



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

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

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Η πρόοδος των δεξιοτήτων και του ευρετικού
συλλογισμού κατά την επίλυση προβλημάτων
στοιχειομετρίας**

**ΒΛΑΧΟΛΙΑ ΜΑΡΙΑ-ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ
ΧΗΜΙΚΟΣ**

ΑΘΗΝΑ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2011

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Η πρόοδος των δεξιοτήτων και του ευρετικού συλλογισμού κατά
την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας

ΒΛΑΧΟΛΙΑ ΜΑΡΙΑ-ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

A.M.: 291102

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

Τζουγκράκη Χρύσα
Καθηγήτρια Οργανικής Χημείας, ΕΚΠΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Τζουγκράκη Χρύσα
Καθηγήτρια Οργανικής Χημείας, ΕΚΠΑ

Σπύρου Παναγιώτης
Επίκουρος Καθηγητής Διδακτικής των Μαθηματικών, ΕΚΠΑ

Ρούσσος Πέτρος
Λέκτορας Γνωστικής Ψυχολογίας, ΕΚΠΑ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 30/11/2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή τη διατριβή γίνεται μελέτη της προόδου των δεξιοτήτων και του ευρετικού συλλογισμού κατά την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας, καθώς τόσο οι δεξιότητες όσο και ο συλλογισμός έχουν μεγάλη σημασία στην καθημερινή διδακτική πρακτική, αλλά και στην κατάρτιση των αναλυτικών προγραμμάτων. Επιπλέον, η μελέτη της προόδου αυτών των δύο χαρακτηριστικών των λυτών επιδεικνύει τα σημεία παρέμβασης με διδακτικές τεχνικές και καθοδηγεί την ανάπτυξη αναλυτικών τρόπων σκέψης.

Για την πραγματοποίηση της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος πρωτοκόλλων αναδρομικής διατύπωσης της σκέψης. Συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τέσσερις ομάδες των πέντε λυτών, μαθητές, πρωτοετείς φοιτητές, επί πτυχίω φοιτητές και εκπαιδευτικούς, να λύσουν προβλήματα στοιχειομετρίας που απαιτούν για τη λύση τους διαφορετικές δεξιότητες.

Οι δεξιότητες που μελετήθηκαν είναι η δεξιότητα ανάκλησης αλγορίθμου, η δεξιότητα εύρεσης μεθόδου επίλυσης, η δεξιότητα αναγνώρισης και ανάκλησης ή αναζήτησης των απαραίτητων δεδομένων προκειμένου να λυθεί ένα πρόβλημα και τέλος η δεξιότητα εύρεσης των στόχων οι οποίοι κατευθύνουν τη λύση του προβλήματος.

Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων προέκυψε ότι μόνο οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί κατέχουν τη δεξιότητα ανάκλησης αλγορίθμου με τους πρώτους να υστερούν σε ένα μικρό βαθμό.

Σχετικά με τη δεξιότητα εύρεσης μεθόδου, οι μαθητές βρίσκουν αλγοριθμική μέθοδο επίλυσης όταν καλούνται να λύσουν ένα πρόβλημα για πρώτη φορά. Όταν όμως τους ζητείται να προτείνουν μια μέθοδο διαφορετική από την αλγοριθμική τότε παρουσιάζουν αδυναμία. Οι φοιτητές παρουσιάζοντας κενά στο γνωστικό υπόβαθρο των προβλημάτων δέχονται ανατροφοδότηση και μόνο τότε βρίσκουν μέθοδο επίλυσης. Οι πρωτοετείς φοιτητές διαφοροποιούνται από τους επί πτυχίω φοιτητές μόνο στην περίπτωση που διαφοροποιούνται και οι γνώσεις τους οι σχετικές με τα προβλήματα που πρόκειται να επιλύσουν. Οι εκπαιδευτικοί βρίσκουν εύκολα μέθοδο επίλυσης, ενώ είναι η μοναδική ομάδα λυτών που αντιμετωπίζει τα προβλήματα κάτω από το πρίσμα των πραγματικών καταστάσεων.

Όσον αφορά τη δεξιότητα αναγνώρισης και ανάκλησης ή αναζήτησης των απαραίτητων δεδομένων προκειμένου να λυθεί ένα πρόβλημα για κάποια δεδομένα η αναζήτηση γίνεται μόνο από τους εκπαιδευτικούς, κάποια άλλα τα αναζητούν οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές, ενώ στα υπόλοιπα δεν υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων.

Συνοψίζοντας για τη δεξιότητα εύρεσης στόχων θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί διαθέτουν την εξεταζόμενη δεξιότητα στον ίδιο βαθμό, αλλά διαφοροποιούνται σημαντικά όταν δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη μέθοδος επίλυσης του προβλήματος. Οι δύο ομάδες των φοιτητών δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους, αλλά διαφοροποιούνται αρνητικά σε έναν μεγάλο βαθμό από τις δύο άλλες ομάδες.

Αναφορικά με τον ευρετικό συλλογισμό ανιχνεύτηκαν σε όλες τις ομάδες συλλογισμοί που αναφέρονται στην εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών. Οι φοιτητές διαφοροποιούνται από τις άλλες δύο ομάδες αφού δεν εξετάζουν πληροφορίες που δίνονται στην εκφώνηση του προβλήματος. Οι συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών χρησιμοποιούνται και αυτοί από όλες τις ομάδες των λυτών. Τέτοιοι συλλογισμοί είναι ο συλλογισμός της διαθεσιμότητας, της αναγνώρισης, της απλής σύγκρισης, αλλά και οι συλλογισμοί με τη χρήση μαθηματικών τύπων και κανόνων παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ο συλλογισμός της απλής σύγκρισης δεν χρησιμοποιείται από τους εκπαιδευτικούς αλλά χρησιμοποιείται από τις υπόλοιπες ομάδες. Ο συλλογισμός της αναγνώρισης χρησιμοποιείται λιγότερα συχνά από μαθητές και εκπαιδευτικούς, ενώ ο συλλογισμός της συγχώνευσης δεδομένων χρησιμοποιείται μόνο από τους φοιτητές.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Διδακτική της Χημείας – Επίλυση προβλήματος

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Πρόδος, Δεξιότητες, Ευρετικός συλλογισμός, Διατύπωση της σκέψης, Στοιχειομετρία, Αρχάριοι-Έμπειροι λύτες

ABSTRACT

The general goal of this thesis is to study the progression of the skills and the heuristics applied in stoichiometry problem solving, regarding that both skills and heuristics are of major importance in everyday teaching practice and in the specification of the curriculum. Moreover, the study of the progression of these two characteristics of the solvers shows the intervening points with teaching strategies and promotes the development of more analytical ways of thinking.

During this particular research the retrospective think aloud protocol method was applied. Specifically, it was asked from four groups of five solvers, school students, first- year university students, graduate students and teachers, to solve stoichiometry problems based on different thinking skills.

The skills that were studied are the recalling of an algorithm, the skill of finding an appropriate solving method, the recognition and recalling or searching for additional data, and the skill of specifying the goals for the solution of the problem.

Protocol analysis showed that only students and teachers have the skill to recall an algorithm while students fall short of a small degree.

As far as the skill of finding the appropriate method for problem solving is concerned, it could be stated that school students tend to find an algorithm when they are asked to solve a problem for the first time. However, they fail to suggest a method other than the algorithmic one, when they are asked to. University students having little knowledge of the given problems, they usually seek for feedback in order to find the appropriate solving method. First- year students differentiate from graduate students only when their knowledge of a given problem differs. Teachers tend to find solving methods easily and they are the only group of solvers who face problems under the light of real circumstances.

With reference to the skill of recognizing and recalling or searching for data, there are cases where only teachers do search for further data. There are other cases where both teachers and school students search for data, but on the whole there are no great differences among the groups of solvers.

With regard to the skill of specifying goals, it could be stated that both school students and teachers have it at the same extent but they differentiate significantly when there is no method for the solution of the problem. The two groups of university students show no differences, but they show great disadvantage compared to the other groups of solvers.

As far as the heuristics are concerned, it could be supported that all groups followed the methods of examining fewer cues and integrating less information. University students differentiate from the other two groups, since they do not take into consideration the information that is given at the pronunciation of the problem. The heuristics that refer to effort- reduction, associated with retrieving and storing cue values, are applied by all the groups of solvers. Such heuristics are the heuristic of availability, the heuristic of recognition, the weighted pros heuristic, and the heuristic of using mathematic formulas and rules. The weighted pros heuristic is applied by all groups apart from teachers. Students and teachers use the heuristic of recognition less often, while the heuristic of data fusion is applied only by university students.

SUBJECT AREA: Chemistry teaching - Problem solving

KEYWORDS: Progression; Skills; Heuristic Reasoning; Thinking aloud; Stoichiometry; Novice and experts problem solvers

***Στους μαθητές μου που δίνουν νόημα στη δουλειά μου
και στους μικρούς Κωνσταντίνο και Δημοσθένη***

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	21
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	23
1.1 Το πρόβλημα και η επίλυση προβλήματος	23
1.2 Στοιχειομετρία	27
1.2.1 Η έννοια του mole	28
1.2.2 Ο νόμος της διατήρησης της ύλης	29
1.2.3 Μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων στοιχειομετρίας	30
1.3 Η έρευνα γύρω από την επίλυση προβλήματος στη Χημεία	33
1.3.1 Επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας	33
1.3.2 Επίλυση προβλημάτων ανοιχτού τύπου	40
1.3.3 Σύγκριση αρχάριων και προχωρημένων λυτών	41
1.4 Η ευρετική – αναλυτική θεωρία του συλλογισμού	44
1.4.1 Η έρευνα σχετικά με τον ευρετικό συλλογισμό στη Χημεία	50
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ – ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ...	54
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	56
3.1 Οι μέθοδοι πρωτοκόλλων διατύπωσης της σκέψης (Think Aloud Protocol Methods – TAP methods)	56
3.1.1 Οι μέθοδοι συλλογής των πρωτοκόλλων	57
3.1.2 Οι διαδικασίες συλλογής των πρωτοκόλλων	58
3.1.3 Η επιλογή των προβλημάτων	59

3.2 Η μέθοδος της παρούσας έρευνας	59
3.3 Οι συμμετέχοντες στην έρευνα	61
3.4 Τα εργαλεία της έρευνας	63
3.4.1 Πιλοτική συνέντευξη Π0	63
3.4.2 Πιλοτική συνέντευξη Π1	65
3.4.3 Πιλοτική συνέντευξη Π2	66
3.4.4 Συνεντεύξεις κυρίως έρευνας	67
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .	69
4.1 Πρώτο ερευνητικό ερώτημα	69
4.1.1 Ανάλυση των απαντήσεων του γνωστικού	70
4.1.2 Ανάλυση του πρώτου και του δεύτερου προβλήματος	79
4.1.3 Ανάλυση των προβλημάτων προσθήκης και καύσης	87
4.1.4 Ανάλυση του τέταρτου προβλήματος	100
4.2 Δεύτερο ερευνητικό ερώτημα	119
4.2.1 Ανάλυση του πρώτου και του δεύτερου προβλήματος	120
4.2.2. Ανάλυση του προβλήματος προσθήκης	125
4.2.3 Ανάλυση του προβλήματος καύσης	130
4.2.4 Ανάλυση του τέταρτου προβλήματος	134
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	145
5.1 Πρώτο ερευνητικό ερώτημα – Οι δεξιότητες κατά την επίλυση προβλήματος και η πρόοδος αυτών	145
5.1.1 Δεξιότητα ανάκλησης αλγορίθμου	145

5.1.2 Δεξιότητα εξεύρεσης μεθόδου	148
5.1.3 Δεξιότητα αναγνώρισης και αναζήτησης ή ανάκλησης δεδομένων	152
5.1.4 Δεξιότητα εύρεσης στόχων	158
5.2 Δεύτερο ερευνητικό ερώτημα – Ο ευρετικός συλλογισμός κατά την επίλυση προβλήματος και η πρόοδος αυτού	160
5.2.1 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στην εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών	160
5.2.2 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών	162
6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	168
7. ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ.....	172
8. ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	174
9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	175
10. ΑΝΑΦΟΡΕΣ	183

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Η αναθεωρημένη και επεκταμένη ευρετική- αναλυτική θεωρία	45
Σχήμα 2: Η πρόοδος της δεξιότητας ανάκλησης αλγορίθμου επίλυσης για το πρώτο και το τρίτο πρόβλημα	147
Σχήμα 3: Η πρόοδος της δεξιότητας εξεύρεσης μεθόδου επίλυσης για το πρώτο και το τρίτο πρόβλημα	150
Σχήμα 4: Η πρόοδος της δεξιότητας εύρεσης μεθόδου σύγκρισης του μεθανίου με το βουτάνιο βάσει της ομόλογης σειράς ή του γενικού μοριακού τύπου τους	151
Σχήμα 5: Η πρόοδος της δεξιότητας αναγνώρισης δεδομένων για τη λύση του προβλήματος της προσθήκης	153
Σχήμα 6: Η πρόοδος της δεξιότητας αναγνώρισης δεδομένων για τη λύση του προβλήματος της καύσης	153
Σχήμα 7: Αναζήτηση της παραγόμενης θερμότητας και των σχετικών ατομικών μαζών κατά τη σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα	156
Σχήμα 8: Η πρόοδος της δεξιότητας αναγνώρισης των δεδομένων για την επίλυση του προβλήματος επιλογής καυσίμου	156
Σχήμα 9: Στόχοι που καλύφθηκαν κατά τη σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου	158
Σχήμα 10: Ο ευρετικός συλλογισμός της εξέτασης και της ενσωμάτωσης λιγότερων πληροφοριών κατά τη λύση των προβλημάτων προσθήκης και καύσης	160

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Οξέα τα οποία συγκρίνονται ως προς τη σειρά ισχύος (έρευνα των McClary & Talanquer, 2010)	52
Εικόνα 2: Ουσίες οι οποίες συγκρίνονται ως προς την οξύτητα (έρευνα των McClary & Talanquer, 2010)	52
Εικόνα 3: Ουσίες οι οποίες συγκρίνονται ως προς την οξύτητα (έρευνα των McClary & Talanquer, 2010)	53

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Τύποι προβλημάτων (Johnstone)	24
Πίνακας 2: Οι απαντήσεις των λυτών στο γνωστικό μέρος των πρωτοκόλλων	71
Πίνακας 3: Δεξιότητες που εξετάζονται στην παρούσα έρευνα.....	78
Πίνακας 4: Μέθοδοι αλγοριθμικής επίλυσης του πρώτου προβλήματος από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς	82
Πίνακας 5: Μέθοδοι επίλυσης του πρώτου προβλήματος ως πρόβλημα τύπου 2	84
Πίνακας 6: Αναγνώριση των δεδομένων του προβλήματος προσθήκης	90
Πίνακας 7: Μέθοδοι επίλυσης του προβλήματος προσθήκης	92
Πίνακας 8: Αναγνώριση των δεδομένων του προβλήματος καύσης	97
Πίνακας 9: Μέθοδοι επίλυσης του προβλήματος τύπου καύσης	98
Πίνακας 10: Κριτήρια - στόχοι γενικής σύγκρισης του μεθανίου με το βουτάνιο	100
Πίνακας 11: Κριτήρια - στόχοι σύγκρισης του μεθανίου με το βουτάνιο ως καύσιμα	106
Πίνακας 12: Αναγνώριση των δεδομένων για το πρόβλημα επιλογής του καυσίμου	113
Πίνακας 13: Χρήση μαθηματικών τύπων ή αναλογιών κατά τη λύση του πρώτου και του δεύτερου προβλήματος	122
Πίνακας 14: Ερμηνείες εκφράσεων που μειώνουν τη δυσκολία η οποία συνδέεται με την ανάκτηση της αξίας των πληροφοριών (προβλήματα 1 ^ο & 2 ^ο)	124

Πίνακας 15: Ευρετικοί συλλογισμοί που οφείλονται στην εξέταση λιγότερων πληροφοριών (πρόβλημα προσθήκης)	126
Πίνακας 16: Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών (πρόβλημα προσθήκης)	129
Πίνακας 17: Ευρετικοί συλλογισμοί που προκαλούν την εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών (πρόβλημα καύσης)	131
Πίνακας 18: Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών (πρόβλημα καύσης)	134
Πίνακας 19: Η αναγνώριση των πληροφοριών από τους λύτες για την επιλογή του καυσίμου	138
Πίνακας 20: Οι ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών για την επιλογή καυσίμου	144
Πίνακας 21: Οι ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών	166
Πίνακας 12: Πίνακας ορολογίας με τις αντιστοιχίσεις των ελληνικών και ξενόγλωσσων όρων.....	172-173

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διαπανεπιστημιακού – Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες» (ΔιΧηNET) και συγκεκριμένα στην κατεύθυνση «Διδακτική της Χημείας» που λειτουργεί στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υπεύθυνους του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών ΔιΧηNET που μου έδωσαν την ευκαιρία να το παρακολουθήσω και τους καθηγητές που με δίδαξαν και μου άνοιξαν νέους ορίζοντες στη διδασκαλία της Χημείας.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Τζουγκράκη Χρύσα και την διδάκτορα Κατερίνα Σάλτα για τη συνεργασία τους, την καθοδήγησή τους και την πολύτιμη συμβολή τους στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, αλλά και όλους όσους συμμετείχαν στο ερευνητικό τμήμα αυτής από τους συναδέλφους εκπαιδευτικούς, μέχρι τους φοιτητές και τους μαθητές. Επίσης, ευχαριστώ την διδάκτορα Εσθήρ Σακκή για τη συνεχή αρωγή της, τη διδάκτορα Κατερίνα Πασχαλίδου για τη συνεργασία της καθώς και τους συμφοιτητές μου για την όμορφη διαδρομή κατά τη διάρκεια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και όσους στάθηκαν δίπλα μου κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 Το πρόβλημα και η επίλυση προβλήματος

Η σημασία του όρου «πρόβλημα» δόθηκε από τον Hayes, το 1980, ως εξής: *«Οποτεδήποτε υπάρχει ένα κενό ανάμεσα στο που είσαι τώρα και στο που θέλεις να είσαι, και δεν ξέρεις πώς να βρεις τρόπο να γεφυρώσεις το κενό, τότε έχεις ένα πρόβλημα.»* (1). Αργότερα, το 1984 ο Wheatley αναφέρθηκε στον ορισμό της «επίλυσης προβλήματος» σύμφωνα με τον οποίο η επίλυση ενός προβλήματος είναι *«Αυτό που κάνεις όταν δεν ξέρεις τι να κάνεις»* (1), ενώ ένας άλλος μεταγενέστερος ορισμός δόθηκε από τους Sternberg και Williams το 2002: *«Η διαδικασία μετάβασης από μία κατάσταση που απαιτεί λύση σε μία λύση υπερνικώντας τα εμπόδια που προκύπτουν.»* (2).

Στηριζόμενοι στους παραπάνω ορισμούς, θα πρέπει να γίνει σαφής η διάκριση ανάμεσα στην έννοια του προβλήματος και στην έννοια της άσκησης ρουτίνας. Η διαφοροποίηση αυτή δεν εξαρτάται από το περιεχόμενο των προτάσεων που συνιστούν το πρόβλημα ή την άσκηση, αλλά από τα χαρακτηριστικά του λύτη. Έτσι, μία ερώτηση μπορεί για κάποιον λύτη να αποτελεί πρόβλημα, όταν ο λύτης αυτός δεν γνωρίζει με ποιον τρόπο ή με ποια ακολουθία διαδικασιών θα πετύχει τη λύση του προβλήματος. Αντίθετα, ο λύτης που έχει έρθει σε επαφή με μια σειρά παρόμοιων ερωτημάτων και γνωρίζει τον τρόπο για να φτάσει στη λύση δεν έρχεται πλέον αντιμέτωπος με ένα πρόβλημα, αλλά με μία άσκηση ρουτίνας.

Όπως τα προβλήματα πολλών άλλων επιστημών, έτσι και τα προβλήματα της Χημείας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με πολλούς τρόπους. Ένας από τους τρόπους αυτούς περιλαμβάνει την κατάταξή τους σε προβλήματα ποσοτικά και ποιοτικά (2). Τα ποσοτικά προβλήματα είναι αυτά που απαιτούν μια ακριβή αριθμητική απάντηση και περιλαμβάνουν μαθηματικές εξισώσεις, σε αντίθεση με τα ποιοτικά προβλήματα τα οποία ζητούν τις περισσότερες φορές μια λογική εξήγηση.

Μία άλλη ταξινόμηση των προβλημάτων στη Χημεία είναι αυτά που είναι σαφώς καθορισμένα, δηλαδή έχουν μία μοναδική σωστή λύση και μία ορισμένη μέθοδο που οδηγεί στη λύση αυτή. Από την άλλη πλευρά τα ασαφώς καθορισμένα προβλήματα έχουν έναν αριθμό αποδεκτών λύσεων και δεν υπάρχει συγκεκριμένη μέθοδος λύσης τους (2). Τα προβλήματα αυτά, που αλλιώς ονομάζονται πραγματικά ή καινοτόμα ή δημιουργικά προβλήματα, δεν συναντώνται πολύ συχνά στην εκπαιδευτική διαδικασία, αφού τόσο τα ποσοτικά, όσο και τα ποιοτικά προβλήματα είναι συνήθως σαφώς καθορισμένα. Όμως, συνιστούνται όταν ο εκπαιδευτικός στοχεύει στη διέγερση του ενδιαφέροντος και της κριτικής σκέψης των μαθητών.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ταξινόμηση των προβλημάτων από τον Johnstone, που έλαβε υπόψη τρεις παράγοντες: αν παρέχονται τα δεδομένα, αν η χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι οικεία και αν οι ζητούμενοι στόχοι είναι σαφώς καθορισμένοι (3).

Πίνακας 1: Τύποι προβλημάτων (4)

Τύπος προβλήματος	Δεδομένα	Μέθοδοι	Αποτελέσματα /στόχοι	Δεξιότητες
1	Παρέχονται	Οικείες	Καθορίζονται	Ανάκληση ενός αλγορίθμου
2	Παρέχονται	Μη οικείες	Καθορίζονται	Αναζήτηση μεθόδων παρόμοιων με τις γνωστές.
3	Ατελή	Οικείες	Καθορίζονται	Ανάλυση του προβλήματος προκειμένου να αποφασιστούν τα επιπλέον δεδομένα που απαιτούνται.
4	Ατελή	Μη οικείες	Καθορίζονται	Αξιολόγηση πιθανών μεθόδων και λήψη απόφασης σχετικά με τα δεδομένα που απαιτούνται.
5	Παρέχονται	Οικείες	Ανοιχτά	Λήψη απόφασης σχετικά με τους κατάλληλους στόχους. Εξερεύνηση των δικτύων της γνώσης.
6	Παρέχονται	Μη οικείες	Ανοιχτά	Λήψη απόφασης σχετικά με τους στόχους και επιλογή μεθόδων. Εξερεύνηση των δικτύων γνώσης και της τεχνικής.
7	Ατελή	Οικείες	Ανοιχτά	Αποσαφήνιση των στόχων και εύρεση πρόσθετων δεδομένων προκειμένου αυτοί να επιτευχθούν.
8	Ατελή	Μη οικείες	Ανοιχτά	Πρόταση για στόχους, μεθόδους, επακόλουθη ανάγκη για επιπρόσθετα δεδομένα. Όλες οι παραπάνω δεξιότητες.

Με συνδυασμούς των τριών αυτών παραμέτρων, προκύπτουν οκτώ τύποι προβλήματος, όπως φαίνεται στον πίνακα 1, οι οποίοι απαιτούν από τους λύτες διαφορετικές δεξιότητες.

Για να υφίσταται ένα πρόβλημα, όπως αναφέρθηκε, θα πρέπει τουλάχιστον ή τα δεδομένα να είναι ατελή, να μην παρέχονται πλήρως, ή οι ζητούμενοι στόχοι να μην είναι καθορισμένοι, να είναι δηλαδή ανοιχτοί, ή η μέθοδος που συνδέει τα δεδομένα με τους στόχους να είναι μη οικεία. Όταν τα δεδομένα παρέχονται, οι στόχοι είναι καθορισμένοι (ανοιχτοί) και η μέθοδος οικεία τότε έχουμε μια αλγοριθμική άσκηση, στην οποία αντικαθιστούμε αριθμούς σε μια γνωστή εξίσωση. Αυτό μπορεί βέβαια να είναι ένα χρήσιμο εργαλείο, σε ορισμένες περιπτώσεις, αλλά σίγουρα δεν αποτελεί επίλυση προβλήματος. Έτσι, όπως αναφέρεται από τον Johnstone (4), τα **προβλήματα του τύπου 1** δεν είναι ουσιαστικά προβλήματα, αν και αποτελούν τον πιο κοινό τύπο των προβλημάτων που υπάρχουν στα σχολικά εγχειρίδια και που τίθενται στις εξετάσεις.

Τα **προβλήματα του τύπου 2**, αν και είναι μια γνήσια μορφή προβλημάτων, μετατρέπονται σε προβλήματα τύπου 1, όταν ο λύτης κάνει δύο ή τρία παραδείγματα, αφού, στην περίπτωση αυτή, η χρησιμοποιούμενη μέθοδος γίνεται πλέον οικεία.

Ο **τύπος προβλήματος 3** μας εισάγει στην έννοια του πραγματικού προβλήματος. Η αναγνώριση, η αναζήτηση και η εξεύρεση των απαραίτητων δεδομένων, για την επίλυση ενός προβλήματος τέτοιου τύπου, αποτελεί μια σημαντική δεξιότητα που πρέπει να διαθέτουν όλοι οι επιστήμονες.

Για παράδειγμα, ένα τέτοιο πρόβλημα είναι το εξής: «Πόσα άτομα χαλκού περιέχονται σε αυτό το χάλκινο νόμισμα;». Στην περίπτωση αυτή ο στόχος είναι καθορισμένος, αλλά πολλά από τα δεδομένα λείπουν. Έτσι, η επίλυση του προβλήματος εξαρτάται από την ικανότητα του λύτη να βρει ή να αναζητήσει τα δεδομένα που χρειάζεται προκειμένου να λύσει το πρόβλημα.

- «Ποια είναι η εκατοστιαία σύσταση του νομίσματος;»
- «Ποια είναι η μάζα του;»
- «Ποια είναι η σχετική ατομική μάζα του χαλκού;»
- «Ποιος είναι ο αριθμός Avogadro;»

Από τη στιγμή που ο λύτης συλλέξει τα δεδομένα, το υπόλοιπο πρόβλημα είναι εφαρμογή ενός απλού αριθμητικού προβλήματος.

Ο **τέταρτος τύπος προβλήματος** θα μπορούσε να είναι το παραπάνω ερώτημα σε κάποιον, ο οποίος προσπαθεί να βρει έναν άλλο τρόπο για να επιλύσει το πρόβλημα και σκέφτεται ως εξής: *«Αν γνώριζα τη μάζα του νομίσματος και αν υπέθετα ότι ήταν καθαρός χαλκός και αν μου δινόταν η σχετική μοριακή μάζα του χαλκού και ο αριθμός Avogadro, θα μπορούσα να δώσω την απάντηση, αλλά όχι με μεγάλη ακρίβεια. Αλλά αν δεν είχα ζυγό, παρά μόνο ένα χάρακα, θα μπορούσα να βρω περίπου τον όγκο του νομίσματος και αν γνώριζα και την πυκνότητα του χαλκού, θα μπορούσα να δώσω μια καλή λύση.»*

Τα **προβλήματα του τύπου 5** απαιτούν για την επίλυσή τους καλή γνώση της χημείας. Για παράδειγμα: «Να αναφέρεις όσα περισσότερα μπορείς για το σύμπλοκο $\text{Ni}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$.» Στην περίπτωση αυτή ο λύτης, για να καλύψει τις απαιτήσεις της ερώτησης, πρέπει να ανατρέξει σε πολλά τμήματα του δικτύου γνώσης που έχει δομήσει. Τέτοια τμήματα αποτελούν:

- Η εκατοστιαία σύσταση
- Η σχετική μοριακή μάζα
- Η ονοματολογία των στοιχείων, των υποκαταστατών και της ένωσης
- Η δομή και η ισομέρεια
- Το χρώμα
- Οι πιθανές αντιδράσεις κτλ

Ο **έκτος τύπος προβλήματος** θα μπορούσε να είναι το ίδιο πρόβλημα που δίνεται σε ένα λύτη, ο οποίος δεν έχει διδαχθεί για τα σύμπλοκα, αλλά διαθέτει τις στοιχειώδεις γνώσεις σχετικά με τους χημικούς τύπους.

Ένα **πρόβλημα τύπου 7** θα μπορούσε να είναι: «Πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν 10g NaHCO_3 , στα οποία διοχετεύεται περίσσεια HCl ;». Στην περίπτωση αυτή η αντίδραση είναι οικεία, αλλά ο στόχος δεν είναι καθορισμένος και επιπλέον απαιτούνται επιπρόσθετα δεδομένα. Κάποιος, αναζητώντας την παραγόμενη ενέργεια της αντίδρασης, μπορεί να βρει τη λύση από τους θερμοδυναμικούς πίνακες μέσω της ελεύθερης ενέργειας της αντίδρασης. Κάποιος άλλος μπορεί να επινοήσει μια απλή μηχανή, όπως μια σύριγγα με ένα σώμα πάνω στο έμβολό της, και να μετρήσει την απόσταση που διήνυσε το σώμα. Υπάρχουν, δηλαδή, πολλές απαντήσεις να δοθούν, αλλά καμία συγκεκριμένη.

Τα **προβλήματα του τύπου 8** αντιστοιχούν στα πραγματικά προβλήματα της καθημερινής ζωής, όπου δεν παρέχονται δεδομένα, οι διαδικασίες μπορεί να είναι μη οικείες και οι στόχοι δεν είναι καθορισμένοι από την αρχή. Με τέτοια καθημερινά προβλήματα έρχονται αντιμέτωποι και οι χημικοί στο εργαστήριο και στη βιομηχανία. Για παράδειγμα, η επιλογή ενός υλικού ανάμεσα σε άλλα, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για κάποιον συγκεκριμένο λόγο, απαιτεί την αποσαφήνιση των στόχων βάσει των οποίων θα γίνει η σύγκριση των υποψήφιων υλικών. Επίσης, απαιτεί από το χημικό να βρει μια μέθοδο που θα ακολουθήσει για να επιλέξει το υλικό και να αναζητήσει τα απαραίτητα δεδομένα που χρειάζονται (4).

1.2 Στοιχειομετρία

Το πεδίο της Χημείας που ασχολείται με τις ποσοτικές σχέσεις των χημικών στοιχείων που συνιστούν μία χημική ένωση, καθώς και των χημικών ουσιών που συμμετέχουν σε μία αντίδραση, ονομάζεται στοιχειομετρία. Αυτές οι ποσοτικές σχέσεις περιγράφονται με τους χημικούς τύπους και τις χημικές εξισώσεις και διακρίνονται σε δύο επίπεδα, το φαινομενολογικό επίπεδο (μακροσκοπικό επίπεδο) και το σωματιδιακό επίπεδο (μικροσκοπικό επίπεδο) (5).

Στο μακροσκοπικό επίπεδο, από το χημικό τύπο μπορεί να προκύψει η σχέση των μαζών των χημικών στοιχείων που συνιστούν τη χημική ένωση. Αντίστοιχα, από τις χημικές εξισώσεις μπορούν να προκύψουν οι αναλογίες των μαζών των αντιδρώντων και των προϊόντων που συμμετέχουν στη χημική αντίδραση που περιγράφεται από την αντίστοιχη εξίσωση. Από τις χημικές εξισώσεις μπορούν επιπλέον να προκύψουν αναλογίες όγκων μεταξύ των ουσιών, αναλογίες μάζας μιας ουσίας με όγκο μίας άλλης, καθώς και αναλογίες μαζών ή όγκων των ουσιών που συμμετέχουν στην αντίδραση με τις θερμοδυναμικές σταθερές.

Στο σωματιδιακό επίπεδο, από το χημικό τύπο εξάγουμε πληροφορίες σχετικές με την αναλογία των ατόμων των στοιχείων που αποτελούν την

ένωση. Με την ίδια λογική, από μία χημική εξίσωση μπορούν να προκύψουν οι αναλογίες των σωματιδίων στα αντιδρώντα ή προϊόντα.

1.2.1 Η έννοια του mole

Το mole παίζει κυρίαρχο ρόλο στη στοιχειομετρία καθώς αποτελεί το μέσο μετάβασης από το μακροσκοπικό στο σωματιδιακό επίπεδο. Σύμφωνα με τον ορισμό της IUPAC (6) «*Το mole είναι η ποσότητα της ουσίας ενός συστήματος που περιέχει τόσες στοιχειώδεις οντότητες, όσα είναι τα άτομα σε 0.012 χιλιόγραμμα του άνθρακα-12. Όταν χρησιμοποιείται το mole, οι στοιχειώδεις οντότητες πρέπει να διευκρινίζονται και μπορεί να είναι άτομα, μόρια, ιόντα, ηλεκτρόνια, άλλα σωματίδια ή καθορισμένες ομάδες τέτοιων σωματιδίων.*»

Όπως αναφέρει ο Schmidt (5), πάνω στον ορισμό αυτό υπάρχει μία ασυμφωνία, η οποία έγκειται στην ασάφεια της φράσης «ποσότητα της ουσίας». Η IUPAC ορίζει την ποσότητα της ουσίας ως «ο αριθμός των στοιχειωδών οντοτήτων διαιρεμένος με τη σταθερά του Avogadro.» Και εδώ όμως υπάρχει ασάφεια αφού οι έννοιες «ποσότητα της ουσίας» και «αριθμός των στοιχειωδών οντοτήτων» δεν είναι όμοιες, καθώς η ποσότητα της ουσίας έχει διαστάσεις, το mole είναι η βασική της μονάδα, ενώ ο αριθμός των στοιχειωδών οντοτήτων δεν έχει διαστάσεις. Οι Staver και Lumpe (5) υποστηρίζουν ότι «το mole κάθε ουσίας πάντα περιέχει τον ίδιο αριθμό οντοτήτων, και η ποσότητα της ουσίας είναι ανάλογη με τον αριθμό των οντοτήτων της ουσίας αυτής.». Ο Hammer (5) τονίζει ότι το mole ως βασική μονάδα θα έπρεπε εξ ορισμού να είναι ανεξάρτητο από οποιαδήποτε άλλη βασική μονάδα. Όμως, σύμφωνα με την IUPAC, εξαρτάται από τη μάζα.

Από τα παραπάνω γίνεται εμφανής η δυσκολία ορισμού του mole, ειδικά όταν απευθυνόμαστε σε μαθητές. Στη χώρα μας, ο ορισμός του mole δίνεται στην Α΄ τάξη του Γενικού Λυκείου, στο σχολικό βιβλίο (7) και στην παράγραφο 4.1 «Βασικές έννοιες για τους χημικούς υπολογισμούς: σχετική ατομική μάζα, σχετική μοριακή μάζα, mol, αριθμός Avogadro, γραμμομοριακός όγκος», ως εξής: «*Το mol είναι μονάδα ποσότητας ουσίας στο Διεθνές Σύστημα μονάδων (S.I.) και ορίζεται ως η ποσότητα της ύλης που*

περιέχει τόσες στοιχειώδεις οντότητες όσος είναι ο αριθμός των ατόμων που υπάρχουν σε 12 g του ^{12}C .» Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί η πιθανότητα δημιουργίας παρανοήσεων από τους μαθητές, καθώς η φράση «ποσότητα της ουσίας», που υπάρχει στον ορισμό της IUPAC, έχει αντικατασταθεί με τη φράση «ποσότητα της ύλης», η οποία εκτός από τις ουσίες περιλαμβάνει και τα μίγματα. Επίσης, η μονάδα ποσότητας της ουσίας στο S.I. είναι το mole και όχι το mol, το οποίο σύμφωνα με την IUPAC είναι το σύμβολο της μονάδας αυτής (6).

1.2.2 Ο νόμος της διατήρησης της ύλης

Όπως αναφέρεται (8), πρώτος ο Lavoisier εισήγαγε στη Χημεία τη Νευτώνεια έννοια της διατήρησης της μάζας λέγοντας: «*Μία ίση ποσότητα ύλης υπάρχει πριν και μετά από ένα πείραμα*». Σήμερα χρησιμοποιείται μια απλούστερη έκφραση του νόμου αυτού σύμφωνα με την οποία «η συνολική ποσότητα της μάζας μένει αναλλοίωτη κατά τη διάρκεια των χημικών αντιδράσεων. Ο νόμος αυτός αποτελεί και τη βάση για τη χημική στοιχειομετρία.

Στη χώρα μας και στις τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης διδάσκεται ο νόμος της διατήρησης της ύλης σε μακροσκοπικό και σωματιδιακό επίπεδο. Στο σχολικό βιβλίο της Γ΄ τάξης του Γυμνασίου (9), και στην παράγραφο 2.7 «Χημική αντίδραση», μέσα από ένα πείραμα που περιγράφεται (αντίδραση νιτρικού μολύβδου και ιωδιούχου καλίου), προκύπτει το συμπέρασμα ότι: «...Γενικά σε κάθε χημική αντίδραση: μάζα αντιδρώντων = μάζα προϊόντων...».

Η επόμενη αναφορά γίνεται στην Α΄ τάξη του Γενικού Λυκείου. Στο σχολικό βιβλίο της τάξης αυτής (7) και στην παράγραφο 3.5 «Χημικές αντιδράσεις» αναφέρεται «...Ωστόσο, η χημική εξίσωση 1 δεν είναι σωστά γραμμένη, καθώς ο αριθμός των ατόμων του κάθε στοιχείου θα πρέπει να είναι ίδιος στα αντιδρώντα και προϊόντα, αφού τα άτομα ούτε φθείρονται, ούτε δημιουργούνται κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης. Θα πρέπει, λοιπόν να γίνει ισοστάθμιση μάζας. Έτσι, βάζουμε κατάλληλους συντελεστές στα δύο μέλη της εξίσωσης, ώστε να ικανοποιηθεί η παραπάνω απαίτηση...». Παράλληλα, παρατίθενται σε ένα πλαίσιο, κάποια στοιχεία για τον Lavoisier

και ο νόμος διατήρησης της μάζας, σύμφωνα με τον οποίο «Σε κάθε χημική αντίδραση η μάζα των αντιδρώντων είναι ίση με τη μάζα των προϊόντων».

1.2.3 Μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων στοιχειομετρίας

Τα προβλήματα στοιχειομετρίας παρουσιάζουν ποικιλία, καθώς τα δεδομένα και οι ζητούμενοι στόχοι μπορεί να είναι η μάζα, ο όγκος αερίου, ο όγκος ενός διαλύματος, η συγκέντρωση, η ποσότητα της ουσίας, ο αριθμός των σωματιδίων.

Στα βιβλία Χημείας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Αμερική, Βρετανία και Γερμανία (5) περιγράφονται δύο μέθοδοι για την επίλυση προβλημάτων υπολογισμού μάζας-μάζας. Πρόκειται για τη μέθοδο mole και για την αναλογική μέθοδο. Προκειμένου να γίνουν κατανοητές, οι μέθοδοι αυτοί θα εφαρμοστούν στο εξής πρόβλημα:

«Ο χημικός τύπος του θειούχου χαλκού είναι CuS_2 . Ποια είναι η μάζα του θείου που βρίσκεται σε 6g θειούχου χαλκού;» (10).

Στην **μέθοδο mole**, η μάζα που δίνεται μετατρέπεται με τη βοήθεια της σχετικής μοριακής μάζας σε mole, ενώ στη συνέχεια με τη βοήθεια του μοριακού τύπου ή της χημικής εξίσωσης προκύπτουν τα mole της ουσίας της οποίας ζητείται η μάζα, που με τη σειρά της υπολογίζεται από τη σχετική ατομική ή μοριακή μάζα της ζητούμενης ουσίας. Η μέθοδος αυτή προτείνεται και από το βιβλίο χημείας της Α΄ τάξης του Γενικού Λυκείου της χώρας μας (7).

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Υπολογισμός της σχετικής μοριακής μάζας, M_r , της ένωσης:
$$M_r(CuS_2) = 64 + (2 \times 32) = 128 \text{ g/mol.}$$
2. Υπολογισμός του αριθμού των mol της ένωσης:
$$n(CuS_2) = 6\text{g} / (128 \text{ g/mol}) = (6/128) \text{ mol}$$
3. Καθορισμός του αριθμού των mol του στοιχείου του οποίου ζητείται η μάζα:
$$1 \text{ mol } CuS_2 \text{ περιέχει } 2 \text{ mol } S, \text{ Άρα } n(S) = (12/128) \text{ mol } S$$
4. Υπολογισμός της μάζας, m , του θείου
$$m(S) = n(S) \times A_r(S) = (12/128) \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol } S = 3\text{g}$$

Στην **αναλογική μέθοδο**, με τη βοήθεια του μοριακού τύπου ή της χημικής εξίσωσης υπολογίζεται η σχέση των μαζών και των σχετικών μοριακών μαζών και βάσει της σχέσης αυτής υπολογίζεται η ζητούμενη μάζα. Η μέθοδος αυτή ακολουθείται από τα παραδείγματα που παρατίθενται στο σχολικό βιβλίο της Χημείας Γενικής Παιδείας της Β΄ τάξης του Γενικού Λυκείου (11).

Στο εν λόγω παράδειγμα ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Υπολογισμός της σχετικής μοριακής μάζας της ένωσης:

$$Mr(\text{CuS}_2) = 64 + (2 \times 32) = 128 \text{ g/mol.}$$

2. Εύρεση μίας σχέσης μεταξύ των μαζών και των μοριακών μαζών (ένα mole CuS_2 αποτελείται από ένα mole Cu και δύο moles S):

$$m(\text{S}) / m(\text{CuS}_2) = 2Ar(\text{S}) / Mr(\text{CuS}_2)$$

3. Επίλυση της παραπάνω σχέσης ως προς $m(\text{S})$

$$m(\text{S}) = [2Ar(\text{S}) / Mr(\text{CuS}_2)] \times m(\text{CuS}_2)$$

4. Υπολογισμός της ζητούμενης μάζας

$$m(\text{S}) = [(2 \times 32 \text{ g/mol}) / (128 \text{ g/mol})] \times 6 \text{ g} = 3 \text{ g Cu}$$

Οι παραπάνω δύο μέθοδοι δεν ισχύουν μόνο για τους υπολογισμούς μάζας-μάζας αλλά μπορούν να εφαρμοστούν για το σύνολο των στοιχειομετρικών υπολογισμών.

Ο Schmidt (5) προτείνει και μία άλλη μέθοδο, τη **λογική μέθοδο**, για τους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς, η οποία εφαρμόζεται σε απλές διατομικές ενώσεις των οποίων ο χημικός τύπος και τα χημικά στοιχεία επιλέγονται με τέτοιο τρόπο, ώστε η αναλογία ατόμων, η αναλογία μαζών και η αναλογία σχετικών μοριακών μαζών, να οδηγούν σε μία απλή λύση. Κατά τη μέθοδο αυτή, η αναλογία των σχετικών μοριακών μαζών και των ατόμων των στοιχείων που συνιστούν την ένωση οδηγούν στην αναλογία μαζών των στοιχείων αυτών. Από αυτή την απλή αναλογία και με δεδομένη τη μάζα του ενός στοιχείου, μπορεί να προκύψει η μάζα του άλλου στοιχείου.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Υπολογίζεται η αναλογία σχετικής ατομικής μάζας του χαλκού και του θείου:

$$Ar(\text{Cu}) : Ar(\text{S}) = 64 : 32 = 2 : 1$$

2. Η αναλογία ατόμων του χαλκού προς το θείο είναι 1:2, άρα και η αναλογία των moles θα είναι $n(\text{Cu}) : n(\text{S})$ 1 : 2

3. Συνεπώς η αναλογία μαζών του χαλκού προς το θείο θα είναι
 $m(\text{Cu}) : m(\text{S}) 1 : 1$
4. Διαιρώντας τα 6g θειούχου χαλκού σε δύο ίσα μέρη, βρίσκουμε 3g θείου.

Στην Αμερική ωστόσο, η πιο δημοφιλής μέθοδος για τη λύση προβλημάτων στοιχειομετρίας είναι η **μέθοδος παράγοντα**, η οποία είναι άγνωστη στην Ευρώπη (5). Κατά τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται, καταρχήν, ο παράγοντας μετατροπής των μονάδων. Ο παράγοντας μετατροπής αντιπροσωπεύει ένα πηλίκο, ο αριθμητής του οποίου περιέχει τις ζητούμενες μονάδες, ενώ ο παρονομαστής περιέχει τις μονάδες που πρέπει να μετατραπούν.

Για παράδειγμα, προκειμένου να μετατρέψουμε τη μάζα 3g θείου σε ποσότητα ουσίας, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τον παράγοντα μετατροπής 1mol ατόμων S / 32g S και να βρούμε την ζητούμενη ποσότητα x των ατόμων θείου:

$$x \text{ mol ατόμων S} = (3\text{g S}) \times (1\text{mol ατόμων S} / 32\text{g S}) = (3/32) \text{ mol άτομα S.}$$

Εφαρμόζοντας τη μέθοδο αυτή για το προαναφερόμενο πρόβλημα, λαμβάνουν χώρα τα παρακάτω βήματα:

1. Χρησιμοποιούμε τον παράγοντα μετατροπής της μάζας του CuS_2 σε ποσότητα της ουσίας αυτής, 1 mol CuS_2 / 128 g CuS_2 .
2. Βρίσκουμε τον παράγοντα μετατροπής της ποσότητας της ουσίας του CuS_2 σε ποσότητα της ουσίας του S, 2 mol S / 1 mol CuS_2 .
3. Ο τελευταίος παράγοντας μετατροπής αφορά την μετατροπή της ποσότητας της ουσίας του S σε μάζα του S, 32 g S / 1 mol S.
4. Με τη χρήση των τριών παραπάνω παραγόντων μετατροπής υπολογίζεται η μάζα του θείου ως εξής:

$$m(\text{S}) = 6 \text{ g CuS}_2 \times (1 \text{ mol CuS}_2 / 128 \text{ g CuS}_2) \times (2 \text{ mol S} / 1 \text{ mol CuS}_2) \times (32 \text{ g S} / 1 \text{ mol S}) = 3 \text{ g.}$$

1.3 Η έρευνα γύρω από την επίλυση προβλήματος στη Χημεία

Οι χημικοί, ανεξάρτητα με τον τομέα εξειδίκευσής τους, έρχονται καθημερινά αντιμέτωποι με την επίλυση προβλημάτων, κάτι που συμβαίνει και στους μαθητές που διδάσκονται Χημεία. Για το λόγο αυτόν η έρευνα γύρω από την επίλυση προβλήματος έχει αποκτήσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, και εστιάζεται σε επιμέρους τομείς του αντικειμένου αυτού (1).

Έτσι, έχουν αναπτυχθεί και προταθεί διάφορα μοντέλα επίλυσης προβλήματος, ενώ άλλες έρευνες έχουν εμβαθύνει στη μελέτη των λυτών και του τρόπου της επίλυσης προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα, έχει γίνει σύγκριση αρχάριων – έμπειρων και επιτυχημένων – αποτυχημένων λυτών, ενώ έχει ερευνηθεί η κατανόηση των εννοιών που εμπλέκονται στα προβλήματα, η εννοιολογική έναντι της αλγοριθμικής και της παραδοσιακής μαθηματικής επίλυσης, η επίλυση χωρίς εννοιολογική κατανόηση, ο ρόλος των αναπαραστάσεων και των γνωστικών μεταβλητών κατά την επίλυση προβλήματος, οι παράγοντες που οδηγούν τους λύτες σε λανθασμένη απάντηση ή στη σωστή απάντηση μέσω λανθασμένου συλλογισμού. Επιπλέον, πολύ σημαντικό πεδίο της επίλυσης προβλήματος είναι και η διδασκαλία της. Για το λόγο αυτό, έχει μελετηθεί η επίδραση των ρητών οδηγιών και η χρήση αναλογιών και ευρετικών μεθόδων στην επίδοση των μαθητών, η οικοδόμηση δεξιοτήτων επίλυσης, ο ρόλος της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας στην επίλυση και οι τρόποι με τους οποίους οι μαθητές αποκρίνονται στα εννοιολογικά προβλήματα.

1.3.1 Επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας

Η στοιχειομετρία είναι μια πολύ βασική και θεμελιώδης έννοια στη Χημεία και αυτός είναι ο κύριος λόγος για το έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον, που υπάρχει τα τελευταία χρόνια, γύρω από τα στοιχειομετρικά προβλήματα. Επιπλέον, μελετώντας τη βιβλιογραφία είναι εμφανής η δυσκολία που υπάρχει στους μαθητές σχετικά με το αντικείμενο αυτό, κάτι που συχνά έχει ως αποτέλεσμα την αποθάρρυνσή τους. Για το λόγο αυτό, ένα μέρος της έρευνας έχει στραφεί στην ανάπτυξη προσεγγίσεων σχετικά με τη διδασκαλία, ώστε να ξεπεραστούν οι δυσκολίες στο πεδίο της στοιχειομετρίας. Παρακάτω, θα

γίνει αναφορά στις δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές στη στοιχειομετρία και στις στρατηγικές που ακολουθούν όταν λύνουν προβλήματα στοιχειομετρίας.

1.3.1.1 Δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών σχετικά με τη στοιχειομετρία

Η στοιχειομετρία αποτελεί για τους μαθητές ένα ιδιαίτερα δύσκολο αντικείμενο, ενώ οι παρανοήσεις που έχουν σχετικά με τη στοιχειομετρία έχει απασχολήσει κατά το παρελθόν αρκετές ερευνητικές ομάδες. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι οι μαθητές παρουσιάζουν τις εξής δυσκολίες και παρανοήσεις (12) :

α. Ταυτίζουν την αναλογία μαζών των ατόμων σε ένα μόριο με την αναλογία του αριθμού των ατόμων αυτών, και την αναλογία των μαζών με την αναλογία των μοριακών μαζών.

β. Υπολογίζουν τη μοριακή μάζα μιας δεδομένης ουσίας αθροίζοντας τις ατομικές μάζες και πολλαπλασιάζοντας ή διαιρώντας το άθροισμα αυτό με το συντελεστή της ουσίας στη χημική εξίσωση. Άλλοι μαθητές δεν καταλαβαίνουν τη σημασία των συντελεστών στις χημικές εξισώσεις.

γ. Συγχέουν τις έννοιες της διατήρησης των ατόμων και της μη διατήρησης των μορίων ή δεν λαμβάνουν καθόλου υπόψη τη διατήρηση των ατόμων ή της μάζας.

δ. Σε ένα δεδομένο πρόβλημα δεν μπορούν να καθορίσουν το αντιδραστήριο που αντιδρά πλήρως, όταν μια ουσία βρίσκεται σε περίσσεια.

ε. Συγχέουν ή δεν γνωρίζουν τους ορισμούς και τις σχέσεις ανάμεσα στις στοιχειομετρικές ποσότητες, γενικά.

στ. Πιστεύουν ότι το ένα mole είναι το ίδιο με ένα σωματίδιο.

1.3.1.2 Στρατηγικές κατά την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας

Όπως αναφέρουν οι Fach, de Boer και Parchmann (13), σε μια μεγάλης έκτασης έρευνα το 1994, ο Schmidt βρήκε ότι οι 4.181 Γερμανοί μαθητές, ηλικίας 16-19 ετών, που βρίσκονταν στο 11^ο – 13^ο έτος σπουδών τους, χρησιμοποίησαν τρεις διαφορετικές στρατηγικές προκειμένου να

απαντήσουν σε ερωτήσεις στοιχειομετρίας, οι οποίες μπορούσαν να λυθούν χωρίς αριθμητικούς υπολογισμούς. Οι στρατηγικές αυτές αφορούσαν:

α) Τον υπολογισμό των ποσοτήτων των ουσιών (μέθοδος mole)

β) Τη χρήση της αναλογίας των μοριακών μαζών, αποφεύγοντας τον υπολογισμό των ποσοτήτων των ουσιών (αναλογική μέθοδος)

γ) Έναν πιο λογικό συλλογισμό (λογική μέθοδος).

Η πλειονότητα των μαθητών χρησιμοποίησαν τη λογική μέθοδο και όχι τις δύο πρώτες αλγοριθμικές μεθόδους. Τα αποτελέσματα αυτά ερμηνεύτηκαν με βάση το γεγονός ότι τα προβλήματα που δόθηκαν απαιτούσαν εύκολους υπολογισμούς.

Αυτό επιβεβαιώθηκε από μία άλλη μεταγενέστερη έρευνα των Schmidt και Jigneus (10) σε ένα μικρό δείγμα τεσσάρων Σουηδών μαθητών, ηλικίας 17-18 ετών, που βρίσκονταν στο 12^ο έτος σπουδών τους. Βρέθηκε ότι σε προβλήματα εύκολα να υπολογιστούν οι μαθητές χρησιμοποίησαν τη λογική μέθοδο, αλλάζαν όμως τη στρατηγική τους, ακολουθώντας τις δύο άλλες μεθόδους, όταν έρχονταν αντιμέτωποι με δυσκολότερα προβλήματα.

Σύμφωνα με τους Fach, de Boer και Parchmann (13), τα αποτελέσματα των δύο παραπάνω ερευνών έρχονται σε αντιπαράθεση με μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ουγγαρία το 2005. Οι 750 μαθητές ηλικίας 13-17 ετών, που βρίσκονταν στο 7^ο – 11^ο έτος σπουδών τους, δεν χρησιμοποίησαν σχεδόν καθόλου τη λογική μέθοδο. Πιο συχνά χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του mole και σε ένα βαθμό η αναλογική μέθοδος. Οι Toth και Kiss, που διεξήγαγαν την έρευνα αυτή, απέδωσαν τα αποτελέσματα αυτά στο γεγονός ότι στα σχολεία της Ουγγαρίας, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, διδασκόταν κυρίως η μέθοδος του mole. Επίσης, οι Γερμανοί μαθητές, που συμμετείχαν στην έρευνα του Schmidt, διδάσκονταν πιο πολύ Χημεία (τρεις με πέντε φορές την εβδομάδα), σε σχέση με τους μαθητές στην Ουγγαρία, που διδάσκονταν Χημεία δύο φορές την εβδομάδα. Έτσι, προέκυψε το συμπέρασμα ότι οι μαθητές στη Γερμανία ήταν πιο έμπειροι στη λύση στοιχειομετρικών προβλημάτων και συνεπώς μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν πιο εύκολα τη λογική μέθοδο.

Σε μία ακόμα έρευνα των BouJaoude και Barakat Fach το 2003 (13), εξετάστηκε η σχέση των στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων στοιχειομετρίας από τους μαθητές με την εννοιολογική κατανόηση και τις προσεγγίσεις

εκμάθησης τους. Η όλη έρευνα διεξάχθηκε σε 40 Λιβανούς μαθητές, ηλικίας 16-20 ετών, που βρίσκονταν στο 11^ο έτος σπουδών τους. Από τις γραπτές απαντήσεις που ελήφθησαν και τις ημιδομημένες συνεντεύξεις προέκυψαν πολλές παρανοήσεις, ενώ τρεις ήταν οι κύριες στρατηγικές, που χρησιμοποιήθηκαν από τους μαθητές, προκειμένου να λύσουν τα προβλήματα.

α) Σωστές στρατηγικές, που υποδιαιρέθηκαν σε «αλγοριθμικές», «αποτελεσματικές» και «ακατάστατες» στρατηγικές

β) Λανθασμένες στρατηγικές, που υποδιαιρέθηκαν σε «λανθασμένες στρατηγικές-λανθασμένης απάντησης» και «λανθασμένες στρατηγικές-σωστής απάντησης» και

γ) Ατελείς στρατηγικές.

Η πλειονότητα των μαθητών, που συμμετείχαν στην έρευνα αυτή, χρησιμοποίησαν αλγοριθμική επίλυση προβλήματος, ακόμα και όταν η κατανόηση των, σχετικών με τα προβλήματα αυτά, εννοιών δεν ήταν επαρκής. Σε αντίθεση με τα βιβλιογραφικά δεδομένα, δεν βρέθηκε συσχέτιση ανάμεσα στους παράγοντες «προσέγγιση μάθησης» και «εννοιολογική κατανόηση». Ακόμα, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των στρατηγικών επίλυσης των προβλημάτων και των διαφορετικών προσεγγίσεων μάθησης.

Σύμφωνα με τους Fach, de Boer και Parchmann (13), οι Frazer και Servant το 1986 και 1987 μελέτησαν τη μέθοδο που ακολούθησαν 244 μαθητές κατά την επίλυση δύο προβλημάτων τιτλοδότησης. Χρησιμοποιήθηκαν τρεις από τις τέσσερις μεθόδους που υπήρχαν, και ήταν παρόμοιες με αυτές που ανέφερε ο Schmidt, αν κάποιος τις προσαρμόζε κατάλληλα, ώστε να ταιριάζουν σε αυτού του είδους τα προβλήματα.

Ένας από τους στόχους της έρευνας των Fach, de Boer και Parchmann (13), ήταν να παρατηρήσουν τη σκέψη και τον τρόπο με τον οποίο λύνουν τα προβλήματα τριάντα μαθητές πέντε διαφορετικών τάξεων από τέσσερα σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη Γερμανία, οι οποίοι βρίσκονταν στο 9^ο έτος των σπουδών τους. Όσοι έλυσαν τα προβλήματα ακολούθησαν αλγοριθμικές στρατηγικές. Η επίλυση των προβλημάτων περιελάμβανε τη γραφή της εξίσωσης, τον υπολογισμό των μοριακών μαζών, τον υπολογισμό των ποσοτήτων των ουσιών, τον καθορισμό της αναλογίας των ποσοτήτων των ουσιών και τέλος τον υπολογισμό της μάζας. Τα τρία

τελευταία βήματα γίνονταν είτε σε τρία ξεχωριστά βήματα, χρησιμοποιώντας την στοιχειομετρική εξίσωση, είτε σε ένα στάδιο μέσω του αναλογικού κανόνα. Η σειρά με την οποία γίνονταν τα παραπάνω βήματα διέφερε από μαθητή σε μαθητή. Το γεγονός ότι οι μαθητές αυτοί είχαν διδαχθεί τη μέθοδο που ακολούθησαν, δείχνει ότι μεθοδολογία που διδάχθηκαν είχε μεγάλο αντίκτυπο στον τρόπο με τον οποίο έλυσαν τα προβλήματα. Κάτι τέτοιο είναι σύμφωνο με τα αποτελέσματα των Toth και Kiss αλλά αντίθετα με τα αποτελέσματα του Schmidt. Αυτό μπορεί να οφείλεται, όπως και στην περίπτωση των μαθητών από την Ουγγαρία, στο ότι οι μαθητές αυτοί ήταν αρχάριοι σε σχέση με τους μαθητές της έρευνας του Schmidt.

Σε μια μελέτη των Gabel, Sherwood και Enochs (14) σχετική με τις γενικές δεξιότητες 266 μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης προέκυψε ότι οι μαθητές με υψηλό αναλογικό συλλογισμό χρησιμοποίησαν αλγοριθμικές στρατηγικές συλλογισμού και μάλιστα συχνότερα σε σχέση με τους μαθητές χαμηλού αναλογικού συλλογισμού. Επίσης, η πλειονότητα των μαθητών που έλυσε τα προβλήματα χρησιμοποίησε μόνο αλγοριθμικές μεθόδους και δεν κατανόησε τις χημικές έννοιες πάνω στις οποίες στηρίζονταν τα προβλήματα στοιχειομετρίας, νόμων των αερίων και συγκέντρωσης που έλυσαν.

Στο σημείο αυτό και προς κατανόηση των παρακάτω, είναι σημαντικό να αναφέρουμε τα δύο είδη στρατηγικής που ακολουθούνται από τους λύτες κατά την επίλυση μιας πληθώρας προβλημάτων (15). Η πρώτη είναι η εμπροσθοδρομική στρατηγική (*working forward strategy*). Ο λύτης που ακολουθεί τη στρατηγική αυτή αρχίζει με την τρέχουσα πληροφορία που βρίσκεται στην εκφώνηση του προβλήματος, και εργάζεται προς τα εμπρός, κάνοντας τις απαραίτητες ενέργειες ώστε να μετατρέψει την πληροφορία αυτή μέχρι να επιτύχει το στόχο του. Είναι μια αποτελεσματική στρατηγική που εξοικονομεί χρόνο, καθώς το πρόβλημα είναι οικείο και ο λύτης γνωρίζει τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσει, προκειμένου να οδηγηθεί στη λύση. Η δεύτερη στρατηγική ονομάζεται στρατηγική ανάλυσης μέσω του τέλους (*means-ends analysis strategy*), αποτελεί ένα είδος οπισθοδρομικού συλλογισμού και έχει συνδεθεί με την επίλυση προβλήματος από αρχάριους λύτες. Περιλαμβάνει (α) την αναγνώριση της πρότασης που περιέχει το στόχο, (β) την εξεύρεση της διαφοράς ανάμεσα στον στόχο και στην τρέχουσα πληροφορία, (γ) την εξεύρεση ενός τρόπου που θα μειώσει τη διαφορά αυτή

(όπως η χρήση ενός τύπου ή μιας εξίσωσης), (δ) την προσπάθεια εφαρμογής του τρόπου αυτού, και αν αυτός δεν οδηγεί στη λύση του προβλήματος τότε (ε) τη συνεχή επανάληψη των βημάτων (β) έως (δ) με μια σειρά υπο-στόχων μέχρι να βρεθεί ένας τρόπος λύσης.

Οι Taasoobshirazi και Glynn (2) μελέτησαν την επίδραση και τη συμβολή της εννοιολογικής κατανόησης και της αυτοαποτελεσματικότητας στη στρατηγική που ακολουθείται για την επιτυχή λύση προβλημάτων που αφορούσαν στοιχειομετρία, θερμοχημεία και ιδιότητες διαλυμάτων. Καταρχήν, προέκυψε ότι η στρατηγική που ακολούθησαν οι 101 προπτυχιακοί φοιτητές επηρέασε την επιτυχή επίλυση των προβλημάτων. Συγκεκριμένα, οι φοιτητές που χρησιμοποίησαν εμπροσθοδρομική στρατηγική απάντησαν στα προβλήματα σωστά, σε αντίθεση με αυτούς που ακολούθησαν την οπισθοδρομική στρατηγική. Επίσης, η εννοιολογική κατανόηση επηρέασε την ακολουθούμενη στρατηγική. Έτσι, οι φοιτητές των οποίων ο βαθμός της εννοιολογικής κατανόησης τους ήταν υψηλός χρησιμοποίησαν την εμπροσθοδρομική στρατηγική και έλυσαν τα προβλήματα σωστά. Όμοια, η αυτοαποτελεσματικότητα επηρέασε και αυτή το είδος της στρατηγικής. Οι φοιτητές, δηλαδή, με υψηλή αυτοαποτελεσματικότητα στη Χημεία ακολούθησαν, κατά την επίλυση των προβλημάτων, την εμπροσθοδρομική στρατηγική και τα έλυσαν επιτυχώς.

1.3.1.3 Ο νόμος διατήρησης της ύλης στην επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο νόμος διατήρησης της ύλης αποτελεί τη βάση για τη χημική στοιχειομετρία, αφού η ισοστάθμιση των χημικών εξισώσεων αναφέρεται στη διατήρηση του είδους και του αριθμού των σωματιδίων, πριν και μετά τη χημική αντίδραση.

Από μία βιβλιογραφική έρευνα (8) προκύπτει ότι η κατανόηση των μαθητών γύρω από το νόμο της διατήρησης της ύλης, παραπέμπει αρχικά σε μια έρευνα των Piaget και Inhelder, σύμφωνα με την οποία είναι δύσκολο και πολύπλοκο για τους μαθητές να καταλάβουν τη διατήρηση της ύλης. Ειδικότερα, οι περισσότεροι μαθητές δεν μπορούν να δώσουν μια κατάλληλη επιστημονική εξήγηση όταν καλούνται να εξηγήσουν διαφορετικά φαινόμενα

διατήρησης της ύλης. Πιο εύκολα εφαρμόζουν το νόμο της διατήρησης ποσοτικών ιδιοτήτων της ύλης, όπως η μάζα, το βάρος και ο όγκος, που προκύπτουν άμεσα από τις παρατηρήσεις. Υπάρχει, όμως, μια πιο σύνθετη πτυχή της διατήρησης, που υπερβαίνει τις παρατηρήσεις και προκύπτει μέσα από έννοιες. Οι περισσότερες έννοιες διατήρησης στις Φυσικές Επιστήμες ανήκουν σε αυτή την κατηγορία, της μη παρατηρήσιμης διατήρησης, όπως η διατήρηση της ενέργειας και της ορμής.

Οι έρευνες που ακολούθησαν έδειξαν ότι πολλοί μαθητές, όλων των ηλικιών, παρουσιάζουν πρόβλημα στην κατανόηση της διατήρησης της ύλης. Ειδικότερα, καταλαβαίνουν τη διατήρηση της ύλης πιο εύκολα όταν λαμβάνουν χώρα φυσικά παρά χημικά φαινόμενα. Η δυσκολία τους να κατανοήσουν τη διατήρηση της ύλης κατά τη διάρκεια των χημικών αντιδράσεων συνδέεται είτε με την τάση που έχουν να προσδίδουν στις χημικές μεταβολές τα χαρακτηριστικά των φυσικών μεταβολών είτε με την αποτυχία τους να καταλάβουν το ρόλο των μη ορατών αντιδρώντων ή προϊόντων στις χημικές αντιδράσεις. Επιπλέον, η έλλειψη κατανόησης για τη διατήρηση της μάζας συνδέθηκε με παρανοήσεις των μαθητών, όπως «ένα στερεό είναι βαρύτερο από ένα υγρό» και «όταν γίνεται καύση σε ένα κλειστό σύστημα, η συνολική μάζα μειώνεται»

Από άλλη έρευνα, του Gomez (8) έχει προκύψει ότι η κατανόηση των μαθητών σχετικά με τη διατήρηση της ύλης αυξάνει με την ηλικία και την ενασχόληση τους με τη Χημεία. Στην ίδια έρευνα αναφέρεται ότι ακόμα και οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί, που ισοσταθμούν επιτυχώς τις χημικές εξισώσεις χρησιμοποιώντας αλγορίθμους, δυσκολεύονται να εφαρμόσουν το νόμο της διατήρησης σε εννοιολογικά προβλήματα, όπως και οι μαθητές στο 11^ο έτος σπουδών τους.

Οι Salta και Tzougraki (8), σε μια έρευνα σχετικά με την αλγοριθμική και εννοιολογική επίλυση προβλήματος η οποία επικεντρωνόταν στη διατήρηση της ύλης, μελέτησαν και την επίδραση της εννοιολογικής κατανόησης της διατήρησης της μάζας στην επίλυση σχετικών προβλημάτων. Η έρευνα αυτή διεξήχθη σε μαθητές που βρίσκονταν στο 9^ο και 11^ο έτος σπουδών τους. Από τους μαθητές που έδωσαν εξήγηση σχετικά με την επίλυση των προβλημάτων, αυτοί που βρίσκονταν στο 9^ο έτος σπουδών απέδωσαν τη λύση στο νόμο της διατήρησης της ύλης σε ποσοστό, όμως,

σχεδόν ίδιο με άλλες κατηγορίες εξηγήσεων. Οι μαθητές, όμως, που βρίσκονταν στο 11^ο έτος σπουδών τους απέδωσαν τη λύση του προβλήματος σε άλλες κατηγορίες εξηγήσεων και σε πολύ μικρό ποσοστό στο νόμο διατήρησης της ύλης.

1.3.2 Επίλυση προβλημάτων ανοιχτού τύπου

Ο Wood (16), προκειμένου να ενισχύσει την ευστροφία και την προσωπική συμβολή των μαθητών στην επίλυση προβλήματος, ανέπτυξε αληθινά επιστημονικά προβλήματα, ανοιχτού τύπου, προκειμένου να αντιπαρατεθεί στην κοινή πρακτική των σχολείων να δίνουν στους μαθητές προβλήματα με μία μοναδική λύση. Στόχος του ήταν η ενθάρρυνση και η ανάπτυξη διαδικαστικών δεξιοτήτων και, συγκεκριμένα, η δημιουργική επίλυση προβλήματος, η στάθμιση των κριτηρίων, η επιλογή μεθόδου, η αναζήτηση και συλλογή δεδομένων, η συνειδητοποίηση των λαθών και η συζήτηση και παρουσίαση της λύσης του προβλήματος. Στην εφαρμογή του, αυτό το πρόγραμμα έδειξε ότι οι μαθητές εμπλέκονταν ευχάριστα στην όλη διαδικασία υποστηρίζοντας και υπερασπίζοντας τις θέσεις τους τόσο στους συμμαθητές τους, όσο και στους ερευνητές, που ήταν άγνωστοι γι' αυτούς.

Σχετική με τα ανοιχτού τύπου προβλήματα είναι και η έρευνα που διεξήγαγαν οι Overton και Potter (3). Αυτή έδειξε ότι ο γνωστικός τύπος των δευτεροετών και τριτοετών φοιτητών καθορίζεται και συσχετίζεται με τη λύση ανοιχτών προβλημάτων που απαιτούν υψηλές γνωστικές δεξιότητες. Ο γνωστικός τύπος αξιολογήθηκε με τη χρήση τριών δοκιμασιών, που μετρούσαν τη χωρητικότητα της μνήμης, τη χωρητικότητα-M, δηλαδή τη δύναμη του νοητικού μηχανισμού συγκέντρωσης, και την ικανότητα επιλογής των σχετικών με το πρόβλημα πληροφοριών από ένα πλήθος πληροφοριών. Βρέθηκε ότι οι φοιτητές που είχαν την προαναφερθείσα ικανότητα επιλογής των πληροφοριών είχαν υψηλά ποσοστά στην επίλυση ανοιχτών προβλημάτων. Επίσης, η ικανότητα για επίλυση αυτών των προβλημάτων ήταν χαμηλή για τους φοιτητές που είχαν ένα κατώτατο όριο χωρητικότητας-M. Οι φοιτητές, όμως, που ξεπερνούσαν το όριο αυτό, έλυναν τα προβλήματα με επιτυχία.

1.3.3 Σύγκριση αρχάριων και προχωρημένων λυτών

Ένας περιορισμένος αριθμός ερευνών έχει ως αντικείμενο την αντιπαραβολή της συμπεριφοράς έμπειρων και αρχάριων λυτών κατά την επίλυση προβλημάτων Χημείας. Η διαφοροποίηση των λυτών σε αρχάριους και έμπειρους γίνεται είτε βάσει του χρόνου επαφής τους με το θεωρητικό υπόβαθρο των προβλημάτων που πρόκειται να λύσουν είτε βάσει της επίδοσής τους.

Πριν, όμως, εκθέσουμε τις έρευνες αυτές, θα πρέπει να αναφέρουμε τις δύο βασικές διαφορές που έχουν προκύψει από τη σύγκριση των αρχάριων και των έμπειρων λυτών σε προβλήματα κυρίως Φυσικής. Οι βασικές διαφορές είναι: α) τα περιεκτικά και πλήρη σχήματα των έμπειρων λυτών, σε αντίθεση με τα περιγραμμικά των αρχάριων λυτών και β) το πρόσθετο βήμα της ποιοτικής ανάλυσης που κάνουν οι έμπειροι λύτες πριν περάσουν στους λεπτομερείς και ποσοτικούς τρόπους λύσης. (17).

Γενικά, οι λύτες προβλημάτων μπορούν να χρησιμοποιούν την εμπροσθοδρομική στρατηγική ή τη στρατηγική ανάλυσης μέσω του τέλους, ανάλογα με την εμπειρία που αποκτούν απέναντι στη λύση συγκεκριμένων προβλημάτων. Έτσι, καθώς αυξάνεται η εμπειρία γύρω από την επίλυση ενός συγκεκριμένου τύπου προβλήματος, οι λύτες αλλάζουν τη στρατηγική ανάλυσης μέσω του τέλους ακολουθώντας την εμπροσθοδρομική στρατηγική. Οι έμπειροι λύτες φαίνεται να ακολουθούν αποκλειστικά την εμπροσθοδρομική στρατηγική, η οποία συνδέεται με προηγούμενη εμπειρία πάνω στην λύση προβλημάτων του ίδιου τύπου. Επίσης, έχει βρεθεί ότι οι αρχάριοι λύτες, ενώ ακολουθούν επιτυχώς την στρατηγική ανάλυσης μέσω του τέλους για προβλήματα που θεωρούν εύκολα, τα προβλήματα που τα αντιλαμβάνονται ως δύσκολα προσπαθούν να τα λύσουν με την εμπροσθοδρομική στρατηγική, όταν αποτυγχάνουν να βρουν τη λύση ακολουθώντας τη στρατηγική ανάλυσης μέσω του τέλους. (15)

Σε μία από τις έρευνες στο πεδίο της επίλυσης προβλημάτων Χημείας (18), έγινε αξιολόγηση της επίδοσης έμπειρων και αρχάριων μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κατά την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας που αφορούσαν την ισοστάθμιση χημικών εξισώσεων. Στην έρευνα αυτή, στην οποία έξι έμπειροι μαθητές προέρχονταν από μία τάξη υψηλού

επιπέδου, ενώ έξι αρχάριοι από μία τάξη κανονικού επιπέδου, βρέθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών ομάδων κατά την ισοστάθμιση εξισώσεων υψηλού βαθμού δυσκολίας.

Στην ίδια έρευνα αναφέρεται ότι, σύμφωνα με τον Heyworth το 1989, κατά την επίλυση βασικών προβλημάτων Χημείας, οι έμπειροι λύτες αναγνωρίζουν πιο γρήγορα το πρόβλημα και εργάζονται εμπροσθοδρομικά, σε αντίθεση με τους αρχάριους λύτες που χρησιμοποιούν στρατηγικές μέσω του τέλους.

Όπως αναφέρει ο Kumar (18), πριν από τον Heyworth, οι Niaz και Lawson το 1985 βρήκαν ότι οι μαθητές με διαφορετικό αναπτυξιακό επίπεδο απέδωσαν διαφορετικά σε προβλήματα ισοστάθμισης εξισώσεων, ενώ ο Gabel το 1989 διαπίστωσε, σε μία ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, κάποια σύνδεση μεταξύ της ικανότητας των μαθητών να λύνουν προβλήματα Χημείας και του αναπτυξιακού τους επιπέδου.

Σε άλλη έρευνα, προκειμένου να περιγραφεί η συμπεριφορά έμπειρων και αρχάριων λυτών κατά την επίλυση προβλημάτων χημικής ισορροπίας, χρησιμοποιήθηκαν 13 αρχάριοι (5 μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, 5 προπτυχιακοί φοιτητές Χημείας και 3 προπτυχιακοί φοιτητές Βιολογίας) και 10 έμπειροι λύτες (6 υποψήφιοι διδάκτορες και 4 πανεπιστημιακοί). Η φύση των προβλημάτων ήταν τέτοια ώστε να απαιτούν κάτι παραπάνω από μία ανάκληση ή μια αλγοριθμική λύση από τους έμπειρους και, επιπλέον, να δίνουν μια λογική ευκαιρία στους αρχάριους να τα λύσουν. Από την έρευνα αυτή προέκυψε ότι από τους 13 αρχάριους λύτες, 11 χαρακτηρίστηκαν ως αποτυχημένοι λύτες και 2 ως μερικώς επιτυχημένοι. Από τους 10 έμπειρους λύτες, οι 3 είχαν πολύ μεγάλο ποσοστό επιτυχίας, 3 είχαν μεγάλο ποσοστό επιτυχίας, 3 χαρακτηρίστηκαν μερικώς επιτυχημένοι και ένας απέτυχε στη λύση των προβλημάτων (19).

Σε μια άλλη προσέγγιση (15) χρησιμοποιήθηκαν έξι έμπειροι και έξι αρχάριοι λύτες, στο 12^ο έτος σπουδών τους, οι οποίοι προήλθαν από την αξιολόγηση μιας γραπτής δοκιμασίας που περιείχε προβλήματα που αφορούσαν την ογκομετρική ανάλυση. Οι μαθητές που δεν έκαναν διαδικαστικά λάθη και είχαν καλή εννοιολογική κατανόηση κατηγοριοποιήθηκαν ως έμπειροι, ενώ οι μαθητές που χρησιμοποίησαν λανθασμένες διαδικασίες και είχαν χαμηλή εννοιολογική κατανόηση χαρακτηρίστηκαν ως αρχάριοι. Στην έρευνα αυτή μελετήθηκε η επίλυση

βασικών προβλημάτων ογκομετρικής ανάλυσης, τα οποία περιελάμβαναν τον υπολογισμό του αριθμού των mole μιας διαλυμένης ουσίας, τη συγκέντρωση ενός διαλύματος, την αλλαγή στην συγκέντρωση όταν ένα διάλυμα αραιώνεται και τη συγκέντρωση ενός οξέος ή μίας βάσης σε μια τιτλοδότηση.

Οι έμπειροι λύτες έλυσαν τα προβλήματα γρήγορα, χρησιμοποιώντας την εμπροσθοδρομική στρατηγική. Για αυτούς η λύση των προβλημάτων αυτών ήταν μια γνωστή διαδικασία με αποτέλεσμα να μην αποτελούν προβλήματα αλλά ασκήσεις ρουτίνας. Αντίθετα, οι αρχάριοι μαθητές δεν έβλεπαν τα προβλήματα σαν κάτι οικείο και δεν γνώριζαν τρόπους που θα τους οδηγούσαν στη λύση των προβλημάτων αυτών. Έτσι, η όλη διαδικασία ήταν αργή, χρησιμοποιούσαν μια πληθώρα τύπων, κάποιοι από τους οποίους ήταν λανθασμένοι, ενώ τα πρωτόκολλα έκφρασης της σκέψης τους χαρακτηρίζονταν από συχνές παύσεις και λιγότερα σχόλια. Επιπλέον, χρησιμοποιούσαν κυρίως στρατηγικές ανάλυσης μέσω του τέλους, ενώ όταν αποτύγχαναν προσπαθούσαν να ακολουθήσουν μια εμπροσθοδρομική στρατηγική.

Οι Chandrasegaran *et al.* (20) ερεύνησαν πώς κατανοούσαν πέντε μαθητές, που βρίσκονταν στο 11^ο έτος σπουδών τους, τα προβλήματα που αφορούσαν περίσσεια αντιδραστήριου. Δύο από τους μαθητές αυτούς είχαν πολύ καλή επίδοση κατά την αξιολόγηση που τους έγινε πριν την έρευνα, ενώ οι υπόλοιποι τρεις είχαν επίδοση που άγγιζε το μέσο όρο της τάξης. Στους μαθητές δόθηκαν τέσσερα προβλήματα με αντιδράσεις στοιχειομετρίας. Οι υψηλής επίδοσης μαθητές χρησιμοποίησαν τύπους απομνημόνευσης προκειμένου να αποφασίσουν ποιο αντιδραστήριο αντιδρά πλήρως, συγκρίνοντας την αναλογία mole των αντιδραστηρίων με τη στοιχειομετρική αναλογία mole. Οι άλλοι τρεις μαθητές κατέληξαν στο αντιδραστήριο που αντιδρά πλήρως, χρησιμοποιώντας τη στοιχειομετρία της ισοσταθμισμένης χημικής εξίσωσης.

1.4 Η ευρετική – αναλυτική θεωρία του συλλογισμού

Η μελέτη του συλλογισμού των μαθητών κατά την επίλυση προβλήματος είναι κεφαλαιώδους σημασίας, αφού συμβάλλει στην κατάρτιση των αναλυτικών προγραμμάτων και στην ανάπτυξη στρατηγικών διδασκαλίας, οι οποίες θα καλλιεργήσουν και θα αναπτύξουν τις δεξιότητες των μαθητών γύρω από αυτό το πεδίο.

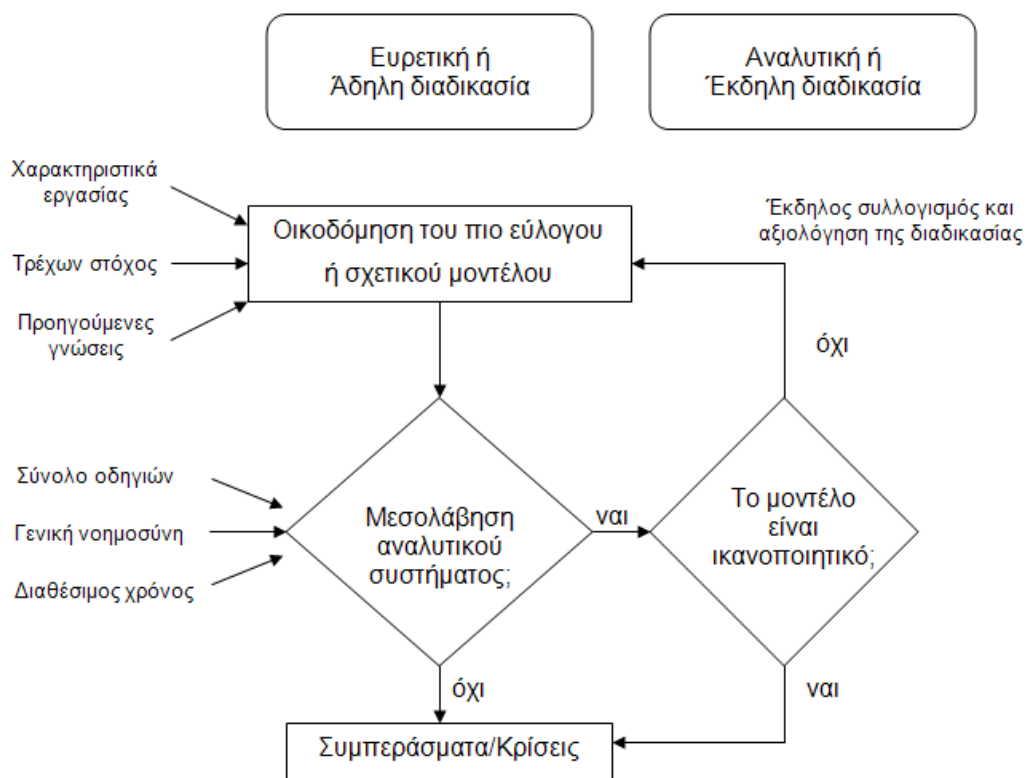
Τα τελευταία χρόνια, στο πεδίο της ψυχολογίας της σκέψης και του συλλογισμού, έχουν εισαχθεί οι δυαδικές θεωρίες της γνώσης (21), καθώς έχει προταθεί ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά αντανακλά τη λειτουργία δύο διακριτών συστημάτων σκέψης, τα οποία αλληλεπιδρούν με έναν πολύπλοκο τρόπο και συχνά φαίνεται να ανταγωνίζονται στον έλεγχο της συμπεριφοράς. Το πρώτο από τα συστήματα αυτά περιλαμβάνει διαδικασίες που είναι ασυνείδητες, άδηλες (implicit), αυτόματες, γρήγορες, αβίαστες, ενώ οι διαδικασίες του δεύτερου συστήματος είναι ενσυνείδητες, εμφανείς (explicit), ελεγχόμενες, αργές και κοπιώδεις (22). Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στα συστήματα του δεύτερου τύπου απαιτούν, σε αντίθεση με τα συστήματα του πρώτου τύπου, πρόσβαση σε μία περιορισμένη χωρητικότητα κεντρική λειτουργική μνήμη. Αυτό υποδεικνύει, ότι οι διεργασίες αυτές εξαρτώνται από τις ατομικές διαφοροποιήσεις στη γνωστική χωρητικότητα και, συνεπώς, μπορούν να διαταραχθούν από το φορτίο της λειτουργικής μνήμης. Αντίθετα, οι διεργασίες του πρώτου τύπου είναι ανεξάρτητες από τη γενικότερη νοημοσύνη και τη χωρητικότητα της λειτουργικής μνήμης. Οι σύγχρονοι ερευνητές, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις ερευνητικών δεδομένων που αφορούν θέματα συλλογισμού, προτιμούν να αναφέρονται στη διάκριση μεταξύ του ευρετικού και του αναλυτικού συλλογισμού, και όχι ευρύτερα σε θεωρίες δυαδικών συστημάτων (21).

Έτσι, ο ευρετικός συλλογισμός, που ανήκει στην κατηγορία του πρώτου τύπου συστήματος, αναφέρεται στις διαδικασίες συντομότερου συλλογισμού που μειώνουν το φορτίο επεξεργασίας της πληροφορίας, προκειμένου να παρέχουν επεξηγήσεις, να εξάγουν συμπεράσματα, να οδηγήσουν στη λήψη αποφάσεων και σε προβλέψεις, περιορίζοντας το χρόνο και την απαιτούμενη γνώση (22). Θα πρέπει εδώ να τονιστεί, ότι η λέξη «ευρετικός» δεν αντανακλά την «περίεργη συμπεριφορά» ή την «υποβέλτιστη

επιλογή», αλλά τη μείωση της προσπάθειας που συνδέεται με την επίτευξη ενός στόχου (23).

Από την άλλη πλευρά, το αναλυτικό σύστημα συλλογισμού, που ανήκει στην κατηγορία του δεύτερου τύπου συστήματος, παρουσιάζεται να είναι χρονοβόρο και σειριακό στη φύση, να είναι ελεγχόμενο παρά αυτόματο και να αποκρίνεται σε λεκτικές οδηγίες (21). Επίσης, είναι ένα ικανό σύστημα για συλλογισμούς σε ένα ευρύτερο πεδίο, ενώ αναμφισβήτητα συνδέεται με μια γενικότερη γνωστική ικανότητα. Το αναλυτικό σύστημα συλλογισμού συσχετίζεται άμεσα με ατομικές διαφοροποιήσεις στη χωρητικότητα της λειτουργικής μνήμης, στην ικανότητα συλλογισμού και στη γενικότερη νοημοσύνη. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι όροι ευρετικός / αναλυτικός συλλογισμός ή διαδικασία είναι ταυτόσημοι με τους όρους άδηλος (implicit) / έκδηλος (explicit) συλλογισμός ή διαδικασία.

Ο Evans (21) αναθεώρησε και επέκτεινε την ευρετική – αναλυτική θεωρία, η οποία περιγράφεται συνοπτικά στο παρακάτω σχήμα 1, σε μια προσπάθεια να γίνει κατανοητό πως λειτουργεί το αναλυτικό (ή έκδηλο) σύστημα και πώς αυτό αλληλεπιδρά με το ευρετικό (ή άδηλο) σύστημα.



Σχήμα 1: Η αναθεωρημένη και επεκταμένη ευρετική- αναλυτική θεωρία (21)

Σύμφωνα με τον Evans, οι άνθρωποι οικοδομούν μόνο ένα μοντέλο κάθε φορά με το οποίο αναπαριστούν μία κατάσταση (αρχή της μοναδικότητας). Το μοντέλο αυτό είναι το πιο σχετικό, εύλογο και προφανές με το περιεχόμενο της τρέχουσας κατάστασης (αρχή της συνάφειας) και δημιουργείται μέσα από ευρετικές διαδικασίες, οι οποίες συνδέουν την πρότερη γνώση με τις πληροφορίες που δίνονται και τους επιδιωκόμενους στόχους. Στη συνέχεια, οι ευρετικές διαδικασίες μπορούν να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα ή μία κρίση, χωρίς μεσολάβηση ή με μεσολάβηση των αναλυτικών διαδικασιών. Οι ευρετικές, όμως, διαδικασίες συχνά δημιουργούν εσφαλμένα νοητικά μοντέλα, που οδηγούν σε λανθασμένες απαντήσεις, συμπεράσματα ή αποφάσεις. Με τη μεσολάβηση των αναλυτικών διεργασιών τα μοντέλα αυτά μπορούν να αναθεωρηθούν ή να αντικατασταθούν, αναιρώντας έτσι οποιαδήποτε εσφαλμένη απάντηση. Οι παράγοντες που επηρεάζουν μία τέτοια πιθανότητα μεσολάβησης είναι η γνωστική ικανότητα (ή χωρητικότητα της λειτουργικής μνήμης), η χρήση οδηγιών που απαιτούν αφηρημένο ή λογικό συλλογισμό και η διαθεσιμότητα του χρόνου που απαιτείται προκειμένου να πραγματοποιηθεί ένας τέτοιος συλλογισμός. Παρόλα αυτά, το αναλυτικό σύστημα είναι και αυτό, όπως και το ευρετικό, επιρρεπές σε προκαταλήψεις. Για το λόγο αυτό, τα μοντέλα που προκύπτουν από τις αναλυτικές διαδικασίες αξιολογούνται με αναφορά στους τρέχοντες στόχους και μόνο τότε γίνονται αποδεκτά τα συμπεράσματά τους (αρχή της ικανοποίησης). Αν το μοντέλο που προκύπτει από τον αναλυτικό συλλογισμό δεν θεωρηθεί ικανοποιητικό, τότε λαμβάνει χώρα πάλι ο αναλυτικός συλλογισμός και γίνεται αξιολόγηση της διαδικασίας, προκειμένου να προκύψει ένα άλλο μοντέλο που θα ικανοποιεί τους στόχους.

Οι Shah και Orpenheimer (23), προκειμένου να καθορίσουν τη φύση των ευρετικών συλλογισμών, πρότειναν ένα πλαίσιο που εστιάζει στους τρόπους με τους οποίους οι συλλογισμοί αυτοί διευκολύνουν την προσπάθεια που συνδέεται με την επίτευξη των στόχων. Η διευκόλυνση αυτή αναφέρεται στη παραβίαση κάποιων βέλτιστων κανόνων που στηρίζουν την εξαγωγή συμπεράσματος ή κρίσης και τη λήψη απόφασης. Οι Shah και Orpenheimer πρότειναν έναν τέτοιο κανόνα, η τήρηση του οποίου απαιτεί την καταβολή προσπάθειας για την επίτευξη των εξής πέντε εργασιών:

1. Αναγνώριση όλων των πληροφοριών.
2. Ανάκληση και συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών. Η αξία των πληροφοριών πρέπει ή να ανακληθεί από τη μνήμη ή να προκύψει από επεξεργασία κάποιας εξωτερικής πηγής.
3. Αξιολόγηση της βαρύτητας κάθε πληροφορίας. Πρέπει να καθοριστεί πόσο σημαντική είναι κάθε πληροφορία.
4. Ενσωμάτωση των πληροφοριών για όλες τις εναλλακτικές λύσεις. Οι σταθμισμένες αξίες των πληροφοριών πρέπει να αθροιστούν, ώστε να προκύψει μια συνολική αξία για την εναλλακτική λύση. Αυτό είναι και το τελευταίο στάδιο στην περίπτωση της εξαγωγής ενός συμπεράσματος ή μίας κρίσεως.
5. Σύγκριση όλων των εναλλακτικών λύσεων, για την περίπτωση της λήψης απόφασης, και επιλογή της εναλλακτικής λύσης με τη μεγαλύτερη αξία.

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι περιορισμένες γνωστικές ικανότητες που έχει κάποιος, ο οποίος καλείται να λάβει μια απόφαση, να κρίνει ή να εξάγει ένα συμπέρασμα, μπορεί να μειωθεί η προσπάθεια που συνδέεται με τις παραπάνω εργασίες, επιλεκτικά ή συνολικά. Έτσι, προτείνεται ότι όλοι οι ευρετικοί συλλογισμοί αναφέρονται σε μία ή σε περισσότερες από τις ακόλουθες μεθόδους μείωσης της προσπάθειας:

1. Εξέταση λιγότερων πληροφοριών.
2. Μείωση της δυσκολίας που συνδέεται με την ανάκτηση και την συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών.
3. Απλούστευση των αρχών στάθμισης των πληροφοριών.
4. Ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών.
5. Σύγκριση λιγότερων εναλλακτικών λύσεων.

Σε κάθε μία από τις παραπάνω μεθόδους απλοποίησης του συλλογισμού υπάρχει μια πληθώρα ευρετικών μηχανισμών, που μειώνουν την προσπάθεια που συνδέεται με την επίτευξη ενός στόχου. Στη συνέχεια, ακολουθεί μια συνοπτική ανάλυση των αναφερόμενων μεθόδων για την περίπτωση της λήψης απόφασης, ώστε να συμπεριληφθούν και οι πέντε μέθοδοι.

Με την **εξέταση λιγότερων πληροφοριών**, τα άτομα που καλούνται να λάβουν μια απόφαση εστιάζουν στις πληροφορίες που κρίνουν ως πιο σημαντικές ή στις πληροφορίες που προβλέπουν πιο έγκυρα μια εναλλακτική

λύση. Για παράδειγμα, γίνεται επιλογή της πιο σημαντικής, κατά την κρίση τους, πληροφορίας και κατόπιν επιλέγουν την εναλλακτική λύση για την οποία η πληροφορία αυτή έχει τη μεγαλύτερη αξία. Σε περίπτωση που η πληροφορία αυτή έχει την ίδια αξία για περισσότερες από μία εναλλακτικές λύσεις, τότε επιλέγεται η δεύτερη πιο σημαντική πληροφορία, μέχρι να καταλήξουν σε μία εναλλακτική λύση. Υπάρχει, όμως, και η εκδοχή να εξετάζονται οι δύο πιο σημαντικές πληροφορίες ταυτόχρονα, και όχι μόνο μία. Εδώ, πρέπει να σημειωθεί ότι, ακόμα και όταν εξετάζεται μια πληθώρα πληροφοριών, η προσπάθεια των ατόμων μειώνεται, καθώς κάθε φορά εξετάζουν μία ή δύο μόνο πληροφορίες, μειώνοντας έτσι το πλήθος των πληροφοριών που πρέπει να συγκρατείται στη λειτουργική μνήμη.

Σε έναν άλλο ευρετικό συλλογισμό της ίδιας μεθόδου, δίνεται ένα όριο στην αξία της πιο σημαντικής πληροφορίας και με τον τρόπο αυτό οι εναλλακτικές λύσεις που δεν πληρούν το όριο αυτό απορρίπτονται. Με συνεχείς επιλογές των πληροφοριών, με αυτόν τον τρόπο, προκύπτει τελικά μία εναλλακτική λύση.

Η μείωση της δυσκολίας που συνδέεται με την ανάκτηση και την συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο η πραγματική αξία της πληροφορίας περιορίζεται στο αποτέλεσμα μιας απλής σύγκρισης (π.χ. μεγαλύτερο από, μικρότερο από, ίσο με). Αυτό συμβαίνει, γιατί χρησιμοποιώντας μια απλοποιημένη αξία για την πληροφορία, αυτή είναι πιο εύκολο να συγκρατηθεί και να ανακληθεί. Για παράδειγμα, ένας ευρετικός συλλογισμός αυτού του τύπου εξετάζει ποια εναλλακτική λύση έχει τη μεγαλύτερη τιμή για την πληροφορία που αναφέρεται (*weighted pros heuristic*).

Ο δεύτερος τρόπος αφορά την πρόσβαση σε πληροφορίες που είναι εύκολο να ανακτηθούν είτε γιατί υπολογίζονται πιο γρήγορα είτε γιατί είναι ήδη διαθέσιμες μέσω άλλων μέσων. Αυτός ο τρόπος περιλαμβάνει τους τρεις κυριότερους ευρετικούς συλλογισμούς, τη *διαθεσιμότητα (availability)*, την *αντιπροσωπευτικότητα (representativeness)* και τη *στήριξη και προσαρμογή (anchoring and adjustment)*.

Στη διαθεσιμότητα, κάποιος χρησιμοποιεί την ευκολία με την οποία φαντάζεται ένα γεγονός για να προβλέψει πόσο πιθανό είναι να συμβεί πάλι το γεγονός αυτό. Μια υποκατηγορία αυτού του ευρετικού συλλογισμού είναι η

αναγνώριση (recognition). Σύμφωνα με αυτόν το συλλογισμό, αν αναγνωρισθεί ένα αντικείμενο από ένα σύνολο αντικειμένων, ενώ τα άλλα αντικείμενα δεν αναγνωριστούν, τότε συμπεραίνεται ότι το αντικείμενο αυτό έχει τη μεγαλύτερη τιμή αναφορικά με ένα κριτήριο (22). Επίσης, άλλος ευρετικός συλλογισμός εκτός από τη διαθεσιμότητα είναι η αντιπροσωπευτικότητα. Σύμφωνα με αυτόν το συλλογισμό, προκειμένου να ταξινομήσει κάποιος ένα αντικείμενο σε μια κατηγορία, χρησιμοποιεί μια πληροφορία που είναι εύκολο να ανακτηθεί, και αφορά το βαθμό που το αντικείμενο αυτό μοιάζει με ένα άλλο αντικείμενο της κατηγορίας αυτής. Στην περίπτωση της στήριξης και προσαρμογής, κάποιος πρώτα καταλήγει σε μια εμφανή και προσιτή αξία και στη συνέχεια προσαρμόζει την εκτίμησή του με βάση την αξία αυτή.

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται και οι ευρετικοί συλλογισμοί, που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι, οι οποίοι στηρίζουν συχνά τις κρίσεις τους για ένα θέμα στο συναισθηματικό τους υπόβαθρο.

Όταν **απλουστεύονται οι αρχές στάθμισης των πληροφοριών**, χρησιμοποιούνται ευρετικοί συλλογισμοί που αγνοούν την διαφορά στην ισχύ ή στην ποιότητα της πληροφορίας. Για παράδειγμα, μπορεί να προσδίδεται σε μια πληροφορία ίδια βαρύτητα με μία άλλη πληροφορία. Σύμφωνα με αυτόν τον ευρετικό συλλογισμό κάθε φορά που γίνεται σύγκριση δύο εναλλακτικών λύσεων, προτιμάται η εναλλακτική λύση για την οποία διαθέτουμε τις περισσότερες πληροφορίες, εφόσον κάθε πληροφορία έχει την ίδια βαρύτητα. Επιπλέον, σε έναν άλλο ευρετικό συλλογισμό γίνεται τυχαία επιλογή μιας πληροφορίας, μέχρι να βρεθεί μια πληροφορία που να διαφοροποιεί τις εναλλακτικές λύσεις. Σε έναν παρόμοιο συλλογισμό χρησιμοποιείται η πληροφορία που έχει διαφοροποιήσει τις εναλλακτικές λύσεις πιο πρόσφατα.

Όταν **ενσωματώνονται λιγότερες πληροφορίες** σε μία εναλλακτική λύση, δεν είναι συχνά δυνατό να διαμορφωθεί μια συνολική εικόνα της λύσης αυτής. Ένας τέτοιος συλλογισμός, για παράδειγμα, θέτει όρια σε κάθε πληροφορία και μετά επιλέγει την πρώτη εναλλακτική λύση που ικανοποιεί τα όρια αυτά. Η λύση αυτή είναι μια «αρκετά καλή» λύση, αλλά δεν μπορεί να αξιολογηθεί η γενική της χρησιμότητα. Ομοίως, ένας συλλογισμός αυτού του τύπου αφορά τη χρήση μίας μόνο πληροφορίας. Στην περίπτωση αυτή δεν

εξετάζονται μόνο λιγότερες πληροφορίες, αλλά επιπλέον έχουμε και ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών.

Τέλος, **η σύγκριση λιγότερων εναλλακτικών λύσεων** μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους. Πρώτον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευρετικοί συλλογισμοί που θέτουν όριο στον αριθμό των εναλλακτικών λύσεων που συγκρίνονται ταυτόχρονα. Σύμφωνα με έναν δεύτερο ευρετικό μηχανισμό, μπορεί να μειωθεί ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων, με βαθμιαία απόρριψη αυτών που δεν πληρούν κάποιες προϋποθέσεις, που αφορούν, για παράδειγμα, το όριο της αξίας μιας πληροφορίας. Ο τρίτος τρόπος αφορά ευρετικούς συλλογισμούς που απορρίπτουν άμεσα και αυθαίρετα εναλλακτικές λύσεις από το σύνολο των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων,

Θα πρέπει εδώ να τονιστεί, ότι οι πέντε αρχές που περιγράφηκαν και με τις οποίες είναι δυνατόν να μειωθεί η καταβαλλόμενη προσπάθεια για την επίτευξη ενός στόχου, είναι ποιοτικά διαφορετικές μεταξύ τους. Εξαιτίας αυτού του χαρακτηριστικού τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιλεκτικά ή και συνδυαστικά.

1.4.1 Η έρευνα σχετικά με τον ευρετικό συλλογισμό στη Χημεία

Οι Maeyer και Talanquer (22) υποστηρίζουν ότι αν και η έρευνα για τον ευρετικό συλλογισμό έχει πραγματοποιηθεί κυρίως σε μη ακαδημαϊκά πλαίσια, υπάρχουν στοιχεία, ιδιαίτερα από την έρευνα στην εκπαίδευση των μαθηματικών, ότι αυτός ο τρόπος σκέψης είναι κοινός στην σχολική τάξη. Ιδιαίτερα, αναγνωρίζεται ότι τα συστηματικά λάθη και οι προκαταλήψεις, που παρουσιάζονται σε θέματα σύγκρισης (π.χ. Ποιο είναι μεγαλύτερο...; Τι είναι ισχυρότερο...;), σχετίζονται με τον ευρετικό συλλογισμό του τύπου περισσότερο A – περισσότερο B ή ίδιο A – ίδιο B, που χρησιμοποιείται συνήθως από τους μαθητές για να κάνουν προβλέψεις και να παρέχουν εξηγήσεις.

Στο πεδίο της Χημείας έχουν γίνει λίγες έρευνες που αναφέρονται στον ευρετικό συλλογισμό, ο οποίος βοηθά τους μαθητές και τους φοιτητές να μειώσουν το γνωστικό φορτίο, όταν εξάγουν συμπεράσματα ή λαμβάνουν αποφάσεις σε ακαδημαϊκό πλαίσιο.

Πιο συγκεκριμένα, από μια έρευνα που αφορούσε στις προβλέψεις φοιτητών σχετικά με τη σταθερότητα των χημικών σωματιδίων στο υπομικροσκοπικό επίπεδο προέκυψε ότι οι φοιτητές χρησιμοποιούσαν έναν απλό ευρετικό συλλογισμό, ότι δηλαδή τα σωματίδια με πλήρως συμπληρωμένη την εξωτερική τους στοιβάδα θα είναι πιο σταθερά (ευρετικός συλλογισμός της οκτάδας) (24).

Σε μία άλλη έρευνα (22) μελετήθηκε ο ευρετικός συλλογισμός προπτυχιακών φοιτητών Χημείας, όταν τους ζητήθηκε να ταξινομήσουν κάποιες χημικές ουσίες με βάση ιδιότητες φυσικές (διαλυτότητα στο νερό, σημεία τήξης και βρασμού) και χημικές (οξύτητα, αλκαλικότητα). Από την έρευνα αυτή προέκυψε ότι συχνά οι φοιτητές ακολουθούσαν τέσσερα είδη ευρετικού συλλογισμού προκειμένου να καταλήξουν στις αποφάσεις τους. Αυτά ήταν η *αναγνώριση*, η *αντιπροσωπευτικότητα*, η *λήψη απόφασης ενός λόγου* και η *αυθαίρετη τάση*. Οι ευρετικοί συλλογισμοί της αναγνώρισης και της αντιπροσωπευτικότητας έχουν ήδη αναλυθεί (σελ.48-49). Για παράδειγμα, η επιλογή του NaCl ως η πιο διαλυτή ουσία στο νερό, σε σχέση με το NaBr, το MgO και το BaO, με την αιτιολογία ότι είναι μια οικεία ουσία, που συναντάται στην καθημερινή ζωή, εντάσσεται στον ευρετικό συλλογισμό της αναγνώρισης. Επίσης, η επιλογή του NaBr ως η αμέσως, μετά το NaCl, πιο διαλυτή ουσία στο νερό, με την αιτιολογία ότι μοιάζει με το NaCl, επειδή έχει ένα άτομο νατρίου, αντανακλά τον ευρετικό συλλογισμό της αντιπροσωπευτικότητας.

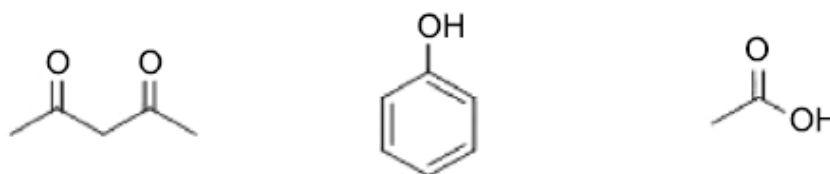
Ο συλλογισμός του ενός λόγου για τη λήψη απόφασης ελαττώνει τον αριθμό των πληροφοριών και των εναλλακτικών λύσεων που απαιτούνται να εξεταστούν προκειμένου να ληφθεί μια απόφαση. Αφορά στην απόφαση που βασίζεται στην πρώτη πληροφορία που ευνοεί μία εναλλακτική λύση έναντι των άλλων εναλλακτικών λύσεων. Για παράδειγμα, σε έναν τέτοιο συλλογισμό βασίζεται η επιλογή του MgO, και όχι του BaO, ως πιο διαλυτή ουσία στο νερό, εξαιτίας του ότι το μαγνήσιο βρίσκεται, στον περιοδικό πίνακα, πιο κοντά στο οξυγόνο και στο υδρογόνο, που συνιστούν το νερό.

Ο συλλογισμός της αυθαίρετης τάσης επιτρέπει επίσης τη μείωση του αριθμού των πληροφοριών που πρέπει να εξεταστούν, ενώ παράλληλα διευκολύνει την ανάκτηση και την στάθμιση της αξίας των πληροφοριών. Πρόκειται για έναν συλλογισμό, που στη συγκεκριμένη έρευνα, βασίζεται στη

σχετική θέση των ατόμων που αποτελούν τα μόρια στον περιοδικό πίνακα, χωρίς περαιτέρω αιτιολόγηση. Πιο συγκεκριμένα, επειδή το NaCl είναι πιο διαλυτό από το NaBr και το Br είναι πιο χαμηλά στον περιοδικό πίνακα από το Cl, για το λόγο αυτό το MgO είναι πιο διαλυτό από το BaO επειδή το Mg βρίσκεται πιο ψηλά στον περιοδικό πίνακα από το Ba.

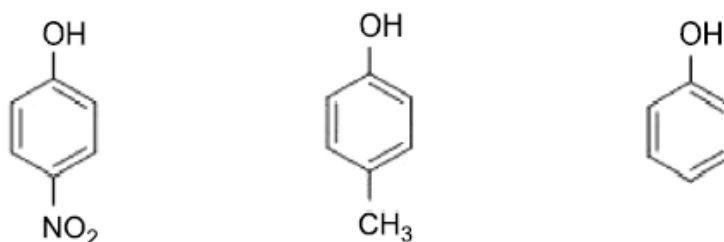
Σε μία παρόμοια έρευνα (25), βρέθηκε ότι οι φοιτητές οργανικής Χημείας χρησιμοποίησαν τρεις ευρετικούς συλλογισμούς προκειμένου να προβλέψουν τη σχετική οξύτητα χημικών ενώσεων. Αυτοί ήταν η *μείωση*, η *αντιπροσωπευτικότητα* και ο *λεξικογραφικός* συλλογισμός.

Ως παράδειγμα συλλογισμού αντιπροσωπευτικότητας στην έρευνα αυτή, αναφέρουμε την επιλογή του οξικού οξέος ως πιο ισχυρό οξύ, ανάμεσα στις ουσίες της εικόνας 1, γιατί είναι καρβοξυλικό οξύ και φέρει στην ονομασία του τη λέξη οξύ.



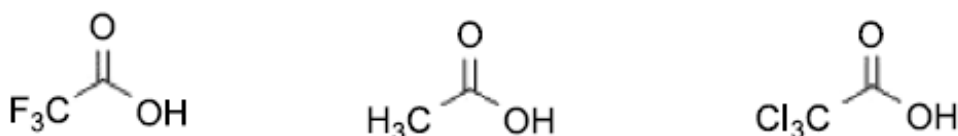
Εικόνα 1: Οξέα τα οποία συγκρίνονται ως προς τη σειρά ισχύος (25)

Ο συλλογισμός της μείωσης, αλλά και ο λεξικογραφικός συλλογισμός αφορούν στην ελάττωση των πληροφοριών που πρέπει να αξιολογηθούν. Κατά τη μείωση δεν εξετάζονται εκείνες οι πληροφορίες που είναι κοινές για όλες τις εναλλακτικές λύσεις. Για παράδειγμα, προκειμένου να ταξινομηθούν οι ουσίες της εικόνας 2 ως προς την οξύτητα, δεν λαμβάνεται υπόψη ο βενζολικός δακτύλιος, εφόσον συνδέεται και στις τρεις ενώσεις απευθείας με το υδροξύλιο.



Εικόνα 2: Ουσίες οι οποίες συγκρίνονται ως προς την οξύτητα (25)

Ο λεξικογραφικός συλλογισμός περιλαμβάνει την αναζήτηση μίας πληροφορίας κάθε φορά, η οποία διαφοροποιείται ανάμεσα στις εναλλακτικές λύσεις, την εξεύρεση της αξίας της πληροφορίας αυτής για κάθε λύση, τη σύγκριση των λύσεων με βάση την αξία που έχει η πληροφορία αυτή για κάθε λύση και την παύση της διαδικασίας αυτής, όταν βρεθεί μια πληροφορία που επιτρέπει μία επιλογή μεταξύ των πολλών εναλλακτικών λύσεων. Για την ταξινόμηση ως προς την οξύτητα των ενώσεων της εικόνας 3, εξετάζεται και συγκρίνεται μόνο η ηλεκτραρνητικότητα του φθορίου, του υδρογόνου και του χλωρίου για να προκύψει ότι η πιο όξινη ένωση είναι το τριφθοροξικό όξύ, εξαιτίας της μεγαλύτερης ηλεκταρνητικότητας του φθορίου σε σχέση με αυτή του χλωρίου και του υδρογόνου, ενώ ακολουθούν το τριχλωροξικό οξύ και το οξικό οξύ.



Εικόνα 3: Ουσίες οι οποίες συγκρίνονται ως προς την οξύτητα
(25)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ – ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Η επίλυση προβλήματος στη Χημεία αποτελεί ένα καθημερινό αντικείμενο με το οποίο έρχονται σε επαφή τόσο οι χημικοί, όσο και οι μαθητές και φοιτητές που διδάσκονται Χημεία. Αυτό συμβαίνει, γιατί από τη φύση της η επιστήμη της Χημείας, όπως και οι άλλες Φυσικές Επιστήμες, καλείται να επιλύσει προβλήματα με τα οποία έρχεται αντιμέτωπη, ανεξάρτητα από τον τομέα εξειδίκευσης. Τα προβλήματα στοιχειομετρίας, ειδικότερα, θεωρούνται από τα θεμελιώδη «εργαλεία» στην επιστήμη της Χημείας, καθώς οι στοιχειομετρικοί υπολογισμοί αποτελούν μια συνηθισμένη δραστηριότητα, τόσο στο χημικό εργαστήριο, όσο και στη σχολική τάξη. Για το λόγο αυτό, η έρευνα γύρω από την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας είναι εκτεταμένη.

Ιδιαίτερα, οι στρατηγικές που χρησιμοποιούν οι μαθητές και οι φοιτητές κατά την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας είναι αντικείμενο πολλών ερευνητικών ομάδων τα τελευταία τριάντα χρόνια, ενώ υπάρχουν αρκετές έρευνες που συγκρίνουν τους αρχάριους με τους έμπειρους λύτες, ως προς τις στρατηγικές που ακολουθούν κατά την επίλυση των προβλημάτων αυτών. Στην ανασκόπηση, όμως, της βιβλιογραφίας δεν συναντήθηκε κάποια έρευνα που να μελετά το σύνολο ή ένα συνδυασμό των δεξιοτήτων των λυτών προβλημάτων στοιχειομετρίας. Για παράδειγμα, δεν βρέθηκε κάποια έρευνα που να μελετά τη δεξιότητα ενός λύτη να προτείνει διαφορετική μέθοδο από αυτή που μπορεί να ανακαλέσει αλγοριθμικά, προκειμένου να λύσει ένα πρόβλημα.

Έτσι, ο πρώτος στόχος της παρούσας έρευνας είναι να μελετηθούν, σε έναν ευρύτερο βαθμό, οι δεξιότητες αρχάριων και έμπειρων λυτών, με αναφορά στον πίνακα 1 (σελ.24) όπου συνοψίζονται οι δεξιότητες κατά την επίλυση διαφορετικών τύπων προβλήματος.

Η διερεύνηση του ευρετικού συλλογισμού των μαθητών και κυρίως των φοιτητών Χημείας είναι ένα καινούργιο αντικείμενο στις έρευνες της τελευταίας πενταετίας, αν και σε άλλα πεδία έχει μελετηθεί και μάλιστα σε μεγάλη έκταση. Ειδικότερα, δεν έχει μελετηθεί αυτό το είδος του συλλογισμού κατά την

επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας, και δεν έχει γίνει σύγκριση του συλλογισμού αρχάριων και έμπειρων λυτών.

Συνεπώς, ο δεύτερος στόχος της εργασίας αυτής είναι η μελέτη του ευρετικού συλλογισμού αρχάριων και έμπειρων λυτών, ώστε να διαπιστωθεί πώς εξελίσσεται ο συλλογισμός αυτός.

Συνοψίζοντας, ο κεντρικός σκοπός της έρευνας αυτής είναι η διερεύνηση των δεξιοτήτων που επιδεικνύουν και του ευρετικού συλλογισμού που ακολουθούν οι έμπειροι και οι αρχάριοι λύτες κατά την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας.

Πιο συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα είναι τα εξής:

- 1) Ποιες είναι οι δεξιότητες που διαθέτουν οι λύτες, οι οποίοι έχουν διαφορετικό επίπεδο και ρόλο στην εκπαίδευση και ποια είναι η πρόοδος των δεξιοτήτων αυτών;
- 2) Ποιος είναι ο ευρετικός συλλογισμός τον οποίο χρησιμοποιούν οι λύτες που έχουν διαφορετικό επίπεδο και ρόλο στην εκπαίδευση και ποια είναι η πρόοδος του συλλογισμού αυτού;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Οι μέθοδοι πρωτοκόλλων διατύπωσης της σκέψης (Think Aloud Protocol Methods – TAP methods)

Στην εκπαιδευτική έρευνα, τα πρωτόκολλα διατύπωσης της σκέψης (TAPs) χρησιμοποιούνται για να προσδιοριστούν και να αξιολογηθούν οι δομές της γνώσης και οι γνωστικές διαδικασίες των μαθητών όταν αυτοί επιλύουν ένα πρόβλημα, ερμηνεύουν ένα διάγραμμα, διαβάζουν ένα κείμενο ή πραγματοποιούν κάποια δραστηριότητα. Αυτή η προσέγγιση απαιτεί από τους συμμετέχοντες σε μια δραστηριότητα να διατυπώσουν την ακολουθία των γνωστικών διαδικασιών που πραγματοποιούνται προκειμένου να ολοκληρωθεί ή δραστηριότητα αυτή, ή να εκφράσουν τις σκέψεις τους και το τι έχουν κατανοήσει σχετικά με τη δραστηριότητα, ανάλογα με τα εκάστοτε ερευνητικά ερωτήματα (26).

Τα TAPs έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως, προκειμένου να κατανοηθούν οι διαφοροποιήσεις ανάμεσα στους αρχάριους και έμπειρους ανθρώπους, αναφορικά με έναν συγκεκριμένο τομέα. Η βιβλιογραφία αναφέρεται σε τέτοιες διαφοροποιήσεις σε ένα μεγάλο εύρος πεδίων, όπως είναι το σκάκι, η μουσική, η φυσική, τα σπορ και η ιατρική. Πρόσφατα, τα πρωτόκολλα αυτά έχουν επεκταθεί και στην εκμάθηση των επιστημών, προκειμένου να ερευνηθούν οι τύποι και η ποιότητα της γνώσης των μαθητών ή η γνωστική διαδικασία σε μια ποικιλία πεδίων, όπως είναι η Χημεία, η εκμάθηση γλώσσας, η γραφή και η ανάγνωση. Οι μελέτες αυτές επικεντρώνονται στην περιγραφή και την εξήγηση των αιτιών και των τρόπων με τους οποίους οι μαθητές κάνουν ότι κάνουν, όταν λύνουν ένα πρόβλημα ή όταν κάνουν μια δραστηριότητα. Τα δεδομένα που συλλέγονται μέσα από τα TAPs χρησιμοποιούνται για να αναπτυχθούν μοντέλα για τις γνωστικές διαδικασίες των μαθητών ή για να δοκιμαστούν υποθέσεις σχετικά με τέτοια πρότυπα. (26)

Η αντιπροσωπευτικότητα των δεδομένων που παρέχουν τα TAPs έχει δεχτεί μικτές κριτικές. Έχει εκφραστεί η ανησυχία ότι οι διατυπώσεις (λεκτικοποιήσεις) απλά απεικονίζουν το τι πιστεύουν οι μαθητές ότι κάνουν,

παρά τις πραγματικές τους διαδικασίες σκέψης. Από την άλλη, υποστηρίζεται ότι οι λεκτικές εκθέσεις μπορούν να προσφέρουν χρήσιμα δεδομένα για την έρευνα, με την προϋπόθεση ότι δημιουργούνται με προσοχή και ερμηνεύονται κατάλληλα. Η Leighton το 2004 προσδιόρισε τρεις σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχή χρήση των λεκτικών εκθέσεων (26). Για να αναλύσουμε τους παράγοντες αυτούς, θα αναφερθούμε συγκεκριμένα στην περίπτωση της επίλυσης προβλήματος, που αφορά και στην παρούσα εργασία. Οι παράγοντες που αναφέρονται είναι:

3.1.1 Οι μέθοδοι συλλογής των πρωτοκόλλων

Οι δύο κύριοι τύποι διατύπωσης της σκέψης είναι η ταυτόχρονη (ενδοσκόπηση) και η αναδρομική (ανασκόπηση). Στην ταυτόχρονη διατύπωση οι λύτες εκφράζουν τη διαδικασία της σκέψης τους κατά τη διάρκεια λύσης του προβλήματος. Στην περίπτωση αυτή, αν και οι λύτες έχουν να κάνουν δύο πράγματα ταυτόχρονα, να λύσουν το πρόβλημα και να εκφράσουν τη σκέψη τους, αυτά συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό μεταξύ τους. Ως αποτέλεσμα, το επιπρόσθετο γνωστικό φορτίο που απαιτεί η διατύπωση της λύσης του προβλήματος, ενώ η προσοχή του λύτη είναι στραμμένη στην επίλυση του προβλήματος, είναι αμελητέο (20).

Στην αναδρομική διατύπωση, ο λύτης καλείται να ανακαλέσει τη διαδικασία της σκέψης του. Το πλεονέκτημα της αναδρομικής διατύπωσης βρίσκεται στο ότι σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την επίλυση του προβλήματος και μέσω συγκεκριμένων ερωτήσεων εμβάθυνσης, ο ερευνητής μπορεί να πάρει τις απαιτούμενες πληροφορίες, αφού αυτές είναι πρόσφατες στο μυαλό των λυτών. Η αναδρομική διατύπωση, που γίνεται κατά τη διάρκεια μιας συνέντευξης παρέχει στοιχεία σχετικά με την εμπειρία του λύτη και την προσέγγιση που αυτός ακολούθησε κατά την επίλυση του προβλήματος. Το μειονέκτημα της διατύπωσης αυτής, που αναφέρεται στο ότι η ανάκληση της διαδικασίας σκέψης μπορεί να διαφέρει από την πραγματική διαδικασία, μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την ταυτόχρονη μελέτη των γραπτών και των λεκτικών αναφορών (20).

Συγκρίνοντας τα ταυτόχρονα και αναδρομικά πρωτόκολλα διατύπωσης της σκέψης, οι van den Haaka, De Jonga και Schellensa, το 2003 (27),

κατέληξαν ότι, αν και αποτελούν διαφορετικές μεθόδους, μπορούν να κριθούν ως ισοδύναμες.

3.1.2 Οι διαδικασίες συλλογής των πρωτοκόλλων

Οι διαδικασίες που ακολουθούνται για τη λήψη λεκτικών εκθέσεων μπορούν να επηρεάσουν τα πρωτόκολλα (28). Το πρώτο πράγμα που πρέπει να κάνει ένας ερευνητής, προκειμένου ένας λύτης να εκφράσει τη σκέψη του, είναι να διαθέτει ένα περιβάλλον όπου αυτός ο λύτης θα αισθάνεται άνετα. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να διαθέτει ένα ήσυχο δωμάτιο, ένα άνετο κάθισμα και ένα ποτήρι με νερό, καθώς η όλη διαδικασία μπορεί να είναι χρονοβόρα.

Στη συνέχεια, θα πρέπει να δοθεί μια εξήγηση για το σκοπό της έρευνας, για το τι πρόκειται να γίνει και για την προστασία των δεδομένων. Θα πρέπει να δοθεί έμφαση από τον ερευνητή ότι ενδιαφέρεται για τον τρόπο με τον οποίο λύνονται τα προβλήματα, έτσι ώστε να εξαλείψει τυχόν υποθέσεις για κρυμμένα κίνητρα. Οι οδηγίες πρέπει να είναι σαφείς και να δίνουν στο λύτη να καταλάβει τι ακριβώς ζητείται να διατυπώσει. Επίσης, η προστασία των δεδομένων δεν είναι μόνο ηθικό και νομικό θέμα, αλλά ταυτόχρονα διευκολύνει και την ίδια την έρευνα, αφού κάνει τους λύτες να νιώθουν πιο βολικά.

Κάτι που δεν είναι πάντα προφανές είναι ότι κάποιοι λύτες ίσως να δυσκολεύονται να εκφράσουν τη σκέψη τους. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να προηγηθεί της κυρίως έρευνας μια μικρή εξάσκηση. Αυτή μπορεί να περιλαμβάνει τη λύση ενός μικρού και απλού προβλήματος και στη συνέχεια να ζητηθεί από το λύτη να εκφράσει τη διαδικασία με την οποία έλυσε αυτό το πρόβλημα. Συνήθως, αυτό αρκεί στους περισσότερους λύτες για να συνηθίσουν τη διαδικασία. Αν όμως κάποιος λύτης δεν μπορεί μέσα σε ένα τέταρτο της ώρας να προσαρμοστεί, τότε αποκλείεται από το δείγμα.

Ένα άλλο σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή είναι η παρότρυνση των λυτών. Κάποιος λύτης μπορεί να αισθάνεται άβολα να πει ότι προκειμένου να λύσει ένα πρόβλημα δεν χρησιμοποιεί κάποια συγκεκριμένη μέθοδο, αλλά δοκιμάζει κάποιους τύπους, καθώς ίσως πιστεύει ότι υπάρχουν συγκεκριμένοι τρόποι για να λυθεί ένα πρόβλημα. Ή ένας

έμπειρος λύτης που δεν μπορεί να λύσει ένα πρόβλημα μπορεί να αισθάνεται άσχημα να παραδεχτεί ότι δεν βρίσκει εύκολο το πρόβλημα.

Πρέπει στο σημείο αυτό να τονίσουμε ότι ο ερευνητής οφείλει να είναι επικεντρωμένος στο στόχο της έρευνας και να μην παρεμβαίνει στη διαδικασία της σκέψης του λύτη. Παρεμβάσεις πρέπει να λαμβάνουν χώρα μόνο όταν ο λύτης σταματά να μιλά. Τότε ο ερευνητής τον παροτρύνει να συνεχίσει. Αυτή είναι μια δύσκολη διαδικασία, καθώς έχει παρατηρηθεί ο ερευνητής τείνει να διορθώνει και να βοηθά το λύτη, κάτι που απαγορεύεται αυστηρά.

3.1.3 Η επιλογή των προβλημάτων

Τα προβλήματα πρέπει να καθορίζονται ανάλογα με τους στόχους της έρευνας και να σχεδιάζονται ή να επιλέγονται ανάλογα με το είδος της γνωστικής διαδικασίας που στοχεύει να εκμαιεύσει η έρευνα.

3.2 Η μέθοδος της παρούσας έρευνας

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε προκειμένου να συλλεχθούν τα πρωτόκολλα βασίστηκε στις προηγούμενες έρευνες που χρησιμοποίησαν την μέθοδο διατύπωσης της σκέψης (14 , 29).

Τόσο η πιλοτική, όσο και η κυρίως έρευνα, πραγματοποιήθηκαν σε περιβάλλον και κάτω από συνθήκες που εξασφάλιζαν στους λύτες άνεση. Στην αρχή κάθε συνέντευξης δίνονταν εξηγήσεις σχετικά με το σκοπό της έρευνας και συγκεκριμένα, οι λύτες πληροφορούνταν ότι η έρευνα αποσκοπούσε στη διερεύνηση του τρόπου σκέψης τους κατά την επίλυση του προβλήματος. Οι λύτες λάμβαναν γνώση, επίσης, της καταγραφής της συνέντευξης σε ψηφιακό καταγραφέα και βεβαιώνονταν για την προστασία των δεδομένων που μας παρείχαν, καθώς και για την ανωνυμία του πρωτοκόλλου.

Στη συνέχεια, παρέχονταν εξηγήσεις σχετικά με το τι ακριβώς θα ακολουθούσε. Συγκεκριμένα, δινόταν στο λύτη ένα πολύ απλό παράδειγμα λυμένου προβλήματος και του ζητούσαμε να διαβάσει τόσο την εκφώνηση,

όσο και τη λύση του. Κατόπιν, ο λύτης άκουγε τη μαγνητοφωνημένη σκέψη λύσης του προβλήματος. Στη συνέχεια, του δινόταν ένα παρόμοιο πρόβλημα εξάσκησης, το οποίο, αφού το έλυne, διατύπωνε τη σκέψη του προφορικά, ενώ καταγραφόταν με μαγνητοφώνηση. Όλο αυτό αποτελούσε την εξάσκηση και την εξοικείωση του λύτη με τη συνέντευξη.

Το επόμενο βήμα, το οποίο καταγραφόταν, αφορούσε στην ανάκληση των γνώσεων, πάνω στις οποίες στηρίζονταν τα προβλήματα στοιχειομετρίας, για τα οποία ζητούσαμε τον τρόπο σκέψης των λυτών, μετά την επίλυσή τους. Σε περίπτωση που οι λύτες δεν μπορούσαν να ανακαλέσουν τις γνώσεις αυτές, οι απαντήσεις δίνονταν και γινόταν συζήτηση, ώστε να βεβαιωθούμε ότι οι απαραίτητες γνώσεις είχαν ανακληθεί.

Το τελικό και κύριο στάδιο αφορούσε στην ανάγνωση κάθε προβλήματος, την επίλυσή του και στη συνέχεια στη διατύπωση της σκέψης του λύτη. Η όλη διαδικασία καταγραφόταν.

Όπως είναι φανερό, στην παρούσα έρευνα εφαρμόστηκε η μέθοδος της αναδρομικής και όχι της ταυτόχρονης διατύπωσης. Αυτή η επιλογή μας αιτιολογείται, καθώς, κατά την έκφραση της σκέψης του λύτη, υπήρχε η ευκαιρία να τον ρωτήσουμε κάποιες διευκρινιστικές ερωτήσεις, οι οποίες αν γίνονταν στην περίπτωση της ταυτόχρονης διατύπωσης, θα διετάρασσαν τον ειρμό της σκέψης του.

Στη βιβλιογραφία, η μέθοδος έκφρασης της σκέψης εφαρμόζεται τόσο για ποσοτική (14), όσο και για ποιοτική έρευνα (20). Όπως φαίνεται από την ανάλυση του δείγματος που ακολουθεί, η παρούσα έρευνα περιορίζεται σε ποιοτική μελέτη των δεξιοτήτων και του συλλογισμού των λυτών προβλημάτων στοιχειομετρίας, καθώς και στην πρόοδο που αυτά παρουσιάζουν κατά τη μετάβαση από τους αρχάριους στους έμπειρους λύτες.

3.3 Οι συμμετέχοντες στην έρευνα

Ο αρχικός σχεδιασμός της έρευνας αφορούσε τέσσερις ομάδες των πέντε ατόμων, οι οποίες από τους πιο αρχάριους προς τους πιο έμπειρους λύτες ήταν οι εξής: μαθητές της Β΄ τάξης του Γενικού Λυκείου από τη θετική κατεύθυνση, πρωτοετείς φοιτητές οποιουδήποτε τμήματος Χημείας της χώρας μας, επί πτυχίω φοιτητές οποιουδήποτε τμήματος Χημείας της χώρας μας και τέλος χημικοί εκπαιδευτικοί που διδάσκουν το μάθημα της Χημείας Γενικής Παιδείας στη Β΄ τάξη οποιουδήποτε Γενικού Λυκείου της χώρας μας.

Αρχικά, η πιλοτική έρευνα, η οποία διεξήχθη τον Νοέμβριο του 2010, εφαρμόστηκε σε τρία άτομα. Η πρώτη (**Π0**) ήταν γυναίκα, χημικός, εκπαιδευτικός στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και κάτοχος διδακτορικού τίτλου στο πεδίο της Διδακτικής της Χημείας. Τα δύο άλλα άτομα (**Π1 & Π2**) ήταν και αυτές γυναίκες, πτυχιούχοι Χημείας ελληνικών πανεπιστημίων και δευτεροετείς μεταπτυχιακές φοιτήτριες στο διαπανεπιστημιακό διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «**Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες**». Η επιλογή των συμμετεχόντων στην πιλοτική έρευνα στηρίχθηκε καταρχήν στη διαθεσιμότητα τους και στη εθελοντική τους διάθεση. Δεύτερον, επειδή τα προβλήματα της πιλοτικής έρευνας είχαν επίπεδο ανάλογο με αυτών που συναντούνται στο σχολικό βιβλίο της Χημείας Γενικής Παιδείας της Β΄ τάξης του Γενικού Λυκείου, επιθυμούσαμε να ελέγξουμε αν ήταν πολύ εύκολα για έμπειρους λύτες. Επιπλέον, θέλαμε να αποφύγουμε, στην πιλοτική έρευνα, τη συμμετοχή ατόμων τα οποία θα μπορούσαν να πάρουν μέρος στην κυρίως έρευνα, γιατί δεν διαθέταμε ικανό αριθμό δυναμένων να συμμετάσχουν.

Μετά την επεξεργασία των δεδομένων από τις πιλοτικές συνεντεύξεις, προέκυψε το υλικό της κυρίως έρευνας. Αυτό εφαρμόστηκε, από τον Δεκέμβριο του 2010 έως τον Φεβρουάριο του 2011, στις προγραμματισμένες από την αρχή τέσσερις ομάδες των πέντε ατόμων. Πιο αναλυτικά και ξεκινώντας από τους αρχάριους λύτες, οι ομάδες ήταν οι εξής:

Η **πρώτη ομάδα** ήταν πέντε μαθητές (αγόρια) της Β΄ τάξης από δύο Γενικά Λύκεια μιας επαρχιακής πόλης της χώρας μας, που είχαν επιλέξει τη θετική κατεύθυνση σπουδών (**M1, M2, M3, M4 & M5**). Τη χρονική περίοδο διεξαγωγής της έρευνας είχαν ολοκληρώσει τη διδακτέα ύλη που αφορούσε

στο δεύτερο κεφάλαιο «Πετρέλαιο – Υδρογονάνθρακες» του σχολικού βιβλίου της Β΄τάξης γενικής παιδείας (11). Αυτό ήταν που περιόριζε και την έναρξη της έρευνας, σε αυτήν την ομάδα τουλάχιστον, αφού τα προβλήματα που περιέχονταν στην έρευνα αφορούσαν στο κεφάλαιο αυτό. Επιλέχθηκαν μαθητές από τη θετική κατεύθυνση σπουδών και όχι από τη γενική παιδεία, διότι επιθυμούσαμε το δείγμα μας από αυτή την ομάδα να είναι όσο το δυνατόν ομοιογενές, ως προς τις ώρες και το περιεχόμενο των μαθημάτων Χημείας που είχαν διδαχθεί.

Τη **δεύτερη ομάδα** αποτελούσαν δύο πρωτοετείς φοιτητές (**ΦΑ3 & ΦΑ4**) του τμήματος Χημείας του ΕΚΠΑ και τρεις πρωτοετείς φοιτήτριες, οι δύο από τμήμα Χημείας του ΕΚΠΑ (**ΦΑ1 & ΦΑ5**) και η μία από το τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Πατρών (**ΦΑ2**). Οι παραπάνω πέντε φοιτητές προέρχονταν από Γενικά Λύκεια της χώρας μας, όπου ένα χρόνο πριν είχαν επιλέξει θετική κατεύθυνση σπουδών.

Οι επί πτυχίω φοιτητές Χημείας αποτελούσαν την **τρίτη**, αμέσως πιο έμπειρη στην επίλυση προβλήματος, **ομάδα**. Πρόκειται για πέντε φοιτήτριες του τμήματος Χημείας του ΕΚΠΑ, που βρίσκονταν στο 7^ο (**ΦΒ3, ΦΒ4 & ΦΒ5**) και στο 8^ο (**ΦΒ1 & ΦΒ2**) έτος σπουδών τους.

Τέλος, η πιο έμπειρη **ομάδα**, η **τέταρτη**, απαρτιζόταν από χημικούς, εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, που δίδασκαν, κατά τη διάρκεια της έρευνας, το μάθημα της Χημείας γενικής παιδείας στη Β΄ τάξη Γενικών Λυκείων της χώρας μας. Πρόκειται για τρεις άνδρες, οι δύο από σχολεία της Αττικής και υποψήφιοι διδάκτορες στο πεδίο της Διδακτικής της Χημείας (**Ε1 & Ε3**), και ο ένας από σχολείο μιας επαρχιακής πόλης της χώρας μας (**Ε5**). Στην ίδια ομάδα συμμετείχαν και δύο γυναίκες, η μία ήταν εκπαιδευτικός σε σχολείο της Αττικής και υποψήφια απόφοιτος του Διαπανεπιστημιακού Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «**Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες**» (**Ε2**), ενώ η δεύτερη ήταν εκπαιδευτικός σε σχολείο μιας επαρχιακής πόλης της χώρας μας (**Ε4**).

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι η συμμετοχή στην κυρίως έρευνα στηρίχθηκε στην εθελοντική διάθεση των συμμετεχόντων και στην άδεια που χορήγησαν οι κηδεμόνες των ανήλικων λυτών.

Όπως είναι φανερό, το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα είναι μικρό και συνεπώς δεν διασφαλίζει την εξωτερική εγκυρότητα της έρευνας. Πρόκειται, δηλαδή, για μια ποιοτική έρευνα που επιχειρεί να διεισδύσει στο συλλογισμό των λυτών, κάτι που είναι δύσκολο, αλλά και εξαιρετικά χρονοβόρο για μια ποσοτική αντίστοιχη έρευνα.

3.4 Τα εργαλεία της έρευνας

Προκειμένου να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα με τη μέθοδο διατύπωσης της σκέψης χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο η συνέντευξη. Τόσο στην πιλοτική, όσο και στην κυρίως έρευνα, η δομή της συνέντευξης ήταν ίδια, όπως περιγράφηκε στη μέθοδο. Το περιεχόμενο, όμως, της κάθε πιλοτικής συνέντευξης άλλαζε και αναπροσαρμοζόταν με στόχο η κυρίως έρευνα να απαντά στα ερευνητικά ερωτήματα. Η όλη συνέντευξη αφορούσε την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας και συγκεκριμένα το δεύτερο κεφάλαιο «Πετρέλαιο – Υδρογονάνθρακες» του σχολικού βιβλίου της Β΄τάξης γενικής παιδείας του Γενικού Λυκείου (11). Η επιλογή του συγκεκριμένου κεφαλαίου στηρίχθηκε στη ύλη που είχαν ήδη διδαχθεί οι μαθητές της Β΄τάξης, τη χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκε η έρευνα. Στο παράρτημα δίνεται το πρωτόκολλο των πιλοτικών συνεντεύξεων και το πρωτόκολλο των συνεντεύξεων της κυρίως έρευνας, όπως προέκυψε μέσα από τις παρατηρήσεις της πιλοτικής έρευνας. Ακολουθούν οι παρατηρήσεις και οι αλλαγές που γίνονταν μετά από κάθε πιλοτική συνέντευξη.

3.4.1 Πιλοτική συνέντευξη Π0

Για το παράδειγμα προβλήματος και το πρόβλημα εξάσκησης επιλέχθηκαν προβλήματα που για τη λύση τους χρησιμοποιείται ο τύπος της πυκνότητας. Στο παράδειγμα (σελ. 175) ζητείται η πυκνότητα ενός σώματος με δεδομένα τη μάζα και τον όγκο, οπότε και γίνεται απλή εφαρμογή του τύπου της πυκνότητας. Στο πρόβλημα της εξάσκησης ζητείται η μάζα ενός σώματος με δεδομένα την πυκνότητα και τον όγκο του, οπότε και πρέπει να λυθεί ο τύπος της πυκνότητας ως προς μάζα και στη συνέχεια να εφαρμοστεί.

Η αλλαγή που προέκυψε μετά τη διεξαγωγή της πιλοτικής συνέντευξης Π0 ήταν να μην εφαρμοστεί σε κανένα από τα δύο προβλήματα απευθείας ο τύπος, αλλά στο μεν παράδειγμα να ζητηθεί η μάζα και στο πρόβλημα εξάσκησης ο όγκος. Η αλλαγή αυτή πραγματοποιήθηκε ώστε τα δύο προβλήματα να είναι ισοδύναμα. Εφαρμόστηκε στην κύρια έρευνα (σελ. 181) και όχι στις δύο πιλοτικές συνεντεύξεις που ακολούθησαν, καθώς δεν αφορούσε τα ερευνητικά ερωτήματα, αλλά τη διαδικασία συλλογής των πρωτοκόλλων.

Οι ερωτήσεις του γνωστικού στην πιλοτική Π0 (σελ. 175) ήταν ανοιχτές και κάποιες χρειάζονταν διευκρίνιση. Αποφασίσαμε ότι στην πιλοτική Π1 (σελ. 177) θα έπρεπε να μετατρέψουμε κάποιες ερωτήσεις σε κλειστές, κυρίως αυτές που αφορούν τη σχέση του mole με τη σχετική ατομική και μοριακή μάζα, το γραμμομοριακό όγκο και τον αριθμό των στοιχειωδών σωματιδίων. Οι ερωτήσεις σχετικά με τις αντιδράσεις καύσης και προσθήκης παρέμειναν ανοιχτές, προστέθηκαν, όμως, κάποια υποερωτήματα για να πάρουμε πιο συγκεκριμένες απαντήσεις. Προστέθηκε, επίσης, μια ερώτηση για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, για τυχόν συγκρίσεις κατά την καύση των υδρογονανθράκων.

Τα προβλήματα της Π0 (σελ. 176) σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να απαιτούν διαφορετικές δεξιότητες από τους λύτες.

Το 1^ο πρόβλημα ήταν ένα πρόβλημα τύπου 3 (σελ. 24) με κλειστούς στόχους, οικείες μεθόδους, αλλά με ατελή δεδομένα, τα οποία αφορούσαν στην πραγματοποιούμενη αντίδραση, στη διερεύνηση της ύπαρξης περίσσειας και στο χρώμα του διαλύματος βρωμίου. Αποφασίσαμε να το αλλάξουμε καθώς κρίναμε ότι η λύση του ήταν αρκετά χρονοβόρα. Επιπλέον, θέλαμε ένα πρόβλημα που να απαιτεί και τη γνώση των σχετικών ατομικών μαζών του άνθρακα και του υδρογόνου. Ένα τέτοιο πρόβλημα είναι το 3^ο της Π1 (σελ. 178) που με τα δύο ερωτήματα που θέτει απαιτεί από το λύτη τη γνώση δύο αντιδράσεων, προσθήκης και καύσης, τη γνώση του κανόνα του Markovnikov ή του μηχανισμού της αντίδρασης, τη διερεύνηση ύπαρξης αντιδραστήριου σε περίσσεια, τη γνώση της περιεκτικότητας του αέρα σε οξυγόνο, τη γνώση της αρχής της διατήρησης της μάζας κατά τις χημικές αντιδράσεις και φυσικά την πραγματοποίηση στοιχειομετρικών υπολογισμών, που περιλαμβάνουν και τον

υπολογισμό σχετικών μοριακών μαζών από τη γνώση των σχετικών ατομικών μαζών του άνθρακα και του υδρογόνου.

Το 2^ο πρόβλημα (σελ. 176) αποτελούσε ένα πρόβλημα τύπου 1 (σελ. 24), δηλαδή μία άσκηση, που αφορά ένα μακροσκοπικό μέγεθος, τη μάζα. Στην Π1 (πρόβλημα 1^ο, σελ. 178) αντικαταστήσαμε το βουτάνιο με το πεντάνιο, καθώς το βουτάνιο περιεχόταν στο 4^ο πρόβλημα της Π1 (σελ.178). Επιπλέον, προσθέσαμε και τα στοιχειώδη σωματίδια για να συμπεριλάβουμε στην άσκηση και το μικρόκοσμο. Με το πρόβλημα αυτό στοχεύαμε να ελέγξουμε, εκτός από την αντίστοιχη δεξιότητα της χρήσης του αλγορίθμου, τη χρήση του mole ως τρόπο σύνδεσης του μικρόκοσμου με τον μακρόκοσμο.

Με το 3^ο πρόβλημα (σελ. 176), που είναι ίδιο με το 2^ο πρόβλημα της Π1 (σελ. 178), και αποτελεί ένα πρόβλημα τύπου 2 (σελ. 24), ζητούσαμε μία άλλη μέθοδο επίλυσης του 2^{ου} προβλήματος, ώστε να ελέγξουμε τη δεξιότητα του λύτη να αναζητά άλλες μεθόδους λύσης από αυτές που προτείνει αρχικά.

Το 4^ο πρόβλημα (σελ. 176) ήταν ένα πρόβλημα τύπου 5 (σελ. 24) με οικείες μεθόδους, ανοιχτούς στόχους και με τα δεδομένα να παρέχονται. Αποφασίσαμε να το αντικαταστήσουμε με ένα πρόβλημα τύπου 8 (πρόβλημα 4^ο στην Π1, σελ. 178), με ατελή δεδομένα, μη οικείες μεθόδους και ανοιχτούς στόχους, και διαδοχικά να το κλείνουμε ως προς τους στόχους, έτσι ώστε να πάρουμε πληροφορίες σχετικά με τον ευρετικό συλλογισμό των λυτών.

3.4.2 Πιλοτική συνέντευξη Π1

Η πιλοτική συνέντευξη Π1 έγινε με σημαντικές διορθώσεις του πρωτοκόλλου της συνέντευξης, με βάση τις παρατηρήσεις από την πιλοτική συνέντευξη Π0. Η εξάσκηση στη διατύπωση της σκέψης (thinking aloud) δεν προέβαλε την ανάγκη για κάποια άλλη αλλαγή στο πρωτόκολλο της κυρίως έρευνας. Οι ερωτήσεις του γνωστικού (σελ. 177) εξυπηρέτησαν το σκοπό τους, αλλά έπρεπε στην ερώτηση για την αντίδραση καύσης να ενταχθεί και το θερμοδυναμικό τμήμα που αφορά στην πρότυπη ενθαλπία καύσης, κάτι που εντάχθηκε στο πρωτόκολλο της Π2 (σελ. 179). Επίσης, στο πρωτόκολλο της Π2 εισήχθη μια ανοιχτή ερώτηση (ερώτηση 1) για τους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς και τη χρησιμότητά τους, ώστε να διερευνηθούν οι σχετικές γνώσεις των λυτών. Θεωρήθηκε καλό οι κλειστές ερωτήσεις που αφορούν τη

στοιχειομετρία από σωστές - λάθος να μετατραπούν σε ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού, ώστε η συμμετοχή του λύτη να είναι περισσότερο ενεργή. Αυτό δεν εφαρμόστηκε στην Π2, αλλά στην κυρίως έρευνα (ερώτηση 1, σελ. 181).

Για το 1^ο και το 2^ο πρόβλημα (σελ. 178) δεν προέκυψε ανάγκη για διόρθωση ούτε στη δομή, ούτε στη διατύπωση.

Στο 3^ο πρόβλημα (σελ. 178) και συγκεκριμένα στο πρώτο ερώτημά του παρατηρήθηκε σύγχυση ανάμεσα στη σύσταση του περιεχομένου της φιάλης και στην περιεκτικότητα του διαλύματος που υπάρχει στη φιάλη. Συνεπώς, έπρεπε το ζητούμενο να γίνει πιο σαφές στην κυρίως έρευνα (σελ.182). Επίσης, στο δεύτερο ερώτημα του 3^{ου} προβλήματος της κυρίως έρευνας (σελ.182) θεωρήθηκε καλό να αντικαταστήσουμε την πλήρη καύση με την καύση γενικά, ώστε να εξετάσουμε τη δεξιότητα των λυτών να διερευνήσουν το πρόβλημα με βάση τα είδη της καύσης.

Το 4^ο πρόβλημα (σελ. 178) επίσης μας έδωσε τις πληροφορίες που θέλαμε. Χρειάστηκε μόνο, για την κυρίως έρευνα (σελ.182), να χρησιμοποιήσουμε περισσότερο επιστημονικούς όρους που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, όπως η κατώτερη θερμογόνος δύναμη (ΚΘΔ), καθώς η πρότυπη ενθαλπία καύσης δεν έχει σημασία ως έκφραση στην καθημερινή ζωή και η παραγόμενη θερμότητα είναι γενικός όρος και δεν καθορίζει τις συνθήκες. Ως κατώτερη θερμογόνος δύναμη ορίζεται η ποσότητα της θερμότητας που ελευθερώνεται κατά την πλήρη καύση της μονάδας ποσότητας της ουσίας με τον παραγόμενο υδρατμό να παραμένει σε αέρια μορφή.

3.4.3 Πιλοτική συνέντευξη Π2

Η πιλοτική συνέντευξη Π2 πραγματοποιήθηκε σχεδόν αμέσως μετά την Π1 και τροποποιήσεις δεν υπήρχαν στο υλικό της, με εξαίρεση μικρές αλλαγές στις ερωτήσεις του γνωστικού. Η συνέντευξη αυτή επιβεβαίωσε τις παρατηρήσεις που έγιναν στην πιλοτική συνέντευξη Π1. Η ερώτηση 1 του γνωστικού (σελ. 179), που αποσκοπούσε στην ανάκληση γνώσεων σχετικά με τη στοιχειομετρία, αφαιρέθηκε στην κυρίως έρευνα, καθώς ουσιαστικά απαιτούσε από τους λύτες την παροχή ορισμού, κάτι που έφερε σε δύσκολη

θέση το λύτη της Π2. Στοχεύοντας στην άρση της δυσκολίας αυτής, προσθέσαμε τη ερώτηση 2 (σελ. 181) στο γνωστικό της κυρίως έρευνας. Η ερώτηση αυτή στοχεύει στη διερεύνηση της ικανότητας των λυτών να εξαγουν πληροφορίες από μία χημική εξίσωση.

Στο 3^ο πρόβλημα (σελ. 180) κρίθηκε πολύ πετυχημένη η χρήση του νερού, αφού εκλαμβάνεται ως διαλύτης και όχι ως αντιδρών σώμα, κάτι που μπορεί να αποδοθεί στον ευρετικό συλλογισμό της αναγνώρισης του νερού ως διαλύτη και όχι ως αντιδραστήριο. Επιπλέον, δεν είναι για το νερό εμφανή τα δύο τμήματά του, H-OH, όπως στα άλλα αντιδραστήρια προσθήκης.

Στην προέκταση του 4^{ου} προβλήματος, με το κλείσιμο των στόχων στη σύγκριση των δύο ουσιών ως καύσιμα, θεωρήθηκε καλό να αντικαταστήσουμε το πρόβλημα της Π2 (σελ. 180) με ένα ίδιο πρόβλημα (σελ. 182), αλλά με αλλαγή στη περιγραφή του, ώστε να γίνει αυθεντικό και άρα πιο απτό στους λύτες.

3.4.4 Συνεντεύξεις κυρίως έρευνας

Οι παρατηρήσεις των πιλοτικών συνεντεύξεων, όπως περιγράφηκαν παραπάνω, διαμόρφωσαν το τελικό πρωτόκολλο της κυρίως έρευνας, όπως παρουσιάζεται στο παράρτημα (σελ. 181-182).

Πιο αναλυτικά, το παράδειγμα προβλήματος και το πρόβλημα εξάσκησης είναι δύο ισοδύναμα προβλήματα που για τη λύση τους χρησιμοποιείται ο τύπος της πυκνότητας. Στο μεν παράδειγμα ζητείται η μάζα ενός σώματος και στο πρόβλημα εξάσκησης ο όγκος ενός άλλου σώματος.

Οι ερωτήσεις του γνωστικού περιλαμβάνουν τη σχέση του mole με άλλα μεγέθη, όπως ο αριθμός ατόμων ή μορίων, η μάζα και ο όγκος, μέσω ερωτήσεων συμπλήρωσης κενού. Επίσης, περιέχεται ερώτηση που απαιτεί την ανάκτηση πληροφοριών από τη χημική εξίσωση της αντίδρασης σχηματισμού της αμμωνίας, μια εξίσωση που περιλαμβάνει διάφορους συντελεστές και δείκτες και απαιτεί από το λύτη καλή γνώση γύρω από τις χημικές εξισώσεις. Ακολουθούν ανοιχτές ερωτήσεις, σχετικές με τις αντιδράσεις προσθήκης και καύσης, αλλά και σχετικά με το φαινόμενο και τα αέρια του θερμοκηπίου.

Το κεντρικό μέρος της έρευνας αποτελούν τέσσερα προβλήματα. Το πρώτο είναι ένα πρόβλημα τύπου 1 (σελ. 24) και απαιτεί την ανάκληση αλγορίθμου για τους λύτες που έχουν έρθει πρόσφατα σε επαφή με προβλήματα στοιχειομετρίας. Για τους λύτες που δεν έχουν πρόσφατη επαφή με τέτοια προβλήματα, το πρώτο πρόβλημα αποτελεί γι' αυτούς ένα πρόβλημα τύπου 2 (σελ. 24). Το δεύτερο πρόβλημα αποτελεί για όλους τους λύτες ένα πρόβλημα τύπου 2, που απαιτεί από αυτούς την αναζήτηση άλλης μεθόδου λύσης από αυτή που πρότειναν για το πρώτο πρόβλημα. Εξαίρεση αποτελούν οι λύτες που γνωρίζουν και δεύτερη αλγοριθμική μέθοδο. Το τρίτο πρόβλημα είναι ένα πρόβλημα τύπου 3 (σελ. 24), και για τα δύο διακριτά επιμέρους προβλήματα που περιέχει για τους λύτες που έχουν έρθει πρόσφατα σε επαφή με προβλήματα στοιχειομετρίας. Αποτελεί, όμως, πρόβλημα τύπου 4 (σελ. 24) για τους λύτες που δεν έχουν πρόσφατη επαφή με προβλήματα στοιχειομετρίας και πρέπει να βρουν μέθοδο επίλυσης των προβλημάτων αυτών. Και τα δύο ερωτήματα του τρίτου προβλήματος χαρακτηρίζονται από ελλιπή δεδομένα, τα οποία ο λύτης πρέπει να τα ανακαλέσει ή να τα αναζητήσει μέσω της ανάλυσης των προβλημάτων, προκειμένου να τα λύσει. Τέλος, το τέταρτο πρόβλημα είναι ένα πρόβλημα τύπου 8 (σελ. 24), με ελλιπή δεδομένα, ανοιχτούς στόχους και μη οικείες μεθόδους, εφόσον δεν υπάρχει συγκεκριμένη τακτική για να προβεί ο λύτης στη σύγκριση δύο ουσιών. Το πρόβλημα αυτό, κατά τη διάρκεια της λύσης του, παρέχει τη δυνατότητα να περιοριστούν οι στόχοι του (σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα) παραμένοντας όμως πρόβλημα τύπου 8. Το ερώτημα που κλείνει το τέταρτο πρόβλημα (επιλογή καυσίμου) και που αντιστοιχεί στο αυθεντικό πρόβλημα αποτελεί ένα πρόβλημα τύπου 4 (σελ. 24), αφού ο στόχος του είναι κλειστός, ενώ απαιτεί αναγνώριση και αναζήτηση ή ανάκληση δεδομένων και εξεύρεση μεθόδου επίλυσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μετά τη συλλογή των πρωτοκόλλων διατύπωσης της σκέψης ακολούθησε απομαγνητοφώνηση αυτών. Τα κείμενα που προέκυψαν, όπως και οι γραπτές απαντήσεις των λυτών, χρησιμοποιήθηκαν για να απαντήσουμε στα ερευνητικά ερωτήματα.

4.1 Πρώτο ερευνητικό ερώτημα

Ποιες είναι οι δεξιότητες που διαθέτουν οι λύτες, οι οποίοι έχουν διαφορετικό επίπεδο και ρόλο στην εκπαίδευση και ποια είναι η πρόοδος των δεξιοτήτων αυτών;

Τα πέντε προβλήματα 1^ο, 2^ο, 3^ο (προσθήκης και καύσης) και 4^ο της σελ. 182, τα οποία κλήθηκαν να λύσουν οι συμμετέχοντες στην παρούσα έρευνα, ήταν έτσι σχεδιασμένα ώστε η λύση τους να αντανακλά κάποιες συγκεκριμένες δεξιότητες των λυτών. Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων αναδείχθηκε ότι οι δεξιότητες που απαιτούνταν για την λύση κάποιων προβλημάτων δεν ήταν ίδιες για όλες τις κατηγορίες των λυτών.

Για παράδειγμα, το πρώτο πρόβλημα που ουσιαστικά αποτελεί μία άσκηση για τους λύτες οι οποίοι έχουν έρθει πρόσφατα σε επαφή με τη λύση προβλημάτων στοιχειομετρίας απαιτεί από αυτούς τη δεξιότητα της ανάκλησης ενός αλγορίθμου. Αντίθετα, οι λύτες που έχουν ασχοληθεί στο παρελθόν με τη λύση τέτοιων προβλημάτων αλλά παρόλα αυτά δεν έχουν έρθει σε επαφή για αρκετό χρονικό διάστημα με αυτά δεν διαθέτουν τη δεξιότητα της ανάκλησης αλγορίθμου. Από αυτούς απαιτείται η δεξιότητα αναζήτησης μιας μεθόδου, που θα οδηγήσει στη λύση του προβλήματος. Η ίδια δεξιότητα απαιτήθηκε, όμως, και από τους πρώτους λύτες, όταν αυτοί κλήθηκαν στο δεύτερο πρόβλημα να προτείνουν μία άλλη μέθοδο λύσης από αυτήν που ανακάλεσαν αρχικά, προκειμένου να λύσουν το πρώτο πρόβλημα. Έτσι, για τους μεν πρώτους λύτες, το πρώτο πρόβλημα αποτελεί ένα πρόβλημα τύπου 1 (σελ. 24), ενώ για τους δεύτερους αποτελεί ένα πρόβλημα

τύπου 2. Το δεύτερο πρόβλημα, όμως, αποτελεί ένα πρόβλημα τύπου 2 για όλες τις ομάδες των λυτών.

Ομοίως, τα προβλήματα της προσθήκης και της καύσης, αποτελούν για τους λύτες που έχουν ασχοληθεί πρόσφατα με στοιχειομετρικά προβλήματα αντιδράσεων προσθήκης και καύσης προβλήματα τύπου 3. Σε αυτά απαιτείται από το λύτη η ανάλυσή τους, ώστε να αναγνωριστούν και να αναζητηθούν τα επιπλέον δεδομένα που απαιτούνται για τη λύση του προβλήματος. Για τους λύτες, που έχουν αποκοπεί από τη λύση τέτοιων προβλημάτων για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, τα παραπάνω προβλήματα ανήκουν στον τύπο 4. Είναι, δηλαδή, προβλήματα που εκτός από την αναγνώριση και την αναζήτηση των επιπλέον δεδομένων απαιτούν και τη δεξιότητα εύρεσης μεθόδου προκειμένου να λυθούν, οπότε αποτελούν προβλήματα τύπου 4.

Ο χαρακτηρισμός του τύπου του πρώτου προβλήματος, του δεύτερου προβλήματος και των προβλημάτων προσθήκης και καύσης για τις ομάδες των λυτών, γίνεται με βάση τις απαντήσεις τους στις ερωτήσεις 1 έως 4 του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων (σελ. 181).

4.1.1 Ανάλυση των απαντήσεων του γνωστικού

Πριν αναλύσουμε το γνωστικό μέρος των πρωτοκόλλων, πρέπει να τονιστεί ότι το τμήμα αυτό των πρωτοκόλλων δεν είχε μόνο στόχο την ανίχνευση των γνώσεων των λυτών, αλλά και την ανατροφοδότησή τους πάνω στη θεωρία των στοιχειομετρικών υπολογισμών. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται συνοπτικά οι απαντήσεις των λυτών στο γνωστικό μέρος των πρωτοκόλλων.

Πίνακας 2: Οι απαντήσεις των λυτών στο γνωστικό μέρος των πρωτοκόλλων

Λύτες	Ερωτήσεις γνωστικού (σελ. 181)						
	1	2	3	4	5		
M1	Πλήρης απάντηση	Αναλογία mole	Αντιδρώντα – Προϊόντα	Τα αλκάνια δίνουν αντιδράσεις προσθήκης	ΔΑ τον ορισμό της ΠΕΚ	CO ₂	
M2		Αναλογία μορίων και mole		Πλήρης απάντηση	Ελλιπής ορισμός της ΠΕΚ	ΔΑ τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου	
M3		Αναλογία μορίων				Πλήρης απάντηση	CO ₂
M4							
M5	ΔΑ Ar, N _A	Αναλογία mole		ΔΑ τα δύο είδη καύσης	Σύγκυση με την τρύπα του όζοντος & ΔΑ τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου		
ΦΑ1	ΔΑ Ar και 22,4L	Αναλογία μορίων και mole	Αντιδρώντα – Προϊόντα	Πλήρης απάντηση	ΔΑ τον ορισμό της ΠΕΚ	ΔΑ	
ΦΑ2	ΔΑ Ar	Αναλογία mole			Ελλιπής ορισμός της ΠΕΚ	CO ₂	
ΦΑ3	ΔΑ Ar και 22,4L				ΔΑ διαφορές στα είδη καύσεων & Ελλιπής ορισμός της ΠΕΚ	ΔΑ τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου	
ΦΑ4	ΔΑ Ar				Αναλογία μορίων και mole	ΔΑ τον ορισμό της ΠΕΚ	
ΦΑ5	ΔΑ	Αναλογία μορίων		ΔΑ	ΔΑ διαφορές στα είδη καύσεων & τον ορισμό της ΠΕΚ	CO ₂	
ΦΒ1	ΔΑ Ar	Αναλογία μορίων	Αντιδρώντα – Προϊόντα	Τα αλκάνια δίνουν αντιδράσεις προσθήκης	ΔΑ τα είδη καύσης και τις διαφορές τους & Ελλιπής ορισμός της ΠΕΚ	CO ₂	
ΦΒ2	ΔΑ Ar και 22,4L			Αναλογία ατόμων	ΔΑ	ΔΑ τι είναι καύση, τα είδη και τις διαφορές & Ελλιπής ορισμός της ΠΕΚ	CO ₂ , O ₂ , N ₂ ΔΑ το αποτέλεσμα του φαινομένου
ΦΒ3	ΔΑ Ar	ΔΑ το νερό ως προϊόν & Ελλιπής ορισμός της ΠΕΚ	Σύγκυση με όξινη βροχή CO ₂				
ΦΒ4	ΔΑ Ar και 22,4L	Αναλογία mole	Αντιδραση σύνθεσης αμμωνίας			ΔΑ τη διαφορά των ειδών καύσης, το νερό ως προϊόν & τον ορισμό ΠΕΚ	CO ₂
ΦΒ5	Αντί για Ar ανακαλεί n×Mr ΔΑ 22,4L	Αναλογία ατόμων		Πλήρης απάντηση	ΔΑ τα είδη καύσης και τη διαφορά τους & Ελλιπής ορισμός της ΠΕΚ	N ₂ , S Σύγκυση με όξινη βροχή CO ₂	
E1	Πλήρης απάντηση	Μοριακοί τύποι & Αναλογία μορίων και mole	Αντιδρώντα – Προϊόντα	Πλήρης απάντηση	Ελλιπής ορισμός της ΠΕΚ	CO ₂ , CH ₄ , CFCs, NO _x , H ₂ O	
E2		Ενώσεις και στοιχεία που συμμετέχουν στην αντίδραση, Αναλογία μορίων και mole & Αναλογίες μαζών, όγκων				CO ₂ , CH ₄	
E3		Αναλογία mole, όγκων					
E4		Αναλογία mole					
E5		Αναλογία μορίων και mole				Πλήρης απάντηση	CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O

Συντομογραφίες

ΔΑ: Δεν ανακαλεί – ΠΕΚ: Πρότυπη ενθαλπία καύσης

Οι ερωτήσεις 1 και 2 του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων (σελ. 181) στόχευαν στην ανίχνευση των βασικών γνώσεων που πρέπει να διαθέτει κάποιος λύτης προκειμένου να λύσει προβλήματα στοιχειομετρίας.

Ξεκινώντας από την πιο αρχαία ομάδα λυτών, οι μαθητές παρουσιάζονται να γνωρίζουν τις βασικές γνώσεις που απαιτούνται για να κάνουν στοιχειομετρικούς υπολογισμούς με εξαίρεση ένα μαθητή, τον Μ5, ο οποίος εμφανίζει δυσκολία στο να προσδιορίσει τη μάζα και τον αριθμό των ατόμων που περιέχονται σε 1 mole ατόμων ενός στοιχείου. Μετά από την ανατροφοδότηση όμως, από την ερευνήτρια, που έλαβε χώρα πάνω στα συγκεκριμένα ερωτήματα, ο μαθητής αυτός προσδιόρισε τη μάζα και τον αριθμό των μορίων που περιέχονται σε 1 mole μορίων ενός στοιχείου ή μιας ένωσης.

Το σύνολο των μαθητών στην ερώτηση 2 απαντά ικανοποιητικά σχετικά με τις πληροφορίες που παίρνει από μία χημική εξίσωση. Οι πληροφορίες αυτές εστιάζονται στον προσδιορισμό των αντιδρώντων και των προϊόντων της αντίδρασης, καθώς και στον προσδιορισμό των αναλογίων των mol ή των μορίων, με τις οποίες τα αντιδρώντα και τα προϊόντα παίρνουν μέρος στην αντίδραση.

Βάσει των παρατηρήσεων αυτών, κρίναμε ότι το πρώτο πρόβλημα των πρωτοκόλλων αντιστοιχεί για τους μαθητές σε ένα πρόβλημα τύπου 1 (σελ. 24), το οποίο για τη λύση του απαιτεί την ανάκληση ενός αλγορίθμου.

Συνεχίζοντας με την αμέσως πιο έμπειρη ομάδα, οι πρωτοετείς φοιτητές στο σύνολό τους δεν μπορούν να προσδιορίσουν τη μάζα του 1 mole ατόμων ενός στοιχείου. Προσδιορίζουν, όμως, τη μάζα 1 mole μορίων ενός στοιχείου ή μιας ένωσης, αφού πρώτα δοθεί η απάντηση στην προηγούμενη ερώτηση, με εξαίρεση τον ΦΑ5, ο οποίος δεν συμπληρώνει σωστά κανένα από τα κενά της ερώτησης 1. Επιπλέον, τρεις από τους φοιτητές, οι ΦΑ1, ΦΑ3 και ΦΑ5 δεν μπορούν να ανακαλέσουν τον όγκο που καταλαμβάνει 1 mole ενός αερίου σε συνθήκες STP.

Όπως και η ομάδα των μαθητών, έτσι και η ομάδα των πρωτοετών φοιτητών απαντά σωστά στην ερώτηση 2, δίνοντας πληροφορίες σχετικά με τα αντιδρώντα και προϊόντα της αντίδρασης, καθώς και με τις αναλογίες mole ή μορίων, με τις οποίες αυτά συμμετέχουν στην αντίδραση.

Από τα παραπάνω είναι εμφανές ότι το θεωρητικό υπόβαθρο των στοιχειομετρικών υπολογισμών, για τους πρωτοετείς φοιτητές παρουσιάζει κάποιες ελλείψεις, κάτι που δικαιολογεί τον χαρακτηρισμό του πρώτου προβλήματος, ως ένα πρόβλημα τύπου 2 (σελ. 24), το οποίο απαιτεί την εύρεση μιας μεθόδου, προκειμένου να λυθεί.

Παρόμοια εικόνα με τους πρωτοετείς φοιτητές εμφανίζουν και οι επί πτυχίω φοιτητές, στις απαντήσεις που δίνουν στην ερώτηση 1. Δεν μπορούν, δηλαδή, να προσδιορίσουν τη μάζα του 1 mole ατόμων ενός στοιχείου, ενώ μετά από την ανατροφοδότηση που τους παρέχεται προσδιορίζουν αναλογικά τη μάζα 1 mole μορίων ενός στοιχείου ή μιας ένωσης. Εξαίρεση αποτελεί ο φοιτητής ΦΒ5, ο οποίος αναφέρει λανθασμένα ότι η μάζα του 1 mole ατόμων μπορεί να βρεθεί από το γινόμενο του αριθμού των mole και του μοριακού βάρους. Εφαρμόζει, δηλαδή, τη μαθηματική σχέση $m=n \times Mr$, χωρίς όμως να μπορεί να την αναλύσει αντικαθιστώντας το n με το 1 mole και το Mr με το Ar . Επιπλέον, τρεις φοιτητές, οι ΦΒ2, ΦΒ4 και ΦΒ5 δεν μπορούν να προσδιορίσουν τον όγκο που καταλαμβάνει 1 mole ενός αερίου σε συνθήκες STP.

Σχετικά με την ερώτηση 2 του γνωστικού μέρους, οι φοιτητές που βρίσκονται στο πτυχίο ενώ απαντούν όμοια με τις δύο προηγούμενες ομάδες, εμφανίζουν μία σύγχυση ανάμεσα στην έννοια του μορίου και του ατόμου. Συγκεκριμένα, οι ΦΒ3 και ΦΒ5, αναφέρουν αναλογία ατόμων (2 άτομα αζώτου προς 6 άτομα υδρογόνου) στην αντίδραση σύνθεσης της αμμωνίας και όχι αναλογία μορίων (1 μόριο αζώτου προς 3 μόρια υδρογόνου).

Από τις απαντήσεις των επί πτυχίω φοιτητών σε αυτές τις δύο ερωτήσεις, οδηγηθήκαμε στον χαρακτηρισμό του πρώτου προβλήματος, ως ένα πρόβλημα τύπου 2 και για αυτήν την ομάδα των λυτών.

Οι πλέον έμπειροι από τους λύτες, η ομάδα των εκπαιδευτικών, απαντά πλήρως και με άνεση στις ερωτήσεις συμπλήρωσης κενών της ερώτησης 1. Για την ερώτηση 2, εκτός από τις απαντήσεις που δίνουν οι τρεις προηγούμενες ομάδες, παρέχονται και άλλες πληροφορίες, όπως σχετικά με την ανάλυση των μοριακών τύπων των ενώσεων, που περιέχονται στη χημική εξίσωση, και τις αναλογίες μαζών και όγκων με τις οποίες τα αντιδρώντα και τα προϊόντα συμμετέχουν στην αντίδραση.

Για τους εκπαιδευτικούς, όπως και για τους μαθητές, το πρώτο πρόβλημα, αποτελεί ένα πρόβλημα τύπου 1 το οποίο όμως καλούνται να λύσουν και με έναν άλλο τρόπο αυτές οι δύο ομάδες, όπως ζητείται από το δεύτερο πρόβλημα. Έτσι, για την δεξιότητα εύρεσης μεθόδου, πέρα από την αλγοριθμική μέθοδο, θα μπορέσει να γίνει σύγκριση μεταξύ των τεσσάρων ομάδων. Κάτι τέτοιο δεν μπορεί να γίνει για τη δεξιότητα της ανάκλησης αλγορίθμου, για την οποία θα συγκριθούν οι ομάδες των εκπαιδευτικών και των μαθητών, εφόσον οι δύο άλλες ομάδες δεν μπορούν να ανακαλέσουν έναν αλγόριθμο για τη λύση του προβλήματος, εξαιτίας της απουσίας επαφής τους με τους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.

Οι ερωτήσεις 3 και 4 (σελ. 181) αναφέρονταν στο θεωρητικό υπόβαθρο των αντιδράσεων προσθήκης και καύσης αντίστοιχα, πάνω στις οποίες βασίζονταν οι στοιχειομετρικοί υπολογισμοί των προβλημάτων προσθήκης και καύσης (ερωτήματα του 3^{ου} προβλήματος της σελ. 182). Εξαίρεση παρουσιάζει το υποερώτημα της ερώτησης 4 που σχετίζεται με τον ορισμό της πρότυπης ενθαλπίας καύσης. Αυτό είναι απαραίτητο για την λύση του τέταρτου προβλήματος (σελ. 182).

Οι μαθητές, γνωρίζουν και παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το θεωρία των αντιδράσεων προσθήκης. Το μοναδικό λάθος παρατηρείται στον μαθητή M1, ο οποίος συμπεριλαμβάνει και τα αλκάνια στους υδρογονάνθρακες που δίνουν αντιδράσεις προσθήκης. Κατά τη διάρκεια όμως της επεξήγησης του μηχανισμού των αντιδράσεων προσθήκης αντιλαμβάνεται το λάθος του.

Το θεωρητικό υπόβαθρο της αντίδρασης της καύσης δείχνει να κατέχεται πλήρως από δύο μαθητές, τους M3 και M4. Ο μαθητής M1 δεν μπορεί να ορίσει την πρότυπη ενθαλπία καύσης, ενώ ο μαθητής M2 στον ίδιο ορισμό αναφέρει τις πρότυπες συνθήκες και όχι την πρότυπη κατάσταση. Σοβαρότερο πρόβλημα παρουσιάζει ο μαθητής M5, ο οποίος δεν θυμάται τα δύο είδη καύσης (τέλεια και ατελής). Τα ανακαλεί, όμως, μετά την ανατροφοδότηση, και αναφέρει και τις διαφορές που παρουσιάζουν.

Οι μαθητές συνολικά παρουσιάζουν μια καλή εικόνα σχετικά με τη θεωρία που απαιτείται για τη λύση των προβλημάτων προσθήκης και καύσης. Για το λόγο αυτό και τα δύο προβλήματα αποτελούν για αυτούς προβλήματα τύπου 3

(σελ. 24). Είναι, δηλαδή, προβλήματα που χαρακτηρίζονται από οικείες μεθόδους και επιπλέον απαιτούν από τους λύτες την δεξιότητα της αναγνώρισης και της αναζήτησης των απαραίτητων δεδομένων προκειμένου να λυθούν.

Η ομάδα των πρωτοετών φοιτητών δίνει πλήρεις απαντήσεις στην ερώτηση για τις αντιδράσεις προσθήκης, με εξαίρεση τον ΦΑ5, ο οποίος ενώ αρχικά δεν μπορεί να θυμηθεί τις ζητούμενες πληροφορίες, κατά την παροχή των πληροφοριών και συγκεκριμένα του μηχανισμού της αντίδρασης προσθήκης, ανακαλεί το μηχανισμό και τον περιγράφει.

Σχετικά με τις ερωτήσεις που αναφέρονται στην αντίδραση της καύσης, οι πρωτοετείς φοιτητές δείχνουν να κατέχουν την θεωρία με εξαίρεση τον ορισμό της πρότυπης ενθαλπίας καύσης. Πιο συγκεκριμένα, οι ΦΑ3 και ΦΑ5 δεν μπορούν να αναφέρουν τις διαφορές μεταξύ της τέλει και της ατελούς καύσης, ενώ το σύνολο των φοιτητών αυτών αδυνατούν να δώσουν τον ορισμό της πρότυπης ενθαλπίας καύσης ή τον δίνουν ελλιπώς.

Οι αναφερόμενες παρατηρήσεις, για την ομάδα αυτή, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι απαραίτητες γνώσεις σχετικά με τις αντιδράσεις προσθήκης και καύσης υπάρχουν. Τα προβλήματα, όμως, προσθήκης και καύσης θα πρέπει να χαρακτηριστούν ως προβλήματα τύπου 4 (σελ. 24), καθώς όπως προέκυψε από τη διερεύνηση γνώσεων σχετικά με τους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς, οι πρωτοετείς φοιτητές παρουσιάζουν ελλείψεις στο γνωστικό τους υπόβαθρο. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια επιπλέον δεξιότητα που απαιτείται, εκτός από αυτήν της αναγνώρισης και της αναζήτησης των απαραίτητων δεδομένων για τη λύση των προβλημάτων. Πρόκειται για τη δεξιότητα εύρεσης μεθόδου λύσης του προβλήματος.

Η διερεύνηση του θεωρητικού υποβάθρου των επί πτυχίω φοιτητών σχετικά με τις αντιδράσεις προσθήκης αποκαλύπτει σοβαρές ελλείψεις γύρω από το συγκεκριμένο θέμα. Πιο συγκεκριμένα, ο ΦΒ1 αναφέρει ότι αντιδράσεις προσθήκης μπορούν να δώσουν και τα αλκάνια, εκτός από τα αλκένια. Με την περιγραφή, όμως, του μηχανισμού της αντίδρασης αυτής συνειδητοποιεί ότι αντιδράσεις προσθήκης δίνουν μόνο οι υδρογονάνθρακες που είναι ακόρεστοι. Ο φοιτητής ΦΒ2 δηλώνει αδυναμία να δώσει απάντηση στην ερώτηση αυτή και οι ΦΒ3 και ΦΒ4, ενώ αρχικά δεν θυμούνται τίποτα σχετικά με τις αντιδράσεις προσθήκης, με την επεξήγηση του μηχανισμού από

την ερευνήτρια ανακαλούν στη μνήμη τους το είδος των αντιδράσεων αυτών και περιγράφουν το μηχανισμό τους. Ο ΦΒ5 είναι και ο μοναδικός από τους επί πτυχίω φοιτητές που δείχνει να κατέχει πλήρως τη θεωρία των αντιδράσεων προσθήκης.

Τα κενά των φοιτητών που βρίσκονται στο πτυχίο είναι εμφανή και όσον αφορά στη θεωρία των αντιδράσεων καύσης. Στο σύνολο των φοιτητών παρουσιάζονται ελλείψεις σχετικά με τον ορισμό της αντίδρασης καύσης, με την ανάκληση της τέλει και της ατελούς καύσης και των διαφορών τους και με την αναφορά των αντιδρώντων και των προϊόντων της αντίδρασης αυτής. Ειδικότερα, δύο από τους φοιτητές, οι ΦΒ3 και ΦΒ4, ενώ αναφέρουν τα προϊόντα της καύσης του άνθρακα, δυσκολεύονται να αναφέρουν ως προϊόν καύσης των υδρογονανθράκων το νερό. Όσον αφορά στον ορισμό της πρότυπης ενθαλπίας καύσης, δίνονται από όλους τους φοιτητές ελλιπείς ορισμοί με εξαίρεση τον ΦΒ4 που αδυνατεί να δώσει τον ορισμό αυτό.

Και στην περίπτωση των επί πτυχίω φοιτητών τα προβλήματα προσθήκης και καύσης αποτελούν προβλήματα τύπου 4, όχι μόνο εξαιτίας των ελλείψεων στη θεωρία γύρω από τους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς, αλλά και εξαιτίας των ανεπαρκών απαντήσεων στις ερωτήσεις 3 και 4 του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων.

Οι εκπαιδευτικοί δίνουν πλήρεις απαντήσεις τόσο στις ερωτήσεις που αφορούν στις αντιδράσεις προσθήκης, όσο και σε αυτές που αφορούν στις αντιδράσεις καύσης. Στον ορισμό της πρότυπης ενθαλπίας καύσης υπάρχει μία σύγχυση των όρων «πρότυπες συνθήκες» και «πρότυπη κατάσταση» από τους Ε1, Ε2 και Ε3, ενώ ο Ε1 ορίζει την καύση της ουσίας χωρίς να αναφέρεται στο 1 mole της ουσίας αυτής.

Κατά συνέπεια, τα προβλήματα προσθήκης και καύσης αποτελούν για τους εκπαιδευτικούς προβλήματα τύπου 3, όπως και για τους μαθητές.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σχετικά με τη δεξιότητα της οποίας θα μελετηθεί η ύπαρξη και η πρόοδος. Πρόκειται για την δεξιότητα της αναγνώρισης και της αναζήτησης των απαραίτητων δεδομένων, προκειμένου να λυθούν τα προβλήματα προσθήκης και καύσης, η οποία προκύπτει μέσω της ανάλυσης των προβλημάτων αυτών. Η επιπρόσθετη δεξιότητα της εύρεσης μεθόδου για τη λύση των αναφερόμενων προβλημάτων δεν μπορεί να μελετηθεί, παρά μόνο για τις ομάδες των

πρωτοετών και των επί πτυχίω φοιτητών, καθώς αφορά μόνο αυτούς τους λύτες. Για τις ομάδες, όμως, των μαθητών και των εκπαιδευτικών μπορεί να μελετηθεί η δεξιότητα ανάκλησης αλγορίθμου, αφού για τις ομάδες αυτές οι μέθοδοι επίλυσης των προβλημάτων προσθήκης και καύσης είναι οικείες.

Η ερώτηση 5 (σελ. 181) του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων αποσκοπούσε στην ανίχνευση των γνώσεων των λυτών σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η ερώτηση αυτή μαζί με τον ορισμό της πρότυπης ενθαλπίας καύσης, σχετίζονται με το τέταρτο πρόβλημα, το οποίο είναι ένα πρόβλημα τύπου 8 (σελ. 24) και σταδιακά μετατρέπεται σε πρόβλημα τύπου 4 για όλες τις ομάδες των λυτών.

Οι μαθητές αναφέρουν το άμεσο αποτέλεσμα του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τρεις από αυτούς, οι M1, M3 και M4, αναφέρουν ως αέριο του θερμοκηπίου το διοξείδιο του άνθρακα, ενώ οι υπόλοιποι δύο, M2 και M5, αδυνατούν να ανακαλέσουν κάποια από τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου. Ειδικότερα ο M5 παρουσιάζει σύγχυση ανάμεσα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην «τρύπα» του όζοντος.

Από τους πρωτοετείς φοιτητές, ο ΦΑ1 δεν απαντά στη ερώτηση 5, ενώ και οι τέσσερις υπόλοιποι φοιτητές αναγνωρίζουν το άμεσο αποτέλεσμα του φαινομένου. Οι ΦΑ2 και ΦΑ5 υποδεικνύουν ως αέριο του θερμοκηπίου το διοξείδιο του άνθρακα και οι ΦΑ3 και ΦΑ4 δεν μπορούν να ανακαλέσουν κάποιο αέριο που να παίζει αυτό το ρόλο.

Σύγχυση ανάμεσα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στο φαινόμενο της όξινης βροχής παρουσιάζεται σε δύο επί πτυχίω φοιτητές, ΦΒ3 και ΦΒ5, οι οποίοι όμως στη συνέχεια αποσαφηνίζουν το φαινόμενο, ενώ ως αέριο του θερμοκηπίου αναφέρουν το διοξείδιο του άνθρακα. Το ίδιο αέριο αναφέρουν και οι φοιτητές ΦΒ1 και ΦΒ4, οι οποίοι ανακαλούν αμέσως την άμεση συνέπεια του φαινομένου. Ο ΦΒ2 εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα θεωρεί υπεύθυνα το οξυγόνο και το άζωτο, ενώ αδυνατεί να αποδώσει το αποτέλεσμα που έχει η αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων αυτών.

Τέλος, οι εκπαιδευτικοί περιγράφουν με σαφήνεια το φαινόμενο και αναφέρουν εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως το μεθάνιο, τους υδρατμούς, τα οξείδια του αζώτου και τους χλωροφθοράνθρακες.

Αμέσως παρακάτω παρατίθενται συγκεντρωτικά, στον πίνακα 3, οι τύποι των προβλημάτων των πρωτοκόλλων και οι δεξιότητες, των οποίων μελετάται η ύπαρξη και η πρόοδος των ομάδων των λυτών.

Πίνακας 3: Δεξιότητες που εξετάζονται στην παρούσα έρευνα

Προβλήματα		Τύπος προβλήματος ανά ομάδα λυτών				Δεξιότητα που μελετάται
		Μ	ΦΑ	ΦΒ	Ε	
1 ^ο		1			1	Ανάκληση αλγορίθμου για τις ομάδες Μ και Ε
			2	2		Εύρεση μεθόδου για όλες τις ομάδες
2 ^ο		2			2	
3 ^ο	Καύσης	3	4	4	3	1. Αναγνώριση και αναζήτηση δεδομένων 2. Ανάκληση αλγορίθμου για τις ομάδες Μ και Ε 3. Εύρεση μεθόδου για τις ομάδες ΦΑ και ΦΒ
	Προσθήκης	3	4	4	3	
4 ^ο	(σύγκριση μεθανίου-βουτανίου)	8	8	8	8	1. Εύρεση στόχων 2. Αναγνώριση και αναζήτηση δεδομένων 3. Εύρεση μεθόδων επίλυσης Για όλες τις ομάδες
	(σύγκριση ως καύσιμα)	8	8	8	8	1. Εύρεση στόχων 2. Αναγνώριση και αναζήτηση δεδομένων 3. Εύρεση μεθόδων επίλυσης Για όλες τις ομάδες
	(επιλογή καυσίμου)	4	4	4	4	1. Αναγνώριση και αναζήτηση δεδομένων 2. Εύρεση μεθόδων επίλυσης Για όλες τις ομάδες

4.1.2 Ανάλυση του πρώτου και του δεύτερου προβλήματος

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ανάλυση του πρώτου και του δεύτερου προβλήματος (σελ. 182) των πρωτοκόλλων, όπως και των άλλων προβλημάτων, έχει ως στόχο την εύρεση των δεξιοτήτων που διαθέτουν οι λύτες, οι οποίοι έχουν διαφορετικό επίπεδο και ρόλο στην εκπαίδευση, καθώς και τη μελέτη της προόδου των δεξιοτήτων αυτών ανάμεσα στις ομάδες λυτών. Μία από τις δεξιότητες είναι η **ανάκληση αλγορίθμου** για την λύση του πρώτου προβλήματος, η οποία μελετάται μόνο για τις ομάδες των μαθητών και των εκπαιδευτικών. Άλλη δεξιότητα που μελετάται είναι η **εύρεση μεθόδου** λύσης του πρώτου προβλήματος. Για την δεξιότητα αυτή λαμβάνονται υπόψη οι λύσεις των δύο ομάδων των φοιτητών στο πρώτο πρόβλημα και οι λύσεις των μαθητών και των εκπαιδευτικών στο δεύτερο πρόβλημα.

4.1.2.1 Μέθοδοι επίλυσης του πρώτου και του δεύτερου προβλήματος

Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων των λυτών προέκυψαν οι παρακάτω μέθοδοι επίλυσης του πρώτου και του δεύτερου προβλήματος. Πριν όμως εκτεθούν οι μέθοδοι αυτοί πρέπει να τονιστεί ότι ως αλγοριθμικές θεωρήθηκαν, για την παρούσα έρευνα, οι μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν αυτόματα από τους λύτες (1).

Μέθοδος mole

1. Υπολογισμός της σχετικής μοριακής μάζας πεντανίου:

$$Mr(C_5H_{12}) = (5 \times 12) + (12 \times 1) = 60 + 12 = 72 \text{ g/mol}$$

2. Υπολογισμός του αριθμού των mol της ένωσης:

$$n(C_5H_{12}) = 144\text{g} / (72\text{g/mol}) = 2\text{mol}$$

3. Καθορισμός του αριθμού των mol του άνθρακα και του υδρογόνου:

$$1\text{mol } C_5H_{12} \text{ περιέχει } 5\text{mol } C \text{ και } 12\text{mol } H$$

$$\text{Άρα } n(C) = (2 \times 5)\text{mol} = 10\text{mol } C \text{ και } n(H) = (2 \times 12)\text{mol} = 24\text{mol } H$$

4. Υπολογισμός της μάζας του άνθρακα και του αριθμού των ατόμων του υδρογόνου:

$$m(C) = n(C) \times Ar(C) = 10\text{mol} \times 12 \text{ (g/mol)} = 120\text{g}$$

$$N(H) = n(H) \times N_A = 24 \text{ mol} \times N_A \text{ άτομα H} / \text{mol} = 24 \times N_A \text{ άτομα}$$

Αναλογική μέθοδος

Για την μάζα του άνθρακα (1^η εκδοχή)

1. Υπολογισμός της σχετικής μοριακής μάζας πεντανίου:

$$Mr(C_5H_{12}) = (5 \times 12) + (12 \times 1) = 60 + 12 = 72 \text{ g/mol}$$

2. Εύρεση μίας σχέσης μεταξύ των μαζών του C και του C₅H₁₂,

$$\underline{m(C) / m(C_5H_{12})}:$$

$$m(C) / m(C_5H_{12}) = 5 \times Ar(C) / Mr(C_5H_{12})$$

3. Επίλυση της παραπάνω σχέσης ως προς m(C):

$$m(C) = [5 \times Ar(C) / Mr(C_5H_{12})] \times m(C_5H_{12})$$

4. Υπολογισμός της ζητούμενης μάζας:

$$m(C) = [5 \times (12 \text{ g/mol}) / (72 \text{ g/mol})] \times 144 \text{ g} = 120 \text{ g}$$

Για τη μάζα του άνθρακα (2^η εκδοχή)

1. Υπολογισμός της σχετικής μοριακής μάζας πεντανίου:

$$Mr(C_5H_{12}) = (5 \times 12) + (12 \times 1) = 60 + 12 = 72 \text{ g/mol}$$

2. Υπολογισμός του αριθμού των mol του πεντανίου:

$$n(C_5H_{12}) = 144 \text{ g} / (72 \text{ g/mol}) = 2 \text{ mol}$$

3. Εύρεση μιας σχέσης μεταξύ της μάζας του C και του αριθμού των mol του C₅H₁₂, $\underline{m(C) / n(C_5H_{12})}$:

$$m(C) / n(C_5H_{12}) = 5 \times Ar(C) / (1 \text{ mol } C_5H_{12})$$

4. Επίλυση της παραπάνω σχέσης ως προς m(C):

$$m(C) = [5 \times Ar(C) / (1 \text{ mol } C_5H_{12})] \times n(C_5H_{12})$$

5. Υπολογισμός της ζητούμενης μάζας:

$$m(C) = [5 \text{ mol} \times 12 \text{ g/mol} / 1 \text{ mol}] \times 2 \text{ mol} = 120 \text{ g}$$

Για τον αριθμό των ατόμων του υδρογόνου (1^η εκδοχή)

1. Υπολογισμός της σχετικής μοριακής μάζας πεντανίου:

$$Mr(C_5H_{12}) = (5 \times 12) + (12 \times 1) = 60 + 12 = 72 \text{ g/mol}$$

2. Εύρεση μίας σχέσης μεταξύ του αριθμού των ατόμων του H και της μάζας του C₅H₁₂, $\underline{N(H) / m(C_5H_{12})}$:

$$N(H) / m(C_5H_{12}) = 12 \times N_A / Mr(C_5H_{12})$$

3. Επίλυση της παραπάνω σχέσης ως προς N(H):

$$N(H) = [12 \times N_A / Mr(C_5H_{12})] \times m(C_5H_{12})$$

4. Υπολογισμός του αριθμού των ατόμων του υδρογόνου:

$$N(H) = [(12 \times N_A \text{ άτομα H}) / (72 \text{ g/mol})] \times (144 \text{ g/mol}) = 24 \times N_A \text{ άτομα H}$$

Για τον αριθμό των ατόμων του υδρογόνου (2^η εκδοχή)

1. Υπολογισμός της σχετικής μοριακής μάζας πεντανίου:

$$Mr(C_5H_{12}) = (5 \times 12) + (12 \times 1) = 60 + 12 = 72 \text{ g/mol}$$

2. Υπολογισμός του αριθμού των mol του πεντανίου:

$$n(C_5H_{12}) = 144 \text{ g} / (72 \text{ g/mol}) = 2 \text{ mol}$$

3. Εύρεση μιας σχέσης μεταξύ του αριθμού των ατόμων του H και του αριθμού των mol του C₅H₁₂, **N(H) / n(C₅H₁₂)**:

$$N(H) / n(C_5H_{12}) = 12 \times N_A / (1 \text{ mol } C_5H_{12})$$

4. Επίλυση της παραπάνω σχέσης ως προς N(H):

$$N(H) = [12 \times N_A / (1 \text{ mol } C_5H_{12})] \times n(C_5H_{12})$$

5. Υπολογισμός του αριθμού των ατόμων του υδρογόνου:

$$N(H) = [(12 \times N_A \text{ άτομα H}) / (1 \text{ mol } C_5H_{12})] \times (2 \text{ mol } C_5H_{12}) = 24 \times N_A \text{ άτομα H}$$

Για τον αριθμό των ατόμων του υδρογόνου (3^η εκδοχή)

1. Υπολογισμός της σχετικής μοριακής μάζας πεντανίου:

$$Mr(C_5H_{12}) = (5 \times 12) + (12 \times 1) = 60 + 12 = 72 \text{ g/mol}$$

2. Υπολογισμός του αριθμού των mol του πεντανίου:

$$n(C_5H_{12}) = 144 \text{ g} / (72 \text{ g/mol}) = 2 \text{ mol}$$

3. Υπολογισμός του αριθμού των μορίων του πεντανίου:

$$N(C_5H_{12}) = 2 \text{ mol} \times N_A \text{ μόρια } C_5H_{12} / \text{mol} = 2 \times N_A \text{ μόρια } C_5H_{12}$$

4. Εύρεση μιας σχέσης μεταξύ του αριθμού των ατόμων του H και του αριθμού των μορίων του C₅H₁₂, **N(H) / N(C₅H₁₂)**:

$$N(H) / N(C_5H_{12}) = 12 \text{ άτομα H} / 1 \text{ μόριο } C_5H_{12}$$

5. Επίλυση της παραπάνω σχέσης ως προς N(H):

$$N(H) = (12 \text{ άτομα H} / 1 \text{ μόριο } C_5H_{12}) \times N(C_5H_{12})$$

6. Υπολογισμός του αριθμού των ατόμων του υδρογόνου:

$$N(H) = (12 \text{ άτομα H} / 1 \text{ μόριο } C_5H_{12}) \times 2 \times N_A \text{ μόρια } C_5H_{12} = 24 \times N_A \text{ άτομα H}$$

4.1.2.2 Μελέτη της δεξιότητας ανάκλησης αλγορίθμου

Όπως προέκυψε από την ανάλυση του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων, η δεξιότητα της ανάκλησης αλγορίθμου μπορεί να εξεταστεί μόνο για τις ομάδες των μαθητών και των εκπαιδευτικών. Όλοι οι λύτες που ανήκουν στις ομάδες αυτές ανακαλούν έναν αλγόριθμο λύσης του πρώτου προβλήματος, δηλαδή ανακαλούν αυτόματα μία λύση, όπως προκύπτει από την ανάλυση των πρωτοκόλλων. Εξαιρέση παρουσιάζει ο μαθητής Μ5, ο οποίος δεν λύνει αυτόματα το πρόβλημα 1. Ακολουθεί ο πίνακας 4, όπου φαίνονται οι μέθοδοι που ακολούθησαν οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί, προκειμένου να λύσουν αυτό το πρόβλημα.

Πίνακας 4: Μέθοδοι αλγοριθμικής επίλυσης του πρώτου προβλήματος από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς

1 ^ο Πρόβλημα (τύπου 1)			
Ομάδες		Μέθοδος επίλυσης	
		Υπολογισμός της μάζας του άνθρακα	Υπολογισμός αριθμού ατόμων του υδρογόνου
Μαθητές (Μ)	M1	Μέθοδος mole	$N(H) / n(C_5H_{12})$
	M2		Μέθοδος mole
	M3	$m(C) / n(C_5H_{12})$	$N(H) / n(C_5H_{12})$
	M4	Μέθοδος mole	
Εκπαιδευτικοί (Ε)	E1	$m(C) / m(C_5H_{12})$	$N(H) / N(C_5H_{12})$
	E2		$N(H) / m(C_5H_{12})$
	E3	Μέθοδος mole	
	E4	$m(C) / m(C_5H_{12})$	$N(H) / m(C_5H_{12})$
	E5		$N(H) / n(C_5H_{12})$

Από τον παραπάνω πίνακα είναι εμφανές ότι οι μαθητές ακολουθούν τη μέθοδο mole σε μεγαλύτερη συχνότητα από ότι οι εκπαιδευτικοί, οι οποίοι επιλύουν το πρόβλημα με αναλογικές μεθόδους.

Επιπλέον, όσοι μαθητές επιλύουν με την αναλογική μέθοδο, ακολουθούν την αναλογία του ζητούμενου μεγέθους με τον αριθμό των mol του πεντανίου. Αντίθετα, οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν την αναλογία της μάζας του πεντανίου με τη μάζα του άνθρακα στη μία περίπτωση και τις αναλογίες του αριθμού των μορίων, της μάζας και του αριθμού των mol του πεντανίου με τον αριθμό των ατόμων του υδρογόνου. Οι εκπαιδευτικοί, δηλαδή, σε σύγκριση με

τους μαθητές χρησιμοποιούν ποικιλία αναλογιών σε σύγκριση με την ομάδα των μαθητών, που περιορίζεται σε έναν τύπο αναλογίας.

4.1.2.3 Μελέτη της δεξιότητας εύρεσης μεθόδου

Οι λύσεις του μαθητή M5, των πρωτοετών και των επί πτυχίω φοιτητών στο πρώτο πρόβλημα, δεν είναι αλγοριθμικές, κάτι που γίνεται εμφανές και από την ανάλυση του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων, αλλά και από τη δυσκολία που εκφράζουν κατά την προσπάθειά τους να βρουν μία μέθοδο επίλυσης. Η ίδια δυσκολία παρουσιάζεται και στους υπόλοιπους μαθητές όταν λύνουν το δεύτερο πρόβλημα, όταν δηλαδή τους ζητείται να βρουν άλλη μέθοδο λύσης για το πρώτο πρόβλημα. Η ομάδα των εκπαιδευτικών δεν αντιμετωπίζει δυσκολία σε τέτοιο βαθμό, κατά την επίλυση του δεύτερου προβλήματος, αλλά παρόλα αυτά αφιερώνει περισσότερο χρόνο στην εύρεση διαφορετικής μεθόδου από αυτή που πρότεινε στο πρώτο πρόβλημα. Για τους παραπάνω λόγους, η επίλυση του πρώτου προβλήματος για τους φοιτητές και τον μαθητή M5 και η επίλυση του δεύτερου προβλήματος για τους υπόλοιπους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς απαιτεί την εύρεση μεθόδου που δεν είναι αλγοριθμική. Άρα, οι ομάδες αυτές μπορούν να συγκριθούν ως προς τη δεξιότητα εύρεσης μεθόδου. Τα χαρακτηριστικά των λυτών, καθώς και οι μέθοδοι που ακολουθούν προκειμένου να λύσουν το πρόβλημα τύπου 2, συνοψίζονται στον πίνακα 5.

Συγκρίνοντας τους πίνακες 4 και 5 για τον μαθητή M1, συμπεραίνουμε ότι χρησιμοποιεί και για τα δύο προβλήματα την ίδια μέθοδο για να υπολογίσει τον αριθμό των ατόμων του υδρογόνου. Στη συνέχεια, υπολογίζει τη μάζα του υδρογόνου και μέσω της αρχής διατήρησης της μάζας (ADM) τη μάζα του άνθρακα. Για τον αριθμό των ατόμων του υδρογόνου δεν βρίσκει άλλη μέθοδο επίλυσης. Ο μαθητής M2 χρησιμοποιεί για δεύτερη φορά τη μέθοδο mole, εφαρμόζοντάς την στην αντίδραση σύνθεσης του πεντανίου που επινοεί. Ο M3 χρησιμοποιεί πάλι αναλογική μέθοδο, αλλά με άλλη εκδοχή για τον υπολογισμό της μάζας του άνθρακα. Η αναλογία αφορά, αυτή τη φορά, στη μάζα του πεντανίου και τη μάζα του άνθρακα. Δηλώνει, όμως, αδυναμία να υπολογίσει τον αριθμό των ατόμων του υδρογόνου. Την ίδια μέθοδο με τον M3 χρησιμοποιεί και ο μαθητής M4, ο οποίος κατά την επίλυση του πρώτου

προβλήματος είχε στηριχθεί στη μέθοδο mole. Την αναλογική μέθοδο, αναλογία της μάζας του πεντανίου με τη μάζα του υδρογόνου, ο M4 τη χρησιμοποιεί και για τον υπολογισμό του αριθμού των ατόμων του υδρογόνου, μέσω της μάζας του. Τέλος, ο M5 χρησιμοποιεί τη μέθοδο mole για την επίλυση και των δύο ερωτημάτων.

Από τη σύγκριση των δύο πινάκων προκύπτει ότι τρεις μαθητές δεν ξεφεύγουν από τη μέθοδο που χρησιμοποίησαν για την επίλυση του πρώτου προβλήματος. Από τους άλλους δύο ο M3 χρησιμοποιεί την αναλογική μέθοδο με διαφορετική εκδοχή ενώ M4 επιλύει το πρόβλημα με διαφορετική μέθοδο.

Πίνακας 5: Μέθοδοι επίλυσης του πρώτου προβλήματος ως πρόβλημα τύπου 2

1 ^ο Πρόβλημα (τύπου 2)				
Ομάδες			Χαρακτηριστικά και μέθοδοι επίλυσης	
			Υπολογισμός της μάζας του άνθρακα	Υπολογισμός αριθμού ατόμων του υδρογόνου
Μαθητές (M)	Πρόβλημα 2	M1	$N(H) / n(C_5H_{12}) \rightarrow m(H)$ $\xrightarrow{A\Delta} m(C)$	Δεν βρίσκει τρόπο υπολογισμού
		M2	Μέθοδος mole	
		M3	$m(C) / m(C_5H_{12})$	Δεν βρίσκει τρόπο υπολογισμού
		M4		$m(H) / m(C_5H_{12}) \rightarrow N(H)$
	Πρόβλημα 1	M5	Μέθοδος mole	
Πρωτοετείς φοιτητές (ΦΑ)	Πρόβλημα 1	ΦΑ1	Δεν βρίσκει τρόπο υπολογισμού	$N(H) / N(C_5H_{12})$
		ΦΑ2	$m(C) / n(C_5H_{12})$	$N(H) / n(C_5H_{12})$
		ΦΑ3		
		ΦΑ4	Μέθοδος mole	
		ΦΑ5	Δεν βρίσκει τρόπο υπολογισμού	
Φοιτητές στο πτυχίο (ΦΒ)	Πρόβλημα 1	ΦΒ1	Δεν βρίσκει τρόπο υπολογισμού	
		ΦΒ2	Μέθοδος mole	
		ΦΒ3	$m(C) / m(C_5H_{12})$	$m(H) / m(C_5H_{12}) \rightarrow$ $n(H) \rightarrow N(H)$
		ΦΒ4	Μέθοδος mole	
		ΦΒ5	Μέθοδος mole	$N(H) / N(C_5H_{12})$
Εκπαιδευτικοί (Ε)	Πρόβλημα 2	E1	Μέθοδος mole	
		E2	$m(C) / n(C_5H_{12})$	$N(H) / n(C_5H_{12})$
		E3	$m(C) / m(C_5H_{12})$	$N(H) / m(C_5H_{12})$
		E4	$m(C) / n(C_5H_{12})$	$N(H) / n(C_5H_{12})$
		E5	Μέθοδος mole	

Οι πρωτοετείς φοιτητές κατά την επίλυση του προβλήματος 1, παρουσιάζουν κάποιες δυσκολίες. Όπως φαίνεται από τον πίνακα 5, ο ΦΑ1 υπολογίζει μόνο τον αριθμό των ατόμων του υδρογόνου. Κατά την επίλυση όμως του προβλήματος ζητά βοήθεια και καταλήγει στη λύση του υποερωτήματος αυτού μετά από παρότρυνση. Κατά την προσπάθεια του να υπολογίσει τη μάζα του άνθρακα, χρησιμοποιεί αριθμούς οξείδωσης και συγχέει την έννοια του mole με αυτήν του μορίου. Την ίδια σύγχυση παρουσιάζουν και οι ΦΑ2, ΦΑ3. Μετά την αποσαφήνιση των εννοιών, όμως, επιλύουν το πρόβλημα με την αναλογική μέθοδο. Ο ΦΑ4 ακολουθεί τη μέθοδο mole, αφού σκεφτεί αρκετά, ενώ ο ΦΑ5 αδυνατεί να επιλύσει το πρόβλημα. Οι δυσκολίες που παρουσιάζει σχετίζονται με τον υπολογισμό του αριθμού των mol του πεντανίου και με τη χρήση της ποσότητας αυτής ως συνδετικό κρίκο του μικρόκοσμου (άτομα, μόρια) με το μακρόκοσμο (μάζα).

Η επίλυση του πρώτου προβλήματος για τους πρωτοετείς φοιτητές παρουσιάζει προβλήματα, που ήδη είχαν εντοπιστεί από την ανάλυση του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων. Παρόλα αυτά, και στηριζόμενοι στους φοιτητές που επίλυσαν το πρόβλημα, παρατηρούμε ότι η αναλογική μέθοδος χρησιμοποιείται πιο συχνά από τη μέθοδο mole.

Όπως και οι πρωτοετείς φοιτητές, έτσι και οι επί πτυχίω φοιτητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην επίλυση του πρώτου προβλήματος. Ο ΦΒ1, ενώ προσπαθεί να υπολογίσει τη μάζα του άνθρακα με τη μέθοδο mole, αδυνατεί να βρει τα mole του άνθρακα που αντιστοιχούν σε 2 mole πεντανίου. Δεν μπορεί επίσης να βρει την αναλογία ανάμεσα στα mole του πεντανίου και στον αριθμό των ατόμων του υδρογόνου. Ο φοιτητής ΦΒ2 χαρακτηρίζεται από ανασφάλεια και ζητά βοήθεια. Εφαρμόζει τη μέθοδο mole μετά από παρότρυνση, ενώ αρχικά προσπαθεί να στηρίξει τη λύση του προβλήματος σε κάποια αντίδραση, όπως καύσης και διάσπασης. Ο ΦΒ3, αρχικά, προσπαθεί να ανακαλέσει μαθηματικούς τύπους που να περιέχουν τον αριθμό Avogadro. Αφού του γίνει υπενθύμιση της ερώτησης 1 του γνωστικού μέρους επιλύει το πρόβλημα με την αναλογική μέθοδο. Πρέπει να σημειωθεί, ότι η αναλογία που χρησιμοποιεί για τον υπολογισμό του αριθμού των ατόμων του υδρογόνου γίνεται έμμεσα από την αναλογία της μάζας του πεντανίου και της μάζας του υδρογόνου. Ο λύτης ΦΒ4 κατά την πρώτη του επαφή με το πρόβλημα εφαρμόζει ημιαντιδράσεις οξείδωσης, ενώ η εφαρμογή της μεθόδου mole

γίνεται στην αντίδραση διάσπασης του πεντανίου. Ο τελευταίος από τους φοιτητές της κατηγορίας αυτής, αρχικά, δεν μπορεί να βρει την ποσότητα του πεντανίου που περιέχει 5 άτομα άνθρακα και 12 άτομα υδρογόνου. Μετά από υπενθύμιση του γνωστικού μέρους επιλύει το πρόβλημα με τις μεθόδους που φαίνονται στον πίνακα 5.

Συμπερασματικά, η γενική εικόνα που παρουσιάζουν οι επί πτυχίω φοιτητές είναι ότι επιλύουν το πρώτο πρόβλημα με δυσκολία προσπαθώντας να βρουν τρόπους σύνδεσης των δεδομένων και των στόχων. Δρουν μετά από παρότρυνση και επανατροφοδότηση του γνωστικού μέρους. Ωστόσο, μπορούμε να πούμε πως η μέθοδος που χρησιμοποιείται πιο συχνά είναι η μέθοδος mole και λιγότερο κάποια εκδοχή της αναλογικής μεθόδου.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να σημειωθεί ότι και στις δύο ομάδες των φοιτητών και στο μαθητή M5, και ειδικά σε όσους επίλυσαν το πρώτο πρόβλημα, ζητήθηκε να προτείνουν και έναν δεύτερο τρόπο λύσης. Κανένας από τους λύτες δεν μπόρεσε να βρει άλλη μέθοδο, ενώ χαρακτηριστικό των περισσότερων ήταν η προσκόλληση τους στο τρόπο επίλυσης που είχαν προτείνει αρχικά.

Η ομάδα των εκπαιδευτικών παρουσιάζει άνεση στην εύρεση δεύτερης μεθόδου για την επίλυση του προβλήματος. Ενώ, τέσσερις από αυτούς, στη λύση του πρώτου προβλήματος, είχαν προτείνει αναλογική μέθοδο λύσης (πίνακας 4), μόνο οι δύο προτείνουν ως δεύτερο τρόπο λύσης τη μέθοδο mole, ενώ οι υπόλοιποι δύο επιλύουν το πρόβλημα με μία άλλη εκδοχή της αναλογικής μεθόδου. Είναι, λοιπόν, εμφανής η προτίμηση των εκπαιδευτικών στην αναλογική μέθοδο λύσης ακόμα και όταν προτείνουν δεύτερο τρόπο λύσης.

4.1.3 Ανάλυση των προβλημάτων προσθήκης και καύσης

Τα προβλήματα προσθήκης και καύσης (σελ. 182) είναι προβλήματα στοιχειομετρίας με σαφείς στόχους, αλλά ελλιπή δεδομένα, τα οποία εφόσον ο λύτης τα αναγνωρίσει, στη συνέχεια τα αναζητά ή τα ανακαλεί, προκειμένου να δώσει μια ικανοποιητική λύση στο πρόβλημα. Για τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς, που, βάση της ανάλυσης του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων, διαθέτουν οικειότητα στη λύση τέτοιων προβλημάτων, αυτά αποτελούν προβλήματα τύπου 3 (σελ. 24). Λόγω των ελλείψεων που παρατηρούνται στις δύο ομάδες των φοιτητών, όσον αφορά στο γνωστικό υπόβαθρο των στοιχειομετρικών υπολογισμών και των αντιδράσεων προσθήκης και καύσης, τα προβλήματα αυτά αποτελούν προβλήματα τύπου 4 (σελ. 24), καθώς οι μέθοδοι επίλυσής τους δεν είναι οικείες. Οπότε, παρέχεται η δυνατότητα να μελετήσουμε την δεξιότητα της **αναγνώρισης και αναζήτησης ή ανάκλησης δεδομένων** για όλες τις ομάδες, καθώς και την πρόοδο που παρουσιάζει η δεξιότητα αυτή από την μία ομάδα στην άλλη. Επιπλέον, για τις ομάδες των μαθητών και των εκπαιδευτικών θα γίνει σύγκριση της δεξιότητας **ανάκλησης αλγορίθμου** επίλυσης των προβλημάτων αυτών, ενώ για τις ομάδες των πρωτοετών και των επί πτυχίω φοιτητών, θα γίνει σύγκριση της δεξιότητας **εύρεσης μεθόδου** επίλυσης.

4.1.3.1 Ανάλυση του προβλήματος προσθήκης

Πριν περάσουμε στην ανάλυση των λύσεων του προβλήματος αυτού, θα εκθέσουμε την όλη διαδικασία που πρέπει να λάβει χώρα προκειμένου οι λύτες να οδηγηθούν σε μία λύση.

4.1.3.1.1 Διαδικασία επίλυσης του προβλήματος 3α

Για τη λύση του προβλήματος αυτού ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Αναζήτηση των συνθηκών κάτω από τις οποίες γίνεται η αντίδραση, προκειμένου να αποφασίσουμε ποια αντίδραση πραγματοποιείται. Η αναζήτηση του δεδομένου αυτού οδηγεί στην πληροφορία ότι η αντίδραση γίνεται του παρουσία όξινου καταλύτη, H_2SO_4 .

2. Ανάκληση της αντίδρασης που πραγματοποιείται. Πρόκειται για μια αντίδραση προσθήκης με νερό (ενυδάτωση).
3. Τα δύο μέρη από τα οποία αποτελείται το μόριο του νερού, H και OH δεν είναι εμφανή, όπως στα περισσότερα αντιδραστήρια προσθήκης. Αυτή είναι μια πληροφορία, που πρέπει, επίσης, να ανακληθεί.
4. Αναζήτηση της αναλογίας των προϊόντων της αντίδρασης, που είναι δύο, η 1-προπανόλη και η 2-προπανόλη. Στην περίπτωση αναζήτησης του δεδομένου αυτού, δίνεται η πληροφορία ότι το προϊόν, το οποίο βάσει της θεωρίας σχηματίζεται σε πολύ μεγαλύτερη ποσότητα από ότι το άλλο, μπορεί να θεωρηθεί ότι σχηματίζεται αποκλειστικά. Η επιλογή του προϊόντος, η 2-προπανόλη, βασίζεται στον κανόνα του Markovnikov ή μπορεί να προκύψει από το μηχανισμό της αντίδρασης προσθήκης, όπου το σταθερότερο καρβοκατιόν είναι το δευτεροταγές και όχι το πρωτοταγές και οδηγεί στο σχηματισμό της 2-προπανόλης.
5. Συλλογή των πληροφοριών για τη γραφή της χημικής εξίσωσης.

$$CH_3-CH=CH_2 + H-OH \longrightarrow CH_3-CH(OH)-CH_3$$
6. Έλεγχος για ισοστάθμιση της χημικής εξίσωσης.
7. Αναζήτηση ή ανάκληση των Ar των στοιχείων C, H και O, για τον υπολογισμό των Mr του προπενίου και του νερού.
 $Ar(H)=1, Ar(O)=16 \text{ και } Ar(C)=12$
8. Υπολογισμός των Mr του νερού και του προπενίου.
 $Mr(H_2O) = 2 \times Ar(H) + Ar(O) = 2 \times 1 + 16 = 18g/mol$
 $Mr(C_3H_6) = 3 \times 12 + 6 \times 1 = 42g/mol$
9. Υπολογισμός των ποσοτήτων των ουσιών του προπενίου και του νερού.
 $n(H_2O) = m(H_2O) / Mr(H_2O) = 36g / (18g/mol) = 2mol$
 $n(C_3H_6) = m(C_3H_6) / Mr(C_3H_6) = 84g / (42g/mol) = 2mol$
10. Με βάση τη χημική εξίσωση βρίσκουμε αν τα αντιδραστήρια αντιδρούν στοιχειομετρικά ή αν κάποιο βρίσκεται σε περίσσεια. Το νερό με το προπένιο αντιδρούν με αναλογία mole 1:1, η αναλογία mole των αντιδραστηρίων στη φιάλη είναι και αυτή 1:1, οπότε και δεν υπάρχει κάποιο αντιδραστήριο που βρίσκεται σε περίσσεια. Αυτό συμβαίνει βέβαια, εφόσον η αντίδραση είναι ποσοτική.

11. Αναζήτηση της πληροφορίας αν η αντίδραση είναι ποσοτική ή μερική.
 Η αναζήτηση του δεδομένου αυτού οδηγεί στην πληροφορία ότι η αντίδραση είναι ποσοτική, δηλαδή έχει απόδοση 100%.
12. Εύρεση της μάζας του προϊόντος. Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων των λυτών προέκυψαν οι παρακάτω μέθοδοι επίλυσης αυτού του προβλήματος.

Αρχή της διατήρησης της μάζας (Α.Δ.Μ.)

$$m(C_3H_6) = m(H_2O) + m(C_3H_8O) = 36g + 84g = 120g$$

ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΑ

Με τη μέθοδο mole

- α. Καθορισμός του αριθμού των mol της 2-προπανόλης:

1 mol C₃H₆ και 1 mol H₂O παράγουν 1 mol C₃H₈O

$$\text{Άρα } n(C_3H_8O) = (2 \times 1) \text{ mol} = 2 \text{ mol } C_3H_8O$$

- β. Υπολογισμός της σχετικής μοριακής μάζας της 2-προπανόλης

$$Mr(C_3H_8O) = 3 \times Ar(C) + 8 \times Ar(H) + 1 \times Ar(O)$$

$$= 3 \times 12 + 8 \times 1 + 1 \times 16 = 60 \text{ g/mol}$$

- γ. Υπολογισμός της μάζας της 2-προπανόλης:

$$m(C_3H_8O) = n(C_3H_8O) \times Mr(C_3H_8O) = 2 \text{ mol} \times 60 \text{ (g/mol)} = 120g$$

13. Η λύση του προβλήματος είναι ότι μετά το τέλος της αντίδρασης μέσα στη φιάλη θα υπάρχουν 120g 2-προπανόλης, καθώς και η μικρή ποσότητα από τον καταλύτη.

4.1.3.1.2 Μελέτη της δεξιότητας αναγνώρισης και αναζήτησης ή ανάκλησης δεδομένων

Όπως προκύπτει από τη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος προσθήκης τα δεδομένα που πρέπει να αναγνωριστούν και στη συνέχεια να αναζητηθούν ή να ανακληθούν είναι τα εξής:

- α. Αναζήτηση των συνθηκών της αντίδρασης
- β. Αναζήτηση ή ανάκληση του είδους της αντίδρασης
- γ. Αναζήτηση της αναλογίας των προϊόντων της αντίδρασης
- δ. Αναζήτηση ή ανάκληση των σχετικών ατομικών μαζών
- ε. Αναζήτηση της απόδοσης της αντίδρασης

Η αναγνώριση των δεδομένων και η αναζήτηση ή η ανάκληση τους παρέχονται, ανά ομάδα, λυτών στον πίνακα 6 που ακολουθεί.

Πίνακας 6: Αναγνώριση των δεδομένων του προβλήματος προσθήκης

Λύτες		Δεδομένα					
		Αναζήτηση των συνθηκών της αντίδρασης	Αναζήτηση ή ανάκληση του είδους της αντίδρασης	Αναζήτηση της αναλογίας των προϊόντων της αντίδρασης	Αναζήτηση ή ανάκληση των σχετικών ατομικών μαζών	Αναζήτηση της απόδοσης της αντίδρασης	
Μαθητές (Μ)	M1	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Ανακαλούν	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	
	M2						
	M3						
	M4						
	M5				Δεν αναγνωρίζει το δεδομένο		
Πρωτοετείς Φοιτητές (ΦΑ)	ΦΑ1	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Ανακαλούν	Αναζητούν αν είναι μονόδρομη ή αμφίδρομη αντίδραση	
	ΦΑ2						
	ΦΑ3						
	ΦΑ4				Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο		
	ΦΑ5				Αναζητά του οξυγόνου Ανακαλεί τις υπόλοιπες		
Φοιτητές στο Πτυχίο (ΦΒ)	ΦΒ1	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	
	ΦΒ2						
	ΦΒ3				Αναζητά την Αr του θείου Ανακαλεί τις υπόλοιπες		
	ΦΒ4				Ανακαλεί		
	ΦΒ5				Αναζητεί		
Εκπαιδευτικοί (Ε)	E1	Αναζητά τις συνθήκες της αντίδρασης	Ανακαλεί	Αναζητά	Ανακαλούν	Αναζητά	
	E2	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο		Δεν αναγνωρίζει το δεδομένο	
	E3					Αναγνωρίζει το δεδομένο αλλά δεν το αναζητά. Θεωρεί την αντίδραση ποσοτική	
	E4	Αναζητούν τις συνθήκες της αντίδρασης	Ανακαλούν	Αναζητά		Ανακαλούν	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο
	E5						

Από τον πίνακα αυτόν, προκύπτει ότι τρεις από τις ομάδες των λυτών, οι μαθητές, οι πρωτοετείς φοιτητές και οι επί πτυχίω φοιτητές δεν αναζητούν τις συνθήκες της αντίδρασης του προβλήματος προσθήκης, προκειμένου να ανακαλέσουν το είδος της. Επίσης, δεν αναζητούν το είδος της αντίδρασης, αλλά επιλέγουν αυθαίρετα ως πραγματοποιούμενη αντίδραση, την αντίδραση προσθήκης την νερού στο προπένιο, εκτός από τον ΦΒ3 που επιλέγει την αντίδραση προσθήκης του όξινου καταλύτη στο προπένιο. Ένα τρίτο δεδομένο που δεν αναζητούν είναι η αναλογία των προϊόντων της αντίδρασης προσθήκης, καθώς υποθέτουν ότι σχηματίζεται ποσοτικά το επικρατέστερο προϊόν. Από τους εκπαιδευτικούς, τρεις αναζητούν τις συνθήκες της αντίδρασης και βάσει αυτών ανακαλούν το είδος της. Δύο από αυτούς τους τρεις εκπαιδευτικούς αναζητούν την αναλογία των προϊόντων της αντίδρασης, ενώ ο τρίτος θεωρεί ότι σχηματίζεται η προπανόλη γενικά χωρίς να αναφέρεται σε κάποιο ισομερές. Οι υπόλοιποι εκπαιδευτικοί υποθέτουν αυθαίρετα ότι η αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι η αντίδραση προσθήκης του νερού στο προπένιο και θεωρούν ως μοναδικό προϊόν αυτό που παράγεται σε μεγαλύτερη ποσότητα βάσει του κανόνα του Markovnikov. Το σύνολο, των πρωτοετών φοιτητών και των εκπαιδευτικών ανακαλούν ή αναζητούν τις σχετικές ατομικές μάζες, κάτι που συμβαίνει μόνο με τέσσερις μαθητές και τρεις επί πτυχίω φοιτητές. Οι υπόλοιποι δεν χρησιμοποιούν τις σχετικές ατομικές μάζες επειδή επιλύουν το πρόβλημα βάσει της αρχής διατήρησης της μάζας. Η απόδοση της αντίδρασης απασχολεί μόνο δύο από τους πρωτοετείς φοιτητές και δύο από τους εκπαιδευτικούς. Οι υπόλοιποι θεωρούν την αντίδραση ποσοτική.

4.1.3.1.3 Μελέτη των δεξιοτήτων ανάκλησης αλγορίθμου και εύρεσης μεθόδου

Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων για την επίλυση του προβλήματος προσθήκης προκύπτει, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 7, ότι οι μαθητές επιλύουν το πρόβλημα σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 1.3.1.1, ακολουθώντας τη μέθοδο mole. Εξαίρεση παρουσιάζει ο μαθητής Μ5, ο οποίος δεν ελέγχει αν τα αντιδρώντα αντιδρούν στοιχειομετρικά ή αν κάποιο βρίσκεται σε περίσσεια, λύνοντας το πρόβλημα

βασιζόμενος στην αρχή διατήρησης της μάζας (ΑΔΜ). Πρόκειται για το μαθητή που εξαιτίας αυτής της παράληψης του δεν χρειάστηκε να αναγνωρίσει ως δεδομένο τις σχετικές ατομικές μάζες (πίνακας 6).

Πίνακας 7: Μέθοδοι επίλυσης του προβλήματος προσθήκης

Τύπος προβλήματος	Λύτες	Μέθοδος επίλυσης	
Τύπος 3	Μαθητές (Μ)	M1	Μέθοδος mole
		M2	
		M3	
		M4	
		M5	ΑΔΜ
Τύπος 4	Πρωτοετείς φοιτητές (ΦΑ)	ΦΑ1	Μέθοδος mole
		ΦΑ2	
		ΦΑ3	
		ΦΑ4	
		ΦΑ5	
Τύπος 4	Φοιτητές στο πτυχίο (ΦΒ)	ΦΒ1	ΑΔΜ
		ΦΒ2	
		ΦΒ3	Δεν επιλύει το πρόβλημα
		ΦΒ4	Μέθοδος mole
		ΦΒ5	Δεν επιλύει το πρόβλημα
Τύπος 3	Εκπαιδευτικοί (Ε)	E1	Μέθοδος mole
		E2	ΑΔΜ
		E3	Μέθοδος mole
		E4	
		E5	

Οι πρωτοετείς φοιτητές ακολουθούν όλοι τη μέθοδο mole, χωρίς να παραλείψουν οτιδήποτε κατά την επίλυση του προβλήματος. Αντίθετα, οι επί πτυχίω φοιτητές δεν μπορούν να ανακαλέσουν τον κανόνα του Markovnikov και άρα να βρουν το επικρατέστερο προϊόν, με εξαίρεση τον ΦΒ5, ο οποίος καταλήγει στην 2-προπανόλη με βάση το μηχανισμό της αντίδρασης προσθήκης και του σταθερότερου ενδιάμεσου καρβοκατιόντος. Επίσης, κανείς από τους φοιτητές αυτής της κατηγορίας δεν ελέγχει την ύπαρξη περίσσειας κάποιου αντιδρώντος κατά την αντίδραση. Στη λύση του προβλήματος καταλήγουν, αφού γίνει υπενθύμιση του κανόνα του Markovnikov, ο ΦΒ1 και ο ΦΒ2 που εφαρμόζουν την αρχή διατήρησης της μάζας και ο ΦΒ4 που εφαρμόζει τη μέθοδο mole. Ο ΦΒ3, αν και εφαρμόζει την αρχή διατήρησης της

μάζας θεωρεί ότι γίνεται αντίδραση προσθήκης του όξινου καταλύτη στο προπένιο, οπότε στο τέλος της αντίδρασης υπάρχουν 120g προπενίου, νερού και του προϊόντος προσθήκης. Ο ΦΒ5 δεν καταλήγει σε σωστή λύση, αφού θεωρεί ότι ο αριθμός των mol διατηρείται.

Η ομάδα των εκπαιδευτικών επιλύει το πρόβλημα 3α με τη μέθοδο mole, εκτός από τον Ε2 που εφαρμόζει την αρχή διατήρησης της μάζας. Η αρχή αυτή αναφέρεται και από τον Ε3 ως ένας δεύτερος τρόπος επίλυσης. Ο εκπαιδευτικός Ε4 αναφέρει ως προϊόν την προπανόλη γενικά, χωρίς να αντιλαμβάνεται την ύπαρξη των δύο δυνατών ισομερών της μορφών.

Το πρόβλημα προσθήκης για τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς είναι ένα πρόβλημα τύπου 3 αφού χαρακτηρίζεται από οικείες μεθόδους επίλυσης. Βάσει αυτού μπορεί να γίνει σύγκριση ως προς την **ανάκληση αλγορίθμου** για τις ομάδες των μαθητών και των εκπαιδευτικών. Από τον πίνακα 7 προκύπτει ότι τόσο οι μαθητές, όσο και οι εκπαιδευτικοί επιλύουν το πρόβλημα αυτό, ακολουθώντας τη μέθοδο mole και λιγότερο την αρχή διατήρησης της μάζας. Δηλαδή, οι δύο αυτές ομάδες δεν διαφοροποιούνται ως προς την αλγοριθμική μέθοδο επίλυσης. Από τη μελέτη των πρωτοκόλλων προέκυψε, επίσης, ότι οι λύτες αυτοί λύνουν αυτόματα το πρόβλημα με εξαίρεση τον μαθητή Μ5, ο οποίος παραλείπει να ελέγξει αν κάποιο από τα αντιδρώντα βρίσκεται σε περίσσεια.

Συγκρίνοντας τους πρωτοετείς και τους επί πτυχίω φοιτητές ως προς την **εύρεση μεθόδου** επίλυσης, λόγω του γεγονότος ότι το πρόβλημα προσθήκης είναι για αυτούς ένα πρόβλημα τύπου 4, είναι εμφανές ότι είναι περισσότεροι οι πρωτοετείς φοιτητές που βρίσκουν μέθοδο επίλυσης από τους επί πτυχίω φοιτητές. Οι πρωτοετείς φοιτητές ακολουθούν στο σύνολό τους ως μέθοδο επίλυσης τη μέθοδο mole, ενώ από τους τρεις επί πτυχίω φοιτητές που επιλύουν το πρόβλημα δύο εφαρμόζουν την ΑΔΜ και ένας τη μέθοδο mole. Επιπλέον, οι πρωτοετείς φοιτητές είναι αυτοί που ακολουθούν σωστά τη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος και μπορούν να ανακαλούν τις απαραίτητες γνώσεις πιο εύκολα.

4.1.3.2 Ανάλυση του προβλήματος καύσης

Πριν περάσουμε στην ανάλυση των λύσεων του προβλήματος αυτού, θα εκθέσουμε την όλη διαδικασία που πρέπει να λάβει χώρα προκειμένου οι λύτες να οδηγηθούν σε μία λύση.

4.1.3.2.1 Διαδικασία επίλυσης του προβλήματος καύσης

Για τη λύση του προβλήματος αυτού ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Αναζήτηση των συνθηκών της αντίδρασης καύσης. Δίνεται η πληροφορία ότι υπάρχει περίσσεια οξυγόνου.
2. Αναζήτηση ή ανάκληση του είδους της καύσης. Αν πρόκειται, δηλαδή, για τέλεια ή ατελή καύση. Η αναζήτηση του δεδομένου αυτού οδηγεί στην πληροφορία ότι η καύση είναι τέλεια. Η ανάκληση του δεδομένου βασίζεται στην πληροφορία του βήματος 1.
3. Ανάκληση των προϊόντων της αντίδρασης αυτής. Είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό.
4. Συλλογή των πληροφοριών (προϊόντων, αντιδρώντων) για τη γραφή της χημικής εξίσωσης: $C_3H_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$
5. Ισοστάθμιση εξίσωσης: $C_3H_6 + 9/2O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O$
6. Ανάκληση της πληροφορίας ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει οξυγόνο, και άρα για να υπολογίσουμε τον όγκο του ατμοσφαιρικού αέρα, πρέπει να υπολογίσουμε τον όγκο του οξυγόνου.
7. Εύρεση του όγκου του οξυγόνου. Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων των λυτών προέκυψαν οι παρακάτω μέθοδοι επίλυσης αυτού του προβλήματος.

Με τη μέθοδο mole

- α. Αναζήτηση ή ανάκληση των A_r των στοιχείων του άνθρακα και του υδρογόνου για το υπολογισμό του M_r του προπενίου.

$$A_r(C) = 12 \text{ και } A_r(H) = 1$$

- β. Υπολογισμός της M_r του προπενίου:

$$M_r(C_3H_6) = 3 \times 12 + 6 \times 1 = 42 \text{ g/mol}$$

- γ. Υπολογισμός της ποσότητας της ουσίας του προπενίου:

$$n(C_3H_6) = 84 \text{ g} / (42 \text{ g/mol}) = 2 \text{ mol}$$

- δ. Καθορισμός της ποσότητας της ουσίας του οξυγόνου:

1 mol C₃H₆ αντιδρά με 9/2 mol O₂

$$n(\text{O}_2) = (2 \times 9/2) \text{ mol} = 9 \text{ mol O}_2$$

ε. Αναζήτηση των συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας. Δίνεται η πληροφορία ότι οι συνθήκες είναι STP.

στ. Υπολογισμός του όγκου του οξυγόνου

$$V(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \times V_m = 9 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L/mol} = 9 \times 22,4 \text{ L}$$

Με την αναλογική μέθοδο

α. Αναζήτηση ή ανάκληση των Ar των στοιχείων του άνθρακα και του υδρογόνου για το υπολογισμό του Mr του προπενίου.

$$Ar(\text{C}) = 12 \text{ και } Ar(\text{H}) = 1$$

β. Υπολογισμός της Mr του προπενίου:

$$Mr(\text{C}_3\text{H}_6) = 3 \times 12 + 6 \times 1 = 42 \text{ g/mol}$$

γ. Εύρεση μίας σχέσης μεταξύ του αριθμού των mol του οξυγόνου και της μάζας του C₃H₆, $n(\text{O}_2) / m(\text{C}_3\text{H}_6)$:

$$n(\text{O}_2) / m(\text{C}_3\text{H}_6) = 9/2 / Mr(\text{C}_3\text{H}_6)$$

δ. Επίλυση της παραπάνω σχέσης ως προς n(O₂):

$$n(\text{O}_2) = [9/2 / Mr(\text{C}_3\text{H}_6)] \times m(\text{C}_3\text{H}_6)$$

ε. Υπολογισμός της ποσότητας της ουσίας του οξυγόνου:

$$n(\text{O}_2) = [9/2 / 42 \text{ g/mol}] \times 84 \text{ g} = 9 \text{ mol}$$

στ. Αναζήτηση των συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας. Δίνεται η πληροφορία ότι οι συνθήκες είναι STP.

ζ. Υπολογισμός του όγκου του οξυγόνου

$$V(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \times V_m = 9 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L/mol} = 9 \times 22,4 \text{ L}$$

8. Εύρεση του όγκου του ατμοσφαιρικού αέρα. Για να γίνει αυτό πρέπει να ανακληθεί ή να αναζητηθεί η περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε οξυγόνο. Παρέχεται η πληροφορία ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει 21% v/v οξυγόνο και προς διευκόλυνση των υπολογισμών 20% v/v.

9. Ανάκληση της σημασίας της έκφρασης 20% v/v.

Σε 100L ατμ. αέρα περιέχονται 20L οξυγόνο

10. Εύρεση του όγκου του ατμοσφαιρικού αέρα.

$$V(\text{ατμ. αέρα}) = 20 \text{ L} / 100 \text{ L} \times (9 \times 22,4 \text{ L}) = 0,2 \times 9 \times 22,4 \text{ L} = 100,8 \text{ L}$$

4.1.3.2.2 Μελέτη της δεξιότητας αναγνώρισης και αναζήτησης ή ανάκλησης δεδομένων

Όπως προκύπτει από τη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος καύσης τα δεδομένα που πρέπει να αναγνωριστούν και στη συνέχεια να αναζητηθούν ή να ανακληθούν είναι τα εξής:

- α. Αναζήτηση του είδους της καύσης
- β. Αναζήτηση ή ανάκληση των σχετικών ατομικών μαζών
- γ. Αναζήτηση συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας
- δ. Αναζήτηση ή ανάκληση της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα

Η αναγνώριση των δεδομένων και η αναζήτηση ή η ανάκληση τους παρέχονται, ανά ομάδα λυτών, στον πίνακα 8 που ακολουθεί.

Ξεκινώντας από την αναζήτηση του είδους της καύσης, τρεις λύτες από κάθε ομάδα, των μαθητών και των πρωτοετών φοιτητών, δεν αναζήτησαν το είδος της καύσης και θεώρησαν αυθαίρετα την καύση ως τέλεια. Το ίδιο συνέβη με δύο λύτες από την ομάδα των επί πτυχίω φοιτητών και με δύο λύτες από την ομάδα των εκπαιδευτικών. Το σύνολο των λυτών από τις ομάδες των μαθητών, των πρωτοετών φοιτητών και των εκπαιδευτικών ανακαλούν τις απαιτούμενες σχετικές ατομικές μάζες προκειμένου να λύσουν το πρόβλημα. Το ίδιο κάνουν και οι επί πτυχίω φοιτητές, με εξαίρεση τους ΦΒ1 και ΦΒ2, που δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο αυτό ως αναγκαίο για τη λύση του προβλήματος.

Οι συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας αναζητήθηκαν από όλους τους εκπαιδευτικούς, από τέσσερις μαθητές, έναν πρωτοετή και δύο επί πτυχίω φοιτητές. Οι υπόλοιποι λύτες θεώρησαν τις συνθήκες ως πρότυπες. Η σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα ανακαλείται από τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές με εξαίρεση τον Μ5, ο οποίος την αναζητά. Όταν ρωτάται αναφέρει ότι ο αέρας στο μεγαλύτερο μέρος του περιέχει οξυγόνο. Το ίδιο πιστεύουν και οι φοιτητές ΦΑ1 και ΦΑ5, που όπως και ο ΦΑ4 αναζητούν τη σύσταση του αέρα. Οι ΦΑ2 και ΦΑ3 αρκούνται στον υπολογισμό του όγκου του οξυγόνου και δεν αναγνωρίζουν τη σύσταση του αέρα ως αναγκαίο δεδομένο για τη λύση του προβλήματος. Το ίδιο κάνουν και οι επί πτυχίω φοιτητές με εξαίρεση τον ΦΒ4 που αναζητά τη σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα προκειμένου να επιλύσει το πρόβλημα καύσης.

Πίνακας 8: Αναγνώρισης των δεδομένων του προβλήματος καύσης

Λύτες		Δεδομένα				
		Αναζήτηση του είδους της καύσης	Αναζήτηση ή ανάκληση των σχετικών ατομικών μαζών	Αναζήτηση συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας	Αναζήτηση ή ανάκληση της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα	
Μαθητές (Μ)	M1	Δεν αναγνωρίζει το δεδομένο	Ανακαλούν	Δεν αναγνωρίζει το δεδομένο	Ανακαλούν	
	M2	Αναζητά		Αναζητούν		
	M3	Δεν αναγνωρίζει το δεδομένο				
	M4	Αναζητά				
	M5	Δεν αναγνωρίζει το δεδομένο		Αναζητά		
Πρωτοετείς Φοιτητές (ΦΑ)	ΦΑ1	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Ανακαλούν	Δεν αναγνωρίζει το δεδομένο	Αναζητά	
	ΦΑ2	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο		Αναζητά	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	
	ΦΑ3	Αναζητά		Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο		
	ΦΑ4	Δεν αναγνωρίζει το δεδομένο		Αναζητούν		
	ΦΑ5	Αναζητά				
Φοιτητές στο Πτυχίο (ΦΒ)	ΦΒ1	Αναζητούν	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Αναζητούν	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	
	ΦΒ2		Ανακαλούν	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο		
	ΦΒ3					
	ΦΒ4	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Ανακαλούν	Αναζητά		
	ΦΒ5	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Ανακαλούν	Δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο	Δεν αναγνωρίζει το δεδομένο	
Εκπαιδευτικοί (Ε)	E1	Ανακαλούν	Ανακαλούν	Αναζητούν	Ανακαλούν	
	E2					Αναζητούν
	E3					Δεν αναγνωρίζει το δεδομένο
	E4					Αναζητά
	E5					Δεν αναγνωρίζει το δεδομένο

4.1.3.2.3 Μελέτη των δεξιοτήτων ανάκλησης αλγορίθμου και εύρεσης μεθόδου

Από τη μελέτη των λύσεων του προβλήματος καύσης, προκύπτει, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 9, ότι οι μαθητές επιλύουν το πρόβλημα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο mole, με εξαίρεση τον Μ5, ο οποίος ακολουθεί την αναλογική μέθοδο βρίσκοντας αναλογία μεταξύ της μάζας του πεντενίου και των mole του οξυγόνου. Όλοι οι μαθητές, κατά τη διάρκεια της επίλυσης του προβλήματος, ανακαλούν τις απαιτούμενες γνώσεις, εκτός από τον Μ5, ο οποίος αναρωτιέται, αρχικά, αν ως ατμοσφαιρικός αέρας εννοείται το διοξειδίο του άνθρακα.

Πίνακας 9: Μέθοδοι επίλυσης του προβλήματος καύσης

Τύπος προβλήματος	Λύτες	Μέθοδος επίλυσης	
Τύπος 3	Μαθητές (Μ)	Μ1	Μέθοδος mole
		Μ2	
		Μ3	
		Μ4	
		Μ5	$n(O_2) / m(C_3H_6)$
Τύπος 4	Πρωτοετείς φοιτητές (ΦΑ)	ΦΑ1	Μέθοδος mole
		ΦΑ2	
		ΦΑ3	
		ΦΑ4	
		ΦΑ5	Δεν επιλύει το πρόβλημα
Τύπος 4	Φοιτητές στο πτυχίο (ΦΒ)	ΦΒ1	Δεν επιλύουν το πρόβλημα
		ΦΒ2	Μέθοδος mole
		ΦΒ3	
		ΦΒ4	
		ΦΒ5	Δεν επιλύει το πρόβλημα
Τύπος 3	Εκπαιδευτικοί (Ε)	Ε1	Μέθοδος mole
		Ε2	
		Ε3	
		Ε4	
		Ε5	

Το ίδιο πιστεύουν και οι πρωτοετείς φοιτητές ΦΑ1 και ΦΑ5. Ο ΦΑ1 φτάνει, τελικά, στη λύση του προβλήματος αντιμετωπίζοντας όμως δυσκολία στην εύρεση του νερού, ως προϊόν της καύσης του πεντενίου. Ο ΦΒ5 δεν λύνει το πρόβλημα, ακόμα και όταν του δίνεται η σύσταση του αέρα. Τη μέθοδο mole

ακολουθούν και οι άλλοι πρωτοετείς φοιτητές, με τον ΦΑ3 να αρκείται αρχικά στον υπολογισμό του όγκου του οξυγόνου.

Από τους επί πτυχίω φοιτητές μόνο δύο φτάνουν στην επίλυση του προβλήματος καύσης, οι ΦΒ3 και ΦΒ4. Ο ΦΒ3, αρχικά, πιστεύει ότι πρέπει να προσθέσει το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα στον όγκο του οξυγόνου, ώστε να προκύψει ο όγκος του αέρα. Οι ΦΒ1 και ΦΒ2, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο mole, φτάνουν στον υπολογισμό του όγκου του οξυγόνου, που απαιτείται για την τέλεια καύση 1 mol πεντενίου, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τα 84g της ένωσης αυτής. Αυτός είναι και ο λόγος που δεν αναγνωρίζουν τις σχετικές ατομικές μάζες του άνθρακα και του υδρογόνου, ως απαραίτητα δεδομένα για τη λύση του προβλήματος (πίνακας 8). Τέλος, ο ΦΒ5, υπολογίζει τον όγκο του οξυγόνου, με τη μέθοδο mole, αντιμετωπίζοντας όμως πρόβλημα και στη εύρεση των προϊόντων και στη σύνδεση του ατμοσφαιρικού αέρα με το οξυγόνο.

Οι εκπαιδευτικοί, ανακαλώντας όλες τις απαιτούμενες γνώσεις, επιλύουν το πρόβλημα καύσης με τη μέθοδο mole.

Όπως φαίνεται και στο πίνακα 9, τόσο η ομάδα των μαθητών, όσο και η ομάδα των εκπαιδευτικών επιλύουν το πρόβλημα καύσης. Όλοι οι λύτες εφαρμόζουν τη μέθοδο mole με εξαίρεση έναν μαθητή που ακολουθεί αναλογική μέθοδο. Ο ίδιος μαθητής, όπως προκύπτει από την ανάλυση του πρωτοκόλλου του, παρουσιάζει κάποια δυσκολία στην εύρεση της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα. Οπότε θεωρείται ότι δεν ανακαλεί αλγοριθμική λύση για το πρόβλημα αυτό.

Από τη σύγκριση των πρωτοετών και των επί πτυχίω φοιτητών, ως προς τη δεξιότητα της **εύρεσης μεθόδου** επίλυσης για το πρόβλημα 3β, το οποίο για τις ομάδες αυτές είναι ένα πρόβλημα τύπου 4, προκύπτει ότι είναι περισσότεροι οι πρωτοετείς φοιτητές που καταλήγουν στη λύση του προβλήματος από ότι οι επί πτυχίω φοιτητές.

4.1.4 Ανάλυση του τέταρτου προβλήματος

4.1.4.1 Σύγκριση του μεθανίου με το βουτάνιο

4.1.4.1.1 Εύρεση στόχων

Τα κριτήρια με βάση τα οποία θα μπορούσε να γίνει η σύγκριση μεταξύ του μεθανίου και του βουτανίου είναι αυτά που παρατίθενται στον πίνακα 10. Τα κριτήρια αυτά συνδέονται άμεσα με τους στόχους που πρέπει να θέσουν οι λύτες προκειμένου να συγκρίνουν τις δύο ενώσεις.

Πίνακας 10: Κριτήρια - στόχοι γενικής σύγκρισης του μεθανίου με το βουτάνιο

	Στόχοι	Δεδομένα	Λύτες			
			M*	ΦΑ*	ΦΒ*	Ε*
Πρόβλημα 4 – Σύγκριση μεθανίου και βουτανίου (τύπος 8)	Κατηγορία ένωσης		0	0	0	0
	Ομόλογη σειρά		5	1	2	4
	Μοριακός τύπος		5	4	2	4
	Συντακτικός τύπος		2	2	1	4
	Στερεοχημεία		0	1	2	1
	Σχετική μοριακή μάζα		4	1	2	2
	Μάζα των στοιχείων/mole ή 100g της ένωσης	Σχετικές ατομικές μάζες (Ar) του άνθρακα και του υδρογόνου	0	0	0	1
	Αριθμός ατόμων των στοιχείων/mole ή g της ένωσης		0	0	0	0
	Όγκος ένωσης/g της ένωσης		0	0	0	1
	Προέλευση		3	0	0	3
	Φυσική κατάσταση		3	1	1	4
	Παρασκευές		2	0	0	1
	Φυσικές ιδιότητες		4	0	1	4
	Χημικές ιδιότητες		5	3	3	3
	Χρήσεις		3	1	0	3
	Καύσιμο	Πρότυπη ενθαλπία καύσης (ΠΕΚ) ή Θερμογόνος δύναμη (ΘΔ) Ar	3	0	0	2

*: αριθμός των λυτών ανά ομάδα που επιλέγουν τους αντίστοιχους στόχους

Στον ίδιο πίνακα δίνονται τα δεδομένα που πρέπει να αναγνωριστούν ώστε να αναζητηθούν ή να ανακληθούν. Όπως είναι εμφανές ένα δεδομένο που πρέπει να αναγνωριστεί είναι οι σχετικές ατομικές μάζες του άνθρακα και του υδρογόνου. Τα δεδομένα που απαιτούνται για τη σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα είναι, εκτός από τις σχετικές ατομικές μάζες, και οι πρότυπες ενθαλπίες καύσης ή οι κατώτερες θερμογόνες δυνάμεις των δύο ενώσεων. Ο πίνακας 10 παρουσιάζει, επίσης, τον αριθμό των λυτών ανά ομάδα, οι οποίοι επέλεξαν τους αντίστοιχους στόχους, προκειμένου να συγκρίνουν τις δύο ουσίες. Η ομάδα που επέλεξε τους περισσότερους στόχους ήταν οι εκπαιδευτικοί, 14 από τους 16 στόχους, με τους μαθητές να ακολουθούν, 11 στους 16 στόχους. Αρκετά λιγότερους στόχους, 8 στους 16, επέλεξαν οι δύο ομάδες των φοιτητών.

Πιο αναλυτικά, δεν γίνεται καμία αναφορά από κανέναν λύτη σχετικά με την κατηγορία στην οποία ανήκουν αυτές οι ενώσεις (π.χ. ανόργανες οργανικές, ομοιοπολικές, ετεροπολικές). Όλες, όμως, οι ομάδες και κυρίως οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί αναφέρονται στην ομόλογη σειρά των αλκανίων στην οποία ανήκουν το μεθάνιο και το βουτάνιο.

Οι λύτες συγκρίνουν το μεθάνιο και το βουτάνιο ως προς το είδος και τον αριθμό των ατόμων που τα αποτελούν. Ειδικότερα, κάποιοι από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς αναφέρονται και στο γενικό μοριακό τύπο των ενώσεων αυτών.

Όλοι οι λύτες που συγκρίνουν το συντακτικό τύπο αναφέρονται στα ισομερή που έχει το βουτάνιο, σε αντίθεση με το μεθάνιο. Εξαίρεση παρατηρείται σε έναν πρωτοετή φοιτητή, ο οποίος αναφέρεται στον αριθμό των δεσμών του κάθε μορίου, και σε έναν εκπαιδευτικό που, συγκρίνοντας τα υδρογόνα των δύο ενώσεων, παρατηρεί ότι αυτά στο μεθάνιο είναι ισότιμα, ενώ στο βουτάνιο δεν είναι.

Στη στερεοχημεία των μορίων και συγκεκριμένα στη τετραεδρική δομή των ατόμων του άνθρακα στις δύο ενώσεις αναφέρεται ένας εκπαιδευτικός, ενώ ένας πρωτοετής φοιτητής αρκείται μόνο στο τετραεδρικό σχήμα του μεθανίου, λόγω του sp^3 υβριδισμού του. Για το βουτάνιο ένας πρωτοετής φοιτητής αναφέρει μόνο ότι διαθέτει σ δεσμούς. Παρανοήσεις σχετικά με το στερεοχημικό τύπο του μεθανίου και του βουτανίου παρουσιάζουν δύο επί

πτυχίω φοιτητές, που αναφέρουν ότι το μεθάνιο έχει σχήμα τριγωνικής πυραμίδας, ενώ το βουτάνιο είναι γραμμικό μόριο.

Η διαφοροποίηση στις σχετικές μοριακές μάζες των δύο ουσιών τονίζεται από τους μαθητές και λιγότερο από τις άλλες τρεις ομάδες λυτών. Δύο από τους μαθητές και ο πρωτοετής φοιτητής για να συγκρίνουν τις σχετικές μοριακές μάζες τις υπολογίζουν ανακαλώντας τις σχετικές ατομικές μάζες του άνθρακα και του υδρογόνου, ενώ οι υπόλοιποι λύτες απλά αναφέρουν ότι το βουτάνιο έχει μεγαλύτερη σχετική μοριακή μάζα σε σχέση με το μεθάνιο.

Οι λύτες δεν μπαίνουν στη διαδικασία να υπολογίσουν τη μάζα και τον αριθμό των ατόμων του άνθρακα και του υδρογόνου που περιέχονται σε κάποια μάζα της κάθε μίας ένωσης. Μόνο ένας εκπαιδευτικός αναφέρει ότι και αυτός είναι ένας τρόπος σύγκρισης του μεθανίου με το βουτάνιο, αλλά δεν προχωρά σε τέτοιους υπολογισμούς. Ο ίδιος εκπαιδευτικός κάνει το ίδιο και για τη σύγκριση του όγκου που καταλαμβάνουν οι ενώσεις στη μονάδα της μάζας.

Σχετικά με την προέλευση του μεθανίου και του βουτανίου από το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο αντίστοιχα, δίνονται πληροφορίες μόνο από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς.

Όλοι οι εκπαιδευτικοί, με εξαίρεση έναν δηλώνουν ότι οι δύο υδρογονάνθρακες βρίσκονται στις περιβαλλοντικές συνθήκες σε αέρια κατάσταση. Το ίδιο συμβαίνει με δύο μαθητές και με έναν πρωτοετή φοιτητή, ενώ ένας επί πτυχίω φοιτητής υποστηρίζει ότι το μεθάνιο είναι αέριο και δηλώνει άγνοια για το βουτάνιο. Ο τρίτος μαθητής δεν θυμάται αν οι δύο ουσίες είναι αέρια ή στερεά.

Δύο μαθητές αναφέρουν ως τρόπους παρασκευής του βουτανίου την κατεργασία της νάφθας και την πυρόλυση του πετρελαίου, αλλά δεν αναφέρουν για το μεθάνιο κάποιον τρόπο παρασκευής. Το ίδιο γίνεται από έναν μόνο εκπαιδευτικό, που εκτιμά ότι το βουτάνιο βγαίνει από την κλασματική στήλη.

Στις φυσικές ιδιότητες των δύο ενώσεων αναφέρονται τέσσερις εκπαιδευτικοί, τέσσερις μαθητές και ένας επί πτυχίω φοιτητής. Οι δύο από τους μαθητές δηλώνουν ότι το μεθάνιο και το βουτάνιο έχουν παρόμοιες ή ίδιες φυσικές ιδιότητες, ενώ οι άλλοι υποστηρίζουν ότι πρόκειται για ενώσεις που είναι άχρωμες άοσμες και αδιάλυτες στο νερό. Οι εκπαιδευτικοί συμπληρώνουν τη διαλυτότητα των ενώσεων αυτών σε οργανικούς διαλύτες και όπως ένας επί

πτυχίω φοιτητής δίνουν την πληροφορία ότι το βουτάνιο έχει και μεγαλύτερο σημείο βρασμού.

Όλες οι ομάδες αναφέρονται στις χημικές ιδιότητες των δύο ενώσεων. Οι μαθητές υποστηρίζουν ότι το μεθάνιο και το βουτάνιο δίνουν, αν και δύσκολα, παρόμοιες αντιδράσεις αναφέροντας την καύση και τη χλωρίωση. Ένας από αυτούς τονίζει ότι κατά την καύση οι δύο ενώσεις απαιτούν διαφορετική ποσότητα οξυγόνου, ενώ ένας άλλος υποστηρίζει ότι κατά την πλήρη καύση το βουτάνιο θέλει περισσότερα mole οξυγόνου/mole. Από τους πρωτοετείς φοιτητές ο ΦΑ2 αναφέρει ότι αυτά τα δύο αλκάνια δεν αντιδρούν, ενώ ο ΦΑ1 αναφέρει την αντίδραση του μεθανίου προς μεθανικό οξύ. Ο ΦΑ4 υποστηρίζει ότι και οι δύο ενώσεις δίνουν αντιδράσεις υποκατάστασης, ενώ το βουτάνιο μπορεί να δώσει αντίδραση αφυδάτωσης και να προκύψει ακόρεστη ένωση. Σε αντιδράσεις απόσπασης αναφέρεται και ο ΦΒ5, ο οποίος υποστηρίζει ότι το βουτάνιο δίνει αντιδράσεις απόσπασης λόγω σταθερότερου καρβοκατιόντος. Από τους υπόλοιπους επί πτυχίω φοιτητές ο ΦΒ3 πιστεύει ότι το μεθάνιο μπορεί να ενωθεί με περισσότερα στοιχεία, ενώ ο ΦΒ2 δεν μπορεί να ανακαλέσει χημικές αντιδράσεις τις οποίες δίνουν αυτοί οι υδρογονάνθρακες. Οι εκπαιδευτικοί αναφέρονται σε αντιδράσεις καύσης, αλογόνωσης, υποκατάστασης και τονίζουν ότι οι ενώσεις αυτές είναι αδρανείς και δίνουν δύσκολα πυρόλυση.

Τρεις από τους μαθητές αναφέρουν ότι το μεθάνιο χρησιμοποιείται ως καύσιμο, ενώ δύο από αυτούς αναφέρουν τη χρήση του βουτανίου στις φιάλες υγραερίου. Ένας πρωτοετής φοιτητής υποστηρίζει ότι το μεθάνιο δεν χρησιμοποιείται πουθενά και δύο εκπαιδευτικοί αναφέρουν τη χρήση του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα, με το βουτάνιο να χρησιμοποιείται στις φιάλες υγραερίου. Ένας ακόμα εκπαιδευτικός τονίζει ότι το μεθάνιο είναι φυσικό καύσιμο, ενώ το βουτάνιο τεχνητό.

Προχωρώντας στη σύγκριση ως καύσιμα και συγκεκριμένα στην προέλευση των καυσίμων, ένας μαθητής υποστηρίζει ότι το μεθάνιο βρίσκεται στο βιοαέριο και στη νάφθα, ένας άλλος ότι το μεθάνιο υπάρχει στη γη, ενώ το βουτάνιο προέρχεται από την πυρόλυση του πετρελαίου και ένας τρίτος ότι το μεθάνιο είναι φθηνό και δίνει πολύ θερμότητα σε σύγκριση με άλλα καύσιμα. Ότι το μεθάνιο είναι καλύτερο καύσιμο υποστηρίζει και ο Ε4, ενώ στη

σύγκριση των δύο καυσίμων ο E2 αναφέρει ότι το βουτάνιο είναι υγρό υπό πίεση στις φιάλες υγραερίου.

Από τα παραπάνω είναι εμφανές ότι κάποια από τα κριτήρια, τα οποία επέλεξαν οι λύτες για να κάνουν τη σύγκριση των δύο ενώσεων, δεν περιέχουν πληροφορίες σύγκρισης, αλλά αποτελούν σημεία στα οποία ανέτρεξαν οι λύτες προκειμένου να εκθέσουν τις γνώσεις τους έστω και για μία από τις μελετώμενες ενώσεις. Επίσης, κάποιες από τις γνώσεις των λυτών είναι λανθασμένες. Η παρούσα έρευνα έχει, όμως, ως στόχο να ανιχνεύσει τα κριτήρια - στόχους στους οποίους ανατρέχουν οι λύτες και για αυτό το λόγο αυτοί οι στόχοι θα ληφθούν υπόψη.

4.1.4.1.2 Αναγνώριση και αναζήτηση δεδομένων

Όπως έχει αναφερθεί ήδη, ένα από τα δεδομένα που χρειαζόνταν οι λύτες προκειμένου να συγκρίνουν το μεθάνιο με το βουτάνιο ως προς κάποια κριτήρια (πίνακας 10) ήταν οι σχετικές ατομικές μάζες του άνθρακα και του υδρογόνου. Κανένας όμως λύτης δεν σύγκρινε τις ενώσεις αυτές ως προς τα αντίστοιχα κριτήρια. Παρόλα αυτά, παρατηρήθηκε ότι όταν οι λύτες συνέκριναν ποσοτικά τις σχετικές μοριακές μάζες των δύο ενώσεων, για να τις υπολογίσουν, μπορούσαν και ανακαλούσαν τις σχετικές ατομικές μάζες των δύο στοιχείων.

Για τη σύγκριση των δύο υδρογονανθράκων ως καύσιμα οι λύτες δεν αναζήτησαν κάποιο δεδομένο, ίσως επειδή η σύγκριση που έκαναν ήταν επιφανειακή. Αυτό είναι κάτι που θα προκύψει από την ανάλυση της σύγκρισης των δύο ενώσεων ως καύσιμα, στην παράγραφο 4.1.4.2.2

4.1.4.1.3 Εύρεση μεθόδου επίλυσης

Στη Χημεία και ειδικότερα στην Οργανική Χημεία η μελέτη των ενώσεων στηρίζεται στην ταξινόμησή τους σε κατηγορίες, τις ομόλογες σειρές, οι οποίες χαρακτηρίζονται από έναν γενικό τύπο. Με αυτόν τον τρόπο χημικές ενώσεις με κοινά δομικά χαρακτηριστικά μοιράζονται παρόμοιες φυσικές και χημικές ιδιότητες, τις οποίες είναι εύκολο να υποθέσουμε γνωρίζοντας τις ιδιότητες κάποιου μέλους της σειράς αυτής. Προκειμένου, λοιπόν, να

συγκρίνουμε δύο οργανικές χημικές ενώσεις η συνηθέστερη μέθοδος είναι να ξεκινήσουμε από την ομόλογη ή τις ομόλογες σειρές στις οποίες οι ενώσεις αυτές ανήκουν (παραγωγικός τρόπος σκέψης). Αυτό μπορεί να γίνει μέσω των γενικών μοριακών τύπων ή ακόμα και μέσω των ονομάτων κατά IUPAC, τα οποία αντανakλούν την ομόλογη σειρά.

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 10 (σελ. 100), οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί είναι αυτοί που εφαρμόζουν την προαναφερθείσα τακτική. Από τους πρωτοετείς φοιτητές μόνο ο ΦΑ1 αναφέρει ότι το μεθάνιο και το βουτάνιο ανήκουν στους κορεσμένους υδρογονάνθρακες και αυτό όταν διαπιστώνει ότι δεν δίνουν αντιδράσεις προσθήκης. Οι υπόλοιποι πρωτοετείς φοιτητές κατά τη σύγκριση του μοριακού τύπου αρκούνται μόνο στη διαφορά του αριθμού των ατόμων άνθρακα και υδρογόνου ανάμεσα στις δύο ενώσεις, ενώ δεν αναφέρουν καθόλου την ομοιότητά τους στο γενικό μοριακό τύπο. Με τον ίδιο τρόπο συγκρίνουν ως προς το μοριακό τύπο τις δύο ενώσεις και οι επί πτυχίω φοιτητές. Οι ΦΒ1 και ΦΒ2 αναγνωρίζουν ότι το μεθάνιο και το βουτάνιο είναι αλκάνια, αλλά δεν φαίνεται να το συνδέουν με τις κοινές τους ιδιότητες. Οι τρεις επί πτυχίω, όπως και οι τρεις πρωτοετείς φοιτητές, που αναφέρονται στις χημικές ιδιότητες των δύο ενώσεων δεν τις συνδέουν με την ομόλογη σειρά και για το λόγο αυτό καταλήγουν σε λανθασμένες τοποθετήσεις. Έτσι, για τις δύο ομάδες των φοιτητών, η σύγκριση του μεθανίου με το βουτάνιο γίνεται μέσω καταιγισμού ιδεών και, όπως φαίνεται από τον πίνακα 10, περιορίζεται στους χημικούς τύπους και στη σχετική μοριακή μάζα.

Οι μαθητές αναγνωρίζουν όλοι την κοινή ομόλογη σειρά των συγκρινόμενων ενώσεων και ακόμα και όταν δεν αναφέρονται σε συγκεκριμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες ισχυρίζονται παρόμοιες ιδιότητες. Ένας επιπλέον λόγος για τη σωστή τακτική, αλλά και για την επιτυχή επιλογή αρκετών στόχων από τους μαθητές είναι και το σχολικό βιβλίο, του οποίου η ύλη είναι πρόσφατη στους μαθητές. Σε αυτό οι ενώσεις μελετώνται με βάση την ομόλογη σειρά στην οποία ανήκουν ως προς την προέλευση, τις παρασκευές, τις φυσικές και χημικές ιδιότητες και τις χρήσεις.

Από την άλλη πλευρά, οι εκπαιδευτικοί ακολουθούν και αυτοί την ίδια μέθοδο. Οι τέσσερις από αυτούς ξεκινώντας με την εύρεση της ομόλογης σειράς και ένας με την εύρεση του γενικού μοριακού τύπου και περνώντας στη συνέχεια στις ιδιότητες και στα άλλα χαρακτηριστικά.

4.1.4.2 Σύγκριση του μεθανίου με το βουτάνιο ως καύσιμα

4.1.4.2.1 Εύρεση στόχων

Αφού οι λύτες κλήθηκαν να συγκρίνουν σε ένα γενικότερο πλαίσιο το μεθάνιο με το βουτάνιο, στη συνέχεια τους ζητήθηκε να συγκρίνουν τις ενώσεις αυτές ως καύσιμα. Τα πιθανά κριτήρια σύγκρισης των δύο καυσίμων παρατίθενται στον πίνακα 11, όπου φαίνεται και ο αριθμός των λυτών ανά κατηγορία που ανέτρεξε σε αυτά τα κριτήρια – στόχους. Οι μαθητές εξέτασαν τις ενώσεις αυτές ως προς τέσσερα κριτήρια, οι φοιτητές και των δύο ομάδων ως προς πέντε, ενώ οι εκπαιδευτικοί ως προς εννέα. Στον πίνακα 11 δίνονται, επίσης, και τα δεδομένα που απαιτούνται προκειμένου να γίνει η σύγκριση ανάμεσα στο μεθάνιο και το βουτάνιο όσον αφορά στη θερμότητα που παράγεται κατά την καύση τους.

Πίνακας 11: Κριτήρια - στόχοι σύγκρισης του μεθανίου με το βουτάνιο ως καύσιμα

Σύγκριση μεθανίου και βουτανίου ως καύσιμα (τύπος 8)	Στόχοι	Δεδομένα	Μ	ΦΑ	ΦΒ	Ε
	Χρήση ως καύσιμο		4	4	4	4
	Είδος καυσίμου		0	0	0	2
	Τρόπος χρήσης		4	1	1	4
	Φυσική κατάσταση κατά τη χρήση		0	0	0	1
	Προέλευση		4	0	1	4
	Χαρακτηριστικά καύσης		0	2	1	1
	Επίδραση καύσης στο περιβάλλον		0	0	0	0
	Παραγόμενη θερμότητα	Πρότυπη ενθαλπία καύσης (ΠΕΚ) ή Θερμογόνος δύναμη (ΘΔ) Ar	4	1	0	5
	Κόστος		0	0	0	0
	Αποθήκευση		0	0	0	0
	Επικινδυνότητα		0	1	0	1
	Προτίμηση ως καύσιμο		0	1	1	1

Το γεγονός ότι και το μεθάνιο και το βουτάνιο χρησιμοποιούνται ως καύσιμα δεν είναι γνωστό στο σύνολο των λυτών. Μόνο δύο μαθητές

υποστηρίζουν ότι και οι δύο ενώσεις χρησιμοποιούνται ως καύσιμα, ενώ άλλοι δύο αναφέρουν μία από τις δύο ενώσεις. Όλοι οι παραπάνω μαθητές (τέσσερις), με εξαίρεση έναν, διατύπωσαν τη σύγκριση των δύο ενώσεων ως προς τη χρήση τους ως καύσιμα πριν ρωτηθούν, όταν αναφέρθηκαν στη γενικότερη σύγκριση των δύο ενώσεων.

Η χρήση του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα δεν είχε διατυπωθεί από τους πρωτοετείς φοιτητές πριν τους τεθεί το ερώτημα. Και μετά, όμως, μόνο ένας δηλώνει έμμεσα ότι και τα δύο είναι καύσιμα λέγοντας ότι το βουτάνιο είναι καλύτερο από το μεθάνιο. Ένας άλλος υποστηρίζει ότι το βουτάνιο χρησιμοποιείται ως καύσιμο, ενώ το μεθάνιο όχι, ενώ άγνοια, για τη χρήση των δύο ενώσεων ως καύσιμα, δηλώνουν δύο πρωτοετείς φοιτητές.

Μετά την ερώτηση απαντούν και οι επί πτυχίω φοιτητές. Ένας είναι ο λύτης της κατηγορίας αυτής που αναφέρει ότι και οι δύο ουσίες χρησιμοποιούνται ως καύσιμα. Δύο δηλώνουν ότι έχουν ακούσει να χρησιμοποιείται το μεθάνιο ως καύσιμο, ενώ ένας από αυτούς συμπληρώνει ότι το βουτάνιο δεν χρησιμοποιείται ως καύσιμο. Αντίθετη θέση έχει ένας τέταρτος φοιτητής, ο οποίος αναγνωρίζει στο βουτάνιο, αλλά όχι στο μεθάνιο τη χρήση αυτή.

Τρεις εκπαιδευτικοί έχουν ήδη από το προηγούμενο ερώτημα αναγνωρίσει τη χρήση του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα. Από τους υπόλοιπους δύο, αφού τεθεί το ερώτημα, ένας αναφέρει τη χρήση αυτή για τις δύο ουσίες, ενώ ο άλλος δεν κάνει καμία αναφορά σε αυτό.

Οι λύτες που συγκρίνουν τα καύσιμα ως προς το είδος τους είναι δύο εκπαιδευτικοί. Ένας από αυτούς αναφέρει ότι το μεθάνιο ανήκει στα «καλά» καύσιμα και αυτό γιατί είναι συστατικό του φυσικού αερίου το οποίο είναι καθαρό καύσιμο. Ο άλλος τα διαχωρίζει σε φυσικά, όπως το μεθάνιο και τεχνητά, όπως το βουτάνιο, αφού προκύπτει από την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου.

Από τη στιγμή που κάποιοι από τους λύτες αναγνωρίζουν το μεθάνιο και το βουτάνιο ως καύσιμα, αναφέρουν και με ποιον τρόπο χρησιμοποιούνται, πριν ερωτηθούν για τη σύγκριση των δύο καυσίμων. Οι μαθητές M2 και M3 δηλώνουν ότι το μεθάνιο χρησιμοποιείται ως κύριο συστατικό του βιοαερίου, του αερίου της νάφθας και του φυσικού αερίου. Η χρήση του βουτανίου στις φιάλες υγραερίου (γκαζάκια) υποστηρίζεται από τους μαθητές M3 και M4. Ο μαθητής M5 αφού πρώτα τεθεί το θέμα της

σύγκρισης των δύο καυσίμων αναφέρει ότι το μεθάνιο βρίσκεται στο φυσικό αέριο.

Από τους φοιτητές μόνο δύο από κάθε ομάδα γνωρίζουν τη χρήση του βουτανίου στις φιάλες υγραερίου, χωρίς να αναφέρεται από αυτές τις ομάδες οτιδήποτε για τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται το μεθάνιο ως καύσιμο. Όλοι οι εκπαιδευτικοί, εκτός του Ε3, αναφέρουν ότι το βουτάνιο χρησιμοποιείται στις φιάλες υγραερίου, ενώ για το μεθάνιο δεν αναφέρουν κάτι άλλο, εκτός του ότι βρίσκεται στο φυσικό αέριο. Ο Ε4 αναφέρει επίσης την παρουσία του μεθανίου στο αέριο νάφθας και το βιοαέριο. Και αυτή τη σύγκριση οι εκπαιδευτικοί την κάνουν πριν τεθεί το ζήτημα της σύγκρισης ως καύσιμα, με εξαίρεση τον Ε5.

Στη φυσική κατάσταση του βουτανίου κατά τη χρήση του αναφέρεται μόνο ένας εκπαιδευτικός, από όλους τους λύτες, αναφέροντας ότι είναι υγρό υπό πίεση.

Η προέλευση των καυσίμων είναι από τους στόχους στους οποίους στηρίχθηκαν οι λύτες προκειμένου να συγκρίνουν τις δύο ουσίες. Το γεγονός ότι το μεθάνιο είναι συστατικό του φυσικού αερίου, του αερίου της νάφθας και του βιοαερίου δίνει πληροφορίες τόσο για το που χρησιμοποιείται, όσο και για την προέλευσή του. Όποτε οι πληροφορίες για την προέλευση του μεθανίου έχουν ήδη δοθεί. Για το βουτάνιο ένας μαθητής αναφέρει ότι προέρχεται από την πυρόλυση του πετρελαίου και από τους εκπαιδευτικούς ο Ε4 ότι προκύπτει από κλασματική απόσταξη. Και οι δύο αυτοί λύτες δίνουν τις πληροφορίες αυτές πριν κληθούν να συγκρίνουν ως καύσιμα το μεθάνιο και το βουτάνιο. Από τους φοιτητές ο ΦΒ2 υποστηρίζει ότι τα δύο καύσιμα περιέχονται στο πετρέλαιο, αφού πρώτα ερωτηθεί να συγκρίνει τις δύο ουσίες ως καύσιμα.

Σχετικά με την καύση των καυσίμων αυτών ο ΦΑ4 αναφέρει ότι το μεθάνιο λόγω της μικρότερης σχετικής μοριακής του μάζας θα απαιτεί μικρότερη ποσότητα οξυγόνου κατά την καύση του. Ο ΦΑ5 υποστηρίζει ότι το μεθάνιο καίγεται πιο εύκολα, χωρίς να το αιτιολογεί. Ο ΦΒ4 έχει την ίδια άποψη την οποία όμως στηρίζει στην μικρότερη σχετική μοριακή μάζα του μεθανίου και στο γεγονός ότι το βουτάνιο απαιτεί κατά την καύση του μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου. Ο Ε5 αναφέρει, επίσης, ότι το μεθάνιο δίνει πιο τέλεια καύση γιατί είναι απλή ένωση και επιπλέον κάτι τέτοιο είναι

παρατηρήσιμο, αφού κατά την καύση του δεν αφήνει αιθάλη, όπως άλλα καύσιμα.

Αν και στο γνωστικό μέρος είχε γίνει αναφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, κανέναν λύτη δεν απασχολεί μια σύγκριση ανάμεσα στα επιπτώσεις της καύσης των δύο καυσίμων στο περιβάλλον.

Η παραγόμενη θερμότητα είναι ένας τρόπος προκειμένου να συγκριθούν τα δύο καύσιμα, περισσότερο για τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς. Δύο μαθητές θεωρούν ότι περισσότερη ενέργεια παράγεται από το βουτάνιο είτε εξαιτίας των περισσότερων δεσμών που περιέχονται στο μόριο του, είτε λόγω του μεγέθους του μορίου του. Δύο άλλοι μαθητές ζητούν δεδομένα προκειμένου να αποφασίσουν ποιο καύσιμο δίνει μεγαλύτερη θερμότητα. Τους παρέχονται οι κατώτερες θερμογόνες δυνάμεις για τα δύο καύσιμα, αφού δίνεται εξήγηση για τον όρο, και βάσει αυτών ο ένας αναφέρει ότι το βουτάνιο είναι πιο αποδοτικό καύσιμο, ενώ ο άλλος εκτελεί υπολογισμούς που τον οδηγούν στο ότι το μεθάνιο δίνει περισσότερη θερμότητα ανά γραμμάριο.

Από το σύνολο των φοιτητών ένας πρωτοετής δηλώνει ότι το βουτάνιο παράγει περισσότερη θερμότητα, επειδή παράγει περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα.

Από τους εκπαιδευτικούς δύο ζητούν και τους δίνονται οι κατώτερες θερμογόνες δυνάμεις των καυσίμων. Βάσει αυτών καταλήγουν ότι ανά μονάδα μάζας το μεθάνιο παράγει μεγαλύτερα ποσά θερμότητας. Ένας άλλος εκπαιδευτικός δεν μπορεί να αποφασίσει ποιο καύσιμο παράγει μεγαλύτερη θερμότητα καθώς, όπως αναφέρει, η παραγόμενη θερμότητα εξαρτάται από το αν ζητείται ανά mole ή ανά γραμμάριο. Αναφέρει επίσης, ότι αν και τα καύσιμα πωλούνται ανά γραμμάριο ή ανά κιλό, περισσότερη ενέργεια ανά mole έχει το βουτάνιο, εξαιτίας των περισσότερων δεσμών που υπάρχουν στο μόριό του. Ο Ε4 υποστηρίζει ότι το μεθάνιο είναι καλύτερο καύσιμο, γιατί είναι πιο καθαρό, αφού έχει μεγαλύτερη θερμομαντική αξία, λόγω των περισσότερων υδρογόνων ανά μονάδα μάζας και λαμβάνοντας υπόψη ότι το υδρογόνο έχει καλύτερη θερμομαντική ικανότητα. Τέλος, ο Ε5 υποστηρίζει ότι το μεθάνιο έχει καλύτερη θερμομαντική ικανότητα ανά μονάδα μάζας και το βουτάνιο ανά mole.

Το κόστος και η αποθήκευση των καυσίμων δεν απασχολεί κανέναν λύτη για να συγκρίνει τα δύο καύσιμα. Αναφερόμενος στην επικινδυνότητα

τους ένας εκπαιδευτικός αναφέρει ότι θα ήθελε να συγκρίνει τα δύο καύσιμα ως προς την παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα, αλλά δεν βρίσκει τρόπο για να προβεί σε μια τέτοια σύγκριση. Επίσης, ένας πρωτοετής φοιτητής υποστηρίζει ότι το μεθάνιο είναι εύφλεκτο υλικό γιατί έχει έναν άνθρακα και επιπλέον ως υλικό είναι φθηνό.

Προτίμηση για το καύσιμο εκφράζουν δύο φοιτητές και ένας εκπαιδευτικός. Ο ΦΑ1 αναφέρει ότι το βουτάνιο είναι πιο καλό καύσιμο γιατί έχει περισσότερους άνθρακες, άρα πιο πολλά οκτάνια. Ο ΦΒ2 υποστηρίζει και αυτός ότι το μεθάνιο δεν είναι τόσο καλό καύσιμο όσο το βουτάνιο, γιατί δεν έχει πολλά οκτάνια. Ο εκπαιδευτικός Ε4 δηλώνει ότι το μεθάνιο είναι καλύτερο καύσιμο από το βουτάνιο εξαιτίας των περισσότερων υδρογόνων που περιέχει ανά μονάδα μάζα και βασιζόμενος στη καλύτερη θερμαντική ικανότητα του υδρογόνου.

4.1.4.2.2 Αναγνώριση και αναζήτηση ή ανάκληση δεδομένων

Από τον πίνακα 11 προκύπτει ότι προκειμένου να γίνει η σύγκριση των δύο καυσίμων ως προς τη θερμότητα που παράγουν κατά την καύση τους, πρέπει οι λύτες να αναγνωρίσουν και στη συνέχεια να αναζητήσουν την πρότυπη ενθαλπία καύσης. Η σχετικές ατομικές μάζες του άνθρακα και του υδρογόνου είναι δεδομένα που επίσης πρέπει να ανακληθούν ή να αναζητηθούν.

Από τους λύτες που για τη σύγκριση των δύο καυσίμων επέλεξαν την θερμότητα που παράγουν κατά την καύση τους, δύο μαθητές αναζητούν την παραγόμενη θερμότητα κατά την καύση και τη μεταβολή της ενθαλπίας αντίστοιχα. Δύο άλλοι μαθητές, καθώς και ένας πρωτοετής φοιτητής δεν αναγνωρίζουν το δεδομένο αυτό. Από τους εκπαιδευτικούς ο ένας ζητά τη θερμαντική ικανότητα και συγκεκριμένα το ποσό της θερμότητας ανά κιλό ή κυβικό μέτρο καυσίμου και ο άλλος τη θερμότητα ανά mole καυσίμου. Από τους υπόλοιπους εκπαιδευτικούς ο ένας δεν αναγνωρίζει το δεδομένο, ενώ οι άλλοι δύο είναι σε θέση να συγκρίνουν τα καύσιμα ως προς την ιδιότητα της θερμαντικής ικανότητας χωρίς, όμως να χρησιμοποιήσουν το δεδομένο αυτό.

Το στοιχείο που δόθηκε στους λύτες, κατά την αναζήτηση του δεδομένου της παραγόμενης θερμότητας, ήταν η κατώτερη θερμογόνος

δύναμη (ΚΘΔ) σε kJ/mol. Ως θερμογόνος δύναμη ορίζεται η ποσότητα της θερμότητας που ελευθερώνεται κατά την πλήρη καύση της μονάδας ποσότητας της ουσίας. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το μέγεθος της κατώτερης θερμογόνου δύναμης, η οποία αναφέρεται στο ότι ο παραγόμενος υδρατμός παραμένει σε αέρια μορφή. Αυτό επιλέχθηκε έτσι ώστε η αναφορά στην καύση να αντικατοπτρίζει πραγματικές συνθήκες καύσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι κανένας από τους λύτες δεν γνώριζε τον όρο της ΚΘΔ και για το λόγο αυτό κάθε φορά που αναφερόταν δινόταν επεξήγηση.

Οι υπολογισμοί για τη σύγκριση των καυσίμων ως προς την παραγόμενη θερμότητα απαιτεί και την ανάκληση ή αναγνώριση των σχετικών ατομικών μαζών του άνθρακα και του υδρογόνου. Οι λύτες οι οποίοι ανακάλεσαν τις σχετικές ατομικές μάζες ήταν οι δύο εκπαιδευτικοί και ένας μαθητής. Ο άλλος μαθητής, που αναζήτησε την παραγόμενη θερμότητα κατά την καύση, δεν αναγνώρισε την αναγκαιότητα του δεδομένου αυτού προκειμένου να προβεί σε σύγκριση των δύο καυσίμων, αλλά συνέκρινε απευθείας τις ΚΘΔ των δύο καυσίμων.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι λύτες που συνέκριναν το μεθάνιο και το βουτάνιο ως καύσιμα στα πλαίσια της γενικότερης σύγκρισης των δύο ενώσεων δεν αναζήτησαν τα δεδομένα της παραγόμενης θερμότητας και των σχετικών ατομικών μαζών γιατί δεν επέλεξαν ως κριτήριο σύγκρισης την θερμαντική ικανότητα των καυσίμων.

4.1.4.2.3 Εύρεση μεθόδου επίλυσης

Για τη σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα δεν υπάρχει κάποια μέθοδος που μπορεί να ακολουθήσει ένας λύτης. Εξαιτίας αυτού, δεν θα εξεταστεί η δεξιότητα εύρεσης μεθόδου στο σημείο αυτό.

4.1.4.3 Επιλογή καυσίμου ανάμεσα στο μεθάνιο και στο βουτάνιο

4.1.4.3.1 Αναγνώριση και αναζήτηση ή ανάκληση δεδομένων

Προκειμένου οι λύτες να επιλέξουν ένα καύσιμο ανάμεσα στο μεθάνιο και το βουτάνιο πρέπει να αναγνωρίσουν τα δεδομένα πάνω στα οποία θα στηρίξουν την κρίση τους και στη συνέχεια πρέπει να τα αναζητήσουν ή να τα ανακαλέσουν. Τα δεδομένα που αναγνώρισαν οι λύτες είναι:

- α. Μία σταθερά που θα δίνει πληροφορίες σχετικά με τη θερμότητα που παράγει κάθε καύσιμο (πρότυπη ενθαλπία καύσης, θερμογόνος δύναμη)
- β. Η φυσική κατάσταση των καυσίμων
- γ. Η μάζα ή ο όγκος των φιαλών (εξαρτάται από τη φυσική κατάσταση των καυσίμων) ή ο αριθμός των mole κάθε φιάλης
- δ. Το κόστος της κάθε φιάλης
- ε. Το είδος της καύσης κάθε καυσίμου

Η αναγνώριση των δεδομένων και η αναζήτηση ή η ανάκληση τους παρέχονται, ανά ομάδα, λυτών στον πίνακα 12.

Οι μαθητές M2 και M4, όπως έχει ήδη αναφερθεί έχουν ζητήσει την παραγόμενη θερμότητα κατά την καύση και τη μεταβολή της ενθαλπίας αντίστοιχα κατά τη σύγκριση των δύο καυσίμων και πριν ακόμα τεθεί το θέμα της επιλογής του καυσίμου. Την ενθαλπία καύσης αναζητά και ο M3, αφού ερωτηθεί να επιλέξει ένα από τα δύο καύσιμα.

Από τους πρωτοετείς φοιτητές οι ΦΑ3 και ΦΑ4 ζητούν να τους δοθεί η μεταβολή της ενθαλπίας και η πρότυπη ενθαλπία καύσης αντίστοιχα. Τις ενθαλπίες των δύο ουσιών ζητά και ο ΦΒ1 προκειμένου να τις συγκρίνει, ενώ οι ΦΒ3 και ΦΒ5 ζητούν να μάθουν ποια από τις δύο ουσίες παράγουν μεγαλύτερη θερμότητα και ποια από τις δύο καύσεις είναι πιο εξώθερμη.

Οι εκπαιδευτικοί E1 και E2 έχουν, ήδη από το προηγούμενο ερώτημα της σύγκρισης των δύο καυσίμων, αναζητήσει το ποσό της θερμότητας ανά κιλό ή ανά κυβικό μέτρο και ανά mole αντίστοιχα. Μετά το ερώτημα της επιλογής ενός από τα δύο καύσιμα ο E3 ζητά και αυτός την αποδιδόμενη θερμότητα.

Για τη φυσική κατάσταση των ουσιών που βρίσκονται μέσα στις φιάλες ενδιαφέρον παρουσιάζει μόνο ο εκπαιδευτικός E2 προκειμένου να αποφασίσει αν θα ζητήσει τον όγκο ή τη μάζα του περιεχομένου της φιάλης.

Πίνακας 12: Αναγνώριση των δεδομένων για το πρόβλημα επιλογής του καυσίμου

Λύτες		Σταθερά σχετική με τη θερμότητα	Φυσική κατάσταση καυσίμου	Μάζα, όγκος ή mole φιάλης	Κόστος φιάλης	Είδος καύσης
Μαθητές (Μ)	M1	Δεν αναγνωρίζει	Δεν αναγνωρίζουν	Αναζητούν	Δεν αναγνωρίζουν	Δεν αναγνωρίζουν
	M2	Αναζητά		Δεν αναγνωρίζει		Αναζητά
	M3			Αναζητούν		Δεν αναγνωρίζουν
	M4			Αναζητούν		Δεν αναγνωρίζουν
	M5	Δεν αναγνωρίζει		Αναζητά		Δεν αναγνωρίζουν
Πρωτοετείς Φοιτητές (ΦΑ)	ΦΑ1	Δεν αναγνωρίζουν	Δεν αναγνωρίζουν	Δεν αναγνωρίζουν	Ανακαλεί	Δεν αναγνωρίζουν
	ΦΑ2	Αναζητούν			Δεν αναγνωρίζουν	
	ΦΑ3	Αναζητούν		Αναζητά	Αναζητά	
	ΦΑ4			Δεν αναγνωρίζει	Δεν αναγνωρίζει	
	ΦΑ5	Δεν αναγνωρίζει		Δεν αναγνωρίζει	Δεν αναγνωρίζει	
Φοιτητές στο Πτυχίο (ΦΒ)	ΦΒ1	Αναζητά	Δεν αναγνωρίζουν	Δεν αναγνωρίζουν	Δεν αναγνωρίζουν	Δεν αναγνωρίζουν
	ΦΒ2	Δεν αναγνωρίζει			Αναζητά	Αναζητά
	ΦΒ3	Αναζητά			Δεν αναγνωρίζουν	Δεν αναγνωρίζουν
	ΦΒ4	Δεν αναγνωρίζει			Δεν αναγνωρίζουν	Δεν αναγνωρίζουν
	ΦΒ5	Αναζητά			Δεν αναγνωρίζουν	Δεν αναγνωρίζουν
Εκπαιδευτικοί (Ε)	E1	Αναζητούν	Δεν αναγνωρίζει	Αναζητούν	Αναζητούν	Αναζητά
	E2		Αναζητά			
	E3		Δεν αναγνωρίζουν			Δεν αναγνωρίζουν
	E4	Δεν αναγνωρίζουν	Δεν αναγνωρίζουν	Δεν αναγνωρίζει	Αναζητά	
	E5			Αναζητά		

Η μάζα ή ο όγκος της κάθε φιάλης είναι ένα επιπλέον δεδομένο το οποίο πρέπει να λάβουν υπόψη τους οι λύτες προκειμένου να λύσουν το πρόβλημα. Ο M1 ζητά των αριθμό των mole ή των μορίων της χημικής ένωσης που περιέχεται σε κάθε φιάλη. Τα mole ή τον όγκο των φιαλών ζητά και ο M4. Ο M2 ζητά τη μάζα και ο M5 τον όγκο ή το μέγεθος της κάθε φιάλης. Από τους πρωτοετείς φοιτητές μόνο ένας αναζητά τον όγκο των δύο φιαλών, ενώ κανείς από τους επί πτυχίω φοιτητές δεν αναγνωρίζουν αυτό το δεδομένο ως απαραίτητο προκειμένου να επιλέξουν ένα από τα δύο καύσιμα. Από τους εκπαιδευτικούς δύο ζητούν τη μάζα, ενώ ένας άλλος αναζητά τον όγκο των δύο φιαλών.

Το κόστος των φιαλών απασχολεί μόνο έναν μαθητή, έναν πρωτοετή φοιτητή, έναν επί πτυχίω φοιτητή και τέσσερις εκπαιδευτικούς. Ο φοιτητής ΦΑ1 πιστεύει ότι το μεθάνιο είναι πιο οικονομικό.

Ερωτήσεις σχετικές με την καύση κάνουν ένας μαθητής, ένας φοιτητής και ένας εκπαιδευτικός. Ο μαθητής M3 ζητά να μάθει αν η θερμάστρα του προβλήματος είναι συμβατή και με τα δύο καύσιμα. Ο επί πτυχίω φοιτητής ΦΒ3 ρωτάει, επίσης, αν για τη λειτουργία της θερμάστρας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα δύο καύσιμα, ενώ ζητά να μάθει για τα αέρια που παράγονται κατά τις δύο καύσεις. Ένας εκπαιδευτικός, ο Ε1, ρωτά αν στη θερμάστρα γίνεται καλή καύση.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι ανεξάρτητα από την αναζήτηση των δεδομένων, μετά από μία αρχική επιλογή καυσίμου δόθηκαν στους λύτες οι ΚΘΔ του μεθανίου και του βουτανίου, προκειμένου να διαπιστώσουμε αν το δεδομένο αυτό άλλαζε ή όχι την επιλογή τους.

Θα αναφερθούμε συνοπτικά στην επιλογή του μεθανίου ή του βουτανίου ως καύσιμα από τους λύτες. Οι μαθητές στηρίζουν κυρίως την επιλογή τους στη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου λαμβάνοντας υπόψη τη μάζα της φιάλης. Ο μαθητής M1 επιλέγει, αρχικά το βουτάνιο, λόγω των περισσότερων δεσμών που διαθέτει. Όταν όμως του δίνονται οι ΚΘΔ και με δεδομένο τις ίσες μάζες των φιαλών, υπολογίζει τα mole κάθε φιάλης και μετά τη θερμότητα που παράγει κάθε φιάλη. Έτσι, καταλήγει στη φιάλη του μεθανίου. Ο μαθητής M2, από το προηγούμενο ερώτημα είχε καταλήξει στο βουτάνιο ως καύσιμο που αποδίδει περισσότερη θερμότητα, με βάση τις ΚΘΔ. Όταν όμως τίθεται το αυθεντικό πρόβλημα, ζητά τη μάζα των φιαλών,

βρίσκει τη θερμότητα που παράγουν 58g μεθανίου και τη συγκρίνει με το 58g (1mole) βουτανίου. Καταλήγει και αυτός στο μεθάνιο. Ο Μ3 υποστηρίζει και αυτός ότι το βουτάνιο, λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους του μορίου του, παράγει περισσότερη ενέργεια. Την άποψη του αυτή δεν τη μεταβάλλει ακόμα και όταν του δίνονται οι ΚΘΔ και η διαβεβαίωση ότι η θερμάστρα είναι συμβατή και με τις δύο φιάλες. Ο Μ4 από το ερώτημα της σύγκρισης των δύο ουσιών ως καύσιμα έχει καταλήξει μέσα από υπολογισμούς στο ότι το μεθάνιο δίνει περισσότερη θερμότητα. Στην άποψη αυτή εμμένει όταν δοθεί ότι οι μάζες των δύο φιαλών είναι ίδιες. Τέλος ο Μ5 αρχικά επιλέγει το μεθάνιο, αφού ανακαλεί ότι έχει μεγαλύτερη θερμαντική ικανότητα και δίνει καλύτερη καύση. Όταν δίνονται οι ΚΘΔ αλλάζει την επιλογή του στο βουτάνιο, ακόμα και με δεδομένες τις μάζες των φιαλών.

Από τους πρωτοετείς φοιτητές, ο ΦΑ1, ενώ ανακαλεί ότι το μεθάνιο είναι πιο οικονομικό καύσιμο, όταν δίνονται οι ΚΘΔ επιλέγει το βουτάνιο επειδή για την ίδια ποσότητα (1 mol) δίνει περισσότερη θερμότητα. Το ίδιο κάνει και ο ΦΑ2, ενώ αρχικά επιλέγει το μεθάνιο εξαιτίας της μικρότερης παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα. Το βουτάνιο επιλέγει και ο ΦΑ3 για τους ίδιους λόγους. Ο ΦΑ4 με δεδομένα τις ΚΘΔ και τις μάζες των φιαλών και ενώ αρχικά είχε επιλέξει το βουτάνιο, υπολογίζει τα mole των ουσιών σε κάθε φιάλη, τη θερμότητα που παράγει κάθε φιάλη και καταλήγει στη φιάλη του μεθανίου. Ο ΦΑ5 στηριζόμενος στο ότι το μεθάνιο δίνει καλύτερη καύση επιλέγει το μεθάνιο. Σε αυτή την επιλογή του επιμένει διαισθητικά, ακόμα και όταν αποδέχεται ότι το βουτάνιο αποδίδει περισσότερη θερμότητα βάσει των ΚΘΔ.

Οι φοιτητές που βρίσκονται στο πτυχίο επιλέγουν όλοι το βουτάνιο εξαιτίας της μεγαλύτερης ΚΘΔ, με εξαίρεση τον ΦΒ2 που επιλέγει το βουτάνιο γιατί πιστεύει ότι είναι καλύτερο καύσιμο και δίνει καλύτερη καύση χωρίς να παρέχει εξήγηση για την επιλογή του αυτή. Ο ΦΒ1 ενισχύει την επιλογή του, αναφέροντας ότι δεν θα επέλεγε μεθάνιο γιατί πιστεύει ότι δημιουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι ΦΒ3 και ΦΒ5 αλλάζουν την επιλογή τους, αφού τους δοθούν οι ΚΘΔ. Αρχικά επιλέγουν μεθάνιο, ο πρώτος γιατί παράγει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα ανά μόριο και ο δεύτερος γιατί έχει ακούσει να χρησιμοποιείται το μεθάνιο ως καύσιμο, ενώ το βουτάνιο όχι. Ο ΦΒ4

σκέφτεται ότι το μεθάνιο θέλει λιγότερο οξυγόνο για να δώσει καλύτερη καύση, αλλά βάσει των ΚΘΔ επιλέγει τελικά το βουτάνιο.

Οι εκπαιδευτικοί επιλέγουν όλοι μεθάνιο. Οι Ε1 και Ε2 με βάση τους υπολογισμούς από το προηγούμενο ερώτημα και με δεδομένα τη μάζα και το κόστος των φιαλών καταλήγουν στην επιλογή του μεθανίου. Το ίδιο συμβαίνει και με τον Ε3 με τη διαφορά ότι ζητά την αποδιδόμενη θερμότητα, αφού τεθεί το αυθεντικό πρόβλημα. Ο Ε4 βγάζει την θερμαντική αξία βάση της μάζας του υδρογόνου ανά μάζα καυσίμου, αφού υποστηρίζει ότι το υδρογόνο έχει καλύτερη θερμαντική ικανότητα. Με βάση μόνο αυτό το δεδομένο και πιστεύοντας ότι το μεθάνιο είναι καλύτερο καύσιμο επιλέγει τη φιάλη του μεθανίου. Τέλος, ο Ε5 υποστηρίζει ότι το μεθάνιο έχει μεγαλύτερη θερμαντική ικανότητα ανά μονάδα μάζας και ότι ρυπαίνει λιγότερο την ατμόσφαιρα λόγω της καλύτερης καύσης που δίνει.

4.1.4.3.2 Εύρεση μεθόδου επίλυσης

Το πρόβλημα, μέσα από το οποίο οι λύτες καλούνται να επιλέξουν το μεθάνιο ή το βουτάνιο ως καύσιμο, απαιτεί από αυτούς να το εξετάσουν μέσα από το πρίσμα της καθημερινής ζωής. Πιο συγκεκριμένα, αυτό σημαίνει ότι για την επίλυση του προβλήματος πρέπει η παραγόμενη θερμότητα να αναχθεί σε μονάδες που χρησιμοποιούμε στην πράξη, όπως είναι το κιλό και το κυβικό μέτρο. Επιπλέον, ο λύτης πρέπει να λάβει υπόψη του και το είδος της καύσης που έχει κάποιο αντίκτυπο στο περιβάλλον, αφού μία ατελής καύση επιδρά στη ρύπανση του αέρα. Επιπλέον, η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας είναι σημαντικό να διερευνηθεί καθώς το διοξείδιο του άνθρακα είναι ο κύριος ρύπος που ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το κόστος είναι ένας επιπλέον παράγοντας της καθημερινής ζωής που πρέπει να εξεταστεί.

Ο μαθητής Μ1 χρησιμοποιεί την έννοια του mole και του μορίου, έννοιες που δεν χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα. Έτσι, αρχικά επιλέγει το βουτάνιο, γιατί το μόριό του παρέχει περισσότερη ενέργεια. Στη συνέχεια ζητά τον αριθμό των μορίων ή των mole κάθε φιάλης και τελικά όταν του δίνεται η μάζα κάθε φιάλης βρίσκει τα mole που περιέχονται σε αυτή και από εκεί υπολογίζει τη θερμότητα που αποδίδει κάθε φιάλη. Δεν λαμβάνει υπόψη

το κόστος, ούτε το είδος της καύσης, όπως και ο M2, ο οποίος συγκρίνει τη θερμότητα που αποδίδει κάθε καύσιμο με αναγωγή στα 58g καυσίμου. Τη θερμότητα ανά γραμμάριο καυσίμου υπολογίζει και ο M4. Οι M3 και M5 συγκρίνουν τις ΚΘΔ ανά mole καυσίμου, ενώ ο M5 είναι ο μοναδικός από τους μαθητές, ο οποίος, αρχικά και πριν του δοθούν οι ΚΘΔ, έλαβε υπόψη του το κόστος, το είδος της καύσης και την ταχύτητα απόδοσης της θερμότητας. Οι μαθητές, δηλαδή, παρουσιάζουν την τάση να επιλύουν αυτού το πρόβλημα, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τους τις συνθήκες και τους όρους τις καθημερινής ζωής, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν παρουσιάζονται και κάποιες εξαιρέσεις.

Από τους πρωτοετείς φοιτητές ο ΦΑ1 λαμβάνει υπόψη του τον οικονομικό παράγοντα και την ταχύτητα απόδοσης της θερμότητας. Όταν όμως δίνονται οι ΚΘΔ τότε προβαίνει σε μια απλή σύγκριση που αναφέρεται στα mole των δύο καυσίμων. Ο ΦΑ2 υποστηρίζει ότι το μεθάνιο παράγει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα ανά μόριο και για αυτό το επιλέγει αρχικά. Και αυτός, όπως και ο ΦΑ3, όταν του δίνονται οι ΚΘΔ αντιδρά όμοια με τον ΦΑ1. Ο ΦΑ4 είναι ο μοναδικός από τους πρωτοετείς φοιτητές που συγκρίνει τις ΚΘΔ με αναγωγή στη μονάδα της μάζας, ενώ λαμβάνει υπόψη του και το κόστος. Τέλος, ο ΦΑ5 βρίσκεται μπροστά στο δίλλημα της καλύτερης καύσης που δίνει το μεθάνιο και της μεγαλύτερης θερμότητας που αποδίδει ανά mole το βουτάνιο. Οι παραπάνω παρατηρήσεις οδηγούν στο συμπέρασμα, ότι όπως και οι μαθητές, έτσι και οι πρωτοετείς φοιτητές αντιμετωπίζουν το πρόβλημα χωρίς την προοπτική της καθημερινής ζωής σε μεγάλο βαθμό.

Και οι πέντε από τους επί πτυχίω φοιτητές συγκρίνουν τις ΚΘΔ ανά mol, οπότε και καταλήγουν στο βουτάνιο. Λαμβάνουν όμως υπόψη τους και παράγοντες της καθημερινής ζωής, όπως ο ΦΒ1 που δεν επιλέγει το μεθάνιο γιατί πιστεύει πως συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ο ΦΒ2 υποστηρίζει ότι το βουτάνιο δίνει καλύτερη καύση, ενώ ο ΦΒ3 αναζητά το κόστος των φιαλών, αναρωτιέται για τα αέρια που παράγονται από κάθε καύση, αλλά πιστεύει ότι το βουτάνιο είναι πιο επιβλαβές επειδή παράγει περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα ανά μόριο. Οι επιλογές αυτής της ομάδας των λυτών στηρίζονται και σε αυτή την περίπτωση σε συγκρίσεις που δεν αφορούν την καθημερινότητα σε ικανοποιητικό βαθμό, κυρίως εξαιτίας της σύγκρισης των ΚΘΔ ανά mol.

Από την ομάδα των εκπαιδευτικών οι Ε1 και Ε2 αξιοποιούν τις ΚΘΔ που τους δίνονται ανάγοντας αυτές στη μονάδα της μάζας. Ο Ε3 υπολογίζει τα mole των καυσίμων ανά φιάλη και στη συνέχεια τη θερμότητα που παρέχει κάθε φιάλη. Και οι τρεις εκπαιδευτικοί αναζητούν πληροφορίες σχετικά με το κόστος και τη μάζα των φιαλών, ενώ ο Ε1 αναρωτιέται για το είδος της καύσης. Οι Ε4 και Ε5, χωρίς να χρησιμοποιήσουν τα ΚΘΔ, πιστεύουν ότι το μεθάνιο έχει μεγαλύτερη θερμαντική ικανότητα ανά μονάδα μάζας και επιπλέον ότι δίνει καλύτερη καύση. Γενικά, δηλαδή, οι εκπαιδευτικοί συγκρίνουν τα δύο καύσιμα με κριτήρια της καθημερινότητας σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες των λυτών.

4.2 Δεύτερο ερευνητικό ερώτημα

Ποιος είναι ο ευρετικός συλλογισμός τον οποίο χρησιμοποιούν οι λύτες που έχουν διαφορετικό επίπεδο και ρόλο στην εκπαίδευση και ποια είναι η πρόοδος του συλλογισμού αυτού;

Όπως έχει αναφερθεί, οι Shah και Oppenheimer (23) πρότειναν έναν κανόνα αποτελούμενο από πέντε εργασίες, η παράκαμψη των οποίων διευκολύνει την προσπάθεια επίτευξης των στόχων κατά το συλλογισμό. Σε αυτόν τον κανόνα θα στηριχθούμε προκειμένου να διερευνήσουμε τον ευρετικό συλλογισμό των λυτών κατά την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας. Οι πέντε εργασίες είναι:

1. Αναγνώριση όλων των πληροφοριών.
2. Ανάκληση και συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών.
3. Αξιολόγηση της βαρύτητας κάθε πληροφορίας.
4. Ενσωμάτωση των πληροφοριών για όλες τις εναλλακτικές λύσεις.
5. Σύγκριση όλων των εναλλακτικών λύσεων.

Τα προβλήματα 1^ο, 2^ο και 3^ο (προσθήκης και καύσης) της σελ. 182 απαιτούν την εξαγωγή ενός συμπεράσματος από τους λύτες, οπότε οι ευρετικοί συλλογισμοί των λυτών περιορίζονται στην παραβίαση των τεσσάρων πρώτων διεργασιών. Επιπλέον, επειδή τα προβλήματα αυτά περιέχουν πληροφορίες που δεν διαφοροποιούνται στην ισχύ ή στην ποιότητα, δεν είναι δυνατό να ανιχνευτούν ευρετικοί συλλογισμοί που να προκύπτουν από την παραβίαση της τρίτης διεργασίας. Άρα για τα τέσσερα παραπάνω προβλήματα θα διερευνηθούν ευρετικοί συλλογισμοί που απορρέουν από την παράκαμψη της πρώτης, της δεύτερης και της τέταρτης διεργασίας.

Για το τέταρτο πρόβλημα, που αναφέρεται στην επιλογή του καυσίμου, θα διερευνηθούν οι ευρετικοί συλλογισμοί που παραβιάζουν τις τέσσερις πρώτες διεργασίες. Η παραβίαση της πέμπτης διεργασίας αναφέρεται στη σύγκριση λιγότερων εναλλακτικών λύσεων και επειδή οι εναλλακτικές λύσεις είναι μόνο δύο, το μεθάνιο και το βουτάνιο, μία τέτοια παραβίαση είναι άνευ νοήματος.

Για τα προβλήματα που αναφέρονται στη σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου γενικά και ως καύσιμα, επειδή είναι προβλήματα ανοιχτού τύπου,

θα γίνει ανάλυση των απαντήσεων των λυτών για να ανιχνευτούν τυχόν συλλογισμοί που να οδηγούν σε συμπεράσματα, κρίσεις και λήψη αποφάσεων.

4.2.1 Ανάλυση του πρώτου και του δεύτερου προβλήματος

4.2.1.1 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στην εξέταση λιγότερων πληροφοριών

Οι πληροφορίες που δίνονται από την εκφώνηση του πρώτου προβλήματος είναι:

- α. Ο μοριακός τύπος του πεντανίου (C_5H_{12})
- β. Οι σχετικές ατομικές μάζες του άνθρακα και του υδρογόνου ($A_r, C=12, A_r, H=1$)
- γ. Η μάζα του πεντανίου (144g)
- δ. Ο αριθμός Avogadro $N_A=6,023 \times 10^{23}$
- ε. Ότι ζητείται η μάζα του άνθρακα
- στ. Ότι ζητείται ο αριθμός των ατόμων του υδρογόνου.

Από την εξέταση των πρωτοκόλλων προέκυψε ότι το σύνολο των λυτών αναγνώρισε και προσπάθησε να εκμεταλλευτεί όλες τις παραπάνω πληροφορίες για να επιλύσει το πρόβλημα, οπότε δεν μπορεί να βρεθεί ευρετικός συλλογισμός που να στηρίζεται στην εξέταση λιγότερων πληροφοριών.

Επιπλέον, επειδή όλοι οι λύτες αναγνωρίζουν και αξιοποιούν ή προσπαθούν να αξιοποιήσουν τις πληροφορίες που δίνονται δεν τίθεται θέμα ενσωμάτωσης λιγότερων πληροφοριών προκειμένου οι λύτες να επιλύσουν το πρόβλημα αυτό.

4.2.1.2 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών

Η αξία των παραπάνω πληροφοριών που πρέπει να ανακληθεί από το λύτη είναι:

- α) Η σχετική μοριακή μάζα του πεντανίου μπορεί να προκύψει από τις σχετικές ατομικές μάζες του άνθρακα και του υδρογόνου.
- β) 1 μόριο πεντανίου περιέχει 5 άτομα άνθρακα και 12 άτομα υδρογόνου.
- γ) 1 mol μορίων πεντανίου περιέχει 5 mol ατόμων άνθρακα και 12 mol ατόμων υδρογόνου.
- δ) 1 mol μορίων πεντανίου περιέχει N_A μόρια πεντανίου
- ε) 1 mol ατόμων άνθρακα περιέχει N_A άτομα άνθρακα
- στ) 1 mol ατόμων υδρογόνου περιέχει N_A άτομα υδρογόνου
- ζ) 1 mol μορίων πεντανίου ζυγίζει όσο η σχετική μοριακή μάζα του πεντανίου σε g
- η) 1 mol ατόμων άνθρακα ζυγίζει 12 g
- θ) 1 mol ατόμων υδρογόνου ζυγίζει 1 g
- ι) Από τη σχετική μοριακή μάζα του πεντανίου η μάζα του άνθρακα είναι $5 \times A_{r,C}$ και η μάζα του υδρογόνου είναι $12 \times A_{r,H}$

Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων προκύπτει ότι οι λύτες διευκολύνονται να υπολογίζουν τον αριθμό των mol του πεντανίου, n , μέσω της εφαρμογής του τύπου $n=m/M_r$, όπου m είναι η μάζα του πεντανίου και M_r η σχετική του μοριακή μάζα. Προτιμούν, δηλαδή, να εφαρμόζουν τον τύπο αυτό και όχι να βρίσκουν την αναλογία μεταξύ του αριθμού των mol και της μάζας του πεντανίου, που προκύπτει από την πρόταση ζ). Κατά ανάλογο τρόπο χρησιμοποιούνται οι τύποι $n=m/A_r$ για τον υπολογισμό της μάζας του άνθρακα και $n=N/N_A$ για τον υπολογισμό του αριθμού των ατόμων του υδρογόνου, αποφεύγοντας έτσι την εύρεση αναλογιών που προκύπτουν από τις προτάσεις η) και στ) αντίστοιχα.

Κάποιοι από τους λύτες, και συγκεκριμένα οι πρωτοετείς και οι επί πτυχίω φοιτητές, χρησιμοποιούν τους τύπους αυτούς, και κυρίως αυτούς που συσχετίζουν τις σχετικές ατομικές και μοριακές μάζες με τη μάζα και τον αριθμό των moles, χωρίς να αντιλαμβάνονται τη σημασία τους. Δηλαδή, οι

λύτες αυτοί δεν ανακτούν την αξία της πληροφορίας που περιέχει μέσα του ο κάθε μαθηματικός τύπος, αλλά τον χρησιμοποιούν μηχανικά. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα από την ανάλυση του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων, από όπου προκύπτει ότι κυρίως οι φοιτητές είναι αυτοί που ενώ χρησιμοποιούν τον τύπο $n=m/Mr$ δεν μπορούν να ανακαλέσουν πόσο ζυγίζει το 1 mol ατόμων ενός στοιχείου.

Στον πίνακα 13 που ακολουθεί φαίνεται ποιοι λύτες χρησιμοποίησαν τους μαθηματικούς τύπους και ποιοι αναλογίες, καθώς και οι απαντήσεις που έδωσαν στο γνωστικό μέρος των πρωτοκόλλων.

Πίνακας 13: Χρήση μαθηματικών τύπων ή αναλογιών κατά τη λύση του πρώτου και του δεύτερου προβλήματος

Λύτες	Χρησιμοποίηση τύπων ή αναλογιών			Απαντήσεις γνωστικού		
	Υπολογισμός των moles του πεντανίου	Υπολογισμός της μάζας του άνθρακα	Υπολογισμός του αριθμού των ατόμων του υδρογόνου	Μάζα του 1mol ατόμων ενός στοιχείου	Αριθμός ατόμων που περιέχονται στο 1mol ατόμων ενός στοιχείου	
M1	n=m/Mr	Αναλογία	Αναλογία	Απαντούν		
M2		n=m/Ar	n=N/N _A			
M3		Αναλογία	Αναλογία			
M4		n=m/Ar				
M5	Αναλογία	Αναλογία	n=N/N _A	Δεν απαντά		
ΦΑ1	n=m/Mr	Δεν γίνεται χρήση		Δεν απαντούν	Απαντούν	
ΦΑ2		Αναλογία	n=N/N _A			
ΦΑ3			Αναλογία			
ΦΑ4						
ΦΑ5		Δεν γίνεται χρήση	Δεν γίνεται χρήση	Δεν απαντά		
ΦΒ1	n=m/Mr	Δεν γίνεται χρήση	Αναλογία	Δεν απαντούν	Απαντούν	
ΦΒ2		n=m/Ar				
ΦΒ3		Δεν γίνεται χρήση				
ΦΒ4		n=m/Ar				
ΦΒ5				Δεν γίνεται χρήση	n×Mr	
E1	n=m/Mr	n=m/Ar	n=N/N _A	Απαντούν		
E2		Δεν γίνεται χρήση				
E3	Αναλογία	Αναλογία	Αναλογία			
E4	n=m/Mr					
E5						

Οι μαθητές χρησιμοποιούν, εκτός από τις αναλογίες, και τους τύπους $n=m/M_r$, $n=m/A_r$ και $n=N/N_A$ των οποίων αντιλαμβάνονται τη σημασία τους. Ο μαθητής Μ5 χρησιμοποιεί τις αναλογίες ζ) και η) μετά από την ανατροφοδότηση από την ερευνήτρια κατά τη διάρκεια της διερεύνησης των γνώσεων, ενώ προσπαθεί και ανακαλεί τον τύπο $n=N/N_A$, του οποίου τη σημασία δεν ανακαλεί στο γνωστικό μέρος του πρωτοκόλλου.

Όλοι οι πρωτοετείς φοιτητές εφαρμόζουν τον τύπο $n=m/M_r$, ενώ στην αντίστοιχη ερώτηση του γνωστικού απαντούν αναλογικά, αφού η ερευνήτρια τους θυμίσει τη μάζα του 1 mol ατόμων ενός στοιχείου. Οι ΦΑ2, ΦΑ3 και ΦΑ4 χρησιμοποιούν την αναλογία η), μετά από ανατροφοδότηση, ενώ ο ΦΑ2 αντιλαμβάνεται τη σημασία του τύπου $n=N/N_A$, αφού απαντά σωστά στην αντίστοιχη ερώτηση του γνωστικού. Ο ΦΑ3 προκειμένου να υπολογίσει τον αριθμό των ατόμων του υδρογόνου προσπαθεί να ανακαλέσει έναν τύπο που να συνδέει το n με το N_A , δεν το καταφέρνει και χρησιμοποιεί την αντίστοιχη αναλογία από το γνωστικό μέρος του πρωτοκόλλου.

Οι επί πτυχίω φοιτητές χρησιμοποιούν όλοι τον τύπο $n=m/M_r$ και οι ΦΒ2, ΦΒ4 και ΦΒ5 τον τύπο $n=m/A_r$. Όπως και οι πρωτοετείς φοιτητές έτσι και οι επί πτυχίω ανακαλούν τη μάζα 1 mol μορίων μιας ένωσης, αφού πρώτα γίνει η αντίστοιχη ανατροφοδότηση για το 1 mol ατόμων ενός στοιχείου. Οι ΦΒ2 και ΦΒ3 ψάχνουν μαθηματικό τύπο που να συνδέει το M_r με το N_A και τύπο που να περιέχει το N_A αντίστοιχα, πριν καταλήξουν στην αναλογία στ), υποβοηθούμενοι από το γνωστικό μέρος του πρωτοκόλλου.

Οι εκπαιδευτικοί, αν και απαντούν σωστά στις ερωτήσεις του γνωστικού που αφορούν στοιχειομετρικούς υπολογισμούς, δεν χρησιμοποιούν μόνο τύπους αλλά και αναλογίες.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η χρησιμοποίηση μαθηματικών τύπων αποτελεί έναν ευρετικό συλλογισμό, μέσω του οποίου οι λύτες μειώνουν τη δυσκολία που συνδέεται με την ανάκτηση της αξίας κάποιων πληροφοριών, όπως είναι οι αναλογίες στ), ζ) και η).

Ένας άλλος συλλογισμός, που μειώνει τη δυσκολία που συνδέεται με την ανάκτηση της αξίας των πληροφοριών, διαφαίνεται μέσα από την ερμηνεία εκφράσεων που δίνουν παραπάνω από μία πληροφορίες.

Για παράδειγμα ο ΦΑ1 αναφέρει: «...Στα 144g C_5H_{12} περιέχονται 5 άτομα άνθρακα...». Η έκφραση αυτή 144g C_5H_{12} περιέχει δύο πληροφορίες. Η μία

αφορά στην ποσότητα του πεντανίου και η άλλη την ποιοτική και ποσοτική σύσταση του μορίου του πεντανίου. Ο ΦΑ1 προκειμένου να ελαττώσει την προσπάθεια που πρέπει να καταβάλλει ώστε να ερμηνεύσει τις πληροφορίες αυτές διαβάζει μόνο αυτό που βλέπει. Αυτό το είδος του συλλογισμού, όπως φαίνεται στον πίνακα 14, υπάρχει στους φοιτητές, ίσως εξαιτίας των ελλείψεων που παρουσιάζουν στο γνωστικό υπόβαθρο των στοιχειομετρικών υπολογισμών.

Πίνακας 14: Ερμηνείες εκφράσεων που μειώνουν τη δυσκολία η οποία συνδέεται με την ανάκτηση της αξίας των πληροφοριών (προβλήματα 1^ο & 2^ο)

Λύτης	Έκφραση	Ερμηνεία έκφρασης
ΦΑ1	144g C ₅ H ₁₂	«...Στα 144g πεντανίου περιέχονται 5 άτομα άνθρακα...»
	2 mol C ₅ H ₁₂	«Σε 2 mol πεντανίου περιέχονται 5 άτομα άνθρακα...»
ΦΑ2	1 mol C ₅ H ₁₂	«...1mol πεντανίου έχει 12 άτομα υδρογόνου...»
ΦΑ5	144g C ₅ H ₁₂	«...Σε 144g πεντανίου έχω 5 άτομα άνθρακα...»
ΦΒ1	2 mol C ₅ H ₁₂	«...Σε 2mol πεντανίου περιέχονται 12 N _A άτομα H... και σε 1mol πεντανίου περιέχονται 6 N _A άτομα H...»
		«...2 mol πεντανίου έχουν 5 άνθρακες και 12 υδρογόνα...»
ΦΒ5	144g C ₅ H ₁₂	«...144g πεντανίου έχουν 5 άτομα άνθρακα και 12 άτομα υδρογόνου...»

4.2.2 Ανάλυση του προβλήματος προσθήκης

4.2.2.1 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στην εξέταση λιγότερων πληροφοριών

Οι πληροφορίες που δίνονται από την εκφώνηση του προβλήματος προσθήκης είναι:

- α. Σε μια φιάλη περιέχονται 36g νερού
- β. Στη φιάλη διαβιβάζονται 84g προπένιο, το οποίο είναι ένα αλκένιο
- γ. Στη φιάλη πραγματοποιείται αντίδραση ανάμεσα στο προπένιο και το νερό
- δ. Ζητείται η ποιοτική και ποσοτική (σε μάζες) σύσταση της φιάλης μετά το τέλος της αντίδρασης.

Το γεγονός ότι πραγματοποιείται αντίδραση δεν εκλαμβάνεται, αρχικά, ως μία σημαντική πληροφορία από το μαθητή M5 και από δύο επί πτυχίω φοιτητές τους ΦB1 και ΦB3. Οι λύτες αυτοί πιστεύουν ότι στο τέλος στη φιάλη θα υπάρχει υδατικό διάλυμα προπενίου. Όπως θα δούμε και στην επόμενη παράγραφο οι λύτες αυτοί δεν λαμβάνουν υπόψη τους την πληροφορία της πραγματοποίησης αντίδρασης ανάμεσα στο προπένιο και το νερό ίσως εξαιτίας της αναγνώρισης του νερού ως διαλύτη και όχι ως αντιδραστήριο. Πρόκειται για τον **ευρετικό συλλογισμό της αναγνώρισης** (recognition), ο οποίος έχει αναφερθεί από τους Gigerenzer και Goldstein το 1996 (23).

Ένας άλλος ευρετικός συλλογισμός που εξετάζει λιγότερες πληροφορίες και άρα μειώνει το πλήθος των πληροφοριών, οι οποίες πρέπει να επεξεργαστούν, ακολουθείται από τους πρωτοετείς φοιτητές ΦA2 και ΦA4. Αυτοί αγνοούν ότι ζητούνται οι μάζες των ουσιών που περιέχονται στη φιάλη μετά το τέλος της αντίδρασης και θέτουν ως στόχο την εύρεση ενός άλλου μεγέθους από τη μάζα. Επειδή ακολουθούν τη μέθοδο mole, το μέγεθος αυτό είναι ο αριθμός των mol. Σε αυτό το σημείο σταματούν την επίλυση του προβλήματος και όταν τους ζητείται να ξαναδιαβάσουν το ζητούμενο του προβλήματος υπολογίζουν και τη μάζα της ουσίας που υπάρχει τελικά στη φιάλη, της 2-προπανόλης.

Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τον επί πτυχίω φοιτητή ΦB4. Ο φοιτητής αυτός αγνοεί τη μάζα του προπενίου θεωρώντας ότι μέσα στη φιάλη υπάρχει 1 mol προπενίου, οπότε συμπεραίνει ότι από την αντίδραση προκύπτει 1 mol

2-προπανόλης. Όταν όμως γίνεται υπενθύμιση από την ερευνήτρια για τη μάζα του προπενίου που υπάρχει μέσα στη φιάλη συνειδητοποιεί και διορθώνει την παράλειψή του. Επιπλέον, δεν λαμβάνει υπόψη του τη μάζα του νερού, ώστε να ελέγξει την ύπαρξη περισσειας.

Από όλους τους λύτες οι εκπαιδευτικοί E1, E4 και E5 είναι αυτοί που ζητούν τις συνθήκες της αντίδρασης, ενώ ο E3 τις αναφέρει θεωρώντας αυθαίρετα ότι πραγματοποιείται αντίδραση προσθήκης. Πληροφορούνται για την παρουσία του όξινου καταλύτη μέσα στη φιάλη, αλλά δεν αναφέρουν ότι στο τέλος της αντίδρασης θα υπάρχει μέσα στη φιάλη εκτός από το προϊόν και ο όξινος καταλύτης. Δεν αξιολογούν, δηλαδή, πλήρως την πληροφορία που τους δίνεται.

Στον πίνακα 15 δίνονται συνοπτικά οι ευρετικοί συλλογισμοί που οφείλονται στην εξέταση λιγότερων πληροφοριών.

Πίνακας 15: Ευρετικοί συλλογισμοί που οφείλονται στην εξέταση λιγότερων πληροφοριών (πρόβλημα προσθήκης)

Πληροφορίες που παρακάμπτονται	Λύτες				
	M5	ΦΑ2 ΦΑ4	ΦΒ1 ΦΒ3	ΦΒ4	E1 E3 E4 E5
Ποσότητες αντιδρώντων				Θεωρεί 1 mol προπενίου και δεν λαμβάνει υπόψη τη μάζα του νερού	
Πραγματοποίηση αντίδρασης	Δεν λαμβάνει υπόψη		Δεν λαμβάνουν υπόψη		
Ζητούνται οι μάζες μετά το τέλος της αντίδρασης		Βρίσκουν τα mol της 2-προπανόλης και όχι τη μάζα της			
Παρουσία όξινου καταλύτη στο τελικό διάλυμα					Δεν λαμβάνουν υπόψη

4.2.2.2 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών

Η πληροφορία που δίνεται στο λύτη και αφορά στην πραγματοποίηση αντίδρασης μέσα στη φιάλη απαιτεί από το λύτη την αναζήτηση των συνθηκών της αντίδρασης, ώστε να κρίνει το είδος της αντίδρασης που πραγματοποιείται. Οι περισσότεροι από τους λύτες για να αποφύγουν τη διαδικασία αυτή προτιμούν να υποθέσουν ως πραγματοποιούμενη αντίδραση την πιο προβλέψιμη, την αντίδραση προσθήκης του νερού στο προπένιο. Πρόκειται για τον **ευρετικό συλλογισμό της διαθεσιμότητας** (availability), ο οποίος έχει αναφερθεί από τους Tversky και Kahneman το 1973 και 1974 (23). Στο συλλογισμό αυτό κάποιος χρησιμοποιεί την ευκολία με την οποία φαντάζεται ένα γεγονός για να προβλέψει πόσο πιθανό είναι να συμβεί το γεγονός αυτό. Τον ακολουθούν το σύνολο των μαθητών και των φοιτητών καθώς και δύο εκπαιδευτικοί, οι E2 και οι E3. Οι υπόλοιποι εκπαιδευτικοί συμπεραίνουν ότι πρόκειται για αντίδραση προσθήκης, αφού πρώτα πληροφορηθούν για τις συνθήκες της αντίδρασης.

Ο ευρετικός συλλογισμός της διαθεσιμότητας παρουσιάζεται και σε δύο άλλες περιπτώσεις. Η μία περίπτωση αφορά στην υπόθεση που κάνουν οι λύτες ότι οι αντίδραση είναι ποσοτική, και η άλλη στην αυθαίρετη, επίσης, υπόθεση ότι σχηματίζεται αποκλειστικά ως προϊόν προσθήκης το κύριο προϊόν που προκύπτει από τον κανόνα του Markovnikov. Αυτό συμβαίνει επειδή στα περισσότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι λύτες θεωρείται δεδομένο ότι οι αντιδράσεις είναι ποσοτικές και ότι σχηματίζεται ως αποκλειστικό προϊόν προσθήκης το προϊόν Markovnikov, εκτός αν στο πρόβλημα δίνεται κάποια πληροφορία που αναιρεί αυτές τις υποθέσεις. Την υπόθεση ότι η αντίδραση είναι ποσοτική κάνουν όλοι οι μαθητές, οι πρωτοετείς φοιτητές ΦΑ3, ΦΑ4 και ΦΑ5, όλοι οι επί πτυχίω φοιτητές και όλοι οι εκπαιδευτικοί εκτός από τον E1. Στη θεώρηση ότι σχηματίζεται αποκλειστικά το προϊόν Markovnikov προβαίνει το σύνολο των μαθητών και των φοιτητών καθώς και οι εκπαιδευτικοί E2, E3 και E4.

Όπως έχει αναφερθεί και στην παράγραφο 4.2.1.2 (σελ. 121), οι λύτες προκειμένου να μειώσουν τη δυσκολία που συνδέεται με την ανάκτηση της

αξίας των πληροφοριών χρησιμοποιούν τύπους και κανόνες. Όπως και κατά τη λύση του πρώτου και του δεύτερου προβλήματος, έτσι και για την επίλυση του προβλήματος προσθήκης, όσοι λύτες χρησιμοποιούν στοιχειομετρικούς υπολογισμούς εφαρμόζουν τον τύπο $n=m/Mr$ για να υπολογίσουν τον αριθμό των mol του προπενίου και του νερού ή τη μάζα της προπανόλης. Πιο συγκεκριμένα, οι λύτες που χρησιμοποιούν τη σχέση $n=m/Mr$ είναι όλοι οι μαθητές εκτός του M5, όλοι οι πρωτοετείς φοιτητές, οι επί πτυχίω φοιτητές ΦB4 και ΦB5 και, τέλος, το σύνολο των εκπαιδευτικών. Αυτή η τακτική διευκολύνει τους λύτες, οι οποίοι χρησιμοποιούν τον τύπο είτε συνειδητά είτε μηχανικά, και δεν απαιτεί από αυτούς την εξεύρεση αναλογιών μεταξύ τον αριθμού των mol και της μάζας.

Ο ίδιος ευρετικός συλλογισμός παρουσιάζεται και κατά την εξεύρεση του κύριου προϊόντος προσθήκης, το οποίο προκύπτει βάσει του μηχανισμού της αντίδρασης από το σταθερότερο ενδιάμεσο καρβοκατιόν, το δευτεροταγές στη συγκεκριμένη περίπτωση. Όλοι οι μαθητές, οι πρωτοετείς φοιτητές και οι εκπαιδευτικοί βρίσκουν το κύριο προϊόν εφαρμόζοντας τον κανόνα του Markovnikov. Ο κανόνας αυτός δίνει μηχανικά το κύριο προϊόν, οπότε και μειώνει την προσπάθεια του λύτη, ο οποίος δεν χρειάζεται να ανατρέξει στην ανάκληση του μηχανισμού και στη σταθερότητα των ενδιάμεσων καρβοκατιόντων. Οι επί πτυχίω φοιτητές ανήκουν στους λύτες που δεν μπορούν να ανακαλέσουν τον κανόνα του Markovnikov. Δεν μπορούν, όμως, να ανακαλέσουν και το μηχανισμό των αντιδράσεων της ηλεκτρονιόφιλης προσθήκης των αλκενίων, με εξαίρεση τον ΦB5 ο οποίος καταλήγει στο κύριο προϊόν προσθήκης βασιζόμενος στο μηχανισμό της αντίδρασης και στη σταθερότητα του δευτεροταγούς καρβοκατιόντος.

Ένας άλλος **ευρετικός συλλογισμός** αυτής της κατηγορίας, η **αναγνώριση**, είναι υπεύθυνος για το γεγονός ότι οι λύτες M5, ΦB1 και ΦB3 θεωρούν το νερό ως διαλύτη και όχι ως αντιδραστήριο προσθήκης. Λόγω του ότι το νερό είναι παγκόσμιος διαλύτης και αυτή η χρήση του είναι εκτεταμένη στην καθημερινή ζωή, οι λύτες το αναγνωρίζουν με αυτή του την ιδιότητα και δεν μπαίνουν στη διαδικασία να σκεφτούν ότι μπορεί να αντιδρά με το προπένιο. Συγκεκριμένα ο ΦB1 αναφέρει: «...Μου έρχεται στο μυαλό ότι όταν προσθέτουμε νερό γίνεται αραίωση...».

Στον πίνακα 16 περιγράφονται συνοπτικά οι ευρετικοί συλλογισμοί αυτής της κατηγορίας.

Πίνακας 16: Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών (πρόβλημα προσθήκης)

Λύτες	Διαθεσιμότητα			Χρήση τύπων και κανόνων		Αναγνώριση	
	Αντίδραση προσθήκης	Ποσοτική αντίδραση	Σχηματισμός αποκλειστικά ενός προϊόντος (Markovnikov)	n=m/Mr	Κανόνας Markovnikov	Νερό ως διαλύτης	
M1	X	X	X	X	X	ΔX	
M2							
M3							
M4							
M5				ΔX		X	
ΦΑ1	X	ΔX	X	X	X	ΔX	
ΦΑ2							
ΦΑ3		X					
ΦΑ4							
ΦΑ5							
ΦΒ1	X	X	X	ΔX	Δεν ανακαλούν τον κανόνα και τον μηχανισμό	X	
ΦΒ2						ΔX	
ΦΒ3				X			
ΦΒ4						X	ΔX
ΦΒ5						ΔX	
E1	ΔX	ΔX	X	X	X	ΔX	
E2	X	X	ΔX				
E3							
E4							
E5							ΔX
Συντομογραφίες X: Χρησιμοποιούν τον ευρετικό συλλογισμό ΔX: Δεν χρησιμοποιούν τον ευρετικό συλλογισμό							

4.2.2.3 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στην ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών

Το γεγονός ότι οι λύτες δεν λαμβάνουν υπόψη τους κάποιες από τις πληροφορίες που τους δίνονται συνεπάγεται ότι η εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά με το περιεχόμενο της φιάλης δεν θα είναι αυτή που προκύπτει μέσα από τον αναλυτικό συλλογισμό.

Έτσι, με βάση τον πίνακα 15 (σελ. 126) οι M5, ΦB1 και ΦB3 δεν ενσωματώνουν στη λύση του προβλήματος την πραγματοποίηση της αντίδρασης προσθήκης ανάμεσα στο προπένιο και το νερό. Ο ΦB4 δεν λαμβάνει υπόψη του τη μάζα του προπενίου και τον έλεγχο της περίσσειας ενός από τα αντιδρώντα. Οι ΦA2 και ΦA4 δεν δίνουν πλήρη απάντηση στο πρόβλημα, αφού αγνοούν ότι το ζητούμενο είναι η μάζα των ουσιών που υπάρχουν στη φιάλη και όχι ο αριθμός των mol των ουσιών. Τέλος οι E1, E3, E4 και E5, εφόσον δεν λαμβάνουν υπόψη τους την παρουσία του όξινου καταλύτη στο περιεχόμενο της φιάλης, δεν καταλήγουν στη βέλτιστη λύση.

4.2.3 Ανάλυση του προβλήματος καύσης

4.2.3.1 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στην εξέταση λιγότερων πληροφοριών

Οι πληροφορίες που παρέχονται από την εκφώνηση του προβλήματος καύσης αφορούν:

- α. Την ποσότητα 84g προπενίου που είναι ένας υδρογονάνθρακας
- β. Την πραγματοποίηση αντίδρασης καύσης
- γ. Το ζητούμενο που είναι ο όγκος του ατμοσφαιρικού αέρα

Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων προκύπτει ότι οι ομάδες των μαθητών και των εκπαιδευτικών εξετάζουν όλες τις πληροφορίες που δίνονται από τη εκφώνηση του προβλήματος και τις ενσωματώνουν στη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος.

Σχετικά με την πρώτη πληροφορία που αναφέρεται στα 84g προπενίου, οι λύτες ΦB1 και ΦB2 φαίνεται να την παρακάμπτουν, μειώνοντας έτσι τη δυσκολία επεξεργασίας των πληροφοριών. Συγκεκριμένα, αφού καταστρώσουν και ισοσταθμίσουν την αντίδραση καύσης θεωρούν ότι

διαθέτουν 1 mol προπενίου και συνεχίζουν τους υπολογισμούς με την ποσότητα αυτή. Ακόμα και μετά την παρέμβαση της ερευνήτριας δεν ενσωματώνουν την πληροφορία αυτή στη λύση του προβλήματος.

Η δεύτερη πληροφορία που δεν λαμβάνεται υπόψη από τους λύτες είναι ότι το ζητούμενο αναφέρεται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Έτσι, οι λύτες ΦΑ2, ΦΑ3, ΦΑ5 και όλοι οι επί πτυχίω φοιτητές πλην του ΦΒ4 σταματούν τη λύση του προβλήματος στον υπολογισμό του όγκου του οξυγόνου διευκολύνοντας έτσι την επεξεργασία των δεδομένων. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε στο σημείο αυτό, ότι μετά την παρέμβαση της ερευνήτριας συνέχισαν προς τη λύση του προβλήματος οι πρωτοετείς φοιτητές και μόνο ένας από τους επί πτυχίω φοιτητές, ο ΦΒ3. Οι υπόλοιποι λύτες δήλωσαν αδυναμία να συνεχίσουν.

Η εξέταση των λιγότερων πληροφοριών, που αναφέρθηκαν αμέσως προηγουμένως, από τους λύτες συνεπάγεται και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών στη λύση του προβλήματος με αποτέλεσμα αυτή να είναι λανθασμένη ή ανεπαρκής. Στον πίνακα 17 που ακολουθεί δίνονται συνοπτικά οι ευρετικοί συλλογισμοί που έχουν ως αποτέλεσμα την εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών στη λύση του προβλήματος.

Πίνακας 17: Ευρετικοί συλλογισμοί που προκαλούν την εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών (πρόβλημα καύσης)

Λύτες	Πληροφορίες που παρακάμπτονται	
	Η μάζα (84g) του προπενίου	Ο ατμοσφαιρικός αέρας ως ζητούμενο
ΦΑ2		Υπολογίζουν τον όγκο του οξυγόνου και όχι τον όγκο του ατμοσφαιρικού αέρα.
ΦΑ3		
ΦΑ5		
ΦΒ1	Λαμβάνουν υπόψη τους ποσότητα	
ΦΒ2	προπενίου ίση με 1 mol	
ΦΒ3		
ΦΒ5		

4.2.3.2 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών

Μία από τις πληροφορίες που αναφέρεται στην εκφώνηση του προβλήματος καύσης είναι ότι πραγματοποιείται αντίδραση καύσης. Αυτή οδηγεί το λύτη στην αναζήτηση του είδους της καύσης. Στη διαδικασία αυτή προβαίνουν οι μαθητές M2 και M4, οι πρωτοετείς φοιτητές ΦΑ3 και ΦΑ5, οι επί πτυχίω φοιτητές ΦΒ1, ΦΒ2 και ΦΒ3 καθώς και οι εκπαιδευτικοί Ε1, Ε2 και Ε4. Οι υπόλοιποι λύτες υποθέτουν, μέσω του **ευρετικού συλλογισμού της διαθεσιμότητας** ότι η καύση θα είναι τέλεια. Αυτό συμβαίνει γιατί οι λύτες όταν λύνουν προβλήματα καύσης συνήθως ασχολούνται με την τέλεια καύση. Έτσι, στηριζόμενοι στο ότι η τέλεια καύση αποτελεί το αντικείμενο της πλειονότητας των προβλημάτων καύσης συμπεραίνουν ότι και αυτό το πρόβλημα καύσης αφορά την τέλεια καύση του προπενίου.

Στον ίδιο ακριβώς συλλογισμό, τον **ευρετικό συλλογισμό της διαθεσιμότητας**, στηρίζεται η αυθαίρετη υπόθεση των λυτών σχετικά με τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας στις οποίες αναφέρεται το πρόβλημα. Επειδή τα περισσότερα προβλήματα αναφέρονται σε πρότυπες συνθήκες (STP), οι λύτες υποθέτουν ότι αυτές θα είναι και οι συνθήκες στις οποίες αναφέρεται το συγκεκριμένο πρόβλημα καύσης, μειώνοντας έτσι τη δυσκολία που συνδέεται με την ανάκτηση της πληροφορίας αυτής. Αυτή η αυθαίρετη επιλογή των συνθηκών γίνεται από τον μαθητή M1, από τους πρωτοετείς φοιτητές ΦΑ1, ΦΑ3, ΦΑ4 και ΦΑ5 και από τους επί πτυχίω φοιτητές ΦΒ3, ΦΒ4 και ΦΒ5.

Στην προηγούμενη παράγραφο έγινε αναφορά στον ευρετικό συλλογισμό που οδηγεί τους περισσότερους φοιτητές να αγνοήσουν τον ατμοσφαιρικό αέρα του οποίου ζητείται ο όγκος και να αρκестούν στον υπολογισμό του όγκου του οξυγόνου. Αυτή η ενέργεια των λυτών συνδέεται και με έναν δεύτερο συλλογισμό, την **αναγνώριση**, που είναι μία από τις υποκατηγορίες του ευρετικού συλλογισμού της διαθεσιμότητας. Οι λύτες αναγνωρίζουν, δηλαδή, το οξυγόνο ως την ουσία που είναι υπεύθυνη για την καύση παραμερίζοντας τα υπόλοιπα συστατικά του ατμοσφαιρικού αέρα. Έτσι, την πληροφορία «ατμοσφαιρικός αέρας» την ταυτίζουν με την

πληροφορία «οξυγόνο». Η ισχύς του συλλογισμού αυτού φαίνεται από το γεγονός ότι κάποιοι λύτες, οι Μ5, ΦΑ1, ΦΑ5 και ΦΒ5, υποστηρίζουν ότι το μεγαλύτερο μέρος του ατμοσφαιρικού αέρα αποτελείται από οξυγόνο.

Όπως στα προβλήματα 1^ο, 2^ο και 3^ο (προσθήκης) έτσι και στο πρόβλημα καύσης, οι λύτες μειώνουν τη δυσκολία που συνδέεται με την ανάκτηση της αξίας των πληροφοριών χρησιμοποιώντας μαθηματικές σχέσεις. Αυτές αφορούν τον υπολογισμό του αριθμού των mol του προπενίου μέσω του τύπου $n=m/Mr$ και τον υπολογισμό του όγκου του οξυγόνου μέσω της σχέσης $n=V/Vm$. Πιο συγκεκριμένα, οι λύτες διευκολύνονται να εφαρμόζουν τους τύπους $n=m/Mr$ και $V=n \times Vm$ αντί να ανακαλούν τις αναλογίες «1mol προπενίου περιέχει 42g προπενίου» και «1mol προπενίου καταλαμβάνει όγκο ίσο με Vm L» αντίστοιχα. Η μηχανική χρήση των μαθηματικών σχέσεων, όπως έχει ήδη αναφερθεί για τον τύπο $n=m/Ar$, έχει ως αποτέλεσμα σε ορισμένες περιπτώσεις να μην είναι αντιληπτή η σημασία τους. Για παράδειγμα ο φοιτητής ΦΒ1 αναφέρει: «...ένας τύπος για να μου δώσει τον όγκο είναι $n=V/Vm$, όπου Vm είναι ο γραμμομοριακός όγκος, αλλά χρησιμοποιείται μόνο σε κανονικές συνθήκες...» και αφού πληροφορηθεί ότι οι συνθήκες, στις οποίες αναφέρεται το πρόβλημα, είναι STP συνεχίζει: «... Vm ξέρουμε ότι είναι 22,4L...». Αυτός ο φοιτητής, δηλαδή, αντιλαμβάνεται τον γραμμομοριακό όγκο ως σταθερά.

Οι λύτες που χρησιμοποιούν τους παραπάνω τύπους αναφέρονται στον πίνακα 18, στον οποίο δίνονται συγκεντρωτικά οι ευρετικοί συλλογισμοί αυτής της κατηγορίας.

Πίνακας 18: Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών (πρόβλημα καύσης)

Λύτες	Διαθεσιμότητα		Χρήση τύπων		Αναγνώριση	
	Είδος καύσης	Συνθήκες αντίδρασης	$n=m/Mr$	$V=n \times Vm$	Ταύτιση οξυγόνου και αέρα	
M1	X	X	X	ΔX	ΔX	
M2	ΔX	ΔX		X		X
M3	X					
M4	ΔX					
M5	X					
ΦΑ1	X	X	X	X	ΔX	
ΦΑ2		ΔX			X	
ΦΑ3	ΔX	X			X	ΔX
ΦΑ4	X					X
ΦΑ5	ΔX					X
ΦΒ1	ΔX	ΔX	Δεν λύνουν το πρόβλημα	X	X	
ΦΒ2		X	X			ΔX
ΦΒ3						
ΦΒ4	X	X	X	X	ΔX	
ΦΒ5				X	X	
E1	ΔX	ΔX	X	X	ΔX	
E2						
E3						
E4						
E5						
<u>Συντομογραφίες</u> X: Χρησιμοποιούν τον ευρετικό συλλογισμό ΔX: Δεν χρησιμοποιούν τον ευρετικό συλλογισμό						

4.2.4 Ανάλυση του προβλήματος 4

Τα προβλήματα που αναφέρονται στη σύγκριση του μεθανίου με το βουτάνιο γενικά και ως καύσιμα είναι προβλήματα ανοιχτού τύπου. Αυτό καθιστά την εξέταση των εργασιών διευκόλυνσης της σκέψης ασύμφορη, καθώς κάτι τέτοιο θα έπρεπε να γίνει για κάθε ένα κριτήριο σύγκρισης που θέτει κάθε λύτης. Για το λόγο αυτό, σε αυτά τα δύο προβλήματα ανιχνεύτηκαν συλλογισμοί απευθείας από τις απαντήσεις των λυτών χωρίς να μπορούμε στη διαδικασία να εξετάσουμε κατά πόσο λαμβάνουν χώρα οι εργασίες, η παραβίαση των οποίων διευκολύνουν τη σκέψη των λυτών.

4.2.4.1 Σύγκριση μεθανίου και βουτανίου

Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων για το τέταρτο πρόβλημα και συγκεκριμένα για το ερώτημα που αφορά στη σύγκριση του μεθανίου με το βουτάνιο προέκυψε ένας ευρετικός συλλογισμός που οδηγεί στη σύγκριση των δύο ενώσεων ως προς τα σημεία ζέσεώς τους. Οι εκπαιδευτικοί E1, E3, E4 και ο επί πτυχίω φοιτητής ΦB5 κρίνουν ότι το βουτάνιο έχει μεγαλύτερο σημείο ζέσεως. Πιο συγκεκριμένα, οι E3 και ΦB5 στηρίζουν την κρίση τους αυτή στη μεγαλύτερη σχετική μοριακή μάζα του βουτανίου, χωρίς όμως να μπορούν να αιτιολογήσουν το λόγο για τον οποίο οργανικές ενώσεις με μεγαλύτερη σχετική μοριακή μάζα έχουν και μεγαλύτερο σημείο βρασμού. Δεν μπορούν να ανακαλέσουν, δηλαδή, τη αξία της πληροφορίας και αρκούνται σε έναν κανόνα. Αντίθετα, οι λύτες E1 και E4 αναγνωρίζουν ότι στις ενώσεις με μεγαλύτερη σχετική μοριακή μάζα η κατανομή των ηλεκτρονίων διαταράσσεται ευκολότερα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πιο εύκολα στιγμιαία δίπολα και συνεπώς η ισχύς των διαμοριακών δυνάμεων να μεγαλώνει.

4.2.4.2 Σύγκριση μεθανίου και βουτανίου ως καύσιμα

Σε αυτό το ερώτημα του τέταρτου προβλήματος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η σύγκριση των δύο καυσίμων ως προς την παραγόμενη θερμότητα. Για τη σύγκριση αυτή απαραίτητο δεδομένο είναι η πρότυπη ενθαλπία καύσης ή η κατώτερη θερμογόνο δύναμη. Οι λύτες που αναζητούν τις σταθερές αυτές είναι οι E1, E2, M2 και M4. Από αυτούς ο M2 αφού του δοθεί η κατώτερη θερμογόνο δύναμη ανά mol των δύο ενώσεων οδηγείται στο συμπέρασμα ότι το βουτάνιο παράγει μεγαλύτερο ποσό θερμότητας εφόσον έχει και μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη. Δεν καταφέρνει δηλαδή να ανιχνεύσει την πραγματική αξία της πληροφορίας που φέρει η σταθερά αυτή, αφού δεν υπολογίζει τη θερμογόνο δύναμη ανά kg καυσίμου, όπως κάνουν οι υπόλοιποι λύτες. Δηλαδή, ο M2 χρησιμοποιεί έναν ευρετικό συλλογισμό, αυτόν της απλής σύγκρισης (**weighted pros heuristic**), με τον οποίο μειώνει την προσπάθεια που πρέπει να καταβάλλει προκειμένου να αποφασίσει το

καύσιμο που αποδίδει περισσότερη θερμότητα. Ο συλλογισμός αυτός έχει αναφερθεί από τον Huber το 1979 (23).

Παρόμοιος είναι και ο συλλογισμός των M1 και M3 οι οποίοι δηλώνουν ότι το βουτάνιο παράγει περισσότερη ενέργεια κατά την καύση του λόγω περισσότερων δεσμών και μεγαλύτερου μορίου αντίστοιχα. Χωρίς να εξετάσουν, δηλαδή, την κατώτερη θερμογόνο δύναμη των δύο καυσίμων στηρίζονται στην ενέργεια ανά μόριο και όχι ανά kg και χρησιμοποιούν την απλή σύγκριση ότι περισσότεροι δεσμοί συνεπάγονται μεγαλύτερη θερμαντική ικανότητα, προς διευκόλυνση της λήψης απόφασης. Στην περίπτωση αυτή οι λύτες εξετάζουν και ενσωματώνουν λιγότερες πληροφορίες, αλλά επιπλέον δεν ανακτούν την αξία της πληροφορίας σχετικά με την ενέργεια που περιέχεται μέσα στα καύσιμα.

Ο εκπαιδευτικός E4 προκειμένου να συγκρίνει τα δύο καύσιμα ως προς τη θερμαντική τους αξία δεν εξετάζει κάποια από τις προαναφερόμενες σταθερές, αλλά στηρίζεται στην περιεκτικότητα της ένωσης σε υδρογόνα. Χαρακτηριστικά αναφέρει: *«...το υδρογόνο από μόνο του έχει καλύτερη θερμαντική αξία... το μεθάνιο έχει περισσότερα υδρογόνα ανά μάζα φαντάζομαι... το μεθάνιο έχει μεγαλύτερη θερμαντική απόδοση...»*. Με αυτόν τον τρόπο, ο E4, χρησιμοποιώντας τον «κανόνα» ότι το καύσιμο που περιέχει ανά μονάδα μάζας περισσότερα υδρογόνα έχει και μεγαλύτερη θερμαντική ικανότητα, διευκολύνεται στη λήψη απόφασης σχετικά με την παραγόμενη θερμότητα των δύο καυσίμων.

Παρομοίως και ο εκπαιδευτικός E5 δεν εξετάζει τη θερμότητα που παράγεται από τα δύο καύσιμα αλλά αναφέρει: *«...μεγαλύτερη θερμαντική ικανότητα νομίζω έχει το μεθάνιο... σε μια μορφή ενέργειας ανά μάζα...»*. Ο E5 προκειμένου να συντομέψει τη λήψη απόφασης σχετικά με τη θερμαντική ικανότητα των καυσίμων χρησιμοποιεί την εντύπωση που έχει για την καύση του μεθανίου σε σχέση με αυτήν του βουτανίου, χωρίς να εξετάζει κάποια από τις σταθερές που δίνουν την παραγόμενη θερμότητα των καυσίμων.

4.2.4.3 Επιλογή καυσίμου

Οι ευρετικοί συλλογισμοί που θα εξεταστούν στο πρόβλημα αυτό αναφέρονται στην εξέταση και στην ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών και στη μείωση της δυσκολίας που συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών.

Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στην απλούστευση των αρχών στάθμισης των πληροφοριών δεν μπορούν να ανιχνευτούν, καθώς το σύνολο των πληροφοριών που δίνονται σε αυτό το πρόβλημα είναι τέτοιες ώστε από την εξέτάσή τους να προκύπτει ότι το μεθάνιο είναι καταλληλότερο ως καύσιμο. Επομένως, ακόμα και αν ο λύτης εξετάσει όλες τις πληροφορίες, δεν θα έρθει αντιμέτωπος με αντικρουόμενα συμπεράσματα ώστε να επιλέξει τις πληροφορίες που έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα για την επιλογή του καυσίμου. Όπως, επίσης, έχει αναφερθεί δεν είναι δυνατό, κατά τη λύση αυτού του προβλήματος, να λάβει χώρα ευρετικός συλλογισμός που να προκύπτει από τη σύγκριση λιγότερων εναλλακτικών λύσεων, αφού οι εναλλακτικές λύσεις είναι μόνο δύο.

4.2.4.3.1 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στην εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών

Οι πληροφορίες που πρέπει να αναγνωριστούν προκειμένου οι λύτες να επιλέξουν το μεθάνιο ή το βουτάνιο ως καύσιμο στο πρόβλημα που τους τίθεται είναι οι εξής:

- α. Παραγόμενη θερμότητα κατά την καύση.
- β. Η καθαρή μάζα κάθε φιάλης αν το καύσιμο είναι υγρό ή και ο όγκος αν το καύσιμο είναι αέριο.
- γ. Το κόστος κάθε φιάλης
- δ. Το είδος της καύσης (τέλεια ή ατελής)
- ε. Η επίδραση της καύσης στο περιβάλλον (π.χ. στο φαινόμενο του θερμοκηπίου) και
- στ. Η επικινδυνότητα του καυσίμου

Στον πίνακα 19 που ακολουθεί φαίνεται ποιες πληροφορίες εξέτασαν οι λύτες για να επιλέξουν ένα από τα δύο καύσιμα.

Πίνακας 19: Η αναγνώριση των πληροφοριών από τους λύτες για την επιλογή του καυσίμου

Αναγνώριση των πληροφοριών	Παραγόμενη θερμότητα	Μάζα φιαλών	Κόστος φιαλών	Είδος καύσης	Επίδραση καύσης στο περιβάλλον	Επικινδυνότητα
M1	A	ΔΑ	ΔΑ	ΔΑ	ΔΑ	ΔΑ
M2		A				
M3		ΔΑ				
M4		A				
M5		A				
ΦΑ1	ΔΑ	ΔΑ	A	ΔΑ	ΔΑ	A
ΦΑ2			ΔΑ			
ΦΑ3	A	A	A	A	ΔΑ	ΔΑ
ΦΑ4			A			
ΦΑ5			ΔΑ			
ΦΒ1	A	ΔΑ	ΔΑ	ΔΑ	A	ΔΑ
ΦΒ2	ΔΑ		A	ΔΑ	ΔΑ	ΔΑ
ΦΒ3	A					
ΦΒ4	ΔΑ					
ΦΒ5	A					
E1	A	A	A	A	ΔΑ	ΔΑ
E2			ΔΑ			
E3			ΔΑ			
E4			A			
E5			ΔΑ			
<p><u>Συντομογραφίες</u> A: Αναγνωρίζουν την πληροφορία ΔΑ: Δεν αναγνωρίζουν την πληροφορία</p>						

Ο μαθητής M1 αρχικά επιλέγει τη φιάλη που περιέχει βουτάνιο, επειδή το βουτάνιο κατά την καύση του προσφέρει μεγαλύτερο ποσό ενέργειας, λόγω των περισσότερων δεσμών που περιέχει το μόριό του. Ομοίως ο μαθητής M3 στηρίζει την επιλογή του στη θερμότητα που παράγει κατά την καύση της κάθε ένωση. Έτσι, συγκρίνοντας απλά τις κατώτερες θερμογόνους δυνάμεις (ΚΘΔ) των δύο καυσίμων επιλέγει το βουτάνιο. Οι μαθητές M2 και M4 συνεξετάζουν τη θερμότητα που δίνει κατά την καύση της κάθε ένωση, αλλά και τη μάζα κάθε φιάλης. Δηλαδή, επικεντρώνουν τη λήψη της απόφασής τους στην θερμότητα που αποδίδεται από κάθε φιάλη και επιλέγουν τη φιάλη του μεθανίου. Ο μαθητής M5 αρχικά επιλέγει ως καύσιμο το μεθάνιο στηριζόμενος στην εντύπωση που έχει ότι το καύσιμο αυτό ως συστατικό του φυσικού αερίου δίνει τέλεια καύση και έχει μεγάλη θερμαντική ικανότητα. Στη συνέχεια εξετάζοντας τη μάζα και το κόστος κάθε φιάλης συνεχίζει να έχει την ίδια άποψη.

Από τους πρωτοετείς φοιτητές ο ΦΑ1 επικεντρώνει την επιλογή του στον οικονομικό παράγοντα και στην επικινδυνότητα του καυσίμου. Κρίνοντας ότι το μεθάνιο είναι πιο οικονομικό και ότι το βουτάνιο είναι πιο εύφλεκτο επιλέγει ως καύσιμο το μεθάνιο. Ο ΦΑ2 εξετάζοντας την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα ανά μόριο μεθανίου και βουτανίου και κρίνοντας ότι το αέριο αυτό είναι επιβλαβές επιλέγει το μεθάνιο επειδή παράγει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα. Ο ΦΑ3 εξετάζοντας και προβαίνοντας σε μια απλή σύγκριση των ΚΘΔ επιλέγει το βουτάνιο, ενώ ο ΦΑ4 εκτός από τις ΚΘΔ συνεξετάζει τη μάζα κάθε καυσίμου και το κόστος καταλήγοντας μέσα από υπολογισμούς στο μεθάνιο. Τέλος, ο ΦΑ5 στηρίζει την επιλογή του στο ότι το μεθάνιο κάνει καλύτερη καύση, οπότε και το επιλέγει.

Από την ανάλυση των απαντήσεων των επί πτυχίω φοιτητών προέκυψε ότι ο ΦΒ1 εξετάζει την επίδραση του καυσίμου στο περιβάλλον και γνωρίζοντας ότι το μεθάνιο είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου το απορρίπτει ως καύσιμο. Η άποψη του αυτή εντείνεται από την εξέταση των ΚΘΔ, οπότε μέσα από μία απλή σύγκριση καταλήγει ότι το βουτάνιο αποδίδει περισσότερη θερμότητα. Ο ΦΒ2 επιλέγει επίσης βουτάνιο επειδή πιστεύει ότι κάνει καλύτερη καύση. Ο ΦΒ3 εξετάζοντας την τοξικότητα, το κόστος και τα αέρια της καύσης επιλέγει το μεθάνιο επειδή παράγει ανά μόριο λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα. Όταν, όμως, αναζητά και πληροφορείται για τις ΚΘΔ επιλέγει το βουτάνιο εφόσον, από μία απλή σύγκριση, προκύπτει ότι αυτό έχει μεγαλύτερη θερμαντική ικανότητα. Ο φοιτητής ΦΑ4 αδυνατεί να συγκεντρώσει πληροφορίες προκειμένου να λάβει μία απόφαση σχετικά με την επιλογή ενός από τα δύο καύσιμα. Σε μια προσπάθειά του αναφέρει ότι ίσως το μεθάνιο να είναι προτιμότερο ως καύσιμο καθώς θέλει λιγότερο οξυγόνο για να γίνει καλύτερη η καύση του. Ο ΦΒ5 αρχικά επιλέγει το μεθάνιο στηριζόμενος στην άποψη που έχει ότι το βουτάνιο δεν χρησιμοποιείται ως καύσιμο. Όταν όμως πληροφορείται ότι και οι δύο ενώσεις χρησιμοποιούνται ως καύσιμα, αναζητά ποια καύση είναι πιο εξώθερμη. Με δεδομένες τις ΚΘΔ και κάνοντας μια απλή σύγκριση επιλέγει το βουτάνιο.

Από την τελευταία ομάδα, των εκπαιδευτικών, ο Ε1 επιλέγει ως καύσιμο το μεθάνιο συνεκτιμώντας τη θερμότητα που παράγεται από κάθε καύσιμο, την καθαρή μάζα κάθε φιάλης, το κόστος της και το είδος της καύσης. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και οι Ε2 και Ε3 εξετάζοντας τα

ίδια χαρακτηριστικά με τον E1, εκτός από το είδος της καύσης, και λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι δεν τίθεται θέμα ασφάλειας για τα δύο καύσιμα. Ο E4 επιλέγει ως καύσιμο το μεθάνιο μόνο και μόνο εξαιτίας της καλύτερης καύσης και της μεγαλύτερης θερμαντικής ικανότητας που έχει. Το ίδιο υποστηρίζει και ο E5, ο οποίος όμως εξετάζει επιπλέον και τον οικονομικό παράγοντα.

Από τα παραπάνω είναι εμφανές ότι οι λύτες εξετάζουν λιγότερες πληροφορίες και παράλληλα ενσωματώνουν λιγότερες πληροφορίες στη λύση του προβλήματος αυτού, μειώνοντας έτσι την προσπάθεια που καταβάλλουν προκειμένου να επιλέξουν ένα από τα δύο καύσιμα. Αυτό που φαίνεται να απασχολεί τους περισσότερους λύτες είναι η παραγόμενη θερμότητα κατά την καύση κάθε καυσίμου, λιγότερο η καθαρή μάζα και το κόστος κάθε φιάλης, ενώ λίγοι είναι οι λύτες που εξετάζουν το είδος της καύσης, την επίδρασή της στο περιβάλλον και την επικινδυνότητά της.

4.2.4.3.2 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών

Μία από τις πληροφορίες που δίνονται ώστε να συγκριθούν τα δύο καύσιμα ως προς την παραγόμενη θερμότητα είναι η κατώτερη θερμογόνος δύναμη ανά mole, δηλαδή η ποσότητα της θερμότητας που ελευθερώνεται κατά την πλήρη καύση ενός mole της ουσίας με τον παραγόμενο υδρατμό να παραμένει σε αέρια μορφή. Την πληροφορία αυτή οι λύτες πρέπει να την εκμεταλλευτούν για να υπολογίσουν την παραγόμενη θερμότητα ανά μονάδα μάζας (kg) του καυσίμου, καθώς τα καύσιμα στο εμπόριο διατίθενται σε μονάδες όγκου ή μάζας.

Από τους μαθητές που εξετάζουν την παραγόμενη θερμότητα, ο M2, ενώ κατά την σύγκριση των καυσίμων στο προηγούμενο ερώτημα είχε επιλέξει το βουτάνιο, συγκρίνοντας απλά τις κατώτερες θερμογόνους δυνάμεις (ΚΘΔ) ανά mol, που του δόθηκαν, σε αυτό το ερώτημα προκειμένου να επιλέξει ένα από τα δύο καύσιμα συγκρίνει με υπολογισμούς τις ΚΘΔ για την ίδια μάζα των καυσίμων και βάσει του αποτελέσματος επιλέγει το μεθάνιο. Αυτή η μεταβολή στην άποψή του οφείλεται στο ότι αναζητά και του δίνεται ότι

οι φιάλες έχουν την ίδια καθαρή μάζα, οπότε και συγκρίνει τα δύο καύσιμα ανά μονάδα μάζας. Ο μαθητής M3 αφού του δίνονται οι ΚΘΔ αρκείται σε μια απλή σύγκριση (**weighted pros heuristic**) χωρίς να μπορεί να ανακτήσει την αξία της πληροφορίας αυτής και επιλέγει το βουτάνιο ως καύσιμο. Σε αυτή την επιλογή ίσως να οδηγήθηκε εξαιτίας του ότι δεν εξέτασε την ποσότητα του καυσίμου που περιέχεται σε κάθε φιάλη. Αντίθετα, ο M4 από το προηγούμενο ερώτημα έχει ανακτήσει την αξία της πληροφορίας που δίνουν οι ΚΘΔ και θεωρεί καταλληλότερο καύσιμο το μεθάνιο, ειδικά όταν εξετάζοντας τις μάζες των δύο καυσίμων πληροφορείται ότι αυτές είναι μεταξύ τους ίδιες. Οι μαθητές M1 και M5, ενώ αναγνωρίζουν την πληροφορία σχετικά με την παραγόμενη θερμότητα, δεν αναζητούν κάποια σταθερά, αλλά αρκούνται στην ενέργεια που περιέχουν οι δεσμοί μεταξύ των ατόμων στο μόριο κάθε ένωσης και στη γενικότερη εντύπωση που έχουν για τη θερμαντική ικανότητα των δύο καυσίμων αντίστοιχα. Προκειμένου να ανιχνεύσουμε κατά πόσο οι δύο αυτοί λύτες ανακαλούν την αξία της πληροφορίας που δίνουν οι σταθερές οι οποίες αναφέρονται στη παραγωγή θερμότητας, τους παρέχουμε ως δεδομένο τις ΚΘΔ. Από αυτούς, ο M1 εκτελώντας τους κατάλληλους υπολογισμούς ανακτά την αξία των ΚΘΔ αφού πρώτα εξετάζει και πληροφορείται για τις καθαρές μάζες των δύο φιαλών. Αξίζει να σημειωθεί ότι προηγουμένως ο μαθητής M1 συνέκρινε την ενέργεια των δύο καυσίμων βάσει των δεσμών μεταξύ των ατόμων που περιέχονται στο μόριο κάθε ένωσης όταν εξέτασε την ενέργεια ανά μόριο και όχι ανά μονάδα μάζας. Προέβη, δηλαδή, σε μια επιφανειακή, απλή σύγκριση. Ο M5, αφού λαμβάνει ως δεδομένες τις ΚΘΔ, αρκείται σε μια επιφανειακή απλή σύγκριση των ΚΘΔ επιλέγοντας το βουτάνιο, ακόμα και όταν πληροφορείται ότι οι φιάλες έχουν την ίδια καθαρή μάζα.

Από τους πρωτοετείς φοιτητές μόνο οι ΦΑ3 και ΦΑ4 αναγνωρίζουν την πληροφορία που σχετίζεται με την παραγόμενη θερμότητα προκειμένου να επιλέξουν ένα από τα δύο καύσιμα. Στους υπόλοιπους παρέχεται από την ερευνήτρια το δεδομένο των ΚΘΔ, χωρίς να ζητηθεί, προκειμένου να ερευνηθεί ο τρόπος σύγκρισης των δύο καυσίμων με βάση αυτό το δεδομένο. Με εξαίρεση το φοιτητή ΦΑ4, ο οποίος ανακτά την αξία της πληροφορίας αυτής, όλοι οι υπόλοιποι συγκρίνουν απλά τις ΚΘΔ των δύο καυσίμων. Αξίζει να σημειωθεί ότι ίσως αυτό συμβαίνει γιατί μόνο ο ΦΑ4 αναγνωρίζει και εξετάζει την πληροφορία των καθαρών μαζών των δύο φιαλών. Αυτή η

πληροφορία είναι που τον καθοδηγεί στο να υπολογίσει τις ΚΘΔ ανά μονάδα μάζας.

Οι επί πτυχίω φοιτητές παρουσιάζουν την ίδια εικόνα με τους πρωτοετείς φοιτητές. Και αυτοί που εξετάζουν την παραγόμενη θερμότητα (ΦΒ1, ΦΒ3 και ΦΒ5), αλλά και ο φοιτητής ΦΒ4 που του δίνονται οι ΚΘΔ χωρίς να τις ζητήσει, αρκούνται σε μια απλή σύγκριση των σταθερών αυτών, αδυνατώντας έτσι να ανακαλέσουν την αξία της πληροφορίας που φέρουν οι ΚΘΔ. Αυτό ίσως να συνδέεται με το γεγονός ότι κανένας από τους φοιτητές της ομάδας αυτής δεν εξέτασε την ποσότητα των καυσίμων που περιέχονται μέσα στις φιάλες. Στο φοιτητή ΦΒ2 δεν δόθηκαν ως δεδομένες οι ΚΘΔ, καθώς κατά την συνέντευξη παρουσιάστηκε κατηγορηματικός επιλέγοντας το βουτάνιο ως καύσιμο, καθώς πίστευε ότι είναι καλύτερο καύσιμο από το μεθάνιο.

Τέλος, οι εκπαιδευτικοί Ε1, Ε2 και Ε3 αφού αναγνωρίσουν ως πληροφορία την παραγόμενη θερμότητα ανακτούν την αξία των ΚΘΔ υπολογίζοντας τη θερμότητα που ελευθερώνεται ανά μονάδα μάζας κάθε καυσίμου. Οι εκπαιδευτικοί αυτοί είναι οι μόνοι που ζητούν ως πληροφορία την ποσότητα του περιεχομένου κάθε φιάλης. Οι εκπαιδευτικοί Ε4 και Ε5, προκειμένου να λάβουν μια απόφαση σχετικά με την επιλογή ενός από τα δύο καύσιμα, δεν εξετάζουν τις σταθερές που δίνουν την παραγόμενη θερμότητα, αλλά αποφασίζουν βάσει της περιεκτικότητας του καυσίμου σε υδρογόνο και της γενικότερης αντίληψης για τα δύο καύσιμα αντίστοιχα. Οι δύο αυτοί εκπαιδευτικοί παρουσιάζονται αμετακίνητοι στην επιλογή τους, ώστε κρίθηκε άσκοπο να τους δοθούν οι ΚΘΔ. Επίσης, οι Ε4 και Ε5 δεν εξέτασαν το καθαρό βάρος κάθε καυσίμου.

Ένας παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί προκειμένου να επιλεγεί μία από τις δύο φιάλες είναι αν τα καύσιμα που περιέχονται στις φιάλες αυτές δίνουν πλήρη ή ατελή καύση.

Ο μαθητής Μ5 αναφέρει σχετικά: «... πιστεύω ότι στο μεθάνιο γίνεται καλύτερη καύση, γι' αυτό και είναι πιο διαδεδομένο το φυσικό αέριο, στο οποίο το μεθάνιο είναι το κύριο συστατικό...». Ο μαθητής αυτός χρησιμοποιεί τον **ευρετικό συλλογισμό της αναγνώρισης**. Αναγνωρίζει, δηλαδή, το φυσικό αέριο ως καύσιμο που χρησιμοποιείται ευρύτατα. Οπότε, για να

χρησιμοποιείται δίνει καλή καύση και, επομένως, καλή καύση θα δίνει και το κύριο συστατικό του που είναι το μεθάνιο.

Ένας ακόμα **ευρετικός συλλογισμός αναγνώρισης** χρησιμοποιείται από τον επί πτυχίω φοιτητή ΦΒ1 όταν αυτός εξετάζει την επίδραση της καύσης στο περιβάλλον. Ο φοιτητής αυτός αναγνωρίζει το μεθάνιο ως ένα από τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου. Βάσει του συλλογισμού αυτού κρίνει ότι η χρήση του μεθανίου πρέπει να αποφευχθεί στο πρόβλημα που του τίθεται, αλλά και γενικότερα.

Οι φοιτητές ΦΑ2 και ΦΒ3 εξετάζοντας την επικινδυνότητα των δύο καυσίμων και λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι επιβλαβές για τον ανθρώπινο οργανισμό αναφέρουν: Ο ΦΑ2 «...*θα επιλέξω το μεθάνιο γιατί παράγει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα που είναι βλαβερό...*» και ο ΦΒ3 «...*το βουτάνιο παράγει μεγαλύτερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα γιατί έχει τέσσερις άνθρακες ενώ το μεθάνιο έχει έναν άνθρακα... θα προτιμήσουμε το μεθάνιο*». Και στην περίπτωση αυτή οι φοιτητές ΦΑ2 και ΦΒ3 δεν ανακτούν την αξία της πληροφορίας που σχετίζεται με την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, καθώς αρκούνται στην επιφανειακή σύγκριση της παραγωγής του αερίου αυτού ανά μόριο καυσίμου και όχι ανά μονάδα μάζας, όπως δηλαδή διατίθεται στο εμπόριο.

Κατά την εξέταση της επικινδυνότητας των δύο καυσίμων ο εκπαιδευτικός Ε3 χρησιμοποιεί τον **ευρετικό συλλογισμό της αναγνώρισης** καθώς αναφέρει: «... *το μεθάνιο είναι βασικό συστατικό του φυσικού αερίου, του βιοαερίου, δηλαδή χρησιμοποιείται ως καύσιμο ευρέως, άρα δεν φαντάζομαι ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα τοξικότητας. Το ίδιο και το βουτάνιο, το οποίο το χρησιμοποιούμε στα σπίτια μας στις φιάλες υγραερίου...*». Ο εκπαιδευτικός αυτός, δηλαδή, προκειμένου να ελέγξει την τοξικότητα των δύο καυσίμων καταφεύγει για να διευκολύνει τη σκέψη του στην αναγνώριση τους ως υλικά της καθημερινής ζωής, τα οποία εφόσον χρησιμοποιούνται δεν μπορεί να είναι τοξικά.

Στον πίνακα 20 που ακολουθεί συνοψίζονται οι ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών.

Πίνακας 20: Οι ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών για την επιλογή καυσίμου

Πληροφορίες	Παραγόμενη θερμότητα	Είδος καύσης	Επίδραση καύσης στο περιβάλλον	Επικινδυνότητα
M1	Περισσότεροι δεσμοί, μεγαλύτερο ποσό ενέργειας			
M3	Μεγαλύτερη ΚΘΔ Καλύτερη θερμαντική ικανότητα			
M5		Αναγνώριση του φυσικού αερίου		
ΦΑ1				
ΦΑ2				Περισσότεροι άνθρακες, περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα
ΦΑ3				
ΦΑ5				
ΦΒ1			Αναγνώριση του μεθανίου ως αέριο του θερμοκηπίου	
ΦΒ3				Περισσότεροι άνθρακες, περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα
ΦΒ4				
ΦΒ5				
E3				Αναγνώριση των καυσίμων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Πρώτο ερευνητικό ερώτημα – Οι δεξιότητες κατά την επίλυση προβλήματος και η πρόοδος αυτών

Το πρώτο και το δεύτερο πρόβλημα (προβλήματα σύστασης), το πρόβλημα προσθήκης, το πρόβλημα καύσης και το τέταρτο πρόβλημα (προβλήματα γενικής σύγκρισης του μεθανίου και του βουτανίου, σύγκρισης του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα και επιλογής καυσίμου) απαιτούν από τους λύτες κάποιες δεξιότητες. Πρόκειται για τις δεξιότητες της ανάκλησης αλγορίθμου, της εξεύρεσης μεθόδου, της αναγνώρισης και αναζήτησης ή ανάκλησης δεδομένων και τέλος της εύρεσης στόχων. Για τις δεξιότητες αυτές θα παραθέσουμε τα συμπεράσματα της έρευνας αμέσως παρακάτω.

5.1.1 Δεξιότητα ανάκλησης αλγορίθμου

Σύμφωνα με τον πίνακα 3 (σελ.78), η δεξιότητα ανάκλησης αλγορίθμου βασίζεται στις λύσεις του πρώτου και του τρίτου προβλήματος και αφορά μόνο τις ομάδες των μαθητών και των εκπαιδευτικών, καθώς για αυτές τα παραπάνω προβλήματα αντιστοιχούν σε προβλήματα τύπου 1 και 3 αντίστοιχα. Τα προβλήματα των τύπων αυτών απαιτούν για τη λύση τους και τη δεξιότητα ανάκλησης αλγορίθμου, εφόσον χαρακτηρίζονται από οικείες μεθόδους επίλυσης (πίνακας 1, σελ. 24)

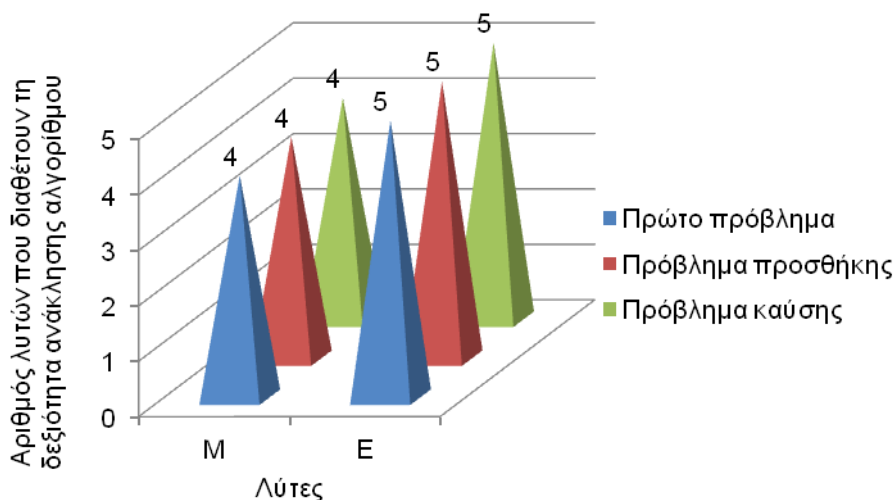
Από την ανάλυση του πρώτου προβλήματος που προηγήθηκε (πίνακας 4, σελ.82) προκύπτει ότι μόνο οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί στο σύνολό τους ανακαλούν αλγοριθμική λύση, δηλαδή αυτόματη λύση, για τα δύο ερωτήματα του πρώτου προβλήματος. Εξαίρεση αποτελεί ένας μαθητής, ο Μ5. Η διαφοροποίηση των δύο αυτών ομάδων έγκειται στην αλγοριθμική μέθοδο που χρησιμοποιούν. Ο κάθε λύτης απαντά σε δύο ερωτήματα στο πρόβλημα αυτό, οπότε η ομάδα των μαθητών (τέσσερις μαθητές) έδωσε συνολικά οκτώ λύσεις. Από αυτές τις οκτώ λύσεις στις πέντε γίνεται χρήση της μεθόδου mole και στις άλλες εφαρμόζεται κάποια αναλογική μέθοδος. Η αναλογική μέθοδος

αφορά την αναλογία των ζητούμενων μεγεθών με τον αριθμό των mol του πεντανίου. Από την άλλη πλευρά, οι εκπαιδευτικοί, με εξαίρεση έναν που χρησιμοποιεί και για τα δύο ερωτήματα τη μέθοδο mole, εφαρμόζουν αναλογικές μεθόδους λύσης χρησιμοποιώντας ποικιλίες αναλογιών.

Το γεγονός ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν περισσότερο τη μέθοδο mole ενώ οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν αναλογικές μεθόδους ίσως έχει τη βάση της στο γεγονός ότι κατά τη διδασκαλία στοιχειομετρικών προβλημάτων συνιστάται στους μαθητές, προκειμένου να διευκολύνονται στη λύση αυτών των προβλημάτων, να χρησιμοποιούν το mole ως μέσο μετάβασης από το μέγεθος που δίνεται στο μέγεθος που ζητείται. Χαρακτηριστικά, ο εκπαιδευτικός Ε3, ο οποίος είναι και ο μόνος εκπαιδευτικός που χρησιμοποιεί τη μέθοδο mole κατά τη λύση του πρώτου προβλήματος, αναφέρει: *«Σε αυτά τα προβλήματα η προσπάθειά μου είναι οι μαθητές γνωρίζοντας ελάχιστα πράγματα, τις ισοδυναμίες ενός mol ατόμων ή μορίων μιας ουσίας με τη μάζα, ή με τον αριθμό ατόμων ή μορίων, ή με τον όγκο της ουσίας, στην περίπτωση που είναι αέρια, να λύνουν τα προβλήματα στοιχειομετρίας»*. Αυτή η τακτική φαίνεται να επηρεάζει τους μαθητές περισσότερο από τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι λόγω της τριβής και της εμπειρίας τους με τέτοιου είδους προβλήματα μπορούν και χρησιμοποιούν και άλλες μεθόδους πιο σύντομες, όπως είναι οι αναλογικές μέθοδοι. Αντίθετα, οι μαθητές, λόγω της πρόσφατης επαφής τους με τέτοια προβλήματα, ίσως νιώθουν πιο ασφαλείς με τη χρήση πιο εύκολων μεθόδων, όπως είναι η μέθοδος mole ακόμη και αν αυτή είναι περισσότερο χρονοβόρα από κάποιες άλλες.

Από την εξέταση των πινάκων 7 (σελ.92) και 9 (σελ.98) διαφαίνεται ότι τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί στο σύνολό τους επιλύουν τα προβλήματα προσθήκης και καύσης ακολουθώντας αλγοριθμικές λύσεις, λύνοντας, δηλαδή, αυτόματα τα προβλήματα αυτά. Όπως έχει αναφερθεί, εξαίρεση παρουσιάζει ο μαθητής Μ5. Αξίζει να σημειωθεί ότι, αντίθετα με τις λύσεις του πρώτου προβλήματος, στην περίπτωση των προβλημάτων προσθήκης και καύσης δεν υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των αλγοριθμικών μεθόδων επίλυσης που χρησιμοποιούν οι δύο αυτές ομάδες. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι η μέθοδος mole που ακολουθείται είναι η πιο σύντομη μέθοδος επίλυσης.

Στο σχήμα 2 που ακολουθεί δίνεται εποπτικά η πρόοδος της δεξιότητας ανάκλησης αλγορίθμου επίλυσης στο πρώτο πρόβλημα, στο πρόβλημα προσθήκης και στο πρόβλημα καύσης, καθώς μεταβαίνουμε από τους μαθητές στους εκπαιδευτικούς. Από αυτό φαίνεται ότι οι μαθητές κατέχουν τη δεξιότητα αυτή σε λίγο μικρότερο βαθμό σε σχέση με τους εκπαιδευτικούς.



Σχήμα 2: Η πρόοδος της δεξιότητας ανάκλησης αλγορίθμου επίλυσης για το πρώτο και το τρίτο πρόβλημα

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι κανένας από τους λύτες αυτών των δύο ομάδων δεν χρησιμοποίησε τη λογική μέθοδο για την εύρεση της μάζας του άνθρακα στο πρώτο πρόβλημα, παρόλο που το πρόβλημα αυτό επιλύεται εύκολα με τη συγκεκριμένη μέθοδο. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις έρευνες του Schmidt, το 1994, και των Schmidt και Jigneus, το 2003 (13). Από αυτές προέκυψε ότι οι Γερμανοί και οι Σουηδοί μαθητές, αντίστοιχα, εφαρμόζουν πιο συχνά τη λογική μέθοδο σε σχέση με τις άλλες μεθόδους τις οποίες χρησιμοποιούν για τη λύση δυσκολότερων προβλημάτων. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν, όμως, με αυτά της έρευνας των Toth και Kiss το 2005 (13). Σύμφωνα με αυτή, στην Ουγγαρία οι μαθητές χρησιμοποιούν κυρίως τη μέθοδο του mole, λιγότερο την αναλογική μέθοδο και σχεδόν καθόλου τη λογική μέθοδο. Το αποτέλεσμα αυτό αποδόθηκε από τους ερευνητές στο γεγονός ότι στα σχολεία της Ουγγαρίας, σε αντίθεση με τα σχολεία της Γερμανίας και της Σουηδίας, διδασκόταν κυρίως η μέθοδος του mole και, επιπλέον, οι μαθητές διδάσκονταν λιγότερες

ώρες Χημεία την εβδομάδα σε σχέση με τους Γερμανούς μαθητές. Στην Ελλάδα οι ώρες διδασκαλίας του μαθήματος της Χημείας είναι μία την εβδομάδα για τη Χημεία Γενικής Παιδείας και δύο την εβδομάδα για τη Χημεία Κατεύθυνσης στη Β΄ τάξη του Ενιαίου Λυκείου, έναντι τριών και πέντε ωρών την εβδομάδα στην Ουγγαρία και τη Γερμανία αντίστοιχα. Ως αποτέλεσμα οι Έλληνες μαθητές είναι λιγότερο έμπειροι στη λύση προβλημάτων στοιχειομετρίας. Η κύρια, όμως, αιτία που δεν χρησιμοποιείται η λογική μέθοδος ακόμα και από τους έμπειρους λύτες (εκπαιδευτικούς) είναι ότι η μέθοδος αυτή δεν διδάσκεται στα σχολεία της χώρας μας.

Επίσης, κανένας από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς δεν εφάρμοσε σε κανένα από τα προβλήματα τη μέθοδο του παράγοντα. Όπως έχει αναφερθεί η μέθοδος αυτή είναι άγνωστη στην Ευρώπη, ενώ διδάσκεται στα σχολεία στην Αμερική.

5.1.2 Δεξιότητα εξεύρεσης μεθόδου

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 3 (σελ.78), η μελέτη της δεξιότητας εύρεσης μεθόδου προκύπτει από τις λύσεις όλων των προβλημάτων, εκτός του προβλήματος σύγκρισης του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα, εφόσον, όπως προέκυψε από την ανάλυση, δεν υπάρχουν μέθοδοι για να συγκριθούν.

Μελετώντας τη δεξιότητα εξεύρεσης μεθόδου επίλυσης του πρώτου και του δεύτερου προβλήματος παρατηρείται, από τη σύγκριση των πινάκων 4 (σελ.82) και 5 (σελ.84), ότι δύο από τους τέσσερις μαθητές αδυνατούν μπροστά στην εξεύρεση άλλης μεθόδου από αυτήν που ανακαλούν αλγοριθμικά και χαρακτηρίζονται από παλινδρόμηση στη μέθοδο που είχαν προτείνει για το πρώτο πρόβλημα. Με τη χρήση διαφορετικής μεθόδου λύνονται μόνο τρία από τα οκτώ ερωτήματα (δύο ερωτήματα για κάθε μαθητή). Ο μαθητής M5 βρίσκει μέθοδο επίλυσης και για τα δύο ερωτήματα του πρώτου προβλήματος. Άρα, συνολικά οι μαθητές βρίσκουν μέθοδο επίλυσης σε πέντε από τα δέκα ερωτήματα.

Οι πρωτοετείς φοιτητές, ενώ παρουσιάζουν κενά στο θεωρητικό υπόβαθρο των στοιχειομετρικών υπολογισμών, μετά από την ανατροφοδότηση που τους παρέχεται από την ερευνήτρια, προτείνουν για την πλειονότητα των

ερωτημάτων (επτά στα δέκα ερωτήματα) κάποια μέθοδο επίλυσης, με προτίμηση στις αναλογικές μεθόδους. Παρόλα αυτά, είναι εμφανής η σύγχυση που παρουσιάζουν ανάμεσα στις έννοιες του μορίου ή του ατόμου και του mole.

Αντίθετα, η προτίμηση των επί πτυχίω φοιτητών στη μέθοδο mole ως μεθόδου επίλυσης είναι εμφανής. Αυτή η ομάδα των φοιτητών χαρακτηρίζεται από δυσκολίες και ανασφάλεια κατά την επίλυση του προβλήματος αυτού. Οι λύτες που προτείνουν κάποια μέθοδο και για τα δύο ερωτήματα (τέσσερις στους πέντε) δρουν μετά από παρότρυνση και αφού γίνει ανατροφοδότηση του θεωρητικού υποβάθρου πάνω στο οποίο στηρίζεται η λύση του πρώτου προβλήματος.

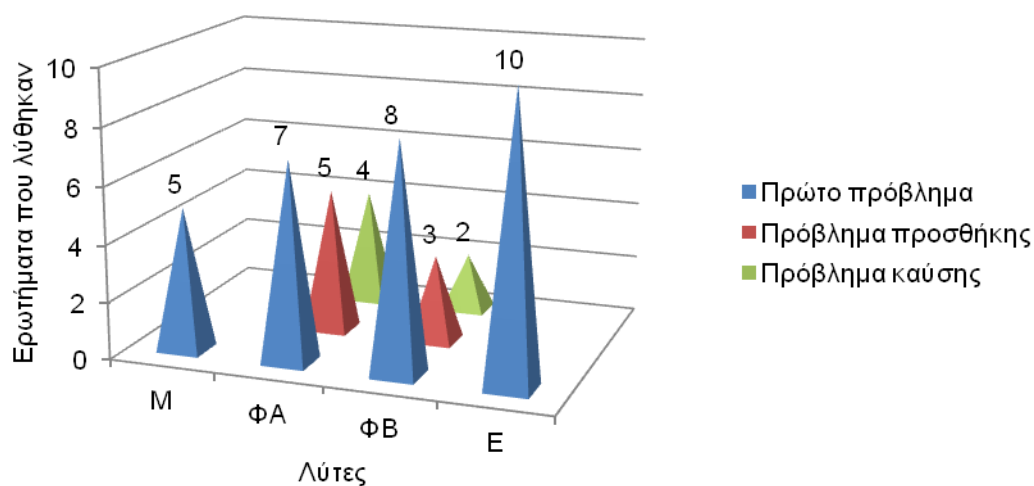
Η πιο έμπειρη από τις ομάδες στην επίλυση προβλήματος, η ομάδα των εκπαιδευτικών, χαρακτηρίζεται από άνεση στη εξεύρεση δεύτερης μεθόδου επίλυσης του πρώτου προβλήματος, με προτίμηση στις αναλογικές μεθόδους.

Τα προβλήματα προσθήκης και καύσης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι προβλήματα τύπου 4 για τους φοιτητές, οπότε μπορεί να μελετηθεί για τους λύτες αυτούς η πρόοδος της δεξιότητας εύρεσης μεθόδου επίλυσης. Από την εξέταση των πινάκων 7 (σελ.92) και 9 (σελ.98) προκύπτει πως οι πρωτοετείς φοιτητές έχουν τη δεξιότητα να βρουν μέθοδο επίλυσης και για τα δύο προβλήματα σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι έχουν οι επί πτυχίω φοιτητές. Αυτό ίσως να αποδίδεται στο γεγονός ότι βάσει του πίνακα 2 (σελ. 71) οι πρωτοετείς φοιτητές έχουν καλύτερο γνωστικό επίπεδο σχετικά με τις αντιδράσεις προσθήκης σε σχέση με τους επί πτυχίω φοιτητές. Επιπλέον, οι επί πτυχίω φοιτητές παρουσιάζουν περισσότερες και σοβαρότερες ελλείψεις στο γνωστικό υπόβαθρο του προβλήματος καύσης σε σύγκριση με τους πρωτοετείς φοιτητές.

Στο σχήμα 3 που ακολουθεί δίνεται εποπτικά η πρόοδος της δεξιότητας εύρεσης μεθόδου επίλυσης του πρώτου προβλήματος, ως πρόβλημα τύπου 2, και των προβλημάτων προσθήκης και καύσης, κατά τη μετάβαση από τους μαθητές στους πρωτοετείς φοιτητές, στους επί πτυχίω φοιτητές και στους εκπαιδευτικούς.

Ερμηνεύοντας το σχήμα 3 μπορούμε να πούμε για το πρώτο πρόβλημα ότι η δεξιότητα εύρεσης μεθόδου επίλυσης αυξάνεται από τους μαθητές προς τους φοιτητές, οι οποίοι δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ τους. Οι

εκπαιδευτικοί στο σύνολό τους εμφανίζονται να κατέχουν τη δεξιότητα αυτή στο μέγιστο βαθμό. Το παραπάνω συμπέρασμα μπορεί να αποδοθεί στη δυσκολία των μαθητών να ξεφύγουν από τον αλγόριθμο που χρησιμοποιούν. Επίσης, η μη διαφοροποίηση των φοιτητών είναι πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι και οι δύο ομάδες παρουσιάζουν τις ίδιες δυσκολίες στο γνωστικό

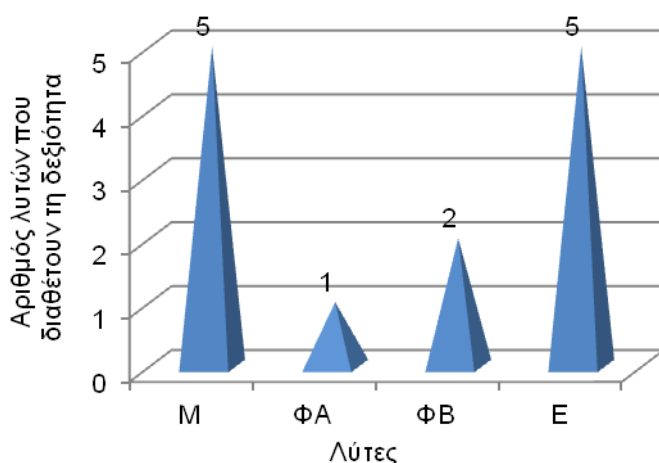


Σχήμα 3: Η πρόοδος της δεξιότητας εξεύρεσης μεθόδου επίλυσης για το πρώτο και το τρίτο πρόβλημα

υπόβαθρο των στοιχειομετρικών υπολογισμών (πίνακα 2, σελ. 71). Τέλος, οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν και άλλες μεθόδους επίλυσης εκτός της αλγοριθμικής, εμμένοντας, όμως, στις πιο σύντομες αναλογικές μεθόδους. Στα προβλήματα προσθήκης και καύσης οι πρωτοετείς φοιτητές βρίσκουν μέθοδο επίλυσης πιο συχνά από τους επί πτυχίω φοιτητές, καθώς οι δύο αυτές ομάδες, αν και έχουν τις ίδιες δυσκολίες στους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς, διαφοροποιούνται στις δυσκολίες που παρουσιάζουν στο γνωστικό υπόβαθρο των αντιδράσεων προσθήκης και καύσης.

Στο τέταρτο πρόβλημα και, συγκεκριμένα, στο ερώτημα της γενικής σύγκρισης του μεθανίου και του βουτανίου, η συνηθισμένη επιστημονική μέθοδος που ακολουθείται είναι η κατάταξη των δύο ενώσεων σε ομόλογες σειρές και στη συνέχεια η μελέτη τους. Με γνώμονα, άρα, την εύρεση της ομόλογης σειράς ή του γενικού μοριακού τύπου ως μεθόδου σύγκρισης των

δύο ενώσεων δίνεται στο παρακάτω σχήμα 4 η πρόοδος της εύρεσης μεθόδου προκειμένου να συγκριθεί το μεθάνιο με το βουτάνιο.



Σχήμα 4: Η πρόοδος της δεξιότητας εύρεσης μεθόδου σύγκρισης του μεθανίου με το βουτάνιο βάσει της ομόλογης σειράς ή του γενικού μοριακού τύπου τους

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι η δεξιότητα εύρεσης μεθόδου σε αυτή την περίπτωση κατέχεται πλήρως από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς, ενώ οι φοιτητές δεν τη διαθέτουν, καθώς ακόμα και αυτοί που βρίσκουν την ομόλογη σειρά των δύο ενώσεων, δεν χρησιμοποιούν το στοιχείο αυτό στη σύγκριση των ενώσεων αυτών. Θα πρέπει, όμως, να σημειωθεί ότι για τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς αυτή είναι μία οικεία μέθοδος, καθώς στο σχολικό βιβλίο η μελέτη των οργανικών ενώσεων γίνεται ανά ομόλογη σειρά. Αυτή η μέθοδος ακολουθείται, βέβαια, και από τα συγγράμματα στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Οι επί πτυχίω, όμως, φοιτητές (7^ο και 8^ο έτος σπουδών) φαίνεται να μην μπορούν να ανακαλέσουν τη μέθοδο αυτή, ίσως λόγω του μεγάλου χρονικού διαστήματος που έχει μεσολαβήσει από την επαφή τους με τα εν λόγω συγγράμματα. Αντίθετα, οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί έχουν πρόσφατη τη μεθοδολογία των σχολικών εγχειριδίων.

Επίσης, από το ερώτημα του τέταρτου προβλήματος που αφορά στην επιλογή του καυσίμου προκύπτει ότι οι εκπαιδευτικοί είναι εκείνοι που διαφοροποιούνται από τις υπόλοιπες ομάδες, αφού διαχειρίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι κάνουν οι άλλες ομάδες τη λύση του προβλήματος βασισμένοι σε μεγέθη που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή και σε

παράγοντες που έχουν σημασία στην καθημερινότητά μας. Βρίσκουν, δηλαδή, μέθοδο επίλυσης, η οποία στηρίζεται στη μεταφορά του προβλήματος σε πραγματική κατάσταση.

5.1.3 Δεξιότητα αναγνώρισης και αναζήτησης ή ανάκλησης δεδομένων

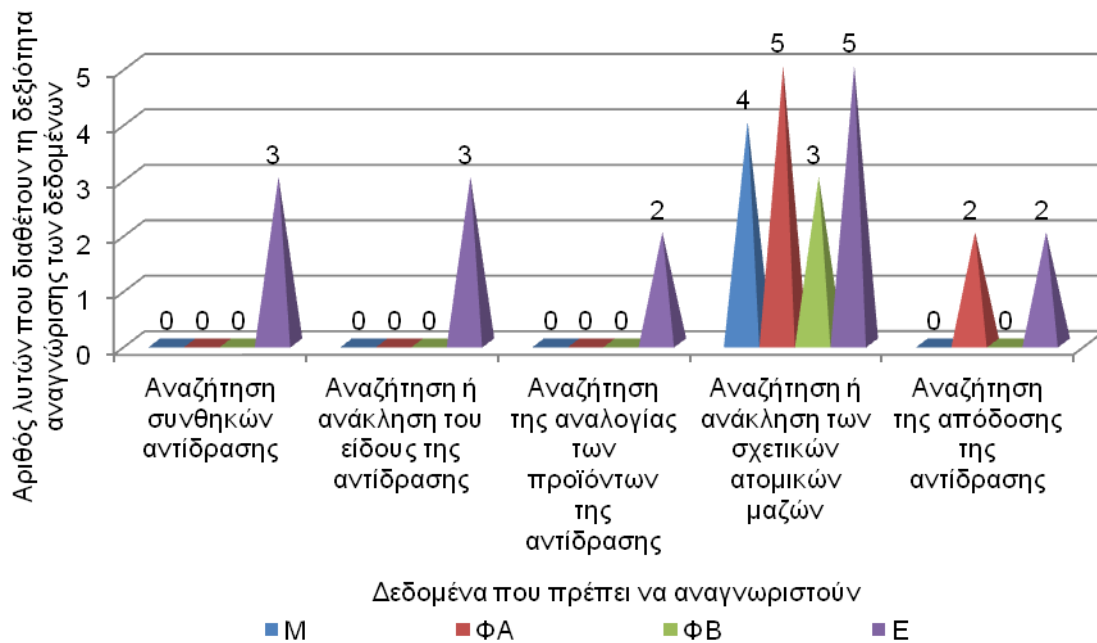
Η δεξιότητα της αναγνώρισης των επιπλέον δεδομένων για να λυθεί ένα πρόβλημα είναι απαραίτητη για τη λύση του τρίτου και του τέταρτου προβλήματος. Για το ερώτημα του τέταρτου προβλήματος που αναφέρεται στη γενική σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου δεν προέκυψαν στοιχεία που να οδηγούν στη μελέτη της δεξιότητας αυτής.

Από την ανάλυση που προηγήθηκε, (πίνακας 6, σελ. 90 και πίνακας 8, σελ.97) σχετικά με τη διερεύνηση της δεξιότητας των λυτών να αναγνωρίζουν τα απαραίτητα δεδομένα που απαιτούνται για την επίλυση των προβλημάτων καύσης και προσθήκης, προέκυψαν τα σχήματα 5 και 6 αντίστοιχα. Στα σχήματα αυτά δίνεται εποπτικά η πρόοδος της δεξιοτήτων αναγνώρισης των επιπλέον δεδομένων που απαιτούνται για την επίλυση των προβλημάτων προσθήκης και καύσης, ανά ομάδα λυτών.

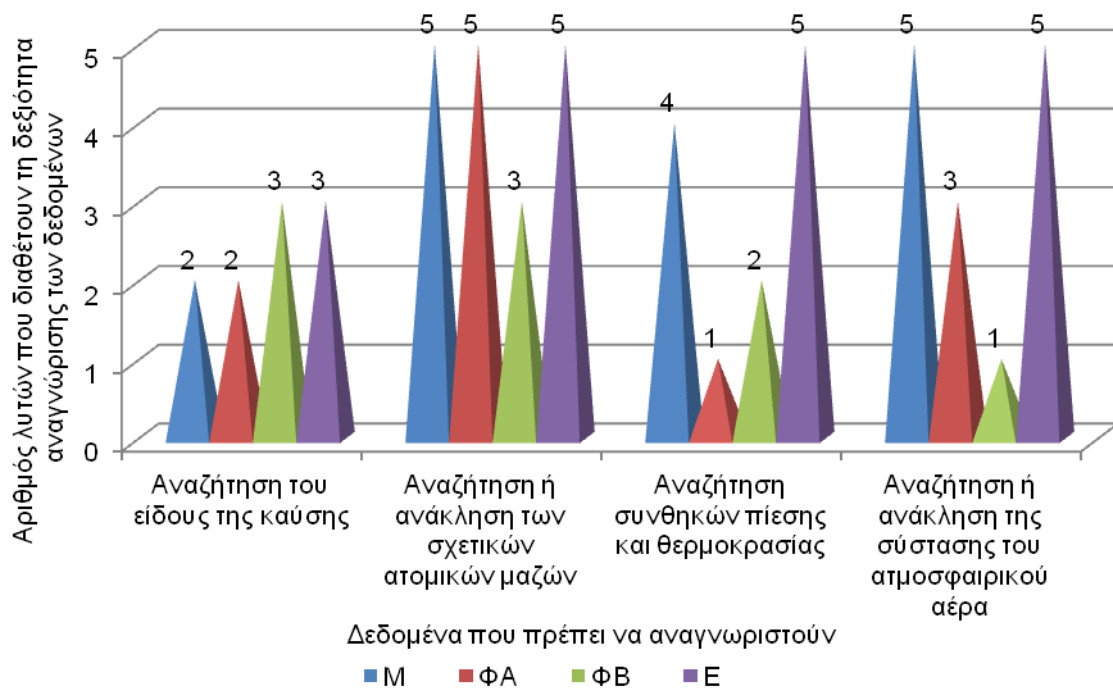
Ανάμεσα στα δεδομένα που πρέπει να αναζητηθούν προκειμένου να λυθούν τα προβλήματα προσθήκης και καύσης υπάρχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά. Οι συνθήκες, το είδος, η απόδοση και η αναλογία των προϊόντων της αντίδρασης του νερού με το προπένιο, το είδος της καύσης του προπενίου και οι συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας είναι χαρακτηριστικά που στα περισσότερα προβλήματα δεν απασχολούν τους λύτες, εφόσον θεωρούνται ως δεδομένα.

Πιο συγκεκριμένα, οι περισσότεροι λύτες θεωρούν ότι στη φιάλη που περιέχει νερό και διαβιβάζεται προπένιο οι συνθήκες είναι τέτοιες ώστε πραγματοποιείται αντίδραση προσθήκης. Αυτό το υποθέτουν καθώς η αντίδραση προσθήκης είναι η μόνη αντίδραση μεταξύ νερού και προπενίου που συναντούν συνήθως στα προβλήματα. Άλλωστε δεν τίθενται συχνά προβλήματα όπου σε μια τέτοια φιάλη να λαμβάνει χώρα, για παράδειγμα, πολυμερισμός του προπενίου.

Επίσης, στα προβλήματα που αφορούν αντιδράσεις προσθήκης, συνήθως θεωρείται από τους λύτες ότι σχηματίζεται μόνο το κατά Markovnikov προϊόν. Για το λόγο αυτό και οι περισσότεροι λύτες δεν μπαίνουν στη διαδικασία να αναρωτηθούν σχετικά με την αναλογία των σχηματιζόμενων προϊόντων.



Σχήμα 5: Η πρόοδος της δεξιότητας αναγνώρισης δεδομένων για τη λύση του προβλήματος της προσθήκης



Σχήμα 6: Η πρόοδος της δεξιότητας αναγνώρισης δεδομένων για τη λύση του προβλήματος της καύσης

Επιπλέον, οι μαθητές της Β΄ τάξης του Λυκείου έχουν συνηθίσει να επιλύουν προβλήματα χωρίς να τους απασχολεί η απόδοση της αντίδρασης. Για το λόγο αυτό θεωρούν την αντίδραση μεταξύ προπενίου και νερού ποσοτική. Στη Γ΄ τάξη, όμως, του Λυκείου τα περισσότερα προβλήματα αφορούν στις αμφίδρομες αντιδράσεις. Αυτός είναι ίσως και ο λόγος που δύο από τους πρωτοετείς φοιτητές αναρωτιούνται και αναζητούν αν η αντίδραση είναι αμφίδρομη ή μονόδρομη.

Σχετικά με την αντίδραση καύσης, τα προβλήματα όπου η αντίδραση καύσης είναι ατελής είναι σπάνια. Για αυτό και, συνήθως, οι λύτες θεωρούν την καύση τέλεια. Εν τούτοις είναι αρκετοί οι λύτες που αναζητούν το είδος της καύσης. Αυτό μπορούμε να το αποδώσουμε στο γεγονός ότι στο γνωστικό μέρος των συνεντεύξεων τονίστηκαν τα δύο είδη καύσης στους λύτες και αυτό ίσως να τους έβαλε στη διαδικασία να αναρωτηθούν σχετικά με το είδος της καύσης του προπενίου.

Τέλος, οι συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας απασχολούν τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς, αλλά όχι τόσο τους φοιτητές, οι οποίοι θεωρούν ότι οι συνθήκες είναι οι πρότυπες, STP. Αυτή η αντιμετώπιση από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς αποδίδεται στο γεγονός ότι είναι αρκετά τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν στα σχολικά εγχειρίδια, στα οποία οι συνθήκες μεταβάλλονται. Από την άλλη πλευρά οι φοιτητές ίσως επειδή δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν τη λύση του προβλήματος κάτω από άλλες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, θεωρούν τις συνθήκες αυτές πρότυπες. Για παράδειγμα, αρκετοί αναφέρουν ότι δεν μπορούν να εφαρμόσουν τον τύπο $n=V/V_m$ κάτω από άλλες συνθήκες.

Ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να μελετάται κατά την επίλυση προβλημάτων, και που στο συγκεκριμένο σημείο έχει μεγάλη σημασία, είναι κατά πόσο οι λύτες, όταν λύνουν ένα πρόβλημα, το αντιμετωπίζουν ως πραγματικό. Για τους μαθητές και τους πρωτοετείς φοιτητές αυτό είναι κάτι δύσκολο, καθώς το αναλυτικό πρόγραμμα στο Λύκειο δεν περιλαμβάνει πολλές εργαστηριακές ώρες διδασκαλίας. Έτσι, είναι λογικό οι λύτες αυτοί να μην μπορούν εύκολα να αναρωτηθούν για τις συνθήκες των αντιδράσεων ή για την αναλογία των προϊόντων μιας αντίδρασης ή για την απόδοση της αντίδρασης. Η επιλογή των συνθηκών προκειμένου να γίνει μια αντίδραση στο εργαστήριο είναι κυρίαρχης σημασίας. Ακόμα, από τη

δυσκολία απομόνωσης κάποιου προϊόντος μιας αντίδρασης είναι εμφανής η παρουσία παράπλευρων προϊόντων και το γεγονός ότι οι αντιδράσεις δεν γίνονται ποσοτικά. Αυτή η εργαστηριακή εμπειρία είναι που λείπει από τους μαθητές και τους πρωτοετείς φοιτητές, έτσι ώστε να δικαιολογείται η μη αναγνώριση κάποιων δεδομένων. Από την άλλη πλευρά, θα περιμέναμε οι επί πτυχίω φοιτητές και οι εκπαιδευτικοί να αντιμετωπίζουν διαφορετικά αυτά τα δεδομένα. Κάποιοι από τους εκπαιδευτικούς το κάνουν. Οι επί πτυχίω φοιτητές, όμως όχι. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν κενά στο γνωστικό υπόβαθρο τους που σχετίζεται με τα συγκεκριμένα προβλήματα.

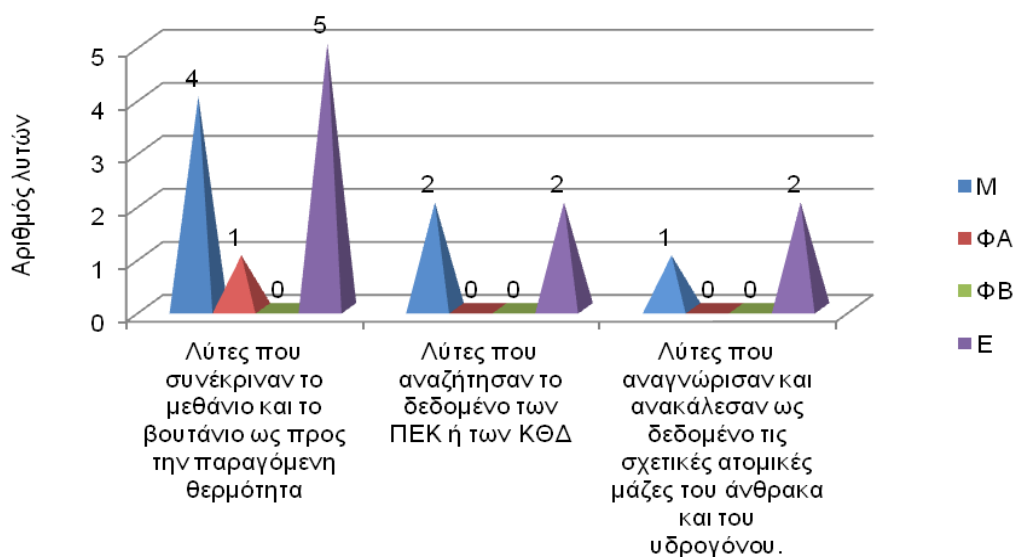
Η αναζήτηση των σχετικών ατομικών μαζών γίνεται από όλους τους λύτες που ακολουθούν τη σωστή διαδικασία επίλυσης των προβλημάτων. Τέλος, η αναζήτηση της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα, αντανακλά τη σύγχυση που έχουν οι φοιτητές ανάμεσα στον αέρα και το οξυγόνο, το συστατικό δηλαδή του ατμοσφαιρικού αέρα που είναι υπεύθυνο για την καύση. Πιο συγκεκριμένα, οι φοιτητές είναι αυτοί που θεωρούν ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι το οξυγόνο.

Συνοπτικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ομάδα των εκπαιδευτικών είναι εκείνη που διαφοροποιείται από όλες τις άλλες ομάδες καθώς αναγνωρίζει και αναζητά πληροφορίες, τις οποίες οι υπόλοιποι λύτες τις θεωρούν ως δεδομένες. Επίσης, από το διάγραμμα 6 είναι εμφανές ότι η αναγνώριση δύο δεδομένων, των συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας και της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα, παρουσιάζει μία κάμψη κατά τη μετάβαση από τους μαθητές στους φοιτητές.

Στο τέταρτο πρόβλημα και συγκεκριμένα κατά τη σύγκριση των δύο ουσιών ως καύσιμα οι λύτες καλούνται να αναγνωρίσουν δύο δεδομένα προκειμένου να συγκρίνουν τα δύο καύσιμα ως προς την παραγόμενη θερμότητα (πίνακας 11, σελ.106). Στο σχήμα 7 φαίνεται πόσοι από τους λύτες που έκαναν αυτή τη σύγκριση αναγνώρισαν τα δεδομένα της θερμότητας που παράγεται και των σχετικών ατομικών μαζών.

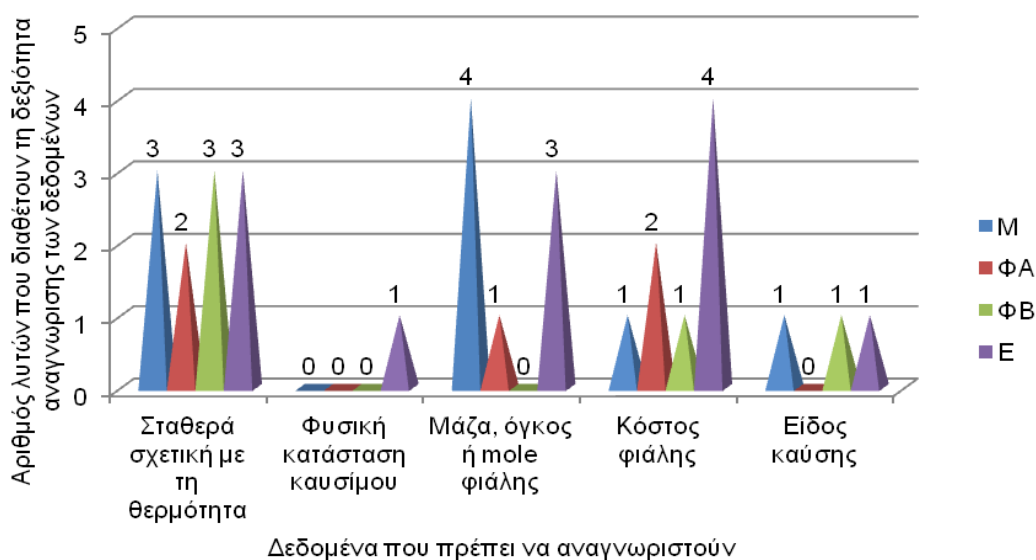
Είναι εμφανές ότι μόνο ένα μέρος (δύο λύτες από κάθε ομάδα) των εκπαιδευτικών και των μαθητών αναζήτησαν κάποια σταθερά που να δίνει τη θερμότητα που παράγεται κατά την καύση των δύο ουσιών. Οι υπόλοιποι συνέκριναν την παραγόμενη θερμότητα χωρίς το δεδομένο αυτό. Την

αναγκαιότητα, όμως, των σχετικών ατομικών μαζών για την ερμηνεία των σταθερών που δόθηκαν αναγνώρισαν και οι δύο εκπαιδευτικοί, αλλά μόνο ένας μαθητής. Γενικά, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις στη μελετώμενη δεξιότητα για το συγκεκριμένο πρόβλημα.



Σχήμα 7: Αναζήτηση της παραγόμενης θερμότητας και των σχετικών ατομικών μαζών κατά τη σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα

Στο σχήμα 8 που ακολουθεί δίνεται εποπτικά η πρόοδος της δεξιοτήτων αναγνώρισης των επιπλέον δεδομένων που απαιτούνται για την επίλυση του προβλήματος επιλογής καυσίμου, ανά ομάδα λυτών.



Σχήμα 8: Η πρόοδος της δεξιότητας αναγνώρισης των δεδομένων για την επίλυση του προβλήματος επιλογής καυσίμου

Η σταθερά που σχετίζεται με την παραγόμενη θερμότητα αναζητείται από όλες τις ομάδες των λυτών, χωρίς να διαφοροποιείται ο αριθμός των λυτών κάθε ομάδας. Από τη σύγκριση των διαγραμμάτων 7 και 8 είναι εμφανές ότι όταν δίνεται το πρόβλημα επιλογής του καυσίμου, είναι περισσότεροι οι λύτες από όλες τις ομάδες που ζητούν τη σταθερά αυτή σε σχέση με τους λύτες που αναζήτησαν τη σταθερά κατά τη σύγκριση των δύο καυσίμων.

Μόνο ένας εκπαιδευτικός αναζητά τη φυσική κατάσταση του καυσίμου προκειμένου να αποφασίσει αν θα ζητήσει ως δεδομένο τη μάζα ή τον όγκο των καυσίμων.

Έντονη διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων παρουσιάζεται κατά την αναγνώριση του δεδομένου της μάζας των καυσίμων. Οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί είναι εκείνοι που αναζητούν την πληροφορία αυτή.

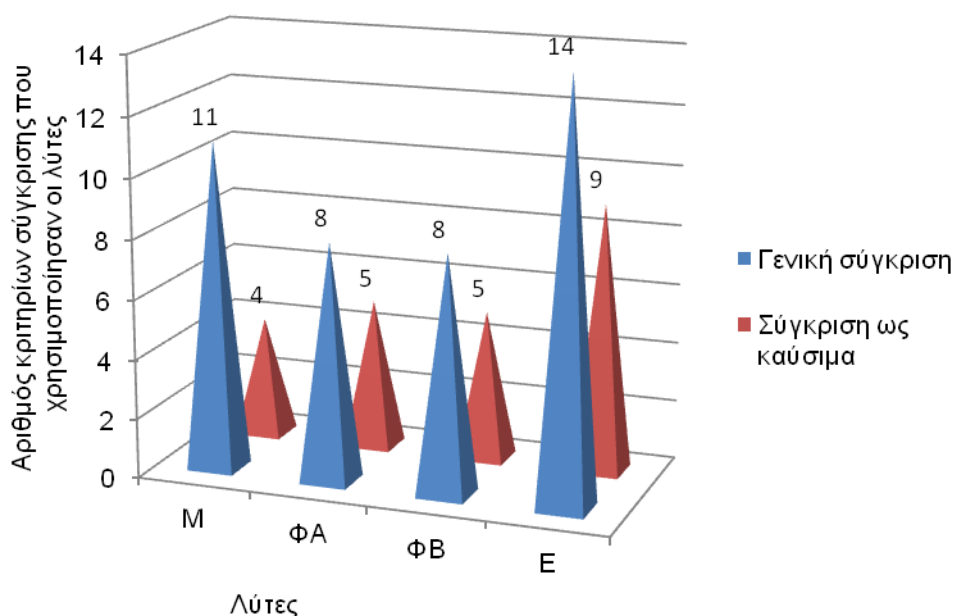
Το κόστος όμως των καυσίμων φαίνεται να ενδιαφέρει περισσότερο τους εκπαιδευτικούς με διαφορά από τις άλλες τρεις ομάδες οι οποίες δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους.

Τέλος, το είδος της καύσης δεν φαίνεται να απασχολεί τους λύτες.

Συνοπτικά, κατά την επιλογή του καυσίμου οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί είναι εκείνοι που αναζητούν την καθαρή μάζα των καυσίμων, ενώ μόνο οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν ως απαραίτητο δεδομένο την τιμή των δύο φιαλών.

5.1.4 Δεξιότητα εύρεσης στόχων

Η μελέτη της δεξιότητας εύρεσης στόχων για την επίλυση ενός προβλήματος μπορεί να μελετηθεί μέσω του τέταρτου προβλήματος και συγκεκριμένα μέσω των απαντήσεων που έχουν δώσει οι λύτες κατά τη σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου γενικά και ως καύσιμα (πίνακας 3, σελ.78). Στο σχήμα 9 που ακολουθεί δίνονται ποσοτικά οι στόχοι που καλύφθηκαν από τους λύτες κατά τη σύγκριση αυτή.



Σχήμα 9: Στόχοι που καλύφθηκαν κατά τη σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου

Από το σχήμα αυτό προκύπτει ότι κατά τη γενική σύγκριση των δύο ενώσεων παρατηρείται μία κάμψη στον αριθμό των κριτηρίων σύγκρισης κατά τη μετάβαση από τους μαθητές στους φοιτητές. Συνεχίζοντας όμως προς τους εκπαιδευτικούς παρατηρείται άνοδος της δεξιότητας αυτής. Θα πρέπει, επίσης, να επισημάνουμε ότι, όπως προκύπτει από τον πίνακα 10 (σελ.100), οι φοιτητές όχι μόνο εξετάζουν τον ίδιο αριθμό κριτηρίων, αλλά επιπλέον τα κριτήρια αυτά είναι ίδια και για τις δύο ομάδες των φοιτητών, με τη διαφορά ότι οι πρωτοετείς εξετάζουν τις χρήσεις των δύο ενώσεων, ενώ οι επί πτυχίω όχι. Οι τελευταίοι εξετάζουν τις φυσικές ιδιότητες σε αντίθεση με τους πρωτοετείς.

Επίσης, ο αριθμός των λυτών που εξετάζουν τα συγκεκριμένα κριτήρια δεν διαφοροποιείται σημαντικά ανάμεσα σε αυτές τις δύο ομάδες. Από την άλλη πλευρά οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί εξετάζουν τα ίδια κριτήρια με τους φοιτητές και μερικά επιπλέον. Τα κριτήρια αυτά είναι η προέλευση του μεθανίου και του βουτανίου, οι μέθοδοι παρασκευής και η σύγκριση των δύο ουσιών ως καύσιμα, τα οποία εξετάζονται από σημαντικό αριθμό μαθητών και εκπαιδευτικών. Συγκρίνοντας τις δύο ομάδες, των μαθητών και των εκπαιδευτικών, οι εκπαιδευτικοί εξετάζουν τα ίδια κριτήρια με τους μαθητές, αλλά επιπλέον ένας εκπαιδευτικός εξετάζει τη στερεοχημεία και την ποσοτική σύσταση των ενώσεων αυτών. Δηλαδή, η διαφοροποίηση αυτών των δύο ομάδων στην ουσία δεν είναι σημαντική. Αυτό ίσως συμβαίνει γιατί στη διδακτέα ύλη στο Λύκειο δεν περιλαμβάνεται η ανάλυση των οργανικών ενώσεων, κάτι που φαίνεται να επηρεάζει τόσο τους μαθητές όσο και τους εκπαιδευτικούς.

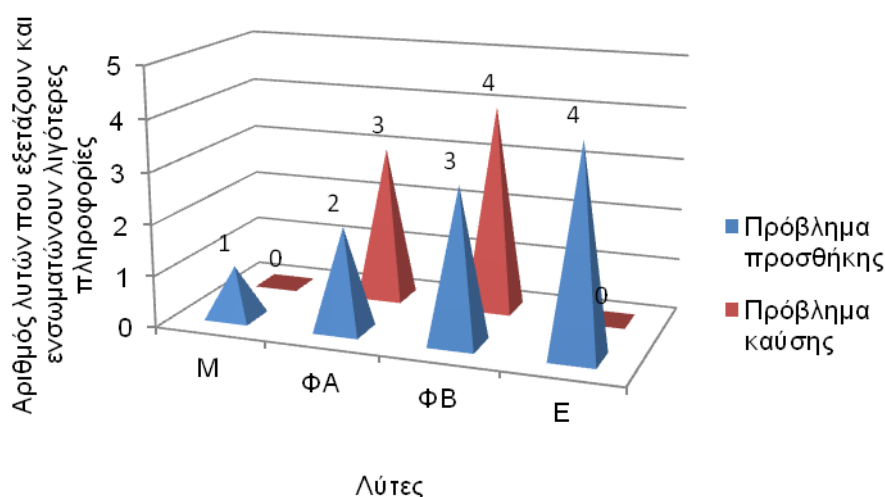
Κατά τη σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα και όπως προκύπτει από το διάγραμμα 9, τα κριτήρια βάσει των οποίων συγκρίνονται οι δύο ενώσεις είναι σχεδόν ίσα σε αριθμό για τους μαθητές και τους φοιτητές και αυξάνονται σημαντικά προχωρώντας προς τους εκπαιδευτικούς. Παρόλα αυτά, από τον πίνακα 11 (σελ. 106) είναι εμφανές ότι τα ίδια κριτήρια εξετάζονται από πολύ μεγαλύτερο αριθμό μαθητών από ότι φοιτητών. Άρα, αντίθετα από την εικόνα που δείχνει το διάγραμμα 9, συνολικά στους μαθητές η δεξιότητα εύρεσης στόχων είναι μεγαλύτερη από ότι στους φοιτητές. Η μεγάλη διαφοροποίηση ανάμεσα στους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς, σε αυτή την περίπτωση, ίσως να έχει τη βάση της στο γεγονός ότι δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη μέθοδος σύγκρισης των δύο ενώσεων ως καύσιμα, σε αντίθεση με τη γενική σύγκριση, όπου η μέθοδος μέσω της εύρεσης της ομόλογης σειράς καθοδηγεί τους μαθητές στην εύρεση περισσότερων κριτηρίων σύγκρισης.

5.2 Δεύτερο ερευνητικό ερώτημα – Ο ευρετικός συλλογισμός κατά την επίλυση προβλήματος και η πρόοδος αυτού

Όπως προκύπτει από την ανάλυση των πρωτοκόλλων οι ευρετικοί συλλογισμοί που χρησιμοποιούν οι λύτες αναφέρονται σε δύο τρόπους μείωσης της προσπάθειας εξαγωγής συμπεράσματος ή λήψης απόφασης. Ο πρώτος τρόπος αφορά στην εξέταση και συνεπώς την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών και ο δεύτερος την ελλιπή ανάκτηση και συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών.

5.2.1 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στην εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών

Αυτό το είδος του συλλογισμού παρουσιάζεται στα προβλήματα προσθήκης, καύσης και στο τέταρτο πρόβλημα στα ερωτήματα της σύγκρισης και επιλογής του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα. Στο σχήμα 10, που προκύπτει από τους πίνακες 15 (σελ. 126) και 17 (σελ. 131), δίνεται ο αριθμός των λυτών που ακολούθησαν αυτόν τον ευρετικό συλλογισμό κατά τη λύση των προβλημάτων προσθήκης και καύσης.



Σχήμα 10: Ο ευρετικός συλλογισμός της εξέτασης και της ενσωμάτωσης λιγότερων πληροφοριών κατά τη λύση των προβλημάτων προσθήκης και καύσης

Στους πίνακες 15 και 17 φαίνονται αναλυτικά οι συλλογισμοί αυτοί. Αυτό που πρέπει να τονιστεί στο σημείο αυτό, προς αποφυγή παρερμηνείας του

παραπάνω διαγράμματος, είναι ότι ο ευρετικός συλλογισμός των τεσσάρων εκπαιδευτικών στο πρόβλημα προσθήκης αναφέρεται στη μη αναγνώριση και ενσωμάτωση της πληροφορίας ότι ο όξινος καταλύτης που χρησιμοποιείται προκειμένου να πραγματοποιηθεί η αντίδραση προσθήκης είναι συστατικό της φιάλης της αντίδρασης. Αυτός ο συλλογισμός μπορεί να εξεταστεί μόνο για τους τέσσερις εκπαιδευτικούς, αφού μόνο αυτοί αναζήτησαν την ύπαρξη του καταλύτη, και όχι για τις υπόλοιπες ομάδες. Συνεπώς, πρέπει να παραληφθεί από το διάγραμμα 10, ώστε να μπορέσουμε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι οι δύο ομάδες των φοιτητών, κυρίως, είναι εκείνες των οποίων οι λύτες εξετάζουν και ενσωματώνουν λιγότερες πληροφορίες.

Κατά τη σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα εξετάζεται η παραγόμενη θερμότητα από την καύση των δύο καυσίμων μόνο από λύτες που ανήκουν στις ομάδες των μαθητών και των εκπαιδευτικών. Συνεπώς, για το συγκεκριμένο πρόβλημα μπορούν να διερευνηθούν ως προς την εξέταση λιγότερων πληροφοριών μόνο αυτές οι δύο ομάδες. Από την ανάλυση (παρ. 4.2.4.2, σελ.135) προέκυψε ότι δύο λύτες από κάθε ομάδα δεν εξέτασαν το δεδομένο της πρότυπης ενθαλπίας καύσης ή της κατώτερης θερμογόνου δύναμης. Άρα, δεν υπάρχει διαφοροποίηση ανάμεσα σε αυτές τις δύο ομάδες για το συγκεκριμένο πρόβλημα.

Για τη λήψη απόφασης σχετικά με ποιο καύσιμο είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί όλες οι ομάδες εξέτασαν και ενσωμάτωσαν λιγότερα δεδομένα, όπως φαίνεται άλλωστε από τον πίνακα 19 (σελ.138). Υπάρχουν, όμως, διαφοροποιήσεις μεταξύ των ομάδων ως προς τα δεδομένα που χρησιμοποιούν.

Οι μαθητές επικεντρώνουν την επιλογή τους στη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου ή του περιεχομένου της φιάλης, με εξαίρεση έναν που εξετάζει το είδος της καύσης και τον οικονομικό παράγοντα. Οι πρωτοετείς φοιτητές δεν εξετάζουν τόσο τη θερμαντική ικανότητα και το είδος της καύσης των καυσίμων, αλλά επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους και σε άλλους παράγοντες, οικονομικούς και επικινδυνότητας. Οι επί πτυχίω φοιτητές στηρίζουν την επιλογή τους στο είδος της καύσης και στη θερμότητα που παράγει κάθε καύσιμο. Τέλος, οι εκπαιδευτικοί παρουσιάζονται συνολικά να εξαρτούν την επιλογή του καυσίμου από τη θερμαντική ικανότητα του

καυσίμου και όχι από τη θερμαντική ικανότητα της φιάλης, την οποία εξετάζουν μόνο τρεις από αυτούς. Εκτός από έναν, σημαντικό παράγοντα παρουσιάζεται να είναι και το κόστος των φιαλών, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει και το είδος της καύσης. Οι παράγοντες της επίδρασης της καύσης στο περιβάλλον και η επικινδυνότητα των καυσίμων δεν κρίνονται ως σημαντικοί και εξετάζονται από λίγους εκπαιδευτικούς.

5.2.2 Ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών

Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων προέκυψε ότι οι λύτες από όλες τις ομάδες χρησιμοποίησαν συλλογισμούς της κατηγορίας αυτής. Οι συλλογισμοί αυτοί θα ταξινομηθούν σε ομάδες και θα παρουσιαστούν αμέσως παρακάτω.

5.2.2.1 Χρήση τύπων

Από τους πίνακες 13 (σελ.122), 16 (σελ.129) και 18 (σελ.134) προκύπτει ότι **οι λύτες όλων των ομάδων** χρησιμοποιούν τους μαθηματικούς τύπους $n=m/Mr$, $n=m/Ar$, $n=N/N_A$ και $V=n \times V_m$, και όχι τις αντίστοιχες αναλογίες, για να μειώσουν τη δυσκολία λύσης του πρώτου, του δεύτερου προβλήματος, του προβλήματος προσθήκης και του προβλήματος καύσης. Η χρήση των τύπων αυτών, όπως έχει ήδη αναφερθεί, επιτρέπουν στο λύτη να οδηγηθεί μηχανικά σε μία απάντηση, χωρίς να ανακαλεί κατ' ανάγκη τη σημασία τους.

5.2.2.2 Χρήση κανόνων

Ένας κανόνας που χρησιμοποιούν οι λύτες για τη λύση του προβλήματος προσθήκης είναι ο κανόνας του Markovnikov. Εξετάζοντας τον πίνακα 16 (σελ.129) συμπεραίνουμε ότι όλες οι ομάδες, εκτός από αυτή των επί πτυχίω φοιτητών, χρησιμοποιούν τον κανόνα του Markovnikov και όχι το μηχανισμό προσθήκης από τον οποίο προέκυψε ο κανόνας. Οι επί πτυχίω

φοιτητές, εκτός από έναν, ενώ αναφέρουν ότι υπάρχει κανόνας δεν μπορούν να τον ανακαλέσουν. Δηλαδή, όλες οι ομάδες καταφεύγουν στον κανόνα αυτό προκειμένου να βρουν το κύριο προϊόν της αντίδρασης προσθήκης.

Κατά τη σύγκριση του μεθανίου με το βουτάνιο χρησιμοποιείται από έναν επί πτυχίω φοιτητή και από έναν εκπαιδευτικό ο κανόνας ότι ενώσεις με μεγαλύτερο μοριακό βάρος, έχουν και μεγαλύτερο σημείο ζέσεως, χωρίς να μπορούν να τον αιτιολογήσουν. Η χρήση του κανόνα αυτού, χωρίς να ανακαλείται η πραγματική σημασία που «κρύβεται μέσα του», ενέχει τον κίνδυνο ο λύτης να μην μπορεί να βρει, για παράδειγμα αν το βουτάνιο ή το ισοβουτάνιο έχει μεγαλύτερο σημείο ζέσεως.

Άλλος κανόνας που χρησιμοποιείται από έναν εκπαιδευτικό, κατά τη σύγκριση των καυσίμων, είναι ότι οι ενώσεις με περισσότερα υδρογόνα ανά μονάδα μάζας κατά την καύση τους δίνουν περισσότερη θερμότητα. Ο συγκεκριμένος λύτης διευκολύνεται με αυτόν τον τρόπο να βρει το καύσιμο με τη μεγαλύτερη θερμαντική απόδοση, χωρίς να μπει στη διαδικασία των υπολογισμών βάσει των ΚΘΔ.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι **όλες οι ομάδες λυτών** χρησιμοποιούν κανόνες προκειμένου να διευκολυνθούν κατά την επίλυση των προβλημάτων.

5.2.2.3 Απλή σύγκριση (weighted pros heuristic)

Κατά τη σύγκριση του μεθανίου και του βουτανίου ως καύσιμα αλλά και κατά την επιλογή του καυσίμου, οι λύτες μπαίνουν στη διαδικασία να αποφανθούν σχετικά με ποιο καύσιμο παρέχει περισσότερη θερμότητα βάσει των ΚΘΔ. Από τον πίνακα 20 (σελ.144), αλλά και από την ανάλυση της σύγκρισης των δύο ουσιών ως καύσιμα προκύπτει ότι οι μαθητές και οι φοιτητές είναι εκείνοι που προβαίνουν στη διαδικασία της απλής σύγκρισης, δηλώνοντας ότι μεγαλύτερη ΚΘΔ συνεπάγεται μεγαλύτερη θερμαντική ικανότητα. Δεν μπαίνουν στη διαδικασία, δηλαδή, του υπολογισμού της θερμότητας ανά μονάδα μάζας του καυσίμου.

Δύο μαθητές, επίσης, γνωρίζοντας ότι η ενέργεια αποθηκεύεται στους δεσμούς των μορίων, αναφέρουν ότι το βουτάνιο παράγει περισσότερη ενέργεια κατά την καύση του λόγω των περισσότερων δεσμών και του

μεγαλύτερου μεγέθους του. Και σε αυτή την περίπτωση οι λύτες δεν υπολογίζουν τη θερμότητα ανά μονάδα μάζας.

Τέλος, δύο φοιτητές, ένας πρωτοετής και ένας επί πτυχίω, υποστηρίζουν ότι επειδή το βουτάνιο έχει περισσότερους άνθρακες στο μόριο του σε σχέση με το μεθάνιο, κατά την καύση του, θα παράγει περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα (πίνακας 20). Σε αυτή την περίπτωση οι λύτες δεν υπολογίζουν το ποσό του διοξειδίου του άνθρακα ανά μονάδα μάζας ή ανά μονάδα παραγόμενης θερμότητας, προκειμένου να βρουν το καύσιμο που επιτείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου σε μεγαλύτερο βαθμό.

Συνοψίζοντας, θα μπορούσαμε να πούμε πως ο ευρετικός συλλογισμός της απλής σύγκρισης χρησιμοποιείται από τους **μαθητές και τους φοιτητές**. Ο συλλογισμός αυτός (weighted pros heuristic) έχει αναφερθεί από τον Huber το 1979 (23).

5.2.2.4 Διαθεσιμότητα

Κατά τον ευρετικό συλλογισμό της διαθεσιμότητας (availability) κάποιος χρησιμοποιεί την ευκολία με την οποία φαντάζεται ένα γεγονός για να προβλέψει πόσο πιθανό είναι να συμβεί το γεγονός αυτό. Το είδος αυτό του συλλογισμού έχει αναφερθεί από τους Tversky και Kahneman το 1973 και 1974 (23). Από την εξέταση των πινάκων 16 (σελ.129) και 18 (σελ.134) προκύπτει ότι **όλες οι ομάδες των λυτών** άλλες φορές περισσότερο και άλλες λιγότερο χρησιμοποιούν αυτό το είδος του συλλογισμού. Συγκεκριμένα, κάποιοι λύτες υποθέτουν ότι η αντίδραση ανάμεσα στο προπένιο και το νερό είναι αντίδραση προσθήκης, ότι γίνεται ποσοτικά και ότι κατά την αντίδραση αυτή σχηματίζεται αποκλειστικά το προϊόν Markοννίκον. Επίσης, κάποιοι από τους λύτες υποθέτουν ότι η καύση του προπενίου είναι τέλεια, καθώς αυτό θεωρούν ως πιθανότερο, και ότι οι συνθήκες του προβλήματος καύσης είναι οι πρότυπες συνθήκες.

5.2.2.5 Αναγνώριση

Η αναγνώριση (recognition) είναι μια υποκατηγορία του ευρετικού συλλογισμού της διαθεσιμότητας και έχει αναφερθεί από τους Gigerenzer και Goldstein το 1996 (23).

Σύμφωνα με αυτόν το συλλογισμό, αν αναγνωριστεί ένα αντικείμενο από ένα σύνολο αντικειμένων, ενώ τα άλλα αντικείμενα δεν αναγνωριστούν, τότε συμπεραίνεται ότι το αντικείμενο αυτό έχει τη μεγαλύτερη τιμή αναφορικά με ένα κριτήριο. Ακολουθώντας την ίδια λογική μπορούμε να πούμε πως με το συλλογισμό αυτό αναγνωρίζουμε στα αντικείμενα την ιδιότητα με την οποία τα συναντάμε στην καθημερινή ζωή, χωρίς να αφήνουμε περιθώρια αναγνώρισης άλλης ιδιότητας του αντικειμένου αυτού.

Η αναγνώριση του νερού ως διαλύτης δεν επιτρέπει σε έναν **μαθητή** και σε δύο **επί πτυχίω φοιτητές** να ανακαλέσουν την αντίδραση προσθήκης του νερού στο προπένιο (πίνακας 16, σελ.129) Η ταύτιση του ατμοσφαιρικού αέρα με το οξυγόνο ανήκει επίσης σε αυτό το είδος του ευρετικού συλλογισμού και χρησιμοποιείται από τρεις **πρωτοετείς φοιτητές** και τέσσερις **επί πτυχίω φοιτητές** (πίνακας 18, σελ.134). Στον πίνακα 20 (σελ.144) φαίνονται επίσης άλλοι τρεις συλλογισμοί αναγνώρισης από ένα **μαθητή**, έναν **επί πτυχίω φοιτητή** και έναν **εκπαιδευτικό**. Ο μαθητής αναγνωρίζει το μεθάνιο ως συστατικό του φυσικού αερίου και υποθέτει ότι για να χρησιμοποιείται το φυσικό αέριο θα δίνει καλή καύση, οπότε καλή καύση θα δίνει και το μεθάνιο. Ο επί πτυχίω φοιτητής αναγνωρίζει ότι το μεθάνιο είναι ένα από τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου, οπότε κρίνει ότι δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ως καύσιμο. Τέλος, ο εκπαιδευτικός αναγνωρίζει το μεθάνιο και το βουτάνιο ως συστατικά καυσίμων που χρησιμοποιούνται, οπότε υποθέτει ότι για να χρησιμοποιούνται δεν θα είναι επικίνδυνα.

5.2.2.6 Συγχώνευση δεδομένων

Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων προέκυψε ότι κάποιοι **πρωτοετείς και επί πτυχίω φοιτητές** δυσκολεύονται να ερμηνεύσουν εκφράσεις που περιέχουν πάνω από μία πληροφορία (πίνακας 14, σελ.124). Απαιτείται προσπάθεια προκειμένου οι λύτες να συνδυάσουν τις σημασίες των πληροφοριών αυτών και για να διευκολύνουν την προσπάθεια αυτή συγχωνεύουν τις πληροφορίες δίνοντας ως ερμηνεία της έκφρασης αυτό ακριβώς που βλέπουν.

Τα συμπεράσματα για τους ευρετικούς συλλογισμούς που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών συνοψίζονται στον πίνακα 21 που ακολουθεί. Στον πίνακα αυτό φαίνεται και ο αριθμός των λυτών ανά ομάδα που χρησιμοποιούν τους συλλογισμούς αυτούς.

Πίνακας 21: Οι ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών

Συμβολισμοί:	 χρήση συλλογισμού	 ο συλλογισμός δεν χρησιμοποιείται			
Ευρετικοί συλλογισμοί	Μαθητές	Πρωτοετείς φοιτητές	Επί πτυχίω φοιτητές	Εκπαιδευτικοί	
Χρήση τύπων	5	5	5	5	
Χρήση κανόνων	5	5	1	5	
Απλή σύγκριση	3	4	4	0	
Διαθεσιμότητα	5	5	5	5	
Αναγνώριση	1	3	4	1	
Συγχώνευση δεδομένων	0	3	2	0	

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η **χρήση τύπων και κανόνων**, εφόσον μπορούν να ανακληθούν, αποτελεί έναν ασφαλή τρόπο επιτάχυνσης της επίλυσης ενός προβλήματος. Για το λόγο αυτό, όλοι οι λύτες καταφεύγουν στον ευρετικό αυτό συλλογισμό. Όμως, η **απλή σύγκριση** και η **συγχώνευση των δεδομένων** αποτελούν διαδικασίες που οδηγούν συνήθως σε λανθασμένες λύσεις. Το γεγονός αυτό γίνεται αντιληπτό μόνο από τους εκπαιδευτικούς που δεν χρησιμοποιούν κανέναν από τους δύο συλλογισμούς. Αυτή η ομάδα φαίνεται να μπορεί να εξάγει μια κρίση πέρα

από την επιφανειακή σύγκριση. Επίσης, οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές δεν συγχωνεύουν αλλά αναλύουν τα δεδομένα μιας έκφρασης, πιθανόν λόγω της εμπειρίας τους και επαφής τους με προβλήματα στοιχειομετρίας αντίστοιχα. Ο συλλογισμός της **διαθεσιμότητας** χρησιμοποιείται από όλους τους λύτες, γεγονός που φανερώνει ότι, αν και οδηγεί κάποιες φορές σε λάθος λύσεις, η επίδραση του γεγονότος να αντιλαμβανόμαστε τις καταστάσεις σύμφωνα με ότι συμβαίνει συνήθως, είναι ισχυρή για όλες τις ομάδες των λυτών. Αντίθετα, ο συλλογισμός της **αναγνώρισης** δεν χρησιμοποιείται από τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές τόσο συχνά, όσο χρησιμοποιείται από τις δύο ομάδες των φοιτητών. Οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται τις ιδιότητες των υλικών πέρα από τις συνηθισμένες και εκφέρουν κρίσεις στηριζόμενοι σε επιχειρήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σχετικά με το πρώτο ερευνητικό ερώτημα που αναφέρεται στις δεξιότητες επίλυσης προβλήματος και στην πρόοδο των δεξιοτήτων αυτών προκύπτει, για τη **δεξιότητα ανάκλησης αλγορίθμου**, ότι οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί είναι εκείνοι που την κατέχουν με τους πρώτους να υστερούν σε ένα μικρό βαθμό. Επιπλέον, η αλγοριθμική μέθοδος που χρησιμοποιείται από τους μαθητές είναι η μέθοδος του mole, ακόμα και όταν αυτή αποτελεί την πιο χρονοβόρα μέθοδο. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι είναι πιο εύκολο να ανακληθεί. Οι εκπαιδευτικοί, από την άλλη πλευρά, χρησιμοποιούν μεθόδους που οδηγούν ταχύτερα στη λύση των προβλημάτων είτε πρόκειται για τη μέθοδο του mole (προβλήματα προσθήκης και καύσης) είτε πρόκειται για ποικιλία αναλογικών μεθόδων (πρώτο πρόβλημα).

Όσον αφορά τη **δεξιότητα εύρεσης μεθόδου** επίλυσης, υπάρχουν διάφορες περιπτώσεις που πρέπει να εξεταστούν. Κατά την εύρεση δεύτερης μεθόδου επίλυσης (πρώτο πρόβλημα ως πρόβλημα τύπου 2) οι μαθητές παρουσιάζουν αδυναμία να βρουν μέθοδο πέρα από την αλγοριθμική σε αντίθεση με τους εκπαιδευτικούς που βρίσκουν μέθοδο με ευκολία. Στην περίπτωση, όμως, που δεν πρόκειται για εύρεση δεύτερης μεθόδου επίλυσης (σύγκριση του μεθανίου με το βουτάνιο) και οι δύο ομάδες, των μαθητών και των εκπαιδευτικών, βρίσκουν εξίσου μέθοδο. Επίσης, οι εκπαιδευτικοί είναι αυτοί που, αντίθετα από τις υπόλοιπες ομάδες των λυτών, έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν τα προβλήματα σε πραγματικές καταστάσεις (επιλογή καυσίμου). Οι φοιτητές βρίσκονται, ως προς την κατοχή της δεξιότητας αυτής, ανάμεσα στους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς στην περίπτωση που γίνεται ανατροφοδότηση του γνωστικού υποβάθρου (πρώτο πρόβλημα ως πρόβλημα τύπου 2). Στην περίπτωση αυτή οι πρωτοετείς φοιτητές βρίσκουν πιο εύκολα μέθοδο επίλυσης, σε σχέση με τους επί πτυχίω φοιτητές, μόνο στα προβλήματα στο γνωστικό υπόβαθρο των οποίων παρουσιάζουν λιγότερες ελλείψεις (προβλήματα προσθήκης και καύσης). Όταν, όμως, δεν γίνεται ανατροφοδότηση των μεθόδων επίλυσης (σύγκριση δύο ενώσεων) οι δύο ομάδες των φοιτητών δεν βρίσκουν μέθοδο επίλυσης.

Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει σχετικά με τη **δεξιότητα αναγνώρισης δεδομένων** είναι ότι για κάποια δεδομένα η αναζήτηση γίνεται μόνο από τους εκπαιδευτικούς, κάποια άλλα τα αναζητούν οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές, ενώ στα υπόλοιπα δεν υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων. Τα δεδομένα που αναγνωρίζουν οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί (συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, σύσταση αέρα) δίνονται πάντα σε προβλήματα του σχολικού βιβλίου. Δεδομένα, όμως, καθημερινής χρησιμότητας (κόστος φιαλών) και πληροφορίες που θεωρούνται δεδομένες (το προϊόν Μarκοννίκον θεωρείται ότι παράγεται ποσοτικά) στα περισσότερα προβλήματα που συναντώνται στο σχολικά βιβλία απασχολούν μόνο τους εκπαιδευτικούς.

Συνοψίζοντας για τη **δεξιότητα εύρεσης στόχων** θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί διαθέτουν την εξεταζόμενη δεξιότητα στον ίδιο βαθμό, αλλά διαφοροποιούνται σημαντικά όταν δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη μέθοδος επίλυσης του προβλήματος. Οι δύο ομάδες των φοιτητών δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους, αλλά διαφοροποιούνται αρνητικά σε έναν μεγάλο βαθμό από τις δύο άλλες ομάδες. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι δεν γνωρίζουν ή δεν μπορούν να βρουν κάποια μέθοδο επίλυσης. Δηλαδή, η πρόοδος της δεξιότητας εύρεσης στόχων επηρεάζεται από την πρόοδο της δεξιότητα εύρεσης μεθόδου επίλυσης.

Από τα παραπάνω είναι εμφανές ότι οι μαθητές, ενώ ακολουθούν τις αλγοριθμικές μεθόδους επίλυσης που έχουν διδαχθεί, παρουσιάζουν αδυναμία να βρουν κάποια άλλη μέθοδο επίλυσης, ακόμα και όταν πρόκειται για πιο σύντομες μεθόδους. Επιπλέον, η επιρροή των προβλημάτων των σχολικών εγχειριδίων είναι εμφανής πάνω τους, με αποτέλεσμα να μην εξετάζουν τα προβλήματα κάτω από το πρίσμα των πραγματικών καταστάσεων. Σε αυτό συντελεί και η ελλιπής επαφή τους με το σχολικό εργαστήριο.

Η αδυναμία των μαθητών να επιλύσουν κάποιο σχετικό πρόβλημα στο μέλλον γίνεται εμφανής από τις δεξιότητες που παρουσιάζουν οι πρωτοετείς φοιτητές, οι οποίοι, λόγω του χρονικού διαστήματος που έχει μεσολαβήσει χωρίς να επιλύσουν παρόμοια προβλήματα στοιχειομετρίας, δεν μπορούν να ανακαλέσουν μια αλγοριθμική λύση και επιπλέον δεν μπορούν να λύσουν με ευκολία τέτοιου είδους προβλήματα.

Η επίδραση της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης στη λύση προβλημάτων στοιχειομετρίας δεν φαίνεται να είναι επαρκής, καθώς οι επί πτυχίω φοιτητές παρουσιάζουν ελλείψεις στο θεωρητικό υπόβαθρο των στοιχειομετρικών υπολογισμών και των αντιδράσεων προσθήκης και καύσης. Αυτό ίσως να οφείλεται και στο γεγονός ότι ο όγκος των πληροφοριών με τις οποίες έρχονται σε επαφή οι φοιτητές είναι τόσο μεγάλος, ώστε η εξειδίκευσή τους σε κάποιο αντικείμενο έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούν να ανακαλέσουν στοιχειώδεις γνώσεις Χημείας. Αυτό όμως είναι κάτι που πρέπει να ερευνηθεί περαιτέρω, ώστε να βρεθούν τα αίτια αυτής της συμπεριφοράς.

Οι εκπαιδευτικοί, από την άλλη πλευρά, είναι οι χημικοί που εξαιτίας της εξειδίκευσής τους στην εκπαίδευση και της συνεχούς ενασχόλησής τους με την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας παρουσιάζονται να κατέχουν τις απαιτούμενες δεξιότητες. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσής τους έχουν έρθει σε επαφή με το εργαστήριο, κάτι που έχει επίδραση στο γεγονός ότι αντιμετωπίζουν τα προβλήματα κάτω από το πρίσμα των πραγματικών καταστάσεων.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνα αυτή πρέπει να ληφθούν υπόψη και από τους εκπαιδευτικούς, αλλά και από τους υπεύθυνους κατάρτισης των αναλυτικών προγραμμάτων.

Είναι εμφανές ότι πρέπει να δοθεί έμφαση στη διδασκαλία επίλυσης των προβλημάτων. Πρέπει, δηλαδή, να ληφθούν υπόψη τα ερευνητικά δεδομένα που υπάρχουν, ώστε να βελτιωθούν και να αναπτυχθούν οι δεξιότητες των μαθητών και κατ' επέκταση των φοιτητών κατά την επίλυση προβλήματος. Για παράδειγμα, έχει βρεθεί ότι η επίλυση προβλήματος με τη συμμετοχή των μαθητών βελτιώνει τις δεξιότητές τους σε σύγκριση με την απλή εκμάθηση μιας μεθοδολογίας επίλυσης. Επίσης, στο ίδιο αποτέλεσμα οδηγεί και η εργασία των μαθητών σε ομάδες καθώς και η συνεργατική μάθηση (1).

Επιπλέον, πρέπει να εισαχθούν προβλήματα στα σχολικά βιβλία που να καλλιεργούν δεξιότητες ανίχνευσης πιθανών στόχων (ανοιχτά προβλήματα), εύρεσης άλλων μεθόδων επίλυσης, αναζήτησης των απαραίτητων δεδομένων, ενώ προβλήματα από την καθημερινή ζωή θα ωθήσουν το μαθητή στο να σκέπτεται στηριζόμενος σε πραγματικά και όχι υποθετικά δεδομένα. Στη λύση των προβλημάτων, όπως αναφέρθηκε, είναι σημαντική

και η συμβολή του εργαστηρίου, το οποίο θα πρέπει να παίζει κυρίαρχο ρόλο στη διδασκαλία του μαθήματος της Χημείας

Όσον αφορά στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα που αναφέρεται στον ευρετικό συλλογισμό κατά την επίλυση προβλήματος και στην πρόοδό του, τα αποτελέσματα της έρευνας μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο **ευρετικός συλλογισμός που αναφέρεται στην εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών** παρουσιάζεται σε όλες τις ομάδες των λυτών. Η μόνη διαφοροποίηση είναι μεταξύ των φοιτητών και των δύο άλλων ομάδων. Οι φοιτητές δεν εξετάζουν πληροφορίες που τους δίνονται στην εκφώνηση του προβλήματος (προβλήματα προσθήκης και καύσης – πίνακες 15 & 17). Το ίδιο παρουσιάζεται σε έναν μαθητή μόνο μία φορά (πρόβλημα 3α – πίνακας 15), αλλά σε κανέναν εκπαιδευτικό.

Ο ευρετικός συλλογισμός που αναφέρεται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκτηση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών χρησιμοποιείται και αυτός από το σύνολο των λυτών. Όλοι οι επιμέρους τύποι του συλλογισμού αυτού, που αναφέρθηκαν, χρησιμοποιούνται από τους φοιτητές. Στους μαθητές δεν ανιχνεύτηκε η συγχώνευση δεδομένων, ενώ οι εκπαιδευτικοί περιορίζονται στη χρήση τύπων, κανόνων και του συλλογισμού της διαθεσιμότητας. Ο συλλογισμός της αναγνώρισης χρησιμοποιείται από έναν εκπαιδευτικό και ένα μαθητή.

Από τα αποτελέσματα του ευρετικού συλλογισμού προκύπτει ότι η διαχείριση των προβλημάτων Χημείας ως μαθηματικά προβλήματα (μηχανική χρήση τύπων και κανόνων) έχει αρνητικό αντίκτυπο στις δεξιότητες επίλυσης των προβλημάτων στους φοιτητές, όταν δηλαδή αυτοί δεν μπορούν να ανακαλέσουν τον αντίστοιχο αλγόριθμο. Για το λόγο αυτό πρέπει να δίνεται προσοχή, ώστε οι μαθητές να κατανοούν τη σημασία των τύπων και των κανόνων. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους συλλογισμούς των μαθητών, να τους ανιχνεύουν και να παρεμβαίνουν κατάλληλα, ώστε να μην επαναλαμβάνονται αυτοί που οδηγούν σε λάθος αποτελέσματα. Για παράδειγμα με την ανίχνευση του συλλογισμού της αναγνώρισης του νερού ως διαλύτη, αν τονιστεί στο μαθητή και η χρήση του νερού ως αντιδραστήριο, προλαμβάνεται κάποια μελλοντικά λανθασμένη κρίση.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Πίνακας 22: Πίνακας ορολογίας με τις αντιστοιχίσεις των ελληνικών και ξενόγλωσσων όρων

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός Όρος
Anchoring and adjustment	Στήριξη και προσαρμογή
Arbitrary trend	Αυθαίρετη τάση
Availability	Διαθεσιμότητα
Concurrent verbalizations (or introspection)	Ταυτόχρονη διατύπωση (ή ενδοσκόπηση)
Explicit	Έκδηλος
Expert - Novice	Έμπειρος - Αρχάριος
Factor – label method	Μέθοδος παράγοντα
Heuristic Reasoning	Ευρετικός συλλογισμός
Implicit	Άδηλος
Lexicographic	Λεξικογραφικός
Logical method	Λογική μέθοδος
Means-ends analysis strategy	Στρατηγική ανάλυσης μέσω του τέλους
Mole method	Μέθοδος mole
One-reason decision making	Λήψη απόφασης ενός λόγου
Problem solving	Επίλυση προβλήματος
Proportionality method	Αναλογική μέθοδος
Recognition	Αναγνώριση
Reduction	Μείωση
Retrospective verbalizations (or retrospection)	Αναδρομική διατύπωση (ή ανασκόπηση)
Rrepresentativeness	Αντιπροσωπευτικότητα
Skills	Δεξιότητες
Stoichiometry	Στοιχειομετρία
The Law of Conservation of Matter	Ο νόμος της διατήρησης της ύλης
Think Aloud Protocol Methods	Οι μέθοδοι πρωτοκόλλων

	διατύπωσης της σκέψης
Weighted pros heuristic	Ευρετικός συλλογισμός της απλής σύγκρισης
Working forward strategy	Εμπροσθοδρομική στρατηγική

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

Ακρωνύμια και ανάπτυξή τους

ΤΑΡ	Think Aloud Protocol
ΔιΧηΝΕΤ	Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες
ΕΚΠΑ	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
ΚΘΔ	Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη
ΠΕΚ	Πρότυπη ενθαλπία καύσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πρωτόκολλο Συνέντευξης ΠΟ

Παράδειγμα προβλήματος

Ένα υγρό βρέθηκε με τη βοήθεια του ζυγού ότι έχει μάζα 11 g και με τη βοήθεια του ογκομετρικού σωλήνα ότι έχει όγκο 10 ml. Να υπολογίσετε την πυκνότητα του υγρού αυτού.

Πρόβλημα εξάσκησης

Ένα στερεό έχει πυκνότητα 10g/ml και όγκο 50 ml. Να υπολογίσετε τη μάζα του.

Ερωτήσεις Γνωστικού

- 1) Τι εκφράζει το mole;
- 2) Τι σχέση έχει το mole με τη σχετική ατομική μάζα;
- 3) Τι σχέση έχει το mole με τη σχετική μοριακή μάζα;
- 4) Πόσα στοιχειώδη σωματίδια περιέχονται σε 1 mole των σωματιδίων αυτών;
- 5) Τι σχέση έχει το mole με το γραμμομοριακό όγκο;
- 6) Τι ονομάζουμε καύση υδρογονανθράκων;
- 7) Σε ποιους υδρογονάνθρακες πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις προσθήκης;

Προβλήματα

Πρόβλημα 1°

Μία ποσότητα προπενίου αντιδρά με 50 L υγρού διαλύματος που περιέχει 44,8 % v/v βρώμιο. Ποια θα είναι η σύσταση (ποιοτικά) και το χρώμα του διαλύματος μετά το τέλος της αντίδρασης.

Πρόβλημα 2°

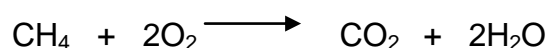
Να υπολογιστεί η μάζα του άνθρακα που περιέχεται σε 116g βουτανίου C_4H_{10} . Δίνονται $A_r,H=1$ και $A_r,C=12$.

Πρόβλημα 3°

Να λύσετε το 2° πρόβλημα εφαρμόζοντας διαφορετική μέθοδο από αυτή που εφαρμόσατε στο πρόβλημα 2.

Πρόβλημα 4°

Τι πληροφορίες μπορούν να προκύψουν από τα 44g διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), που εκλύονται, σε STP, από την καύση του μεθανίου σύμφωνα με την αντίδραση:



Δίνονται: $A_r,H=1$, $A_r,O=16$ και $A_r,C=12$

Αριθμός Avogadro $N_A=6,023 \cdot 10^{23}$

Γραμμομοριακός όγκος σε συνθήκες STP $V_m=22,4L/mol$

Πρωτόκολλο Συνέντευξης Π1

Παράδειγμα προβλήματος

Ένα υγρό βρέθηκε με τη βοήθεια του ζυγού ότι έχει μάζα 11 g και με τη βοήθεια του ογκομετρικού σωλήνα ότι έχει όγκο 10 ml. Να υπολογίσετε την πυκνότητα του υγρού αυτού.

Πρόβλημα εξάσκησης

Ένα στερεό έχει πυκνότητα 10g/ml και όγκο 50 ml. Να υπολογίσετε τη μάζα του.

Ερωτήσεις γνωστικού

1) Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες; Να αιτιολογήσεις τις απαντήσεις σου.

1 mole ατόμων:

α) περιέχει N_A άτομα

β) ζυγίζει Ar g

γ) καταλαμβάνει πάντα όγκο 22,4 L

δ) ζυγίζει Mr g

ε) περιέχει N_A μόρια

2) Σε ποιους υδρογονάνθρακες πραγματοποιούνται αντιδράσεις προσθήκης; Πώς πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις αυτές;

3) Ποια αντίδραση ονομάζεται καύση υδρογονάνθρακα;

Ποια είναι τα είδη της καύσης;

Ποια είναι τα αντιδρώντα και ποια τα προϊόντα της αντίδρασης αυτής;

4) Ποια αέρια συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου;

Ποια είναι τα αποτελέσματα του φαινομένου αυτού;

5) Τι ονομάζεται πρότυπη ενθαλπία καύσης;

Προβλήματα

Πρόβλημα 1°

Να υπολογιστεί η μάζα του άνθρακα και ο αριθμός των ατόμων του υδρογόνου που περιέχονται σε 144g πεντανίου C_5H_{12} . Δίνονται $A_r, H=1$ και $A_r, C=12$ και $N_A=6,023 \cdot 10^{23}$

Πρόβλημα 2°

Να λύσετε το 1° πρόβλημα εφαρμόζοντας κάποιον άλλο τρόπο από αυτόν που εφαρμόσατε στο πρόβλημα 1.

Πρόβλημα 3°

α) Σε μία φιάλη που περιέχει 40 g νερό διαβιβάζονται 84 g προπενίου. Ποια θα είναι η σύσταση (σε μάζες) του περιεχομένου της φιάλης μετά το τέλος της αντίδρασης;

β) Να υπολογιστεί ο όγκος του ατμοσφαιρικού αέρα που απαιτείται για την πλήρη καύση 84 g προπενίου.

Πρόβλημα 4°

Να συγκρίνετε το μεθάνιο με το βουτάνιο.

Πρόβλημα 4° (πρόσθετες πληροφορίες που δίνονται σταδιακά)

- Να συγκρίνετε το μεθάνιο και το βουτάνιο ως καύσιμα.
- Μία εταιρεία παράγει δύο είδη φιαλών που περιέχουν η μία μεθάνιο και η άλλη βουτάνιο, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα σε συσκευές παραγωγής θερμότητας (θερμάστρες). Ποια από τις δύο φιάλες θα επιλέγατε να χρησιμοποιήσετε στη θερμάστρα σας; Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας.

(Πληροφορίες που δίνονται αν ζητούνται)

- Παραγόμενη θερμότητα: Μεθάνιο 802 kJ/mol - Βουτάνιο 2670 kJ/mol
- Ίδια τιμή κόστους και για τις δύο φιάλες
- 500 g είναι η μάζα της κάθε φιάλης

Σταθερές:

- Η πρότυπη ενθαλπία καύσης του μεθανίου και του βουτανίου είναι -891kJ/mol και -2877kJ/mol αντίστοιχα.

Πρωτόκολλο Συνέντευξης Π2

Παράδειγμα προβλήματος

Ένα υγρό βρέθηκε με τη βοήθεια του ζυγού ότι έχει μάζα 11 g και με τη βοήθεια του ογκομετρικού σωλήνα ότι έχει όγκο 10 ml. Να υπολογίσετε την πυκνότητα του υγρού αυτού.

Πρόβλημα εξάσκησης

Ένα στερεό έχει πυκνότητα 10g/ml και όγκο 50 ml. Να υπολογίσετε τη μάζα του.

Ερωτήσεις γνωστικού

- 1) Τι είναι οι στοιχειομετρικοί υπολογισμοί;
Για ποιο λόγο χρησιμοποιούμε τους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς;
- 2) Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες;
Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.
1 mole ατόμων:
 - α) περιέχει N_A άτομα
 - β) ζυγίζει Ar g
 - γ) καταλαμβάνει πάντα όγκο 22,4 L
 - δ) ζυγίζει Mr g
 - ε) περιέχει N_A μόρια
- 3) Σε ποιους υδρογονάνθρακες πραγματοποιούνται αντιδράσεις προσθήκης;
Πώς πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις αυτές;
- 4) Ποια αντίδραση ονομάζεται καύση υδρογονάνθρακα;
Ποια είναι τα είδη της καύσης;
Ποια είναι τα αντιδρώντα και ποια τα προϊόντα της αντίδρασης αυτής;
Από τι συνοδεύεται μια αντίδραση καύσης;
- 5) Ποια αέρια συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου;
Ποια είναι τα αποτελέσματα του φαινομένου αυτού;

Προβλήματα

Πρόβλημα 1°

Να υπολογιστεί η μάζα του άνθρακα και ο αριθμός των ατόμων του υδρογόνου που περιέχονται σε 144g πεντανίου C_5H_{12} . Δίνονται $A_r, H=1$ και $A_r, C=12$ και $N_A=6,023 \cdot 10^{23}$

Πρόβλημα 2°

Να λύσετε το 1° πρόβλημα χρησιμοποιώντας διαφορετικό τρόπο από αυτόν που χρησιμοποιήσατε για τη λύση του προβλήματος 1.

Πρόβλημα 3°

α) Σε μία φιάλη που περιέχει 40 g νερό διαβιβάζονται 84 g προπενίου. Ποια θα είναι η σύσταση (σε μάζες) του περιεχομένου της φιάλης μετά το τέλος της αντίδρασης;

β) Να υπολογιστεί ο όγκος του ατμοσφαιρικού αέρα που απαιτείται για την πλήρη καύση 84 g προπενίου.

Πρόβλημα 4°

Να συγκρίνετε το μεθάνιο με το βουτάνιο.

Πρόβλημα 4° (πρόσθετες πληροφορίες που δίνονται σταδιακά)

- Να συγκρίνετε το μεθάνιο και το βουτάνιο ως καύσιμα.
- Μία εταιρεία παράγει δύο είδη φιαλών που περιέχουν η μία μεθάνιο και η άλλη βουτάνιο, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα σε συσκευές παραγωγής θερμότητας (θερμάστρες). Ποια από τις δύο φιάλες θα επιλέγατε να χρησιμοποιήσετε στη θερμάστρα σας; Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας.

(Πληροφορίες που δίνονται αν ζητηθούν)

- Παραγόμενη θερμότητα: Μεθάνιο 802,34 kJ/mol -
Βουτάνιο 2659,30 kJ/mol
- Ίδια τιμή κόστους και για τις δύο φιάλες
- 500 g είναι η μάζα της κάθε φιάλης

Σταθερές:

- Η πρότυπη ενθαλπία καύσης του μεθανίου και του βουτανίου είναι -891kJ/mol και -2877kJ/mol αντίστοιχα.

Πρωτόκολλο Συνέντευξης της κυρίως έρευνας

Παράδειγμα προβλήματος

Ένα υγρό πυκνότητας 1,1g/ml βρέθηκε με τη βοήθεια του ογκομετρικού σωλήνα ότι έχει όγκο 10ml. Να υπολογίσετε τη μάζα του υγρού αυτού.

Πρόβλημα εξάσκησης

Ένα στερεό έχει πυκνότητα 10g/ml και μάζα 500g. Να υπολογίσετε τον όγκο του.

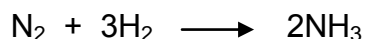
Ερωτήσεις γνωστικού

1) Να συμπληρώσεις τα παρακάτω κενά:

Ένα mole ατόμων περιέχει άτομα και ζυγίζει g.

Ένα mole μορίων περιέχει μόρια, ζυγίζει g και σε περίπτωση που βρίσκεται σε αέρια κατάσταση καταλαμβάνει όγκο L σε συνθήκες STP (P=1atm και $\theta=0^{\circ}\text{C}$)

2) Τι πληροφορίες παίρνουμε από την παρακάτω χημική εξίσωση:



3) Σε ποιους υδρογονάνθρακες πραγματοποιούνται αντιδράσεις προσθήκης;
Τι συμβαίνει κατά τις αντιδράσεις αυτές;

4) Ποια αντίδραση ονομάζεται καύση υδρογονάνθρακα;

Ποια είναι τα είδη της καύσης;

Ποια είναι τα αντιδρώντα και ποια τα προϊόντα της αντίδρασης αυτής;

Οι καύσεις είναι αντιδράσεις εξώθερμες ή ενδόθερμες;

Τι ονομάζεται πρότυπη ενθαλπία καύσης;

5) Ποια αέρια συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου;

Ποια είναι τα αποτελέσματα του φαινομένου αυτού;

Προβλήματα

Πρόβλημα 1°

Να υπολογιστεί η μάζα του άνθρακα και ο αριθμός των ατόμων του υδρογόνου που περιέχονται σε 144g πεντανίου C_5H_{12} . Δίνονται $A_r, H=1$ και $A_r, C=12$ και $N_A=6,023 \cdot 10^{23}$

Πρόβλημα 2°

Να λύσετε το 1° πρόβλημα χρησιμοποιώντας διαφορετικό τρόπο από αυτόν που χρησιμοποιήσατε στο πρόβλημα 1.

Πρόβλημα 3°

α) Σε μία φιάλη που περιέχει 36 g νερό διαβιβάζονται 84 g προπενίου. Ποιες θα είναι οι μάζες των χημικών ουσιών που θα περιέχονται στη φιάλη μετά το τέλος της αντίδρασης;

β) Να υπολογιστεί ο όγκος του ατμοσφαιρικού αέρα που απαιτείται για την καύση 84 g προπενίου.

Πρόβλημα 4°

Να συγκρίνετε το μεθάνιο με το βουτάνιο.

Πρόβλημα 4° (πρόσθετες πληροφορίες που δίνονται σταδιακά)

- Να συγκρίνετε το μεθάνιο και το βουτάνιο ως καύσιμα.
- Η εταιρεία «**Greek fuels**» διαφημίζει στην ιστοσελίδα της δύο είδη φιαλών, τις οποίες διαθέτει στο εμπόριο, προκειμένου το περιεχόμενό τους να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε συσκευές παραγωγής θερμότητας (θερμάστρες). Η μία περιέχει μεθάνιο και η άλλη βουτάνιο. Ποια από τις δύο φιάλες θα επιλέγατε να χρησιμοποιήσετε στη θερμάστρα σας; Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας.

➤ Πληροφορίες που υπάρχουν στην ιστοσελίδα:

- ✓ Κατώτερη θερμογόνο δύναμη: Μεθάνιο 802,34kJ/mol -
Βουτάνιο 2659,30 kJ/mol

(Πληροφορίες που δίνονται αν ζητηθούν)

- ✓ Κόστος φιαλών και για την φιάλη μεθανίου και για τη φιάλη βουτανίου 20€
- ✓ Καθαρό βάρος καυσίμων μεθανίου και βουτανίου 5 kg

Σταθερές:

- Η πρότυπη ενθαλπία καύσης του μεθανίου και του βουτανίου είναι -891kJ/mol και -2877kJ/mol αντίστοιχα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. G.M. Bodner, J.D. Herron, J.K. Gilbert et al. (eds.), Problem solving in chemistry, *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, Kluwer Academic Publishers, 2002, pp. 235–266.
2. G. Taasoobshirazi, S.M. Glynn, College Students Solving Chemistry Problems: A Theoretical Model of Expertise, *Journal of Research in Science Teaching*, 2009, Vol. 46, No. 10, pp. 1070–1089.
3. T. Overton, N. Potter, Solving open-ended problems, and the influence of cognitive factors on student success, *Chemistry Education Research and Practice*, 2008, vol. 9, pp. 65–69.
4. A.H. Johnstone, Eight ways of thinking about problem solving, <http://wwwcsi.unian.it/educa/problemsolving/ahj-ps1.html>
5. H.- J. Schmidt, An Alternate Path to Stoichiometrie Problem Solving, *Research in Science Education*, 1997, vol. 27(2), pp. 237-249.
6. IUPAC, <http://goldbook.iupac.org/M03980.html>
7. Σ. Λιοδάκης, Δ. Γάκης, Δ. Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος, Α. Κάλης, *Χημεία Α΄ Λυκείου*, ΟΕΔΒ, Αθήνα, (2000).
8. K. Salta, C. Tzougraki, Conceptual Versus Algorithmic Problem-solving: Focusing on Problems Dealing with Conservation of Matter in Chemistry, *Research in Science Education*, 2010.
9. Σ. Αβραμιώτης, Β. Αγγελόπουλος, Γ. Καπελώνης, Π. Σινιγάλιας, Δ. Σπαντίδης, Α. Τρικαλίτη, Γ. Φίλος, *Χημεία Β΄ Γυμνασίου*, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2007.
10. H.-J. Schmidt, C. Jigneus, Students' strategies in solving algorithmic stoichiometry problems, *Chemistry Education: Research and Practice*, 2003, Vol.4, No 3, pp. 305-317.

11. Σ. Λιοδάκης, Δ. Γάκης, Δ. Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος, Α. Κάλης, *Χημεία Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας*, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 1999.
12. A. E. Okanlawon, Constructing a framework for teaching reaction stoichiometry using pedagogical content knowledge, *Chemistry*, 2010, vol. 19, iss.2.
13. M. Fach, T. de Boer, I. Parchmann, Results of an interview study as basis for the development of stepped supporting tools for stoichiometric problems, *Chemistry Education Research and Practice*, 2007, vol. 8(1), pp. 13-31.
14. D.L. Gabel, R.D. Sherwood, L. Enochs, Problem – Solving Skills of High School Chemistry Students, *Journal of Research in Science Teaching*, 1984, vol.21, no 2, pp. 221-233.
15. R.M. Heyworth, Procedural and conceptual knowledge of expert and novice students for the solving of a basic problem in chemistry. *International Journal of Science Education*, 1999, vol.21 no.2, pp 195-211.
16. C. Wood, The development of creative problem solving in chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 2006, vol. 7 (2), pp. 96-113.
17. K. Kampourakis, G. Tsaparlis, A study of the effect of a practical activity on problem solving in chemistry, *Chemistry Education: Research and Practice*, 2003, vol.4, no 3, pp. 319-333.
18. D. Kumar, Assessment of expert-novice chemistry problem solving using HyperCard: early findings, *Journal of Science Education and Technology*, 1993, vol. 2, no. 3, pp. 481-485.
19. M. Camacho, R. Good, Problem solving and chemical equilibrium: Successful versus unsuccessful performance, *Journal of Research in Science Teaching*, 1989, vol. 26, no 3, pp. 251-272.

20. A. L. Chandrasegaran, D. F. Treagust, B. G. Waldrip, A. Chandrasegaran, Students' dilemmas in reaction stoichiometry problem solving: deducing the limiting reagent in chemical reactions, *Chemistry Education Research and Practice*, 2009, vol.10, pp.14–23.
21. J. St. B. T. Evans, The heuristic-analytic theory of reasoning: Extension and evaluation, *Psychonomic Bulletin & Review*, 2006, vol.13(3), pp.378 – 395.
22. J. Maeyer, V. Talanquer, The role of intuitive heuristics in students' thinking: Ranking chemical substances, *Science Education*, 2010, vol. 94, iss. 6, pp. 963-984.
23. A. K. Shah, D.M. Oppenheimer, Heuristics made easy: An effort-reduction framework. *Psychological Bulletin*, 2008, vol.134(2), pp.207 – 222.
24. K. S. Taber, College students' conceptions of chemical stability: The widespread adoption of a heuristic rule out of context and beyond its range of application, *International Journal of Science Education*, 2009, vol.31, pp.1333 – 1358.
25. L. McClary, V. Talanquer, Heuristic Reasoning in Chemistry: Making decisions about acid strength, *International Journal of Science Education*, 2010, pp.1-22.
26. K. Ercikan, R. Arim, D. Law, Application of Think Aloud Protocols for Examining and Confirming Sources of Differential Item Functioning Identified by Expert Reviews, *Educational Measurement: Issues and Practice*, 2010, vol. 29, no. 2, pp. 24–35.
27. M. Van den Haaka, M. De Jonga, P. J. Schellensa, Retrospective vs. concurrent think-aloud protocols: testing the usability of an online library catalogue, *Behaviour & Information Technology*, 2003, Vol. 22, No. 5, 339–351.

- 28.M. W. Van Someren, Y. F. Barnard, J. A.C. Sandberg, Practical procedures in obtaining think aloud protocols, *The Think Aloud Method*, Published by Academic Press, London, 1994.
- 29.P. Blumschein, W. Hung, D. Jonassen, J. Strobel, Mental models and problem solving: Technological solutions for measurement and assessment of the development of expertise, *Model-Based Approaches to Learning*, Sense Publishers, 2009, pp.17-40.