο τέλεια $\{(C_6H_{10}O_5)_n + 12n O_2 \rightarrow 6n CO_2 + 5n H_2O\}$, τότε αυτή η ποσότητα CO_2 είναι ακριβώς η ίδια που είχε απορροφήσει το δέντρο κατά τη φωτοσύνθεση ώστε να παράξει τη δεδομένη ποσότητα κυτταρίνης. Συνεπώς πρόκειται για κυκλική πορεία: φωτοσύνθεση-καύση-φωτοσύνθεση... Και η συνολική μεταβολή στην ποσότητα CO_2 είναι μηδενική. ... (X07)



Σχήμα 21: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 2)

Ερώτηση 3 (φαινόμενο του θερμοκηπίου): Με κριτήριο τη σύνδεση των οντοτήτων «θερμοκρασία» και «CO₂», ανιχνεύθηκαν συσχετιστικοί, απλοί αιτιακοί και αναδυόμενοι μηχανιστικοί συλλογισμοί, ενώ δεν ανιχνεύθηκαν περιγραφικοί συλλογισμοί. Ακολουθούν χαρακτηριστικά παραδείγματα.

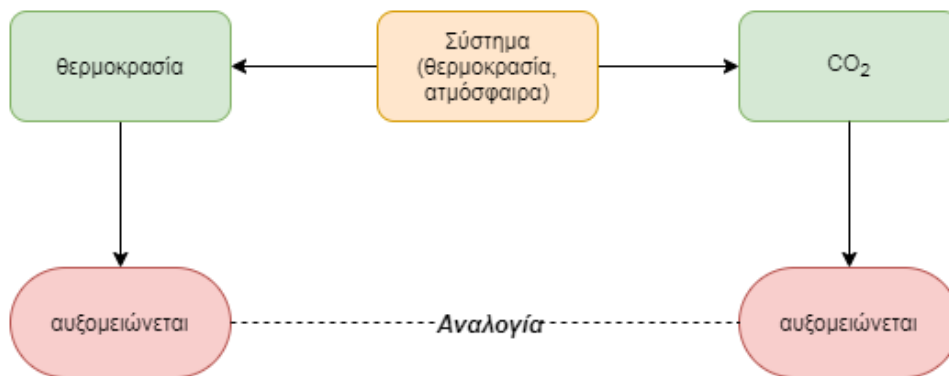
Συσχετιστικός: Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία μεταβάλλεται αναλογικά με το διοξείδιο του άνθρακα που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Έτσι, όσο περισσότερο διοξείδιο εκπέμπεται από μηχανές εσωτερικής καύσης, εργοστάσια κλπ τόσο αυξάνεται η θερμοκρασία. (M19)



Σχήμα 22: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 3)

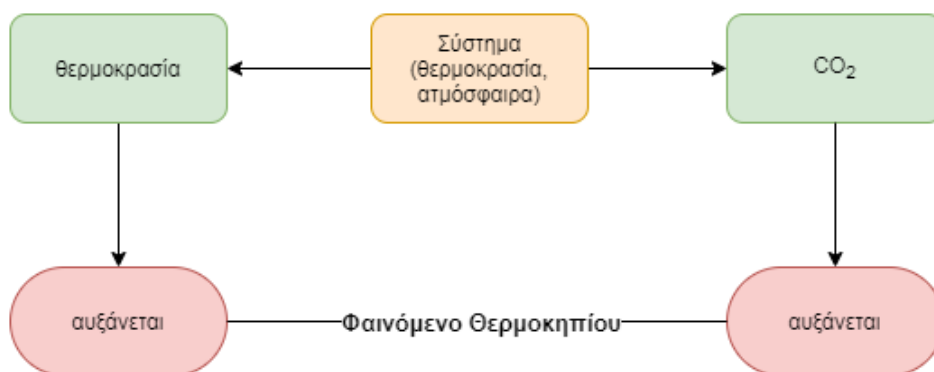
Συσχετιστικός: Με βάση το διάγραμμα, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας στο πέρασμα των χρόνων συμπίπτει με τις

αυξομειώσεις στη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Αν δεχτούμε πως υπάρχει μία σχέση αναλογίας ανάμεσα στα δύο μεγέθη, τότε, από την παρατηρούμενη αύξηση (αλματώδη, μάλιστα) στις τιμές της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα τα τελευταία χρόνια, είναι αναμενόμενη και μία αντίστοιχη (ίσως όχι τόσο αλματώδης) αύξηση της θερμοκρασίας της Γης για το ίδιο διάστημα. (X10)



Σχήμα 23: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 3)

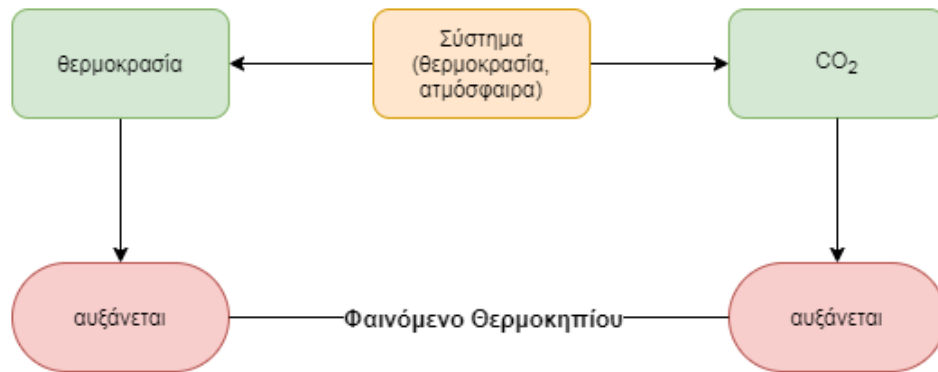
Απλός αιτιακός: Σύμφωνα με το διάγραμμα, βλέπουμε ότι τόσο η συγκέντρωση του CO₂ όσο και η τιμή της θερμοκρασίας έχουν αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Λόγω της καύσης των ξύλων και της συνεχούς χρήσης μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε συνδυασμό με την αυξημένη δράση του φαινομένου του θερμοκηπίου, είναι δυνατόν να δικαιολογηθεί αυτή η αύξηση των τιμών. (M06)



Σχήμα 24: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 3)

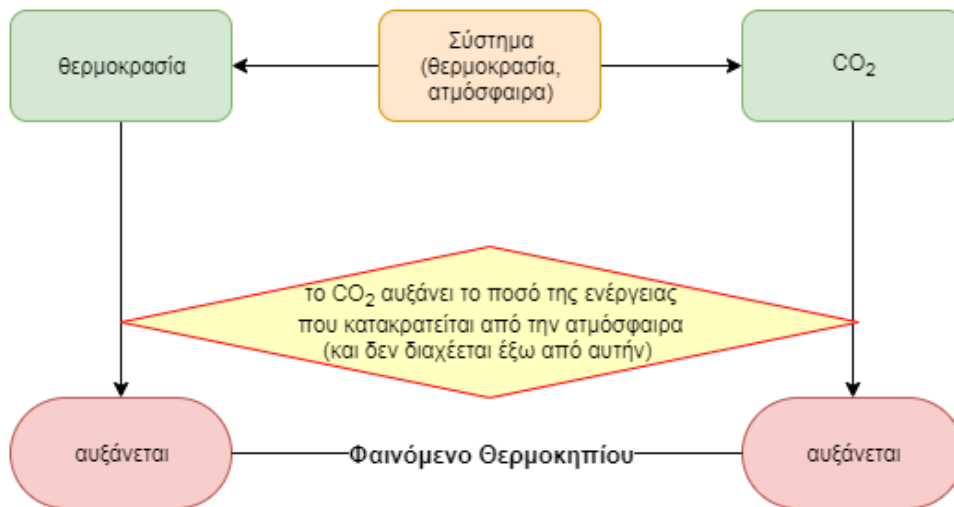
Απλός αιτιακός: Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα η αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα συνεισφέρει στην αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτό συμβαίνει μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επομένως με τόσες πηγές που

απελευθερώνουν CO₂ στην ατμόσφαιρα, είναι λογικό να αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της γης. (X02)



Σχήμα 25: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 3)

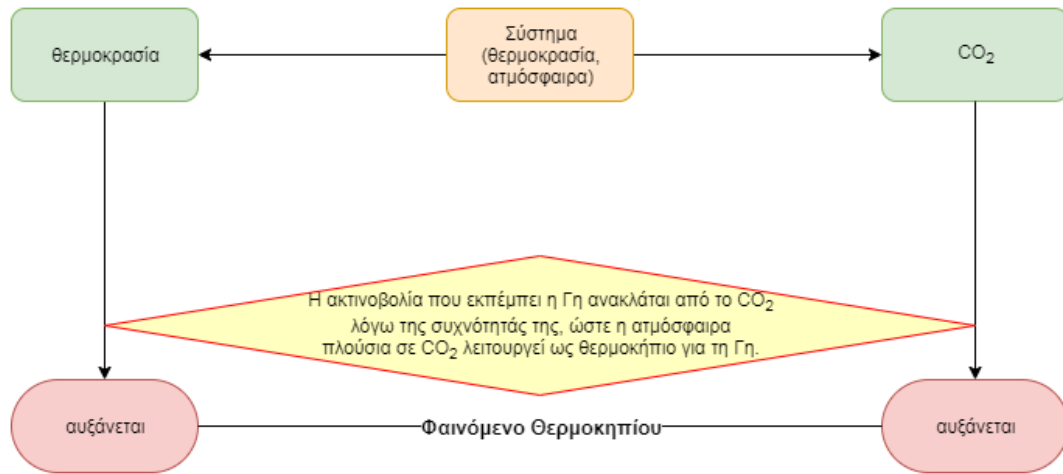
Αναδυόμενος μηχανιστικός: Η μεγάλη αύξηση στην ποσότητα του CO₂ που υπάρχει στην ατμόσφαιρα αυξάνει το ποσό της ενέργειας που κατακρατείται από την ατμόσφαιρα (και δεν διαχέεται έξω από αυτήν) και έτσι αυξάνει η θερμοκρασία. (X06)



Σχήμα 26: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 3)

Αναδυόμενος μηχανιστικός: Το CO₂ επιτρέπει στην ακτινοβολία του ήλιου να περνάει μέσα από αυτό. Αυτή θερμαίνει τη Γη. Η Γη ως θερμό σώμα εκπέμπει ακτινοβολία προς το διάστημα, σε συχνότητα όμως χαμηλότερη από αυτή της ακτινοβολίας του Ήλιου, επειδή είναι ψυχρότερη από τον Ήλιο. Η ακτινοβολία που εκπέμπει η Γη ανακλάται από το CO₂ λόγω της συχνότητάς της, ώστε η ατμόσφαιρα πλούσια σε CO₂ λειτουργεί ως θερμοκήπιο για τη Γη. Άρα η

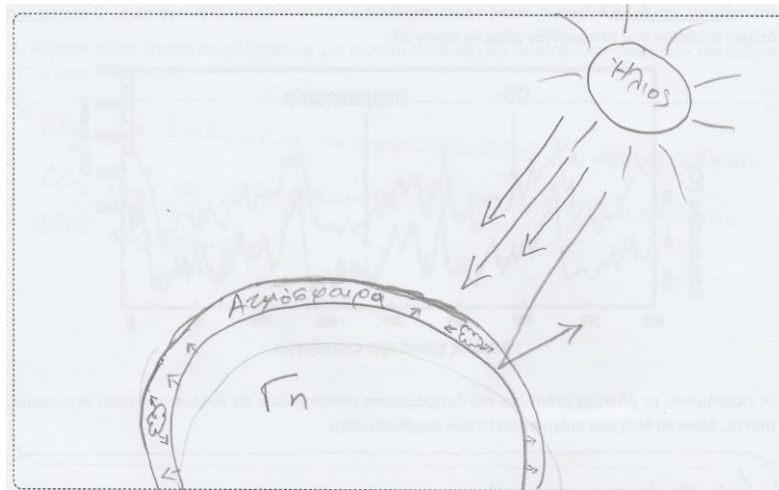
υψηλή συγκέντρωση CO₂ οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας της Γης, όπως φαίνεται πειραματικά και από το διάγραμμα. (M23)



Σχήμα 27: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 3)

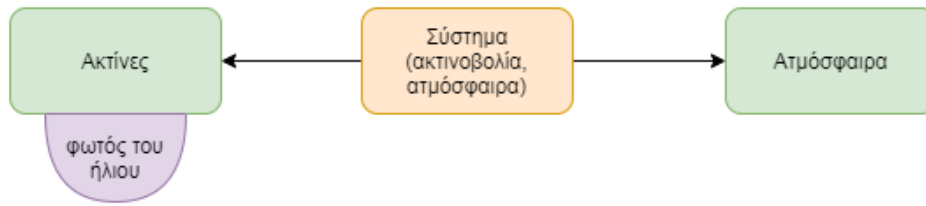
Ερώτηση 4 (φαινόμενο του θερμοκηπίου και οπτική αναπαράσταση): Με κριτήριο τη σύνδεση των οντοτήτων «ακτινοβολία/ακτίνες» και «αέρια του θερμοκηπίου (CO₂, H₂O_(g) κ.ά.)», ανιχνεύθηκαν περιγραφικοί, συσχετιστικοί, απλοί αιτιακοί και αναδυόμενοι μηχανιστικοί συλλογισμοί. Ακολουθούν χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Περιγραφικός:



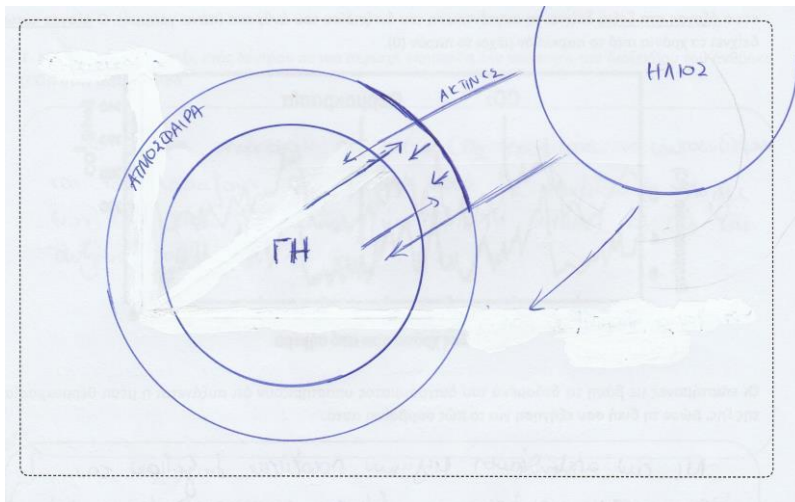
Εικόνα 1: Σχέδιο μαθητή M05 (ερώτηση 4α)

Έχω ζωγραφίσει τη γη και την ατμόσφαιρα που την περικλείει και τον ήλιο με τις ακτίνες φωτός του προς την Γη. (M05)



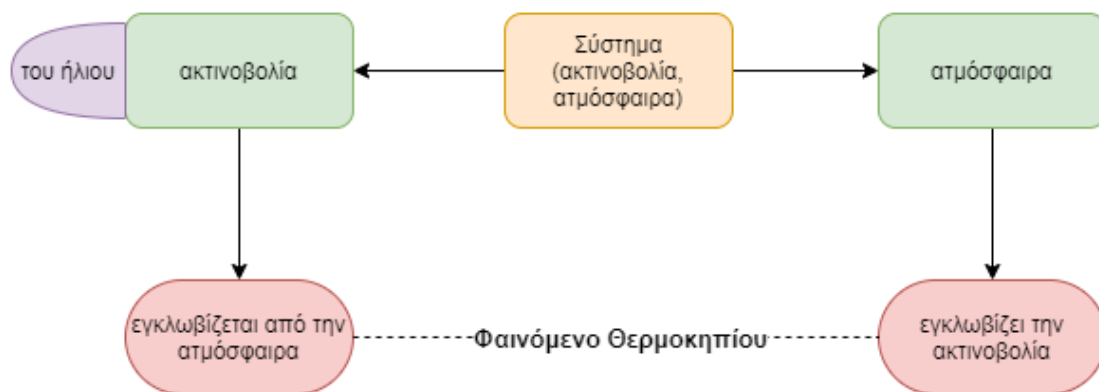
Σχήμα 28: Διάγραμμα συλλογισμού περιγραφικού επιπέδου (ερώτηση 4)

Συσχετιστικός:



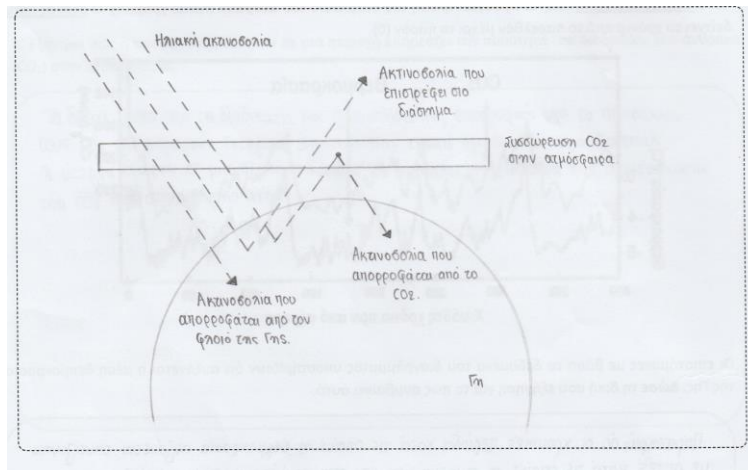
Εικόνα 2: Σχέδιο μαθητή Μ04 (ερώτηση 4α)

Στο παραπάνω σχήμα που αναπαρίσταται το φαινόμενο του θερμοκηπίου, φαίνονται οι ακτίνες του ήλιου που διαπερνούν την ατμόσφαιρα της Γης ώστε να εισέλθουν αλλά στην προσπάθειά τους να φύγουν αποτυγχάνουν και εγκλωβίζονται μέσα στην ατμόσφαιρα. (Μ04)



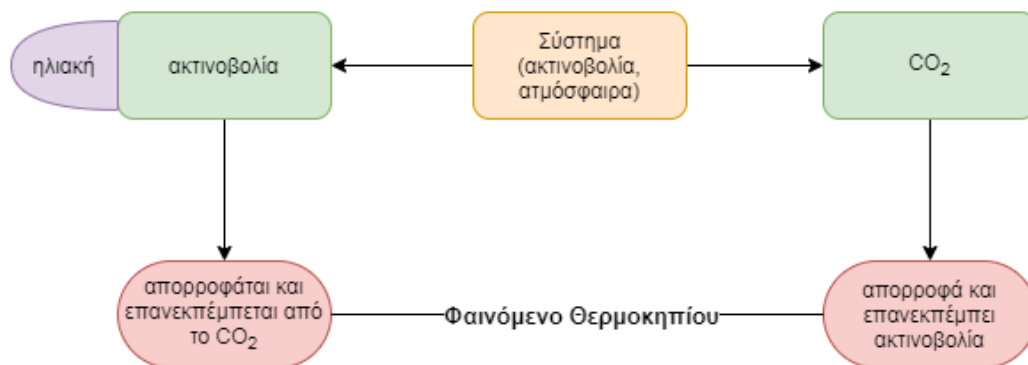
Σχήμα 29: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (ερώτηση 4)

Απλός αιτιακός:



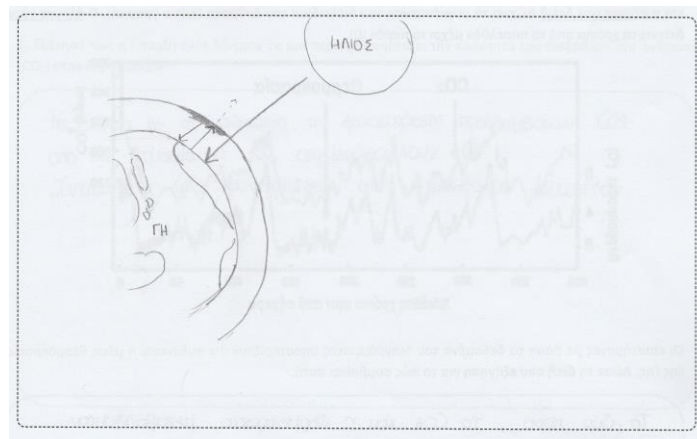
Εικόνα 3: Σχέδιο μαθητή M24 (ερώτηση 4α)

Το CO_2 σχηματίζει ένα στρώμα στη στρατόσφαιρα της Γης. Έτσι, μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που δεν απορροφάται από τον φλοιό της Γης τελικά απορροφάται από το CO_2 και επανεκπέμπεται πίσω στον πλανήτη. (M24)



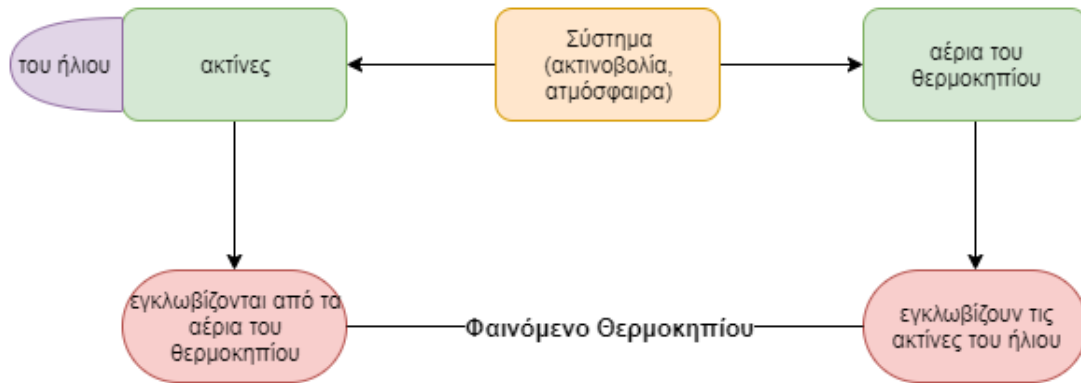
Σχήμα 30: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 4)

Απλός αιτιακός:



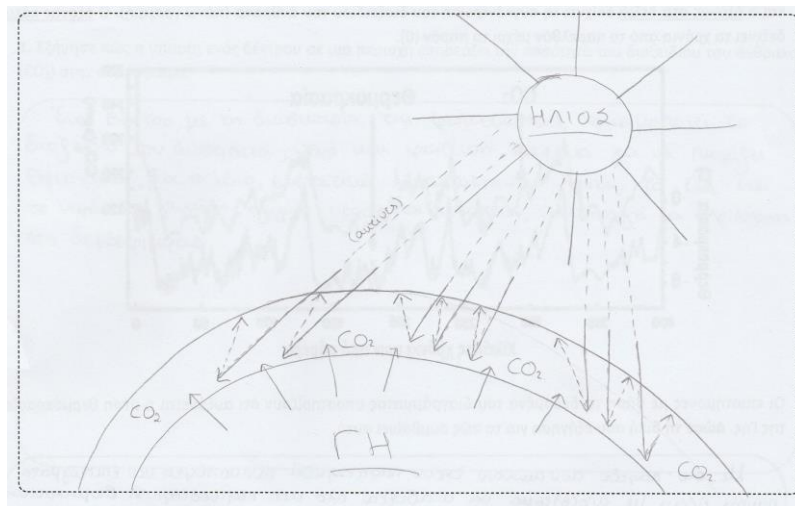
Εικόνα 4: Σχέδιο μαθητή M17 (ερώτηση 4α)

Οι ακτίνες του ήλιου φτάνουν στην ατμόσφαιρα και από την επιφάνεια της γης αντανακλώνται προς το διάστημα. Βέβαια, ένα μέρος «εγκλωβίζεται» από τα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα, την υπερθέρμανση του πλανήτη. (M17)



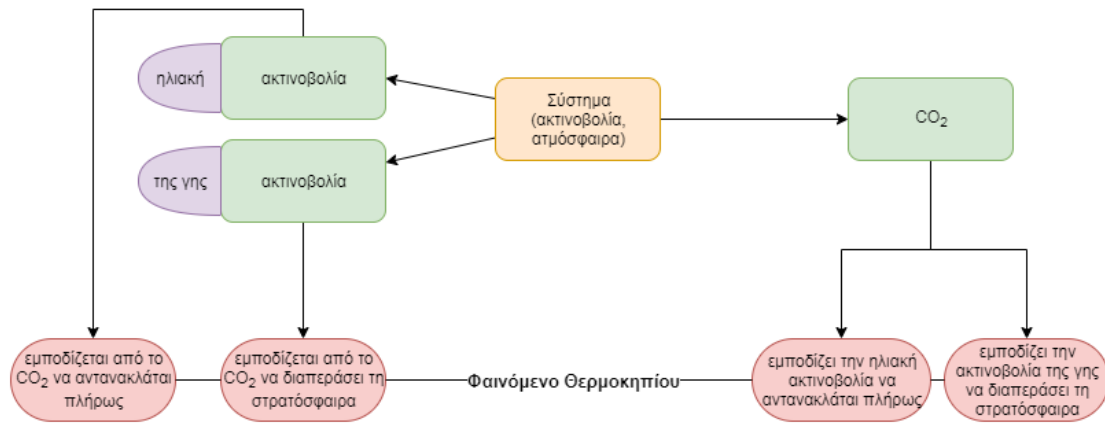
Σχήμα 31: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 4)

Απλός αιτιακός:



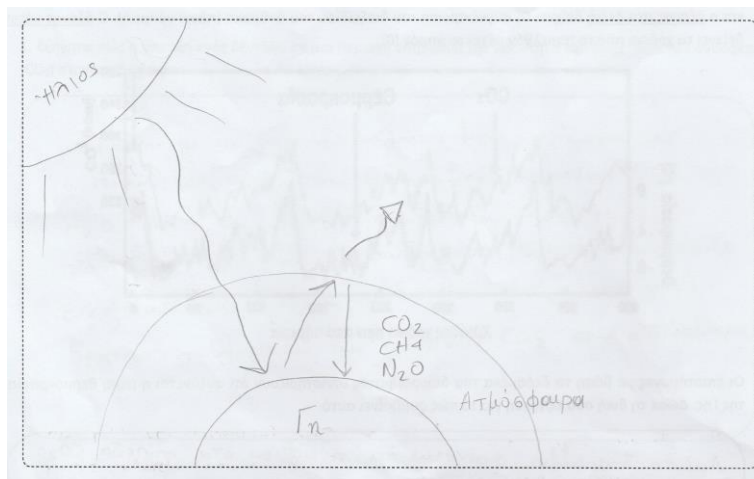
Εικόνα 5: Σχέδιο μαθητή M13 (ερώτηση 4α)

Η υψηλή συγκέντρωση CO_2 στην στρατόσφαιρα εμποδίζει τόσο την ηλιακή ακτινοβολία να αντανακλάται πλήρως, όσο και την ακτινοβολία από τη Γη να τη διαπεράσει, με αποτέλεσμα να εγκλωβίζονται στην ατμόσφαιρα και να αυξάνεται η θερμοκρασία του πλανήτη περισσότερο από το επιθυμητό. (M13)



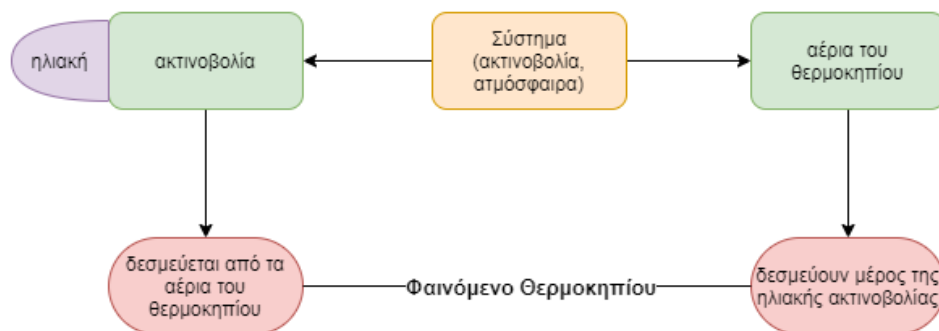
Σχήμα 32: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 4)

Απλός αιτιακός:



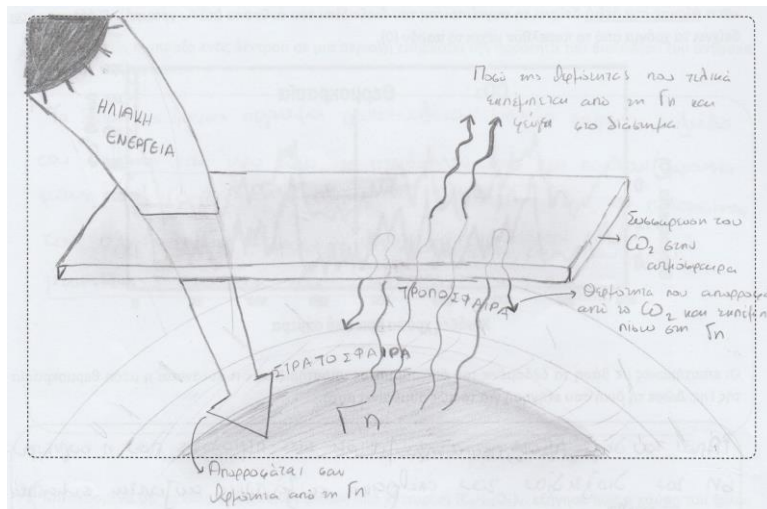
Εικόνα 6: Σχέδιο χημικού Χ01 (ερώτηση 4α)

Τα αέρια του θερμοκηπίου δεσμεύουν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα, διατηρώντας τη θερμοκρασία σε ευνοϊκά για τη ζωή επίπεδα. Η αυξημένη εκπομπή αερίων θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες ενισχύει αυτό το φαινόμενο. Περισσότερη θερμότητα παγιδεύεται στην ατμόσφαιρα, λιγότερη θερμότητα δραπέτευει στο διάστημα. (Χ01)



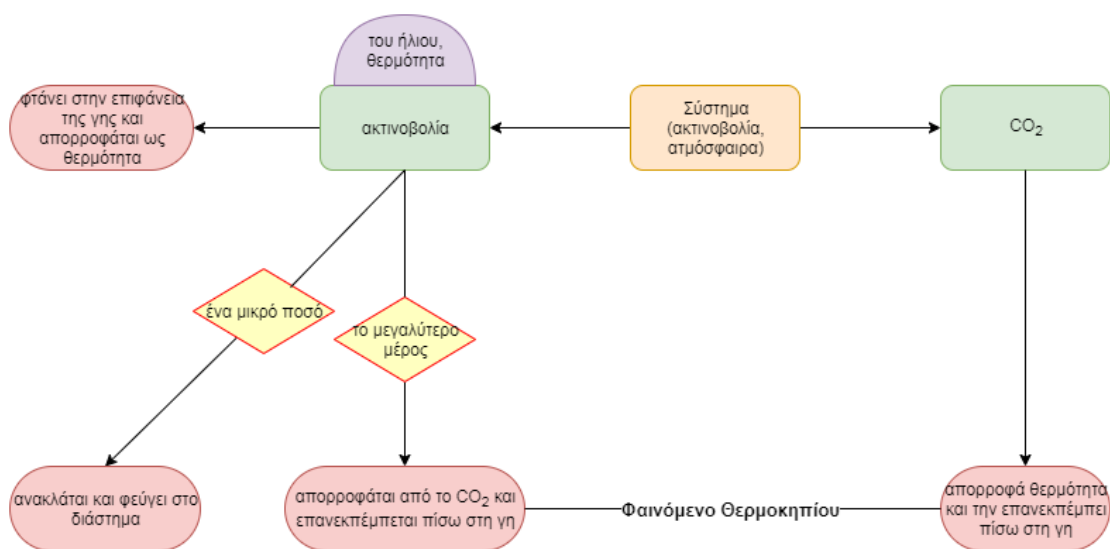
Σχήμα 33: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (ερώτηση 4)

Αναδυόμενος μηχανιστικός:



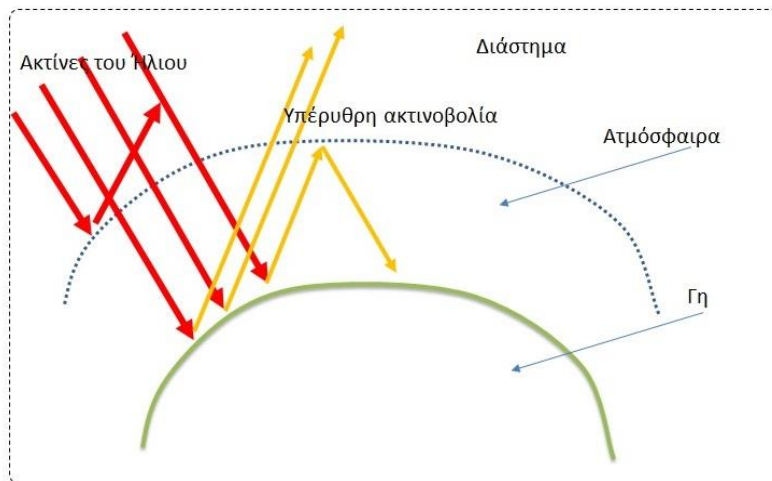
Εικόνα 7: Σχέδιο μαθητή M20 (ερώτηση 4α)

Ο ήλιος εκπέμπει ηλιακή ακτινοβολία, η οποία με τη μορφή ακτινοβολίας φτάνει στην επιφάνεια της Γης, όπου απορροφάται σαν θερμότητα. Στη συνέχεια, η θερμότητα αυτή ανακλάται και πάλι στο διάστημα. Όμως, λόγω της συσσώρευσης CO₂ στην ατμόσφαιρα, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας απορροφάται από το CO₂ και επανεκπέμπεται πίσω στη Γη, ενώ μόνο ένα μικρό ποσό θερμότητας που εκπέμπεται από τη Γη φεύγει τελικά στο διάστημα. Το ποσό που επανεκπέμπεται στην επιφάνεια της Γης, προκαλεί αύξηση της μέσης θερμοκρασίας. Αυτό, με άλλα λόγια, είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. (M20)



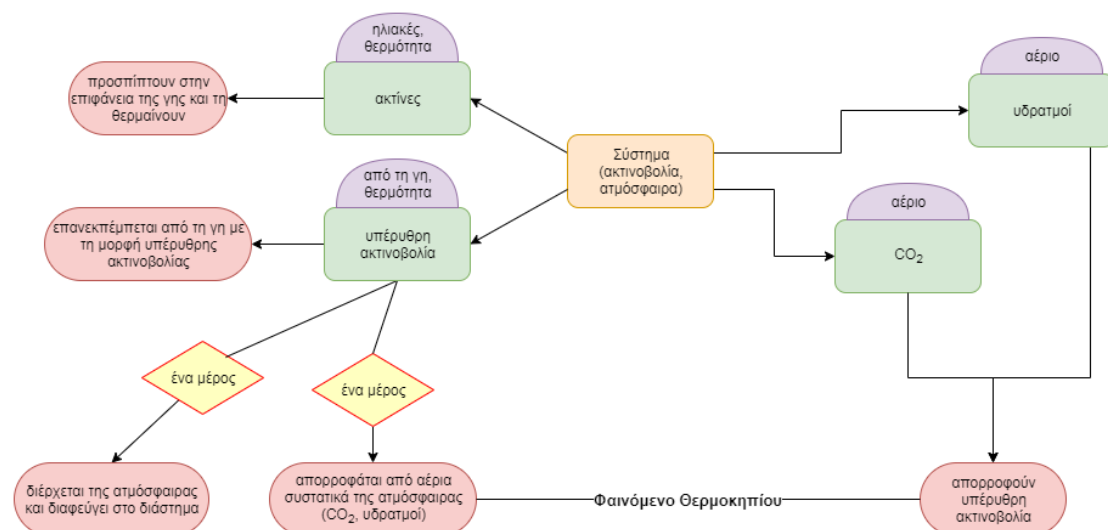
Σχήμα 34: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 4)

Αναδυόμενος μηχανιστικός:



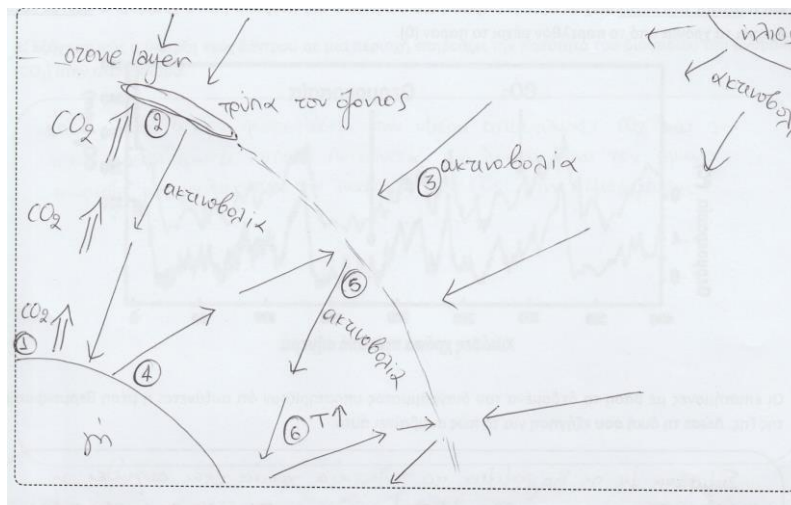
Εικόνα 8: Σχέδιο χημικού Χ10 (ερώτηση 4α)

Οι ηλιακές ακτίνες καθώς προσπίπτουν στην ατμόσφαιρα, ένα μέρος τους ανακλάται και επιστρέφει στο διάστημα και ένα μέρος τους διέρχεται της ατμόσφαιρας και προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης. Η επιφάνεια της Γης θερμαίνεται, επανεκπέμπει θερμότητα με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Μέρος αυτής διέρχεται της ατμόσφαιρας και διαφεύγει στο διάστημα. Ένα άλλο μέρος της απορροφάται σε σημαντικό ποσοστό από ορισμένα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας όπως το διοξείδιο του άνθρακα και τους υδρατμούς. Η απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα της Γης έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία της και έτσι έχουμε αυτό που ονομάζουμε φαινόμενο του θερμοκηπίου. (Χ10)



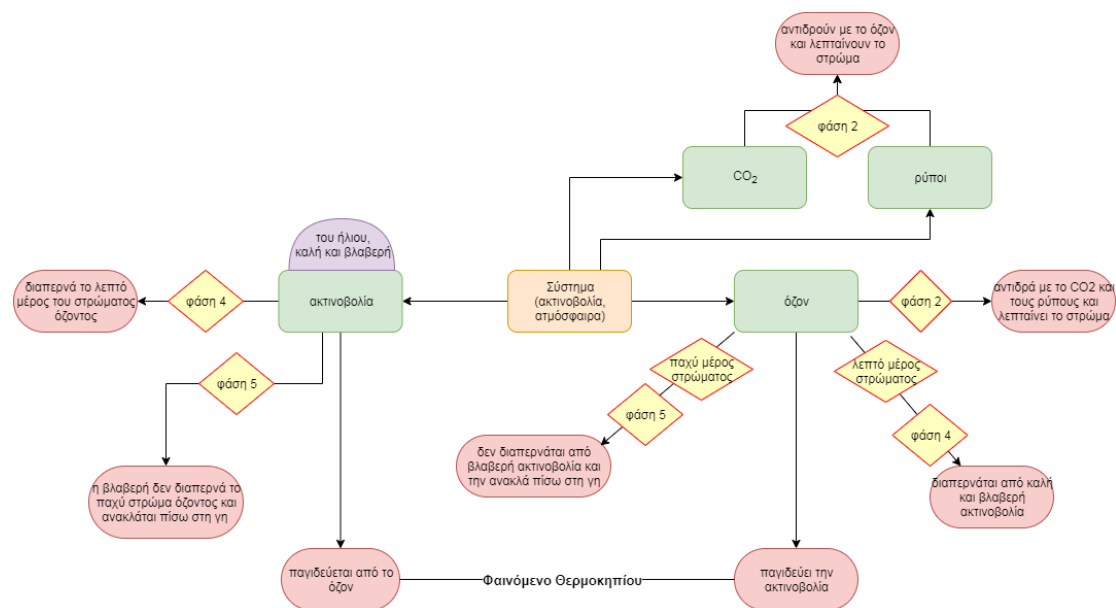
Σχήμα 35: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 4)

Αναδυόμενος μηχανιστικός:



Εικόνα 9: Σχέδιο μαθητή M08 (ερώτηση 4α)

- (1) Στη φάση αυτή φαίνεται η εκπομπή ρύπων και CO₂ από την ανθρώπινη δραστηριότητα.
- (2) Το CO₂ και οι ρύποι αντιδρούν με το όζον και το στρώμα γίνεται πιο λεπτό.
- (3) Από τον ήλιο εκπέμπεται ακτινοβολία στη γη.
- (4) Από το λεπτό μέρος περνά και καλή και βλαβερή ακτινοβολία.
- (5) Η βλαβερή ακτινοβολία δεν διαπερνά το παχύ στρώμα όζοντος και ανακλάται πίσω στη γη από όπου ξαναανακλάται στο παχύ στρώμα.
- (6) Η ανάκλαση της ακτινοβολίας, δηλαδή παγίδευσή της στην ατμόσφαιρα, προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας. (M08)



Σχήμα 36: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (ερώτηση 4)

Κείμενο:

Στα διαγράμματα του συνολικού συλλογισμού με γκρι ορθογώνιο πλαίσιο απεικονίζονται τα φαινόμενα (καύση, φωτοσύνθεση, φαινόμενο του θερμοκηπίου) ενώ με πράσινο το CO₂ και οι δράσεις του, που είναι ο συνδετικός κρίκος μεταξύ αυτών των φαινομένων. Οι διακεκομμένες γραμμές στα διαγράμματα συσχετιστικού επιπέδου χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση μη αιτιωδών συσχετίσεων, ενώ οι συνεχόμενες χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση πραγματικών αιτιωδών συνδέσεων. Τα στοιχεία οργάνωσης, όπου υπάρχουν, αναπαρίστανται με έναν κίτρινο ρόμβο.

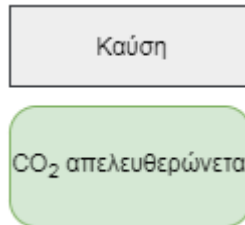
Για την εξήγηση οι συμμετέχοντες χρησιμοποίησαν περιγραφικούς, συσχετιστικούς, απλούς αιτιακούς και αναδυόμενους μηχανιστικούς συλλογισμούς. Συλλογισμοί με βάση περιβαλλοντικές, οικονομικές, κοινωνικές, ηθικές και άλλες αντίστοιχες παραμέτρους δεν εξετάστηκαν, καθώς ο βασικός σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση του είδους των χημικών συλλογισμών, δηλαδή των συλλογισμών που βασίζονται στη χημική γνώση. Ακολουθούν χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Περιγραφικός: *Είναι γεγονός ότι η ξυλεία αποτελεί καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου, καθώς το πετρέλαιο είναι μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Αντίθετα, το ξύλο υπάρχει σε αφθονία και είναι ανανεώσιμο. ... (M01)*

Φαινόμενο	Επίπεδο συλλογισμού
Καύση	-
Φωτοσύνθεση	-
Φαινόμενο Θερμοκηπίου	-

Περιγραφικός: *... Με την καύση των ξύλων απελευθερώνεται σημαντική ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα, που είναι βλαβερό για το περιβάλλον. Συμπερασματικά, ... επιβαρύνεται το οικοσύστημα και τα αποτελέσματα αντικατοπτρίζονται τόσο στην ρύπανση του περιβάλλοντος όσο και στην υγεία των ανθρώπων. (M17)*

Φαινόμενο	Επίπεδο συλλογισμού
Καύση	Συσχετιστικό
Φωτοσύνθεση	-
Φαινόμενο Θερμοκηπίου	-



Σχήμα 37: Διάγραμμα συλλογισμού περιγραφικού επιπέδου (κείμενο)

Περιγραφικός: ... Με την καύση του πετρελαίου παράγεται CO₂ το οποίο είναι βλαβερό σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Από την άλλη όμως και το ξύλο απελευθερώνει CO₂ μιας και περιέχει κυτταρίνη, η οποία κατά την καύση μετατρέπεται σε H₂O και CO₂. Επιπλέον, η μείωση της δασικής έκτασης συνεπάγεται μείωση της συγκέντρωσης του O₂ άρα αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂. Με λίγα λόγια, η ξυλεία είναι δυο φορές πιο καταστροφική ως καύσιμο. ... (M08)

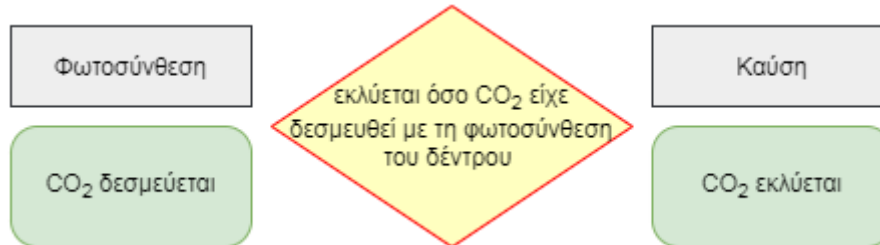
Φαινόμενο	Επίπεδο συλλογισμού
Καύση	Συσχετιστικό
Φωτοσύνθεση	Περιγραφικό
Φαινόμενο Θερμοκηπίου	-



Σχήμα 38: Διάγραμμα συλλογισμού περιγραφικού επιπέδου (κείμενο)

Περιγραφικός: ... όταν (κατά την καύση) η ενέργεια της ξυλώδους βιομάζας ελευθερώνεται, εκλύεται όσο διοξείδιο του άνθρακα είχε δεσμευθεί με τη φωτοσύνθεση του δέντρου, καθιστώντας τη χρήση του συγκεκριμένου καυσίμου ουδέτερη ως προς τη συσσώρευση άνθρακα σε μορφή διοξειδίου του άνθρακα. ... (X12)

Φαινόμενο	Επίπεδο συλλογισμού
Καύση	Συσχετιστικό
Φωτοσύνθεση	Συσχετιστικό
Φαινόμενο Θερμοκηπίου	-

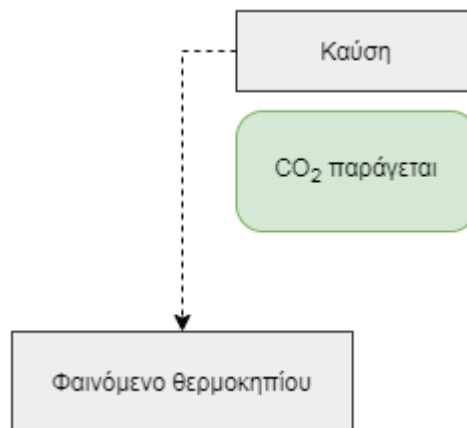


Σχήμα 39: Διάγραμμα συλλογισμού περιγραφικού επιπέδου (κείμενο)

Σχόλιο: στις παραπάνω απαντήσεις αναφέρονται κάποιες αιτίες για την επιλογή ή μη της ξυλείας ως εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου. Παρ' όλο που ο συλλογισμός θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως αιτιακός σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, δε μας αφορά γιατί οι αιτίες που δίνονται δεν είναι χημικές, αλλά αφορούν άλλες παραμέτρους (οικονομικές, περιβαλλοντικές κ.ά.).

Συσχετιστικός: ... Με την καύση (των δέντρων) παράγονται σημαντικές ποσότητες CO₂, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα. Εκτός αυτών, εντείνεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που έχει ως συνέπεια της αύξηση της μέσης θερμοκρασίας. ... (M20)

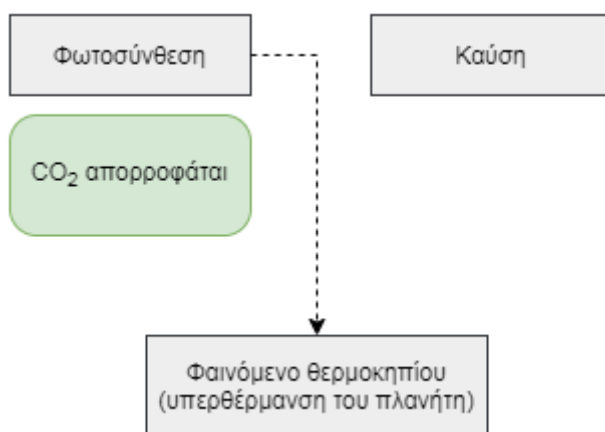
Φαινόμενο	Επίπεδο συλλογισμού
Καύση	Συσχετιστικό
Φωτοσύνθεση	-
Φαινόμενο Θερμοκηπίου	Περιγραφικό



Σχήμα 40: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (κείμενο)

Συσχετιστικός: Η ξυλεία δεν είναι καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου διότι κατά την καύση του ξύλου παράγονται διάφορα μικροσωματίδια και χημικές ουσίες επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία όπως η φορμαλδεΐδη. ... Επιπλέον, η καταστροφή των δέντρων έχει δυσάρεστες συνέπειες για το περιβάλλον: Δεν απορροφάται διοξείδιο του άνθρακα, δεν παράγεται οξυγόνο, δεν λειτουργεί το οικοσύστημα, εμφανίζονται ακραία πλημμυρικά φαινόμενα, υπερθέρμανση του πλανήτη. ... (Χ06)

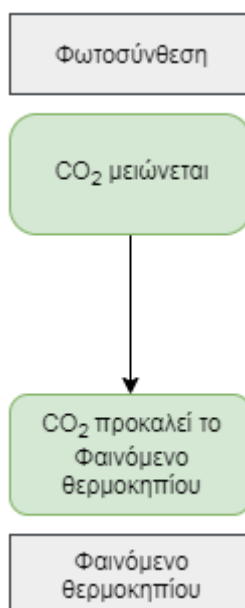
Φαινόμενο	Επίπεδο συλλογισμού
Καύση	Περιγραφικό
Φωτοσύνθεση	Συσχετιστικό
Φαινόμενο Θερμοκηπίου	Περιγραφικό



Σχήμα 41: Διάγραμμα συλλογισμού συσχετιστικού επιπέδου (κείμενο)

Απλός αιτιακός: ... Η αποψίλωση των δασών προκαλεί αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και μείωση του οξυγόνου. ... Επιπλέον, τα μεγάλα ποσά διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα προκαλεί φαινόμενα όπως αυτό του θερμοκηπίου, αυξάνοντας τη θερμοκρασία της Γης. ... (Μ02)

Φαινόμενο	Επίπεδο συλλογισμού
Καύση	-
Φωτοσύνθεση	Περιγραφικό
Φαινόμενο Θερμοκηπίου	Περιγραφικό



Σχήμα 42: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (κείμενο)

Απλός αιτιακός: ... Η καύση των προϊόντων ξυλείας απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες CO₂ στην ατμόσφαιρα του πλανήτη, γεγονός που συνδέεται άμεσα με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης. Επιπλέον, η υλοτομία και η υψηλή συγκέντρωση του CO₂ επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. ... (M24)

Φαινόμενο

Καύση

Φωτοσύνθεση

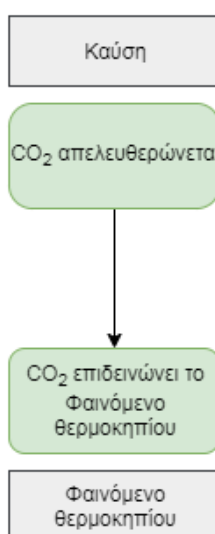
Φαινόμενο Θερμοκηπίου

Επίπεδο συλλογισμού

Συσχετιστικό

-

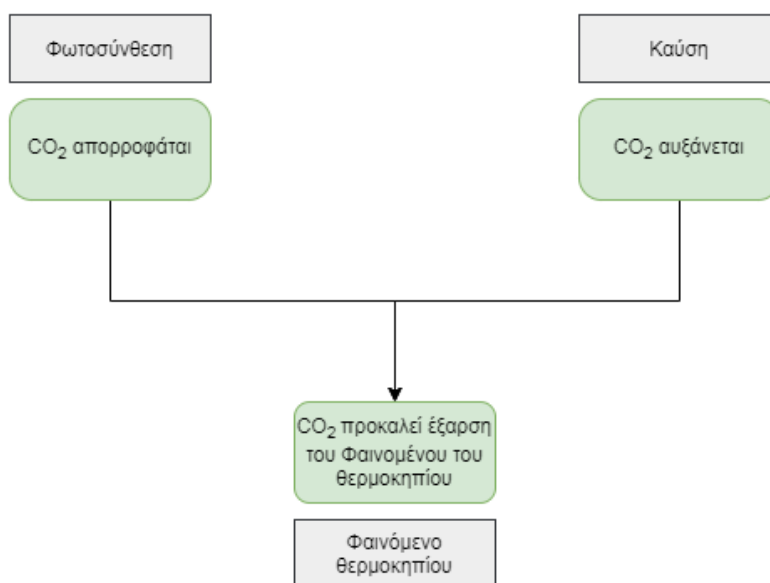
Περιγραφή



Σχήμα 43: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (κείμενο)

Απλός αιτιακός: ... Τα δέντρα απορροφούν το CO_2 της ατμόσφαιρας ενώ παράλληλα παράγουν O_2 . Από την άλλη η καύση προκαλεί αύξηση του ποσοστού του CO_2 με αποτέλεσμα την έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου και κατ' επέκταση την αύξηση της θερμοκρασίας στη Γη. (Χ05)

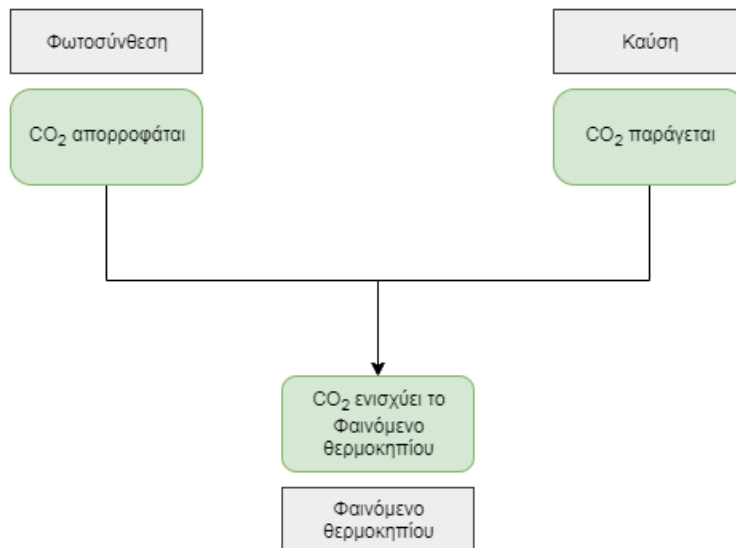
Φαινόμενο	Επίπεδο συλλογισμού
Καύση	Περιγραφικό
Φωτοσύνθεση	Συσχετιστικό
Φαινόμενο Θερμοκηπίου	Περιγραφικό



Σχήμα 44: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (κείμενο)

Απλός αιτιακός: ... Αρχικά, και με την καύση του πετρελαίου αλλά και του ξύλου, παράγεται CO_2 και γενικά βλαβερά καυσαέρια... το ξύλο προέρχεται από τα δέντρα τα οποία για να παραγάγουν την τροφή τους απορροφούν το CO_2 της ατμόσφαιρας, απελευθερώνοντας O_2 . Έτσι, πολλά φυσικά φαινόμενα όπως η αύξηση της θερμοκρασίας της Γης θα οξείνονταν με το κόψιμο των δέντρων λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου. ... (Μ03)

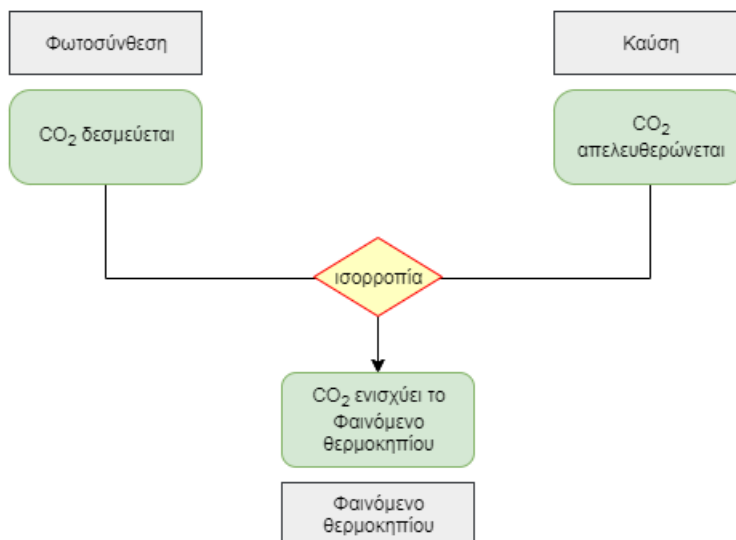
Φαινόμενο	Επίπεδο συλλογισμού
Καύση	Συσχετιστικό
Φωτοσύνθεση	Συσχετιστικό
Φαινόμενο Θερμοκηπίου	Περιγραφικό



Σχήμα 45: Διάγραμμα συλλογισμού απλού αιτιακού επιπέδου (κείμενο)

Αναδυόμενος μηχανιστικός: ... Μετά τη βιομηχανική επανάσταση παρατηρείται ραγδαία αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), λόγω της καύσης τεράστιων ποσοτήτων ορυκτών καυσίμων. Αυτό συνεπάγεται ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, υπερθέρμανση και τελικά οικολογική καταστροφή! Αντίθετα, κατά την καύση του ξύλου, απελευθερώνεται CO₂, το οποίο επιστρέφει ισόποσα στην ατμόσφαιρα από όπου είχε αρχικά αφαιρεθεί κατά τη φωτοσύνθεση (ισορροπία). ... (X07)

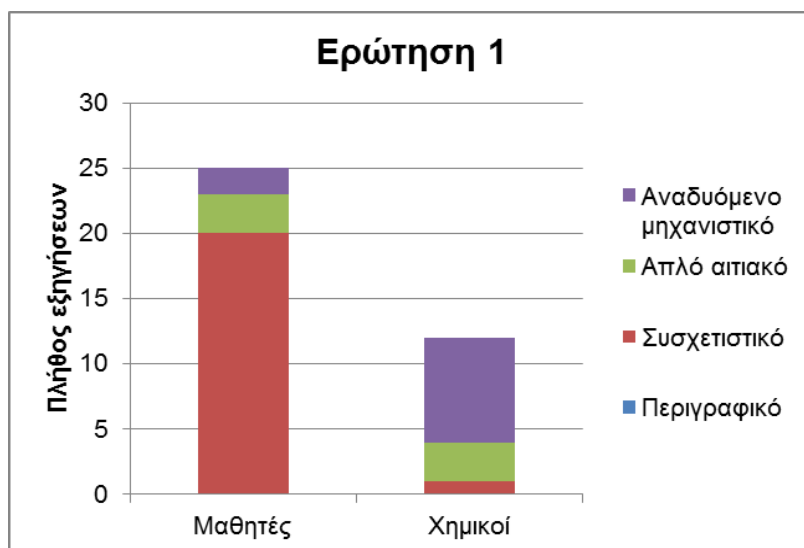
Φαινόμενο	Επίπεδο συλλογισμού
Καύση	Συσχετιστικό
Φωτοσύνθεση	Περιγραφικό
Φαινόμενο Θερμοκηπίου	Περιγραφικό



Σχήμα 46: Διάγραμμα συλλογισμού αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου (κείμενο)

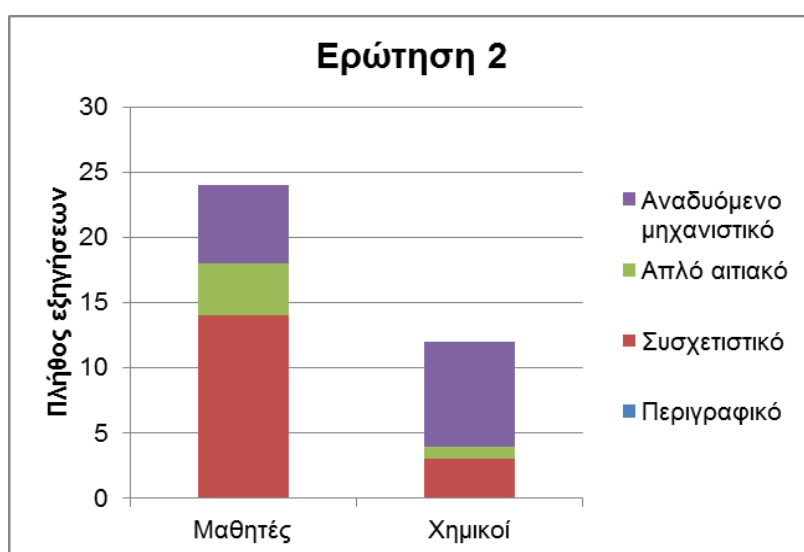
4.2.1 Εφαρμογή του πλαισίου ανάλυσης στις ερωτήσεις

Στην ερώτηση 1 (φωτοσύνθεση – κυτταρική αναπνοή), από τους συλλογισμούς 25 μαθητών 20 χαρακτηρίζονται συσχετιστικοί, 3 απλοί αιτιακοί και 2 μηχανιστικοί, ενώ από τους συλλογισμούς 12 χημικών 1 χαρακτηρίζεται συσχετιστικός, 3 απλοί αιτιακοί και 8 μηχανιστικοί.



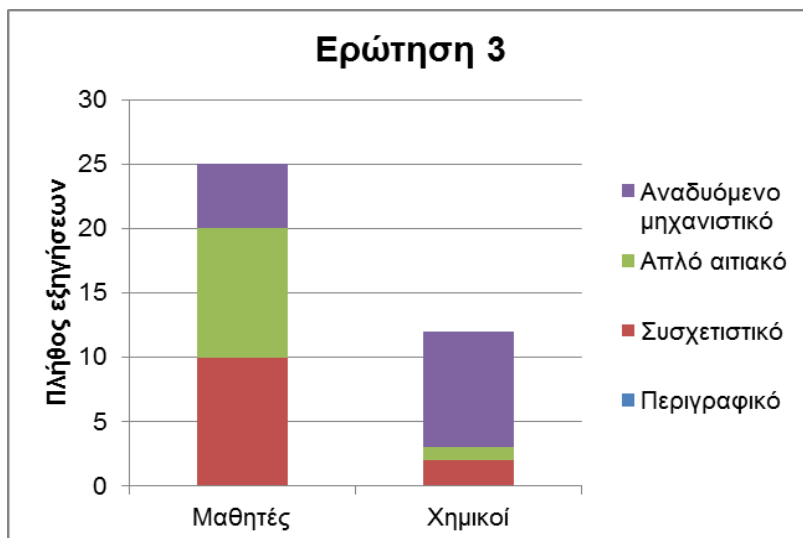
Σχήμα 47: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 1)

Στην ερώτηση 2 (καύση), από τους συλλογισμούς 24 μαθητών 14 χαρακτηρίζονται συσχετιστικοί, 4 απλοί αιτιακοί και 6 μηχανιστικοί, ενώ από τους συλλογισμούς 12 χημικών 3 χαρακτηρίζονται συσχετιστικοί, 1 απλός αιτιακός και 8 μηχανιστικοί.



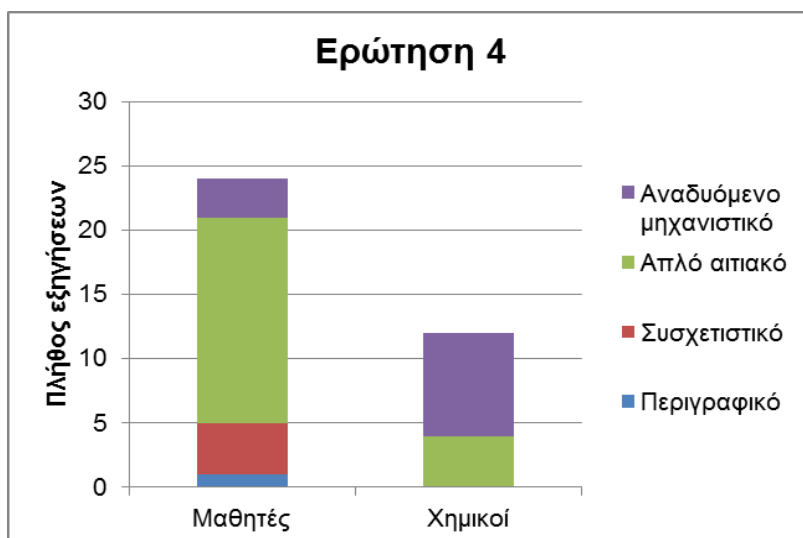
Σχήμα 48: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 2)

Στην ερώτηση 3 (φαινόμενο του θερμοκηπίου), από τους συλλογισμούς 25 μαθητών 10 χαρακτηρίζονται συσχετιστικοί, 10 απλοί αιτιακοί και 5 μηχανιστικοί, ενώ από τους συλλογισμούς 12 χημικών 2 χαρακτηρίζονται συσχετιστικοί, 1 απλός αιτιακός και 9 μηχανιστικοί.



Σχήμα 49: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 3)

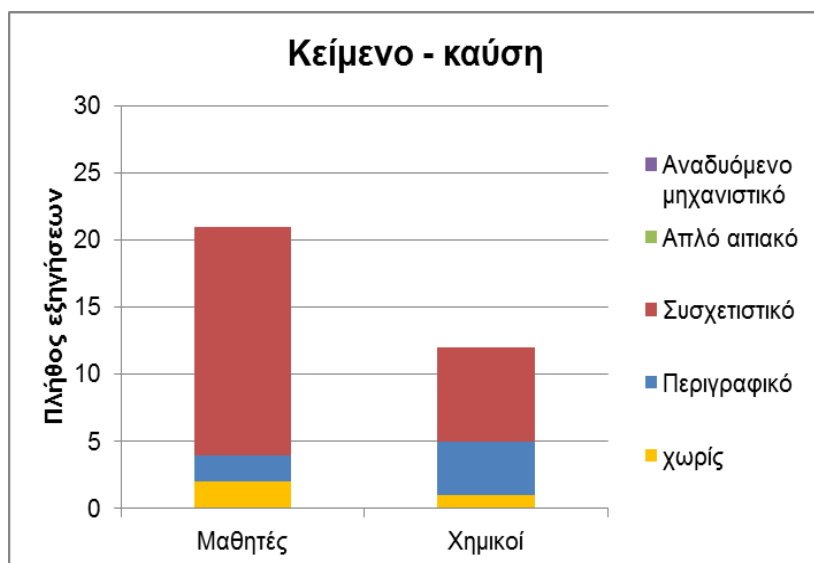
Στην ερώτηση 4 (φαινόμενο του θερμοκηπίου και οπτική αναπαράσταση), από τους συλλογισμούς 24 μαθητών 1 χαρακτηρίζεται περιγραφικός, 4 συσχετιστικοί, 16 απλοί αιτιακοί και 3 μηχανιστικοί, ενώ από τους συλλογισμούς 12 χημικών 4 χαρακτηρίζονται απλοί αιτιακοί και 8 μηχανιστικοί.



Σχήμα 50: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις (ερώτηση 4)

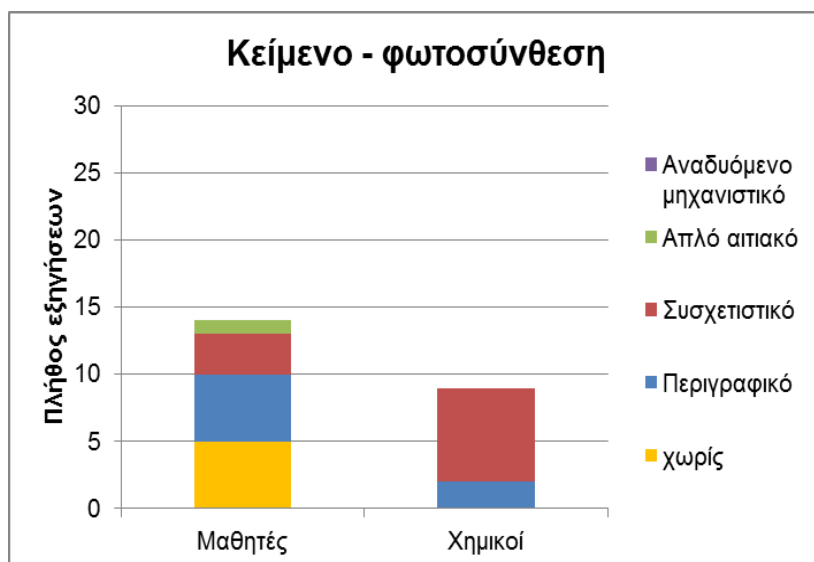
4.2.2 Εφαρμογή του πλαισίου ανάλυσης στο κείμενο

Στο κείμενο, για την καύση, από τους 21 μαθητές που αναφέρουν το φαινόμενο 2 δεν κάνουν κάποιο συλλογισμό, 2 χρησιμοποιούν περιγραφικό συλλογισμό και 17 χρησιμοποιούν συσχετιστικό συλλογισμό. Από τους 12 χημικούς που αναφέρουν το φαινόμενο 1 δεν κάνει κάποιο συλλογισμό, 4 χρησιμοποιούν περιγραφικό συλλογισμό και 7 χρησιμοποιούν συσχετιστικό συλλογισμό.



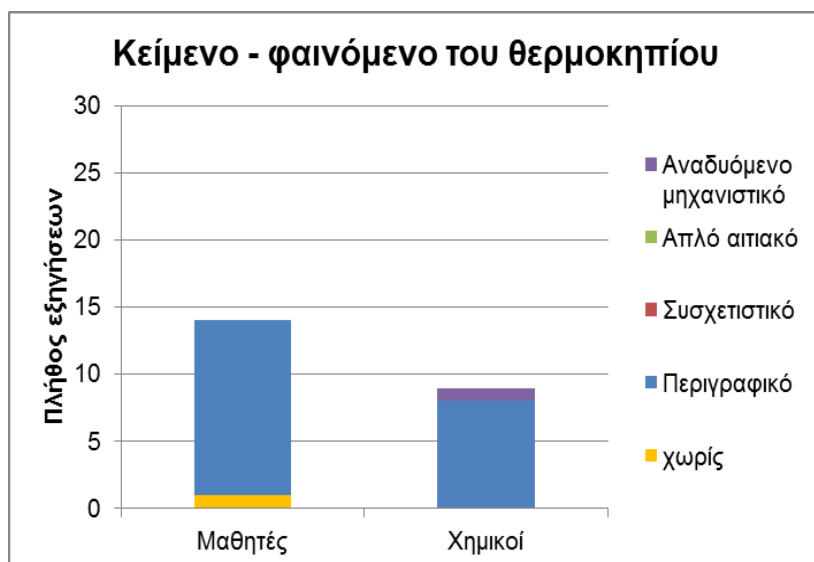
Σχήμα 51: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις για την καύση (κείμενο)

Για τη φωτοσύνθεση στο κείμενο, από τους 14 μαθητές που αναφέρουν το φαινόμενο 5 δεν κάνουν κάποιο συλλογισμό, 5 χρησιμοποιούν περιγραφικό συλλογισμό, 3 χρησιμοποιούν συσχετιστικό συλλογισμό και 1 χρησιμοποιεί απλό αιτιακό συλλογισμό. Από τους 9 χημικούς που αναφέρουν το φαινόμενο 2 χρησιμοποιούν περιγραφικό συλλογισμό και 7 χρησιμοποιούν συσχετιστικό συλλογισμό. Κανένας από τους συμμετέχοντες στην έρευνα δεν ανέφερε το φαινόμενο της κυτταρικής αναπνοής.



Σχήμα 52: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις για τη φωτοσύνθεση (κείμενο)

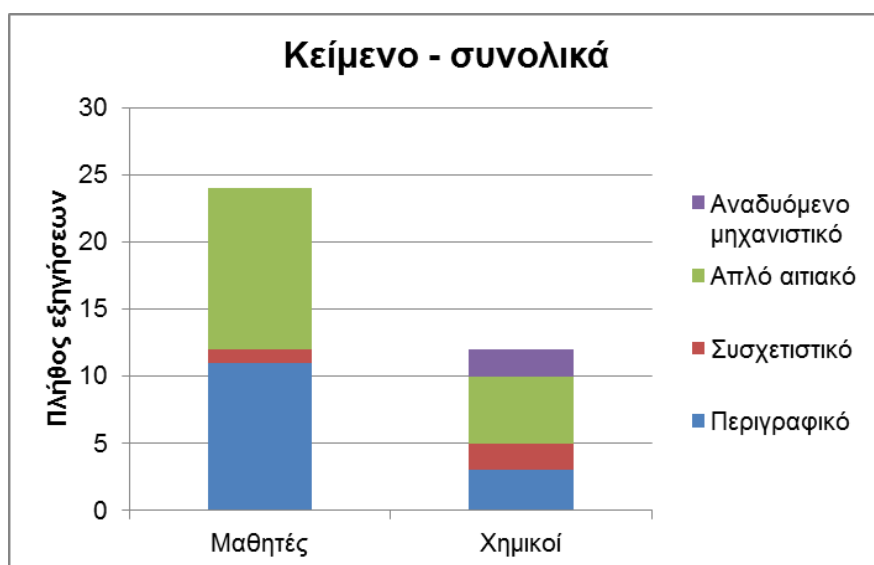
Για το φαινόμενο του θερμοκηπίου στο κείμενο, από τους 14 μαθητές που αναφέρουν το φαινόμενο 1 δεν κάνει κάποιο συλλογισμό και 13 χρησιμοποιούν περιγραφικό συλλογισμό. Από τους 9 χημικούς που αναφέρουν το φαινόμενο 8 χρησιμοποιούν περιγραφικό συλλογισμό και 1 χρησιμοποιεί αναδυόμενο μηχανιστικό συλλογισμό.



Σχήμα 53: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις για το φαινόμενο θερμοκηπίου (κείμενο)

Συνολικά, προκειμένου να απαντήσουν στην ερώτηση κατά πόσο η ξυλεία αποτελεί ένα καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου, από τους 24 μαθητές 11 χρησιμοποιούν περιγραφικό συλλογισμό, 1 χρησιμοποιεί συσχετιστικό συλλογισμό και 12 χρησιμοποιούν απλό αιτιακό συλλογισμό. Από τους 12

χημικούς 3 χρησιμοποιούν περιγραφικό συλλογισμό, 2 χρησιμοποιούν συσχετιστικό συλλογισμό, 5 χρησιμοποιούν απλό αιτιακό συλλογισμό και 2 χρησιμοποιούν αναδυόμενο μηχανιστικό συλλογισμό.



Σχήμα 54: Επίπεδα συλλογισμού στις εξηγήσεις (κείμενο - συνολικά)

4.3 Διαφορές στους συλλογισμούς μεταξύ μαθητών και χημικών

Οι συλλογισμοί των μαθητών και των χημικών συγκρίνονται (α) στις ερωτήσεις και (β) στο κείμενο.

Για να βρεθούν οι διαφορές στους χημικούς συλλογισμούς μεταξύ μαθητών και πτυχιούχων Χημείας στις ερωτήσεις δημιουργούνται τα προφίλ (profile) τους (στις ερωτήσεις της παρούσας έρευνας και υπό τις δεδομένες συνθήκες). Τα προφίλ ταξινομούνται με βάση τα επίπεδα συλλογισμού που περιέχουν (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Προφίλ μαθητών και πτυχιούχων Χημείας με βάση τα επίπεδα συλλογισμού στις ερωτήσεις (Π: Περιγραφικό, Σ: Συσχετιστικό, Α: Απλό Αιτιακό, Μ: Αναδυόμενο μηχανιστικό).

Προφίλ	Μαθητές	Πτυχιούχοι Χημείας
Σ Α Α -	M15	
Σ Σ Μ -	M01	
Π Σ Σ Α	M05	
Σ Σ Σ Α	M04, M16, M17, M18, M19,	

				M26	
Σ	Σ	A	A	M03, M06, M13	
Σ	A	A	A	M09	
Σ	Σ	Σ	M	M10	
Σ	Σ	A	M	M11, M12, M20, M21, M27	X10
Σ	A	A	M	M22, M24, M25	X01
A	A	A	M	M08	
Σ	A	M	M	M02	X07, X08, X11
A	A	M	M		X02
Σ	M	M	M	M23	
A	M	M	M		X03
M	M	M	M		X04, X05, X06, X09, X12

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, εξηγήσεις με συλλογισμούς αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου και στις 4 ερωτήσεις συναντώνται μόνο σε 5 από τους 12 χημικούς, ενώ όλοι οι χημικοί έχουν χρησιμοποιήσει αναδυόμενους μηχανιστικούς συλλογισμούς τουλάχιστον σε μια ερώτηση, κάτι που δεν ισχύει για τους μαθητές. Κανένας από τους μαθητές δεν χρησιμοποιεί αναδυόμενους μηχανιστικούς συλλογισμούς σε όλες τις ερωτήσεις ενώ 12 από τους 25 μαθητές δεν τους χρησιμοποιούν καμία φορά. Μάλιστα, αν θεωρήσουμε ότι ως όριο μεταξύ ανωτέρου και κατωτέρου επιπέδου προφίλ συλλογισμών το προφίλ ΣΑΑΜ, το οποίο περιλαμβάνει τουλάχιστον τρεις υψηλού επιπέδου συλλογισμούς από τους οποίους ο ένας είναι αναδυόμενος μηχανιστικός, παρατηρούμε ότι από τους 12 χημικούς οι 11 εμφανίζουν προφίλ ανωτέρου επιπέδου, ενώ το αντίστοιχο ισχύει μόνο για 6 από τους 25 μαθητές.

Αντίστοιχα, δημιουργούνται τα προφίλ μαθητών και χημικών για τους συλλογισμούς στα επιμέρους φαινόμενα του κειμένου (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Επιμέρους συλλογισμοί μαθητών και πτυχιούχων Χημείας στο κείμενο (Π: Περιγραφικοί, Σ: Συσχετιστικοί, Α: Απλοί αιτιακοί, Μ: Αναδυόμενοι μηχανιστικοί)

Προφίλ	Μαθητές	Πτυχιούχοι Χημείας
χωρίς συλλογισμό	M01, M10, M15, M22	
Π		X08
Π Π	M02, M16	X01
Σ	M09, M17, M19, M25	X02
Π Σ	M06, M08, M11, M12, M13, M20, M21, M24, M26	X11
Π Π Σ	M18, M23	X03, X05, X06, X07
Σ Σ		X12
Π Σ Σ	M03, M05	X04, X10
Π Σ Α	M04	
Σ Σ Μ		X09

Παρατηρούμε ότι μόνο ένας χημικός ενσωματώνει αναδυόμενο μηχανιστικό συλλογισμό για κάποιο φαινόμενο στην εξήγησή του. Επίσης, όλοι οι χημικοί χρησιμοποιούν κάποιον χημικό συλλογισμό σχετικά με ένα τουλάχιστον επιστημονικό φαινόμενο, σε αντίθεση με τους μαθητές 4 από τους οποίους δεν χρησιμοποιούν κανέναν χημικό συλλογισμό. Από την άλλη, απλό αιτιακό συλλογισμό χρησιμοποιεί μόνο ένας από τους μαθητές. Αν θεωρήσουμε ως προφίλ ανωτέρου επιπέδου εκείνα στα οποία υπάρχει τουλάχιστον ένας συλλογισμός ανωτέρου επιπέδου, μόνο ένας χημικός και ένας μαθητής εμφανίζουν τέτοιου είδους προφίλ. Οι υπόλοιποι μαθητές και πτυχιούχοι Χημείας στο κείμενο χρησιμοποιούν για τα επιμέρους φαινόμενα συλλογισμούς κυρίως περιγραφικού και συσχετιστικού επιπέδου

Στο κείμενο πραγματοποιείται σύγκριση και για το συνολικό χημικό συλλογισμό (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Συνολικοί συλλογισμοί μαθητών και πτυχιούχων Χημείας στο κείμενο (Π: Περιγραφικός, Σ: Συσχετιστικός, Α: Απλός Αιτιακός, Μ: Αναδυόμενος μηχανιστικός).

Συλλογισμός	Μαθητές	Πτυχιούχοι Χημείας
Π	M01, M08, M09, M10, M11, M15, M16, M17, M19, M22, M25	X01, X02, X12
Σ	M20	X06, X08
Α	M02, M03, M04, M05, M06, M12, M13, M18, M21, M23, M24, M26	X03, X04, X05, X10, X11
Μ		X07, X09

Παρατηρούμε ότι μόνο χημικοί χρησιμοποιούν συλλογισμούς αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου. Από την άλλη, σχεδόν οι μισοί μαθητές (11 από τους 24) και μόνο 3 χημικοί κατασκευάζουν την εξήγησή τους βασισμένοι σε ένα περιγραφικό συλλογισμό. Συνολικά, συλλογισμούς ανωτέρου επιπέδου (απλούς αιτιακούς ή αναδυόμενους μηχανιστικούς) εμφανίζουν 7 στους 12 χημικούς και 12 στους 24 μαθητές.

Στον Πίνακα 4 φαίνονται οι συλλογισμοί στο κείμενο σε συνδυασμό (η τέταρτη στήλη στο προφίλ αφορά στο συνολικό συνδυασμό). Η ταξινόμηση των επιπέδων των προφίλ γίνεται με βάση τους συνολικούς συλλογισμούς.

Πίνακας 4: Συλλογισμοί μαθητών και πτυχιούχων Χημείας στο κείμενο (Π: Περιγραφικός, Σ: Συσχετιστικός, Α: Απλός Αιτιακός, Μ: Αναδυόμενος μηχανιστικός).

Προφίλ				Μαθητές	Πτυχιούχοι Χημείας
-	-	-	Π	M01, M10, M15, M22	
Π	Π	-	Π	M16	X01
Σ		-	Π	M17, M19, M25	X02
Π	Σ	-	Π	M08, M11	
Σ	Σ	-	Π		X12
Π	-	-	Σ		X08
Σ	-	-	Σ	M09	
Π	Σ	-	Σ	M20	

Π	Π	Σ	Σ		X06
Π	Π	-	A	M02	
Π	Σ	-	A	M06, M12, M13, M21, M24, M26	X11
Π	Π	Σ	A	M18, M23	X03, X05
Π	Σ	Σ	A	M03, M05	X04, X10
Π	Σ	A	A	M04	
Π	Π	Σ	M		X07
Σ	Σ	M	M		X09

Παρατηρούμε ότι 10 στους 24 μαθητές και 6 στους 12 χημικούς χρησιμοποιούν για τα επιμέρους φαινόμενα συλλογισμούς κατωτέρου επιπέδου (περιγραφικός ή συσχετιστικός) αλλά ο συνολικός συλλογισμός τους στο κείμενο είναι ανωτέρου επιπέδου (απλός αιτιακός ή αναδυόμενος μηχανιστικός). Συλλογισμούς ανωτέρου επιπέδου και στα επιμέρους φαινόμενα και συνολικά ενσωματώνουν στο κείμενό τους μόνο ένας μαθητής και ένας χημικός.

Ως προς τη συνέπεια του επιπέδου των συλλογισμών, μπορούμε να πούμε ότι μόνο 1 χημικός (X09) είναι απόλυτα συνεπής, καθώς τόσο στις ερωτήσεις όσο και στο κείμενο επιμέρους και συνολικά εμφανίζει συλλογισμούς ή προφίλ συλλογισμών ανωτέρου επιπέδου (απλούς αιτιακούς ή αναδυόμενους μηχανιστικούς). Επίσης, 5 από τους 12 χημικούς (X03, X04, X05, X09, X11) είναι συνεπείς μόνο στις ερωτήσεις και στο συνολικό συλλογισμό του κειμένου αλλά όχι στους επιμέρους συλλογισμούς. Το τελευταίο ισχύει μόνο για 3 από τους 25 μαθητές (M02, M23, M24).

4.4 Συζήτηση των αποτελεσμάτων

Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα δύο πλαίσια ανάλυσης δεν ταυτίζονται πάντα. Πιο συγκεκριμένα, στην ερώτηση 1, 13 συλλογισμοί, επειδή περιέχουν στοιχεία οργάνωσης, κατατάσσονται με βάση το πλαίσιο του Russ και των συνεργατών του [43] σε υψηλότερο επίπεδο απ' ό,τι με το πλαίσιο του Moreira και των συνεργατών

του. [36] Στην ερώτηση 2, αυτό συμβαίνει για 4 συλλογισμούς, στην ερώτηση 3 για 10 συλλογισμούς, στην ερώτηση 4 για 25 συλλογισμούς και στο κείμενο για 7 συλλογισμούς σχετικούς με την καύση και για 2 συλλογισμούς σχετικούς με τη φωτοσύνθεση.

Για παράδειγμα, ο συλλογισμός στην ερώτηση 1 του μαθητή M16:

«Η ύπαρξη των δέντρων σε μια περιοχή είναι πολύπλευρα συνδεδεμένη με το διοξείδιο του άνθρακα. Το δέντρο, όπως και κάθε φυτό, κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης απορροφά ένα ποσό αυτού του στοιχείου (διοξειδίου του άνθρακα) ώστε να καταφέρει να επιβιώσει. Στον αντίποδα βέβαια, τα δέντρα κατά τις νυκτερινές ώρες απελευθερώνουν και μια ποσότητα διοξειδίου λόγω της αναπνοής τους».

σύμφωνα με το πλαίσιο του Russ και των συνεργατών του [43] κατατάσσεται στο υψηλότερο επίπεδο εφόσον κωδικοποιούνται οντότητες, δραστηριότητες, ιδιότητες και οργάνωση, αλλά σύμφωνα με το πλαίσιο του Moreira και των συνεργατών του [36] χαρακτηρίζεται ως απλός αιτιακός. Με βάση αυτή την παρατήρηση, μπορούμε να πούμε ότι η ύπαρξη κάποιων μόνο στοιχείων οργάνωσης δεν καθιστά έναν συλλογισμό απαραίτητα αναδυόμενο μηχανιστικό.

Επίσης, τα δυο πλαίσια χρησιμοποιήθηκαν με ελαφρώς διαφορετικό τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, κατά την εφαρμογή του πλαισίου του Russ και των συνεργατών του [43], κωδικοποιήθηκαν όλες οι οντότητες που συμμετέχουν στο μηχανισμό και επομένως και όλες οι δραστηριότητες, οι ιδιότητες και η οργάνωσή τους. Από την άλλη, όταν εφαρμόστηκε το πλαίσιο του Moreira και των συνεργατών του [36] δόθηκε σημασία μόνο στις οντότητες που χρειάζεται να συνδεθούν προκειμένου να δοθεί η εξήγηση που ζητείται από την εκφώνηση. Δηλαδή, πολλές φορές η οργάνωση που παρατηρήθηκε σε κάποιες ιδιότητες ή δράσεις των οντοτήτων δεν αφορά σε οντότητες που συνδέθηκαν στην εξήγηση που ζητήθηκε. Εξάλλου, το πρώτο πλαίσιο ανιχνεύει απλώς ενδείξεις ύπαρξης μηχανιστικού συλλογισμού, ενώ με το δεύτερο πλαίσιο η ανάλυση προχωράει σε ένα περαιτέρω επίπεδο και αναζητούνται οι σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων ώστε να διαπιστωθεί το επίπεδο του συλλογισμού.

Στην ερώτηση 3 και κυρίως στην ερώτηση 4 καταγράφηκαν περισσότεροι απλοί αιτιακοί συλλογισμοί των μαθητών σε σχέση με τις άλλες δυο ερωτήσεις. Και στις δύο ερωτήσεις δίνεται ή ζητείται οπτική αναπαράσταση (διάγραμμα και σχέδιο αντίστοιχα) δεδομένων. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η χρήση διαγραμμάτων συνεισφέρει στην κατασκευή αιτιωδών εξηγήσεων. [3]

Επίσης, όλοι οι συλλογισμοί στην ερώτηση 4 είχαν στοιχεία οργάνωσης. Αυτό πιθανώς να συσχετίζεται με το ότι σε αυτή την ερώτηση αφενός ζητούνταν μηχανισμός ευθέως και δεν υπονοούνταν (όπως στις ερωτήσεις 1, 2 και 3) και επίσης η ερώτηση αναλύθηκε συμπληρωματικά με το σχέδιο, στο οποίο ευκολότερα αναπαρίστανται στοιχεία οργάνωσης. Οι ερωτήσεις 3 και 4, μάλιστα, αφορούν στο ίδιο φαινόμενο με τη διαφορά ότι στην ερώτηση 3 ζητείται ο μηχανισμός με πιο έμμεσο και σύνθετο τρόπο απ' ό,τι στην ερώτηση 4 η οποία είναι άμεση.

Εκτός από έναν συλλογισμό στην ερώτηση 3, στις ερωτήσεις δεν υπήρχε κάποιος συλλογισμός που να χαρακτηρίστηκε ως περιγραφικός. Αυτό πιθανώς οφείλεται στο ότι το δείγμα της έρευνας αποτελούν πτυχιούχοι Χημείας και μαθητές υψηλών επιδόσεων ενός πρότυπου σχολείου, στο οποίο οι μαθητές εισέρχονται με εξετάσεις. Το τι και πώς οι μαθητές μαθαίνουν στο σχολείο επηρεάζει τα αποτελέσματα (πρότυπο σχολείο). [46]

Από την άλλη, στο κείμενο καταγράφηκαν αρκετοί περιγραφικοί συλλογισμοί τόσο από μαθητές όσο και από πτυχιούχους Χημείας. Μια αιτία γι' αυτό αποτελούν τα διαφορετικά κριτήρια με τα οποία αναλύθηκαν οι συλλογισμοί στο κείμενο σε σχέση με τις ερωτήσεις και, πιθανώς, μερικώς ευθύνεται το γεγονός ότι δε ζητείται άμεσα ή έμμεσα στην εκφώνηση κάποιο από τα φαινόμενα (φωτοσύνθεση, κυτταρική αναπνοή, καύση, φαινόμενο του θερμοκηπίου) όπως συμβαίνει στις ερωτήσεις. Παρ' όλο που υπήρχε η υπόδειξη «με τη βοήθεια όσων σκέφτηκες για να απαντήσεις στις προηγούμενες ερωτήσεις», ώστε να χρησιμοποιηθούν χημικοί συλλογισμοί για τα αντίστοιχα φαινόμενα, μπορεί μαθητές και χημικοί να θεωρούν ότι δε χρειάζεται να αναφέρουν ξανά το φαινόμενο ή τον μηχανισμό, καθώς το ανέφεραν στις ερωτήσεις, οπότε δεν το θεωρούν απαραίτητο να το συμπεριλάβουν στις εξηγήσεις τους. [13] Κάτι αντίστοιχο παρατηρήθηκε στην

ερώτηση 2, στην οποία δεν υπήρχε σε όλα τα γραπτά η χημική εξίσωση της καύσης. Στα μαθήματα που ακολούθησαν μετά και τα οποία παρακολουθούσα, σχεδόν όλοι οι μαθητές γνώριζαν να συμπληρώνουν χημικές εξισώσεις καύσης. Αυτό σημαίνει ότι, παρόλο που την ήξεραν, δεν ένιωσαν την ανάγκη να την χρησιμοποιήσουν στην εξήγησή τους ή ότι χρειάζεται να αλλάξει η διατύπωση κάποιων ερωτήσεων και του κειμένου ώστε να γίνεται περισσότερο ξεκάθαρη η ανάγκη για την ενσωμάτωση των αντίστοιχων μηχανισμών.

Παρ' όλο που σχεδιάστηκαν οι ερωτήσεις με τέτοιο τρόπο ώστε η εξήγηση να αφορά σε ένα φαινόμενο, παρατηρήθηκε ότι σε μερικές ερωτήσεις η απάντηση περιελάμβανε συλλογισμούς και για άλλα φαινόμενα. Για παράδειγμα, στην ερώτηση 2 (καύση) κάποιοι έκαναν την αντιδιαστολή με τη φωτοσύνθεση, ενώ στην ερώτηση 3 (φαινόμενο του θερμοκηπίου) πολλοί χρησιμοποίησαν και το φαινόμενο της καύσης εξηγώντας την αύξηση του CO₂ και ένας μαθητής ανέφερε και το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης. Φαίνεται, δηλαδή ότι δεν εστίαζαν την προσοχή τους στη σχέση των οντοτήτων (π.χ. ποσότητας CO₂ και θερμοκρασίας) αλλά έδιναν περισσότερες εξηγήσεις για την κάθε οντότητα ξεχωριστά (π.χ. αύξηση της ποσότητας CO₂ στην ατμόσφαιρα λόγω της καύσης).

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις, φαίνεται επίσης πως το είδος και το περιεχόμενο της ερώτησης επηρεάζει το είδος το συλλογισμών και σε αυτό συμφωνούν και άλλες έρευνες. [16, 19] Χωρίς την κατάλληλη ερώτηση που θα τους παρακινήσει να σκεφτούν με αυτόν τον τρόπο, πολλοί μαθητές μπορεί να μη σκεφτούν μηχανιστικά σε ατομικό και μοριακό επίπεδο. [18] Το χαμηλότερο επίπεδο συλλογισμών για τα επιμέρους φαινόμενα στο κείμενο επιβεβαιώνει το γεγονός ότι όχι μόνο η ερώτηση αλλά και το γενικότερο πλαίσιο επηρεάζει τους συλλογισμούς, [12] καθώς για τα ίδια φαινόμενα οι συμμετέχοντες είχαν χρησιμοποιήσει νωρίτερα υψηλότερου επιπέδου συλλογισμούς.

Σε ό,τι αφορά στις διαφορές που διαπιστώθηκαν στους χημικούς συλλογισμούς μεταξύ μαθητών (αρχαρίων) και πτυχιούχων Χημείας (ειδικών), η ανίχνευση των οποίων αποτελούσε και ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας, έχουν καταγραφεί τέτοιες διαφορές και σε άλλες

αντίστοιχες έρευνες. Σύμφωνα με τους Yan & Talanquer, παρατηρούνται μεγάλες διαφορές σε σχέση με το επίπεδο εκπαίδευσης, με τους αρχάριους να εμφανίζουν πιο περιορισμένους συλλογισμούς. [45] Αυτό οφείλεται στο ότι οι ειδικοί σε έναν τομέα (εν προκειμένω οι πτυχιούχοι Χημείας) μπορούν να αναγνωρίζουν το είδος του συλλογισμού που απαιτείται σε σχέση με το πλαίσιο που τους δίνεται και να παράγουν τις αντίστοιχες εξηγήσεις. [45] Επίσης, μπορούν και συνδυάζουν περισσότερους του ενός τρόπους συλλογισμού, συνδέοντάς τους μεταξύ τους. [17] Ένας άλλος παράγοντας που ίσως επηρεάζει είναι οι διαφορετικές γνωστικές απαιτήσεις των ερωτήσεων. Οι μαθητές είναι λιγότερο πιθανό να θυμούνται γνώσεις που έχουν συναντήσει στο παρελθόν, οπότε μπορεί να υστερούν σε ερωτήσεις που απαιτούν τέτοια μνήμη. [29]

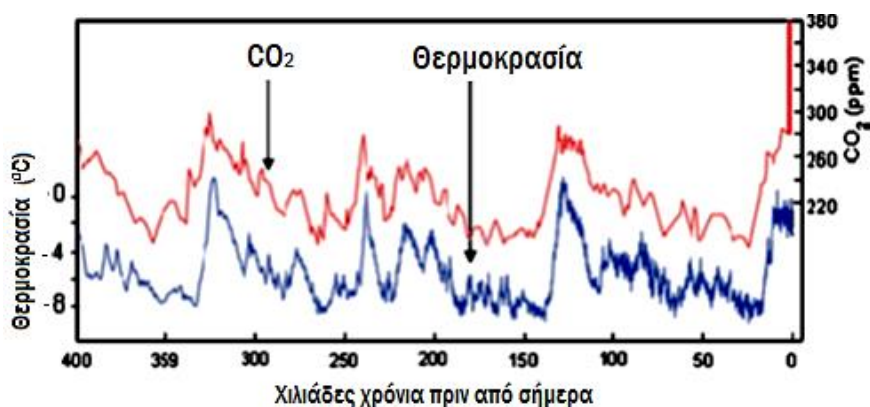
Παρ' όλο όμως που κυρίως χημικοί χρησιμοποίησαν συλλογισμούς αναδυόμενου μηχανιστικού επιπέδου, κάποιοι από αυτούς κατασκεύασαν τις εξηγήσεις τους βασισμένοι σε συλλογισμούς χαμηλότερου επιπέδου κυρίως. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι διαφορετικοί άνθρωποι μπορεί να επιλέξουν διαφορετικά στοιχεία να καθοδηγήσουν το συλλογισμό τους σχετικά με ένα φαινόμενο και να παραγάγουν διαφορετικές εξηγήσεις, ακόμα κι αν έχουν παρόμοιο εννοιολογικό πλαίσιο και στρατηγικές συλλογισμού. [48] Αυτό είναι εντονότερο στο κείμενο, τόσο στους συνολικούς όσο και στους επιμέρους συλλογισμούς (κυρίως).

Παρατηρήθηκε, τέλος, το φαινόμενο κάποιοι συμμετέχοντες, κυρίως χημικοί, να συμπεριλαμβάνουν πολλές πληροφορίες στις εξηγήσεις τους, οι οποίες δεν είχαν απαραίτητα σχέση με το συλλογισμό ή το ερώτημα.

4.5 Επιστημάνσεις σχετικές με την ορθότητα των συλλογισμών

Αν και ο σκοπός της έρευνας δεν σχετίζεται με την επιστημονική ορθότητα των συλλογισμών, δε μπορούμε να μην αναφέρουμε κάποιες σχετικές παρατηρήσεις. Αρχικά, σχετικά με τη διαδικασία της κυτταρικής αναπνοής, 3 μαθητές ανέφεραν ότι η αναπνοή πραγματοποιείται μόνο τη νύχτα ενώ ένας χημικός πως πραγματοποιείται τις υπόλοιπες ώρες από εκείνες που πραγματοποιείται η φωτοσύνθεση. Επίσης, όσοι μαθητές συμπλήρωσαν τη χημική εξίσωση καύσης καθώς και 2 από τους πτυχιούχους Χημείας ως

αντιδρόν θεώρησαν το μονομερές της κυτταρίνης $C_6H_{10}O_5$ και όχι το πολυμερές. Την καύση του πολυμερούς $(C_6H_{10}O_5)_n$ συμπλήρωσαν μόνο 5 χημικοί. Επιπλέον, στην ερώτηση 3 πολλοί μαθητές δεν «έβλεπαν» αυξομειώσεις τις θερμοκρασίας αλλά αύξηση αυτής, παρόλο που η αύξηση ήταν μόνο στο μικρό τμήμα του διαγράμματος που αφορούσε στη σημερινή εποχή (Εικόνα 10).



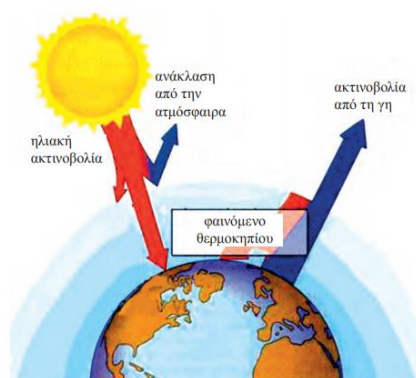
Εικόνα 10: Διάγραμμα της θερμοκρασίας συναρτήσει των χιλιάδων ετών πριν από σήμερα και της συγκέντρωσης του CO_2 (ppm). Το διάγραμμα αυτό δινόταν στην ερώτηση 3.

Εντοπίστηκαν αρκετές εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών αλλά και πτυχιούχων Χημείας σχετικά με το μηχανισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου, με κυριότερες τη συσσώρευση των αερίων του θερμοκηπίου στα όρια της ατμόσφαιρας, την ιδιότητα της ατμόσφαιρας να επιτρέπει στις ηλιακές ακτίνες να εισέρχονται αλλά όχι να εξέρχονται, τη θέρμανση της ατμόσφαιρας ως αποτέλεσμα εγκλωβισμού των ηλιακών ακτίνων και όχι της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη γη ως μέλαν σώμα και τη σύγχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου με την εξασθένηση της τρύπας του όζοντος. Τέτοιες ιδέες έχουν καταγραφεί σε αρκετές έρευνες στο παρελθόν αλλά και πιο πρόσφατες. [66, 69] Παρ' όλο που δεν αποτελεί βασικό σκοπό της εργασίας η ανίχνευση αυτών των εναλλακτικών αντιλήψεων, ειδικά για τις δυο τελευταίες εναλλακτικές αντιλήψεις έχει ενδιαφέρον να λάβει κανείς υπόψη τι ακριβώς αναφέρεται στο σχολικό βιβλίο της Β' Λυκείου [77] για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Λόγος για το θέμα αυτό γίνεται στην ενότητα 2.8 «Ατμοσφαιρική ρύπανση - Φαινόμενο θερμοκηπίου - Τρύπα όζοντος» και

στην υποενοότητα «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου» και συγκεκριμένα αναφέρονται τα εξής:

Τα αέρια που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, όπως οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το οξείδιο του αζώτου, οι χλωροφθοράνθρακες, είναι διαφανή στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, που τα διαπερνά. Απορροφούν όμως μέρος της ανακλούμενης ακτινοβολίας από τη Γη και την επιστρέφουν, θερμαίνοντας έτσι το σύστημα Γη - κατώτερη ατμόσφαιρα. Αν δεν υπήρχε αυτό το προστατευτικό κάλυμμα των αερίων της ατμόσφαιρας, που λειτουργεί όπως η κάλυψη από γυαλί του θερμοκηπίου, η ανακλούμενη από τη Γη ακτινοβολία θα διέφευγε στο διάστημα και η μέση επιφανειακή θερμοκρασία του πλανήτη μας θα ήταν αρκετές δεκάδες βαθμοί χαμηλότερη. Βλέπουμε δηλαδή, ότι το αποτέλεσμα αυτής της δράσης κάτω από αυτές τις συνθήκες και χωρίς την έκλυση των αερίων ανθρωπίνης προέλευσης είναι πολύ ευεργετικό. Σήμερα, όμως, με την αύξηση των συγκεντρώσεων διαφόρων «θερμοκηπικών» αερίων στην ατμόσφαιρα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει ενισχυθεί και δημιουργεί πολλά προβλήματα.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η περιγραφή ορισμένων ιδιοτήτων κάποιων αερίων του θερμοκηπίου, αναφέρονται οι συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη και παρουσιάζεται μια εικόνα (Εικόνα 11) με έναν απλοποιημένο μηχανισμό του φαινομένου, χωρίς ιδιαίτερες διευκρινίσεις και περιγραφή.



ΣΧΗΜΑ 2.14
Σχηματική παρουσίαση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Εικόνα 11: Φαινόμενο του θερμοκηπίου (Λιοδάκης κ.ά., 2011)

Μπορεί να παρατηρηθεί ότι στο σχολικό βιβλίο δε γίνεται αναφορά στην υπέρυθη (IR) ακτινοβολία, εκτός από το παραπάνω σχήμα (Εικόνα 11), όπου αναπαρίσταται με μπλε χρώμα, χωρίς ωστόσο και πάλι να αναφέρεται

ότι πρόκειται για υπέρυθη ακτινοβολία. Επίσης, τα σχήματα υπολείπονται εξηγήσεων και περιγραφών και στην ίδια ενότητα περιλαμβάνονται σχήματα και εικόνες και για άλλα φαινόμενα, όπως η τρύπα του όζοντος. Επομένως, είναι αναμενόμενο οι μαθητές να μην γνωρίζουν πολλά σχετικά με την υπέρυθη ακτινοβολία και, επιπλέον, να έχουν κάποια σύγχυση σχετικά με τα διάφορα φαινόμενα στην ατμόσφαιρα.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τέτοιες εναλλακτικές αντιλήψεις καταγράφηκαν και στους πτυχιούχους Χημείας. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο ότι ίσως δεν τους έχει δοθεί ευκαιρία να ασχοληθούν σε βάθος με το συγκεκριμένο θέμα κατά την διάρκεια των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών σπουδών τους αλλά ασχολούνται με άλλους κλάδους (για παράδειγμα, οργανική χημεία ή αναλυτική χημεία). Ειδικά για τους εκπαιδευτικούς που εμφανίζουν αντίστοιχες εναλλακτικές αντιλήψεις, εδώ και πολλά χρόνια έχει βρεθεί ότι οφείλεται στην εξάρτησή τους από το σχολικό βιβλίο και την έλλειψη παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου. [78]

4.6 Περιορισμοί της έρευνας

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να σημειώσουμε ότι η ποιοτική αυτή έρευνα εστίασε στη διερεύνηση των χημικών συλλογισμών 25 μαθητών Β' Λυκείου ενός πρότυπου σχολείου και 12 πτυχιούχων Χημείας. Επομένως, τα συμπεράσματά της, όπως και κάθε ποιοτικής έρευνας, δε μπορούν να γενικευθούν αφενός λόγω του μικρού μεγέθους του δείγματος και αφετέρου λόγω του υψηλότερου επιπέδου των μαθητών σε σχέση με τον μέσο όρο. Επίσης, κατά τη διάρκεια της συμπλήρωσης των ερωτήσεων παρατηρήθηκαν γεγονότα όπως ανταλλαγή ιδεών μεταξύ των μαθητών, απάντηση ερωτήσεων και κειμένου με διαφορετική σειρά από την προτεινόμενη, ολοκλήρωση ερωτήσεων και του κειμένου στο σπίτι. Βέβαια, τέτοια φαινόμενα είναι συχνά και στις πραγματικές συνθήκες τάξης και σε τέτοιες συνθήκες θέλαμε να πραγματοποιήσουμε την έρευνα αυτή, επομένως θεωρούμε πως δεν επηρεάζουν πολύ τα αποτελέσματα. Εξάλλου, σκοπός της εργασίας δεν ήταν η μελέτη των γνώσεων που έχουν οι μαθητές σχετικά με τα εν λόγω φαινόμενα αλλά το πώς χρησιμοποιούν αυτές τις γνώσεις για να κατασκευάσουν χημικούς συλλογισμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την παρούσα εργασία διερευνήθηκε το είδος των χημικών συλλογισμών μαθητών και πτυχιούχων Χημείας με κριτήριο αναφοράς τους μηχανιστικούς συλλογισμούς που βασίζονται σε χημικές γνώσεις και πληροφορίες και απαντήθηκαν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ποιους χημικούς συλλογισμούς χρησιμοποιούν κυρίως οι μαθητές σε εξηγήσεις σχετικές με ένα κοινωνικο-επιστημονικό θέμα;

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα δυο πλαίσια ανάλυσης [36, 43], στις ερωτήσεις οι μαθητές χρησιμοποιούν κυρίως συσχετιστικούς και απλούς αιτιακούς συλλογισμούς. Αναδυόμενοι μηχανιστικοί συλλογισμοί ανιχνεύθηκαν λιγότερες φορές, ενώ περιγραφικός συλλογισμός μόνο σε μια εξήγηση ενός μαθητή. Οι περισσότεροι από αυτούς τους συλλογισμούς περιλαμβάνουν αναφορά σε ιδιότητες των οντοτήτων και κάποιοι από αυτούς και στοιχεία οργάνωσης των οντοτήτων. Στο κείμενο τα επίπεδα συλλογισμού για τα επιμέρους φαινόμενα είναι χαμηλότερα, καθώς διαπιστώθηκε η ύπαρξη κυρίως περιγραφικών και συσχετιστικών συλλογισμών και μόνο μια περίπτωση απλού αιτιακού συλλογισμού. Επίσης, η ύπαρξη στοιχείων οργάνωσης είναι μειωμένη. Από την άλλη, οι συνολικοί συλλογισμοί στο κείμενο είναι κυρίως περιγραφικοί και απλοί αιτιακοί με ελάχιστους συσχετιστικούς. Ελάχιστοι μαθητές ενσωματώνουν ανώτερα επίπεδα συλλογισμού σε όλες τις περιπτώσεις. Παρατηρούνται, τέλος, διαφορές στο επίπεδο των συλλογισμών ανάλογα με την ερώτηση και με το πλαίσιο ανάλυσης των δεδομένων.

2. Ποιους χημικούς συλλογισμούς χρησιμοποιούν κυρίως οι χημικοί σε εξηγήσεις σχετικές με το ίδιο κοινωνικο-επιστημονικό θέμα;

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα δυο πλαίσια ανάλυσης [36, 43], στις ερωτήσεις οι χημικοί χρησιμοποιούν κυρίως απλούς αιτιακούς και αναδυόμενους μηχανιστικούς συλλογισμούς. Συσχετιστικοί συλλογισμοί ανιχνεύθηκαν λιγότερες φορές, ενώ δεν ανιχνεύθηκαν περιγραφικοί

συλλογισμοί. Οι περισσότεροι από αυτούς τους συλλογισμούς περιλαμβάνουν αναφορά σε ιδιότητες και στοιχεία οργάνωσης των οντοτήτων. Στο κείμενο τα επίπεδα συλλογισμού για τα επιμέρους φαινόμενα είναι και εδώ χαμηλότερα, καθώς διαπιστώθηκε η ύπαρξη κυρίως περιγραφικών και συσχετιστικών συλλογισμών και μόνο μια περίπτωση αναδυόμενου μηχανιστικού συλλογισμού. Επίσης, η ύπαρξη στοιχείων οργάνωσης είναι μειωμένη. Από την άλλη, οι συνολικοί συλλογισμοί στο κείμενο είναι περιγραφικοί, συσχετιστικοί, απλοί αιτιακοί αλλά και μηχανιστικοί. Σχεδόν οι μισοί χημικοί ενσωματώνουν ανώτερα επίπεδα συλλογισμού στις περισσότερες εξηγήσεις τους. Παρατηρούνται, τέλος, διαφορές στο επίπεδο των συλλογισμών ανάλογα με την ερώτηση και με το πλαίσιο ανάλυσης των δεδομένων.

3. Πώς διαφέρουν οι χημικοί συλλογισμοί μαθητών και χημικών;

Όπως αναμενόταν με βάση την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, οι χημικοί χρησιμοποιούν περισσότερο από τους μαθητές συλλογισμούς που προσεγγίζουν τους μηχανιστικούς. Είναι αρκετά ενθαρρυντικό, ωστόσο, το γεγονός ότι και ορισμένοι μαθητές μπορούν να εξηγούν επιστημονικά φαινόμενα με έναν μηχανιστικό τρόπο. Μάλιστα, από πολλούς φιλοσόφους ο αιτιακός συλλογισμός θεωρείται ένα πρώτο στάδιο μηχανιστικού συλλογισμού [37, 79] επομένως η σχετικά συχνή χρήση αιτιακών συλλογισμών υποδηλώνει ότι κάποιοι μαθητές αρχίζουν να σκέφτονται με έναν μηχανιστικό τρόπο. Η συνέπεια στα υψηλότερα επίπεδα συλλογισμών στις ερωτήσεις και το κείμενο είναι μεγαλύτερη στους χημικούς σε σχέση με τους μαθητές και αυτό αποτελεί επίσης μια σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων.

Δείχθηκε, επίσης, ότι το είδος της ερώτησης έχει μεγάλη σημασία για το είδος του συλλογισμού. Το πόσο άμεσα ή έμμεσα ζητείται ο μηχανισμός ενός φαινομένου επηρεάζει το κατά πόσο αυτός που απαντάει θα θεωρήσει σκόπιμο να τον συμπεριλάβει στην εξήγησή του. Αυτό είναι εντονότερο όταν οι εξηγήσεις αφορούν πλαίσια όπως τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, στα οποία οι μαθητές αλλά και οι χημικοί πρέπει να λάβουν υπόψη διάφορες πτυχές τους (οικονομικές, πολιτικές, ηθικές κ.ά.) και να επιλέξουν είτε την οπτική με τη οποία θα απαντήσουν είτε τη βαρύτητα την οποία θα δώσουν σε κάθε οπτική. Δηλαδή, ακόμα κι αν αυτή είναι η επιστημονική, δεν είναι σίγουρο ότι θα ενσωματώσουν κάποιον μηχανιστικό συλλογισμό στην

εξήγησή τους. Φαίνεται δηλαδή ότι το κοινωνικο-επιστημονικό πλαίσιο, ενώ από τη μια διευκολύνει με την έννοια ότι μπορούν οι συμμετέχοντες σχετικά εύκολα να σκεφτούν παραμέτρους που εμπλέκονται στο φαινόμενο, ίσως περιορίζει τους επιστημονικούς συλλογισμούς τους και πιθανόν κατευθύνει τη σκέψη τους σε άλλα είδη συλλογισμών που δεν είναι επιστημονικά.

Ένα σημείο, επομένως, που έχει μεγάλη σημασία για την εκπαιδευτική πρακτική είναι η πολύ προσεκτική επιλογή και διατύπωση των ερωτήσεων όταν θέλουμε αυτές να στοχεύουν σε έναν μηχανιστικό συλλογισμό. Πρακτική. Θα είχε σίγουρα ενδιαφέρον μια περαιτέρω έρευνα σχετικά με το ποια στοιχεία πρέπει να έχει η ερώτηση εκείνη που θα καθοδηγήσει το μαθητή στη χρήση ενός μηχανιστικού συλλογισμού είτε σχετικά με ένα μόνο χημικό φαινόμενο (π.χ. καύση), είτε ακόμα και σε ένα κοινωνικο-επιστημονικό πλαίσιο που πρέπει ίσως να συνδυαστούν περισσότερα του ενός επιστημονικά φαινόμενα και, ταυτόχρονα, παίζουν ρόλο και άλλοι παράγοντες (κοινωνικοί, οικονομικοί, περιβαλλοντικοί, ηθικοί κ.ά). Επίσης, σίγουρα αξίζει περαιτέρω διερεύνηση η επίδραση που έχει ένα κοινωνικο-επιστημονικό πλαίσιο στο είδος των συλλογισμών.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας αλλά και άλλων αντίστοιχων ερευνών υποδεικνύουν και την αξία του προσανατολισμού της διδασκαλίας, πέρα από την κατανόηση εννοιών, στο τρόπο που συλλογίζονται οι μαθητές για τα επιστημονικά φαινόμενα. Ο ρόλος της εκπαίδευσης χωρίς αμφιβολία είναι πολύ σημαντικός καθώς, δίνοντας ευκαιρίες στους μαθητές όλων των επιπέδων να συλλογίζονται μηχανιστικά, μπορεί να συμβάλλει στην εξάσκηση τους σε αυτό το είδος συλλογισμού [43], ώστε όταν ολοκληρώσουν τα μαθητικά τους χρόνια να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν ανάλογους συλλογισμούς για ζητήματα της καθημερινής και της κοινωνικής ζωής που απαιτούν τέτοιου είδους σκέψη. Στην εξάσκηση αυτή συμβάλλει η ενασχόληση των μαθητών με ποικιλία δραστηριοτήτων και όχι απλώς να εκτίθενται σε χημικούς συλλογισμούς κατά τη διάρκεια της χημικής τους εκπαίδευσης, καθώς έτσι δε συνειδητοποιούν τον τρόπο κατασκευής τους, το πεδίο εφαρμογής τους και τα όριά τους. [17]

Κλείνοντας, η ανάπτυξη και εφαρμογή της χημικής σκέψης σε διάφορες εργασίες αποτελεί μια ιδιαίτερα περίπλοκη και γνωστικά απαιτητική διαδικασία

για τους μαθητές. Δεν αρκεί απλώς να έχουν κατανοήσει μια ποικιλία θεμελιωδών εννοιών και ιδεών και να είναι σε θέση να αναπαραστήσουν και συνδέσουν ιδιότητες και φαινόμενα στο μακροσκοπικό και σε υπομικροσκοπικά επίπεδα χρησιμοποιώντας χημικό συμβολισμό. Πρέπει, επιπλέον, να μπορούν να αναγνωρίσουν και να γνωρίζουν πολύ καλά τα είδη του συλλογισμού που είναι τα πιο κατάλληλα και παραγωγικά, ώστε να κατανοούν τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά του συστήματος που εξετάζεται. [17]

Από την άλλη, η διερεύνηση των χημικών συλλογισμών είναι αρκετά δύσκολη εργασία και για τους εκπαιδευτικούς. Μερικώς γι' αυτό ευθύνεται το γεγονός ότι δε γνωρίζουν πώς να ερμηνεύουν τις απαντήσεις των μαθητών και σε τι να εστιάσουν ή τι να ψάξουν σε αυτές. Αυτό είναι εντονότερο ειδικά στους νέους εκπαιδευτικούς, οι περισσότεροι από τους οποίους δίνουν λίγη σημασία στη σκέψη και τους συλλογισμούς των μαθητών όταν σχεδιάζουν τη διδασκαλία ή αξιολογούν τους μαθητές τους. [48]

Απαιτείται επομένως χρόνος και προσπάθεια και από τις δυο πλευρές και πολλή καθοδήγηση σε συνδυασμό με άμεση και συχνή διαμορφωτική ανατροφοδότηση. [17] Σίγουρα δεν είναι μια εύκολη διαδικασία, αλλά χωρίς αμφιβολία αξίζει τον κόπο καθώς τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί βγαίνουν κερδισμένοι από αυτή.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Πίνακας 5: Πίνακας ορολογίας με τις αντιστοιχίσεις των ελληνικών και ξενόγλωσσων όρων

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός Όρος
explanation	εξήγηση
explanandum	εξηγητέο
explanans	εξηγούν ή εξηγητική αρχή
scientific explanation	επιστημονική εξήγηση
argument	επιχείρημα
justification	αιτιολόγηση
claim	ισχυρισμός
evidence	στοιχεία
reasoning	συλλογισμός
scientific reasoning	επιστημονικός συλλογισμός
scientific thinking	επιστημονική σκέψη
mathematical deduction	μαθηματική παραγωγή
experimental evaluation	πειραματική αξιολόγηση
hypothetical modeling	μοντελοποίηση
categorization	κατηγοριοποίηση
classification	ταξινόμηση

probabilistic reasoning	πιθανολογικός συλλογισμός
historical-based evolutionary reasoning	ιστορικά βασισμένος εξελικτικός συλλογισμός
chemical reasoning	χημικός συλλογισμός
chemical thinking	χημική σκέψη
thought process	διαδικασία της σκέψης
chemical rationale	προϊόν ενός συλλογισμού
model-based reasoning	συλλογισμοί με βάση μοντέλα
descriptive	περιγραφικός
relational	συσχετιστικός
linear causal	γραμμικός αιτιακός
agent	δράστης
multicomponent	πολυσυστατικός
isolated	απομονωμένος
integrated	απαρτιωμένος
emerging mechanistic	αναδυόμενος μηχανιστικός
entities	οντότητες
activities	δραστηριότητες
describing the target phenomenon	περιγραφή του φαινομένου – στόχου
identifying setup conditions	ταυτοποίηση αρχικών συνθηκών
identifying entities	ταυτοποίηση οντοτήτων

identifying properties of entities	ταυτοποίηση των ιδιοτήτων των οντοτήτων
identifying organization of entities	ταυτοποίηση της οργάνωσης των οντοτήτων
chaining backward and forward	αλυσιδωτή σύνδεση προς τα πίσω και μπρος
analogies	αναλογίες
animated models	κινούμενα μοντέλα
representation	αναπαράσταση
reasoning diagram	διάγραμμα συλλογισμού
simple causal	απλό αιτιακό
domain-general	ανεξάρτητο επιστημονικού τομέα
domain-specific	που εξαρτάται από την εξειδικευμένη γνώση κάθε τομέα
socioscientific issues	κοινωνικο-επιστημονικά θέματα
properties	ιδιότητες
organisation	οργάνωση
interrater reliability	αξιοπιστία μέσω συμφωνίας αυτών που έκαναν την κωδικοποίηση
profile	προφίλ

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

Ακρωνύμια και ανάπτυξή τους

ΕΚΠΑ	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
ΓΕΛ	Γενικό Λύκειο
ΕΔΙΠ	Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό
ΠΜΣ	Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
ΔΙΧΗΝΕΤ	Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες
Μ	Μαθητές
Χ	Χημικοί
Ε	Οντότητες (entities)
Α	Δραστηριότητες (activities)
Ρ	Ιδιότητες (properties)
Ο	Οργάνωση (organization)
Π	Περιγραφικός (συλλογισμός)
Σ	Συσχετιστικός (συλλογισμός)
Α	απλός Αιτιακός (συλλογισμός)
Μ	αναδυόμενος Μηχανιστικός (συλλογισμός)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Ερωτήσεις (για μαθητές)

ΚΑΥΣΙΜΗ ΞΥΛΕΙΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Στη σχολική εφημερίδα διαβάζεις τα επόμενα δημοσιεύματα: το δημοσίευμα Α δείχνει τα πλεονεκτήματα της ξυλείας ως καύσιμο θέρμανσης (κυρίως σε οικονομικό επίπεδο), ενώ το δημοσίευμα Β θίγει τις συνέπειες της αποψίλωσης των δασών, αναφέροντας το παράδειγμα του δάσους του Αμαζονίου. Λόγω της αντίθεσης των απόψεων, ο αρχισυντάκτης της εφημερίδας ζητά από τους Ομίλους του σχολείου να εκφράσουν τεκμηριωμένα την άποψή τους για το θέμα.

Ως εκπρόσωπος του Ομίλου Φυσικών Επιστημών, καλείσαι να γράψεις ένα μικρό κείμενο προς δημοσίευση (100-120 λέξεων), στο οποίο θα εξηγήεις αν και γιατί η ξυλεία είναι ένα καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου.

Α. Φωτιά στις τσέπες από τη βαρυχειμωνιά

Της Αντριάνας Χαραλάμπους (Β' Λυκείου)



Τσουχτερό κρύο και κατάλευκα τοπία έφεραν οι διαδοχικές χαμηλές θερμοκρασίες που χτύπησαν την Ελλάδα με την έλευση του 2019. Ο χειμώνας έτριξε τα δόντια του για τα καλά με το θερμομόμετρο να καταγράφει... πολικές θερμοκρασίες και τους κατοίκους να μη

μπορούν να ανταποκριθούν οικονομικά στο κόστος που απαιτείται για να ζεσταθούν.

ΛΥΣΗ ΤΑ ΚΑΥΣΟΞΥΛΑ;

Η τιμή του πετρελαίου έχει φτάσει στα ύψη και οι άνθρωποι που το χρησιμοποιούν για να ζεσταίνονται θα πρέπει να βάζουν βαθιά το χέρι στην τσέπη και να πληρώνουν περίπου 4.000€ το χρόνο. Ως εναλλακτική, πολλοί επιλέγουν να χρησιμοποιούν καυσόξυλα, για τα οποία όμως και πάλι το

κόστος δεν είναι ιδιαίτερα χαμηλό. Οι τιμές στην αγορά κυμαίνονται γύρω στις 3.000€ το χρόνο, με την τιμή να εξαρτάται από την ποιότητα της ξυλείας.

Η ΑΥΡΙΑΝΗ ΜΕΡΑ

Ωστόσο, η κατάσταση φαίνεται λίγο πιο ελπιδοφόρα τον τελευταίο καιρό. Ακούγεται έντονα πως η υλοτομία σε μεγάλες δασικές περιοχές του κόσμου θα σταματήσει να είναι παράνομη, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες των ανθρώπων σε καύσιμη ξυλεία. Αν συμβεί αυτό, η τιμή του ξύλου θα πέσει αρκετά κι έτσι θα είναι προσιτή στον καθένα. Ίσως το ξύλο αντικαταστήσει κιόλας όλα τα άλλα καύσιμα, αφού θα είναι το φτηνότερο από αυτά. Εξάλλου, δάση υπάρχουν πολλά, επομένως θα έχουμε ξυλεία για πολλά χρόνια ακόμα και δε θα κρυώσει κανείς ποτέ ξανά όπως το φετινό χειμώνα.

Ας ελπίσουμε!

Β. Το τροπικό δάσος του Αμαζονίου αποψιλώθηκε κατά πέντε... Λονδίνα το 2017

Του Γιάννη Παπαδόπουλου (Β' Λυκείου)

Μπορεί να αποτελεί το μεγαλύτερο τροπικό δάσος του πλανήτη, όμως αυτό δεν σημαίνει ότι θα ισχύει το ίδιο και για τις επόμενες γενιές. Ο λόγος για το μοναδικό δάσος του Αμαζονίου, το οποίο βλέπει την συνολική του έκταση ολοένα να μειώνεται κάθε χρόνο που περνάει.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα Prodes, το οποίο καταγράφει μέσω δορυφόρου την αποψίλωση του δάσους, μεταξύ του Αυγούστου του 2017 και του Ιουλίου του 2018 περισσότερα από 7.900 m² τροπικού δάσους εξαφανίστηκαν από τον χάρτη. Η έκταση



αυτή είναι ίση με πέντε φορές την έκταση του Λονδίνου! Όπως αναφέρουν οι υπεύθυνοι, τα περισσότερα ξύλα εξαγονται ως καύσιμα σε άλλες χώρες σε σχετικά προσιτές τιμές.

Μόνο να αναλογιστεί κανείς τις συνέπειες αυτού του τραγικού γεγονότος αρκεί για να καταλάβει πόσο κακό μπορεί να προκληθεί. Εξαφανίζοντας τα δέντρα μειώνεται η ποσότητα του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα, αυξάνεται η πιθανότητα των πλημμύρων σε μια περιοχή, καταστρέφεται το καταφύγιο διαφόρων ειδών του ζωικού βασιλείου και κυρίως εντείνεται το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, με τα ολέθρια αποτελέσματα που όλοι βιώνουμε πολύ έντονα τα τελευταία χρόνια...

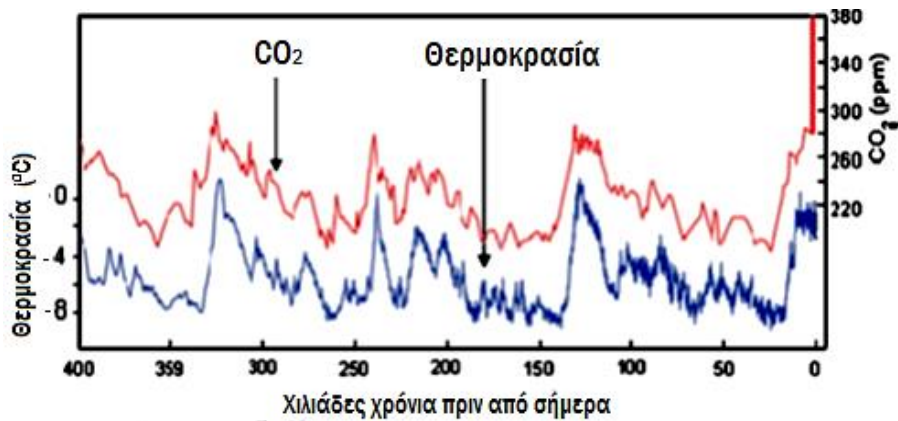
Λέμε όχι στην αποψίλωση των δασών και την υλοτομία! Λέμε ναι στο πράσινο και τα δάση!

Οι ερωτήσεις που ακολουθούν έχουν σκοπό να σε βοηθήσουν να γράψεις το κείμενό σου.

1. Εξήγησε πώς η ύπαρξη ενός δέντρου σε μια περιοχή επηρεάζει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα.

2. Με δεδομένο ότι το ξύλο αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n, **εξήγησε** πώς η καύση του ξύλου επηρεάζει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα.

3. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τη μεταβολή στη θερμοκρασία και το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) κατά τους προηγούμενους αιώνες. Ο άξονας στα αριστερά δείχνει τη θερμοκρασία (κάτω γραμμή) και ο άξονας στα δεξιά δείχνει τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (πάνω γραμμή). Ο άξονας κάτω δείχνει τα χρόνια από το παρελθόν μέχρι το παρόν (0).



Οι επιστήμονες με βάση τα δεδομένα του διαγράμματος υποστηρίζουν ότι αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της Γης. **Δώσε τη δική σου εξήγηση** για το πώς συμβαίνει αυτό.

4. α) Σχεδιάσε μια αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Μπορείς να ονομάσεις τα τμήματα του σχεδίου σου.

β) **Εξήγησε** το σχέδιό σου.

5. α) Στη Στήλη Α φαίνονται διάφορα χαρακτηριστικά των καυσίμων. Στη Στήλη Β τοποθέτησε τους αριθμούς από το 1 (για το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό) έως το 8 (για το λιγότερο σημαντικό χαρακτηριστικό), ανάλογα με τη σημασία που πιστεύεις ότι έχει κάθε χαρακτηριστικό κατά την

επιλογή ενός καυσίμου. Ο κάθε αριθμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μια φορά.

Στήλη Α	Στήλη Β
Φυσική κατάσταση	
Αναλογία H:C του κύριου συστατικού	
Τρόπος παραγωγής	
Κόστος	
Παραγόμενα mol CO ₂ ανά mol συστατικού	
Θερμαντική αξία καυσίμου (KJ/mol ή KJ/Kg)	
Χημική σύσταση (είδος και αριθμός ατόμων διαφορετικών στοιχείων)	
Μοριακή δομή (είδος χημικών δεσμών, τρόπος σύνδεσης των ατόμων)	

β) **Αιτιολόγησε** την απάντησή σου για το πιο σημαντικό (αριθμός 1) και το λιγότερο σημαντικό (αριθμός 8) από τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Με τη βοήθεια όσων σκέφτηκες για να απαντήσεις στις προηγούμενες ερωτήσεις αλλά και με βάση ό,τι ήδη γνωρίζεις, γράψε ένα μικρό κείμενο (100-120 λέξεων) στο οποίο **θα εξηγήεις αν και γιατί η ξυλεία είναι ένα καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου.**

Υπενθύμιση: Το κείμενο σου θα δημοσιευτεί στη σχολική εφημερίδα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Ερωτήσεις (για χημικούς)

ΚΑΥΣΙΜΗ ΞΥΛΕΙΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Εργάζεσαι ως χημικός σε ένα εργοστάσιο κατασκευής καυστήρων θέρμανσης. Στην ιστοσελίδα του εργοστασίου και συγκεκριμένα στην ενότητα «Ενδιαφέροντα νέα» διαβάζεις τα επόμενα δημοσιεύματα: το δημοσίευμα Α δείχνει τα πλεονεκτήματα της ξυλείας ως καύσιμο θέρμανσης (κυρίως σε οικονομικό επίπεδο), ενώ το δημοσίευμα Β θίγει τις συνέπειες της αποψίλωσης των δασών, αναφέροντας το παράδειγμα του δάσους του Αμαζονίου. Λόγω της διάστασης των απόψεων, ο διαχειριστής της ιστοσελίδας ζητά από τους εργαζόμενους να εκφράσουν τεκμηριωμένα την άποψή τους για το θέμα.

Ως χημικός, αποφασίζεις να γράψεις ένα μικρό κείμενο προς δημοσίευση (100-120 λέξεων), στο οποίο θα εξηγήεις αν και γιατί η ξυλεία είναι ένα καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου.

A. Φωτιά στις τσέπες από τη βαρυχειμωνιά

Της Αντριάνας Χαραλάμπους, φυσικού



Τσουχτερό κρύο και κατάλευκα τοπία έφεραν οι διαδοχικές χαμηλές θερμοκρασίες που χτύπησαν την Ελλάδα με την έλευση του 2019. Ο χειμώνας έτριξε τα δόντια του για τα καλά με το θερμόμετρο να καταγράφει... πολικές θερμοκρασίες και τους κατοίκους να μη μπορούν να ανταποκριθούν οικονομικά στο κόστος που απαιτείται για να ζεσταθούν.

ΛΥΣΗ ΤΑ ΚΑΥΣΟΞΥΛΑ;

Η τιμή του πετρελαίου έχει φτάσει στα ύψη και οι άνθρωποι που το χρησιμοποιούν για να ζεσταίνονται θα πρέπει να βάζουν βαθιά το χέρι στην τσέπη και να πληρώνουν περίπου 4.000€ το χρόνο. Ως εναλλακτική, πολλοί

επιλέγουν να χρησιμοποιούν καυσόξυλα, για τα οποία όμως και πάλι το κόστος δεν είναι ιδιαίτερα χαμηλό. Οι τιμές στην αγορά κυμαίνονται γύρω στις 3.000€ το χρόνο, με την τιμή να εξαρτάται από την ποιότητα της ξυλείας.

Η ΑΥΡΙΑΝΗ ΜΕΡΑ

Ωστόσο, η κατάσταση φαίνεται λίγο πιο ελπιδοφόρα τον τελευταίο καιρό. Ακούγεται έντονα πως η υλοτομία σε μεγάλες δασικές περιοχές του κόσμου θα σταματήσει να είναι παράνομη, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες των ανθρώπων σε καύσιμη ξυλεία. Αν συμβεί αυτό, η τιμή του ξύλου θα πέσει αρκετά κι έτσι θα είναι προσιτή στον καθένα. Ίσως το ξύλο αντικαταστήσει κιάλας όλα τα άλλα καύσιμα, αφού θα είναι το φτηνότερο από αυτά. Εξάλλου, δάση υπάρχουν πολλά, επομένως θα έχουμε ξυλεία για πολλά χρόνια ακόμα και δε θα κρυώσει κανείς ποτέ ξανά όπως το φετινό χειμώνα.

Ας ελπίσουμε!

B. Το τροπικό δάσος του Αμαζονίου αποψιλώθηκε κατά πέντε... Λονδίνα το 2017

Του Γιάννη Παπαδόπουλου, βιολόγου

Μπορεί να αποτελεί το μεγαλύτερο τροπικό δάσος του πλανήτη, όμως αυτό δεν σημαίνει ότι θα ισχύει το ίδιο και για τις επόμενες γενιές. Ο λόγος για το μοναδικό δάσος του Αμαζονίου, το οποίο βλέπει την συνολική του έκταση ολοένα να μειώνεται κάθε χρόνο που περνάει.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα Prodes, το οποίο καταγράφει μέσω δορυφόρου την αποψίλωση του δάσους, μεταξύ του Αυγούστου του 2017 και του Ιουλίου του 2018 περισσότερα από 7.900 m² τροπικού δάσους εξαφανίστηκαν από τον χάρτη. Η έκταση



αυτή είναι ίση με πέντε φορές την έκταση του Λονδίνου! Όπως αναφέρουν οι υπεύθυνοι, τα περισσότερα ξύλα εξαγονται ως καύσιμα σε άλλες χώρες σε σχετικά προσιτές τιμές.

Μόνο να αναλογιστεί κανείς τις συνέπειες αυτού του τραγικού γεγονότος αρκεί για να καταλάβει πόσο κακό μπορεί να προκληθεί. Εξαφανίζοντας τα δέντρα μειώνεται η ποσότητα του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα, αυξάνεται η πιθανότητα των πλημμύρων σε μια περιοχή, καταστρέφεται το καταφύγιο διαφόρων ειδών του ζωικού βασιλείου και κυρίως εντείνεται το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, με τα ολέθρια αποτελέσματα που όλοι βιώνουμε πολύ έντονα τα τελευταία χρόνια...

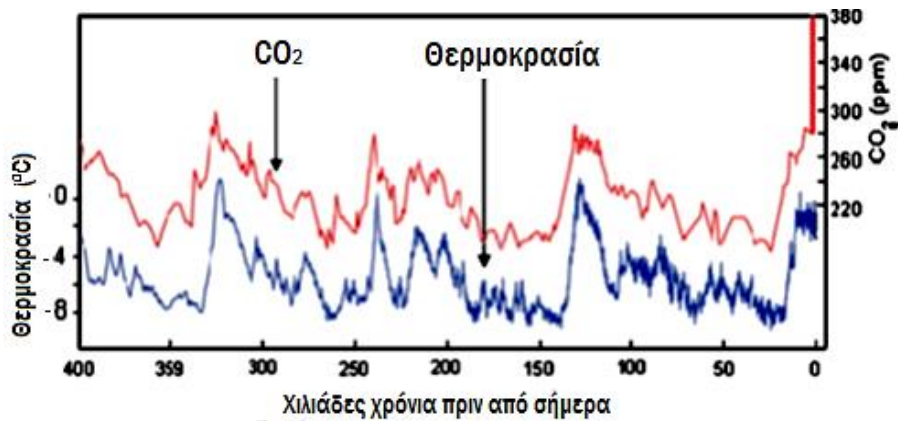
Λέμε όχι στην αποψίλωση των δασών και την υλοτομία! Λέμε ναι στο πράσινο και τα δάση!

Οι ερωτήσεις που ακολουθούν έχουν σκοπό να σε βοηθήσουν να γράψεις το κείμενό σου.

1. Εξήγησε πώς η ύπαρξη ενός δέντρου σε μια περιοχή επηρεάζει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα.

2. Με δεδομένο ότι το ξύλο αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n, **εξήγησε** πώς η καύση του ξύλου επηρεάζει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα.

3. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τη μεταβολή στη θερμοκρασία και το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) κατά τους προηγούμενους αιώνες. Ο άξονας στα αριστερά δείχνει τη θερμοκρασία (κάτω γραμμή) και ο άξονας στα δεξιά δείχνει τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (πάνω γραμμή). Ο άξονας κάτω δείχνει τα χρόνια από το παρελθόν μέχρι το παρόν (0).



Οι επιστήμονες με βάση τα δεδομένα του διαγράμματος υποστηρίζουν ότι αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της Γης. **Δώσε τη δική σου εξήγηση** για το πώς συμβαίνει αυτό.

4. α) Σχεδιάσε μια αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Μπορείς να ονομάσεις τα τμήματα του σχεδίου σου.

β) **Εξήγησε** το σχέδιό σου.

5. α) Στη Στήλη Α φαίνονται διάφορα χαρακτηριστικά των καυσίμων. Στη Στήλη Β τοποθέτησε τους αριθμούς από το 1 (για το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό) έως το 8 (για το λιγότερο σημαντικό χαρακτηριστικό), ανάλογα με τη σημασία που πιστεύεις ότι έχει κάθε χαρακτηριστικό κατά την

επιλογή ενός καυσίμου. Ο κάθε αριθμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μια φορά.

Στήλη Α	Στήλη Β
Φυσική κατάσταση	
Αναλογία H:C του κύριου συστατικού	
Τρόπος παραγωγής	
Κόστος	
Παραγόμενα mol CO ₂ ανά mol συστατικού	
Θερμαντική αξία καυσίμου (KJ/mol ή KJ/Kg)	
Χημική σύσταση (είδος και αριθμός ατόμων διαφορετικών στοιχείων)	
Μοριακή δομή (είδος χημικών δεσμών, τρόπος σύνδεσης των ατόμων)	

β) **Αιτιολόγησε** την απάντησή σου για το πιο σημαντικό (αριθμός 1) και το λιγότερο σημαντικό (αριθμός 8) από τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Με τη βοήθεια όσων σκέφτηκες για να απαντήσεις στις προηγούμενες ερωτήσεις αλλά και με βάση ό,τι ήδη γνωρίζεις, γράψε ένα μικρό κείμενο (100-120 λέξεων) στο οποίο **θα εξηγήεις αν και γιατί** η ξυλεία είναι ένα καλό εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου.

Υπενθύμιση: Το κείμενο σου θα δημοσιευτεί στην ιστοσελίδα του εργοστασίου.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Bynum, W. F., Browne, E. J., & Porter, R. (2019). *Macmillan Λεξικό της Ιστορίας των Επιστημών*, ΠΕΚ.
2. Ladyman, J. (2015). *Τι είναι η Φιλοσοφία της Επιστήμης*, ΠΕΚ.
3. Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Rutherford, M. (2000). Explanations with models in science education. In *Developing models in science education* (pp. 193-208). Springer, Dordrecht.
4. Talanquer, V. (2007). Explanations and teleology in chemistry education. *International Journal of Science Education*, 29(7), 853-870.
5. Gilbert, J. K., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998α). Models in explanations, Part 1: Horses for courses?. *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.
6. McNeill, K. L. Krajcik, J. (2011). *Supporting grade 5-8 students in Constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. (N. P. A. & Bacon., Ed.). New York.
7. Brigandt, I. (2016). Why the difference between explanation and argument matters to science education. *Science & Education*, 25(3-4), 251-275.
8. Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
9. Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science education*, 95(4), 639-669.
10. Andrade, V., Freire, S., & Baptista, M. (2019). Constructing scientific explanations: a system of analysis for students' explanations. *Research in Science Education*, 49(3), 787-807.
11. Taber, K. S., & Watts, M. (2000). Learners' explanations of chemical phenomena. *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 1(3), 329-353.
12. Kapon, S. (2017). Unpacking sensemaking. *Science Education*, 101(1), 165-198.

13. McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. *Science as inquiry in the secondary setting*, 121-134.
14. Rocksén, M. (2016). The many roles of “explanation” in science education: a case study. *Cultural Studies of Science Education*, 11(4), 837-868.
15. Talanquer, V. (2018β). Exploring mechanistic reasoning in chemistry. In *Science Education Research and Practice in Asia-Pacific and Beyond* (pp. 39-52). Springer, Singapore.
16. Krajcik, J., & McNeill, K. (2009). Designing instructional materials to support students' in writing scientific explanations: Using evidence and reasoning across the middle school years. In *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Garden Grove, CA*.
17. Talanquer, V. (2018α). Chemical rationales: another triplet for chemical thinking. *International Journal of Science Education*, 40(15), 1874-1890.
18. Becker, N., Noyes, K., & Cooper, M. (2016). Characterizing students' mechanistic reasoning about London dispersion forces. *Journal of Chemical Education*, 93(10), 1713-1724.
19. Talanquer, V. (2010). Exploring dominant types of explanations built by general chemistry students. *International Journal of Science Education*, 32(18), 2393-2412.
20. Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2013). Students explaining science-assessment of science communication competence. *Research in Science Education*, 43(6), 2235-2256.
21. Faria, C., Freire, S., Baptista, M., & Galvão, C. (2014). The construction of a reasoned explanation of a health phenomenon: An analysis of competencies mobilized. *International Journal of Science Education*, 36(9), 1476-1490.
22. Delen, I., & Krajcik, J. (2015). What Do Students' Explanations Look Like When They Use Second-Hand Data?. *International Journal of Science Education*, 37(12), 1953-1973.

23. Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372.
24. Tang, K. S. (2016). Constructing scientific explanations through premise–reasoning–outcome (PRO): an exploratory study to scaffold students in structuring written explanations. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1415-1440.
25. Osborne, J. F., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction?. *Science Education*, 95(4), 627-638.
26. Kararo, A. T., Colvin, R. A., Cooper, M. M., & Underwood, S. M. (2019). Predictions and constructing explanations: an investigation into introductory chemistry students' understanding of structure–property relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(1), 316-328.
27. Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R. et al. (2014). Scientific Reasoning and Argumentation: Advancing an Interdisciplinary Research Agenda in Education. *Frontline Learning Research*, 2(3), 28-45.
28. Zhou, S., Han, J., Koenig, K., Raplinger, A., Pi, Y., Li, D. et al. (2016). Assessment of scientific reasoning: The effects of task context, data, and design on student reasoning in control of variables. *Thinking skills and creativity*, 19, 175-187.
29. Morris, B. J., Croker, S., Masnick, A. M., & Zimmerman, C. (2012). The emergence of scientific reasoning. In *Current topics in children's learning and cognition*. IntechOpen.
30. Kind, P., & Osborne, J. (2017). Styles of Scientific Reasoning: A Cultural Rationale for Science Education? *Science Education*, (101), 8–31.
31. 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.
32. Machamer, P., Darden, L., & Craver, C. F. (2000). Thinking about mechanisms. *Philosophy of science*, 67(1), 1-25.

33. Osborne, J. (2013). The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning. *Thinking skills and creativity*, 10, 265-279.
34. Talanquer, V. (2018y). Progressions in reasoning about structure–property relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 998-1009.
35. Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: A learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 10–23.
36. Moreira, P., Marzabal, A., & Talanquer, V. (2019). Using a mechanistic framework to characterise chemistry students' reasoning in written explanations. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(1), 120-131.
37. Darden, L. (2002). Strategies for discovering mechanisms: Schema instantiation, modular subassembly, forward/backward chaining. *Philosophy of Science*, 69(S3), S354-S365.
38. Luisi, P. L. (2002). Emergence in chemistry: Chemistry as the embodiment of emergence. *Foundations of Chemistry*, 4(3), 183-200.
39. Keiner, L., & Graulich, N. (2020). Transitions between representational levels: Characterization of organic chemistry students' mechanistic features when reasoning about laboratory work-up procedures. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 469-482.
40. Talanquer, V. (2013). How do students reason about chemical substances and reactions? In G. Tsaparlis, & H. Sevian, (Eds.) *Concepts of Matter in Science Education* (pp. 331-346). Springer, Dordrecht.
41. Crandell, O. M., Kouyoumdjian, H., Underwood, S. M., & Cooper, M. M. (2018). Reasoning about Reactions in Organic Chemistry: Starting It in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 213-226.
42. Russ, R. S., Coffey, J. E., Hammer, D., & Hutchison, P. (2009). Making classroom assessment more accountable to scientific reasoning: A case for attending to mechanistic thinking. *Science Education*, 93(5), 875-891.
43. Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D., & Mikeska, J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for

- discourse analysis developed from philosophy of science. *Science Education*, 92(3), 499-525.
44. Samarapungavan, A., Westby, E. L., & Bodner, G. M. (2006). Contextual epistemic development in science: A comparison of chemistry students and research chemists. *Science Education*, 90(3), 468-495.
 45. Yan, F., & Talanquer, V. (2015). Students' ideas about how and why chemical reactions happen: mapping the conceptual landscape. *International Journal of Science Education*, 37(18), 3066-3092.
 46. Sevian, H., & Stains, M. (2013). Implicit assumptions and progress variables in a learning progression about structure and motion of matter. In *Concepts of matter in science education* (pp. 69-94). Springer, Dordrecht.
 47. Talanquer, V. (2019). Assessing for Chemical Thinking. In *Research and Practice in Chemistry Education* (pp. 123-133). Springer, Singapore.
 48. Talanquer, V. (2006). Commonsense Chemistry: A Model for Understanding Students' Alternative Conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811-816.
 49. Bhattacharyya, G. (2013). From source to sink: mechanistic reasoning using the electron-pushing formalism. *Journal of Chemical Education*, 90(10), 1282-1289.
 50. Galloway, K. R., Stoyanovich, C., & Flynn, A. B. (2017). Students' interpretations of mechanistic language in organic chemistry before learning reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(2), 353-374.
 51. Moon, A., Stanford, C., Cole, R., & Towns, M. (2017). Analysis of inquiry materials to explain complexity of chemical reasoning in physical chemistry students' argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(10), 1322-1346.
 52. Cooper, M. M., Kouyoumdjian, H., & Underwood, S. M. (2016). Investigating students' reasoning about acid-base reactions. *Journal of Chemical Education*, 93(10), 1703-1712.

53. Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377.
54. Colucci-Gray, L., Camino, E., Barbiero, G., & Gray, D. (2006). From scientific literacy to sustainability literacy: An ecological framework for education. *Science Education*, 90(2), 227–252.
55. Sadler, T. D., Romine, W. L., & Topçu, M. S. (2016). Learning science content through socio-scientific issues-based instruction: a multi-level assessment study. *International Journal of Science Education*, 38(10), 1622-1635.
56. Jiménez-Aleixandre, M. P., & Pereiro-Muñoz, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1171–1190
57. Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387-409.
58. Herman, B. C., Owens, D. C., Oertli, R. T., Zangori, L. A., & Newton, M. H. (2019). Exploring the Complexity of Students' Scientific Explanations and Associated Nature of Science Views Within a Place-Based Socioscientific Issue Context. *Science & Education*, 1-38.
59. Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*. McGraw-Hill Education (UK).
60. Feierabend, T., & Eilks, I. (2010). Raising Students' Perception of the Relevance of Science Teaching and Promoting Communication and Evaluation Capabilities Using Authentic and Controversial Socio-Scientific Issues in the Framework of Climate Change. *Science Education International*, 21(3), 176-196.
61. Fløttum, K., Dahl, T., & Rivenes, V. (2016). Young Norwegians and their views on climate change and the future: findings from a climate concerned and oil-rich nation. *Journal of Youth Studies*, 19(8), 1128-1143.

62. Matlin, S. A., Mehta, G., Hopf, H., & Krief, A. (2015). The role of chemistry in inventing a sustainable future. *Nature chemistry*, 7(12), 941.
63. Koulaidis, V., & Christidou, V. (1999). Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science Education*, 83(5), 559-576.
64. Liarakou, G., Athanasiadis, I., & Gavrilakis, C. (2011). What Greek Secondary School Students Believe about Climate Change?. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(1), 79-98.
65. Holmqvist Olander, M., & Olander, C. (2017). Understandings of climate change articulated by Swedish secondary school students. *Journal of Biological Education*, 51(4), 349-357.
66. Varela, B., Sesto, V., & García-Rodeja, I. (2018). An Investigation of Secondary Students' Mental Models of Climate Change and the Greenhouse Effect. *Research in Science Education*, 1-26.
67. Papadimitriou, V. (2004). Prospective primary teachers' understanding of climate change, greenhouse effect, and ozone layer depletion. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 299-307.
68. Manolas, E. I., Tampakis, S. A., & Karanikola, P. P. (2010). Climate change: the views of forestry students in a Greek university. *International Journal of Environmental Studies*, 67(4), 599-609.
69. Versprille, A., Zabih, A., Holme, T. A., McKenzie, L., Mahaffy, P., Martin, B., & Towns, M. (2017). Assessing student knowledge of chemistry and climate science concepts associated with climate change: resources to inform teaching and learning. *Journal of Chemical Education*, 94(4), 407-417.
70. Aksit, O., McNeal, K. S., Gold, A. U., Libarkin, J. C., & Harris, S. (2018). The influence of instruction, prior knowledge, and values on climate change risk perception among undergraduates. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(4), 550-572.
71. Michail, S., Stamou, A. G., & Stamou, G. P. (2007). Greek primary school teachers' understanding of current environmental issues: An exploration of

- their environmental knowledge and images of nature. *Science Education*, 91(2), 244-259.
72. Miléř, T., Hollan, J., Válek, J., & Sládek, P. (2012). Teachers' understanding of climate change. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 69, 1437-1442.
73. Libarkin, J. C., Gold, A. U., Harris, S. E., McNeal, K. S., & Bowles, R. P. (2018). A new, valid measure of climate change understanding: associations with risk perception. *Climatic change*, 150(3-4), 403-416
74. Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M. T., & Resnick, L. B. (2000). Naive physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and instruction*, 18(1), 1-34.
75. Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S., & Charusombat, U. (2011). Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change. *Climatic Change*, 104(3-4), 481-507.
76. Katz, P. (2017). Introduction: Drawing and Science are Inseparable. In *Drawing for Science Education* (pp. 1-8). SensePublishers, Rotterdam.
77. Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π. & Κάλλης, Α. (2011). *Χημεία Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας*. Αθήνα: ΙΤΥΕ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»
78. Gilbert, J. K., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998β). Models in explanations, Part 2: Whose voice? Whose ears?. *International Journal of Science Education*, 20(2), 187-203.
79. Glennan, S. S. (1996). Mechanisms and The Nature of Causation, *Erkenntnis* 44, 49-71.