

Αλγοριθμική και νοηματική μάθηση της χημείας: η περίπτωση των πανελλαδικών εξετάσεων γενικής παιδείας 1999

Γεώργιος Τσαπαρλής, Δημήτριος Σταμοβλάσης, Χαράλαμπος Καμηλάτος, Εριφύλη Ζαρωτιάδου, Δημήτριος Παπαοικονόμου

Γεώργιος Τσαπαρλής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, gtseper@cc.uoi.gr
Δημήτριος Σταμοβλάσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, stadi@cc.uoi.gr
Χαράλαμπος Καμηλάτος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας
Εριφύλη Ζαρωτιάδου, Ενιαίο Πειραματικό Λύκειο 'Ευαγγελική Σχολή Σμύρνης'
Δημήτριος Παπαοικονόμου, 2ο Ενιαίο Λύκειο Καλλιθέας

Θεματική Ενότητα: Εξετάσεις/Αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων
Επίπεδο Εκπαίδευσης: Λύκειο
Κατηγορία Εργασίας: Εμπειρική-Πειραματική έρευνα

Περίληψη: Οι εξετάσεις γενικής παιδείας στη χημεία β' λυκείου του 1999 παρουσίασαν ξεχωριστό ενδιαφέρον λόγω του ότι περιείχαν αφενός απαιτητικές ερωτήσεις στοιχειομετρικών υπολογισμών οργανικής χημείας, αφετέρου μερικές ποιοτικές/ενοσιολογικές ερωτήσεις. Έτσι δικαιολογείται το γεγονός ότι η χημεία γενικής παιδείας το 1999 ήταν το μάθημα με τις μεγαλύτερες διαφορές γραπτών και προφορικών βαθμών. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήσαμε αναλυτικά βαθμολογικά δεδομένα από γραπτά 499 μαθητών: 234 της Θετικής Κατεύθυνσης, 172 της Θεωρητικής και 93 της Τεχνολογικής. Συγκεντρώσαμε την προσοχή μας στις θεωρηθείσες ως πιο απαιτητικές ερωτήσεις και υποβάλαμε τα δεδομένα σε στατιστική ανάλυση παραγόντων. Εξήχθησαν τρεις παράγοντες από τους οποίους ο ένας φορτίζεται από αλγοριθμικές και ο άλλος από ενοσιολογικές ερωτήσεις. Εξετάζονται και εξηγούνται οι επιδόσεις στις επιμέρους ερωτήσεις. Οι μαθητές της Θετικής Κατεύθυνσης είχαν σημαντικά υψηλότερη επίδοση στις υπολογιστικές ερωτήσεις. Τέλος, χρησιμοποιείται το σχήμα που πρότεινε η Nakleh για την κατηγοριοποίηση των μαθητών στις διάφορες κατηγορίες αλγοριθμικής και ενοσιολογικής ικανότητας.

Λέξεις Κλειδιά: Αλγοριθμικές Ερωτήσεις, Ενοσιολογικές Ερωτήσεις, Επιδόσεις, Πανελλαδικές εξετάσεις, Χημεία Λυκείου Γενικής Παιδείας

Algorithmic versus conceptual learning of chemistry: The case of Greek National Examination of year 1999

Georgios Tsaparlis, University of Ioannina, Department of Chemistry, gtseper@cc.uoi.gr
Dimitrios Stamovlasis, University of Ioannina, Department of Chemistry, stadi@cc.uoi.gr
Charalambos Kamilatos, University of Ioannina, Department of Chemistry
Erifyli Zarotiadou, Evangeliki Scholi Smyrnis
Dimitrios Papaioikonomou, 2nd Kallithea Lykeion

Conference Theme: Examinations / Evaluation of school achievement
Educational Level: Upper Secondary
Paper Classification: Empirical Investigation

Abstract: The Greek National Examination in chemistry as a general subject (that is, for all students) of the year 1999 had a special interest because it included on the one hand demanding questions with stoichiometric calculations in organic chemistry, and on the other hand some qualitative/conceptual questions that demanded critical thinking. This explains the fact that we had here the largest deviation between oral and written marks, the former allocated by the natural class teachers, while the latter coming from the objective national test. In this work, we use detailed achievement data for a sample of 499 students from various schools: 234 students from the 'Positive Branch', 172 from the 'Theoretical Branch' and 93 from the 'Technological Branch'. We paid special attention to the more demanding questions, and subjected our data to statistical factor analysis. Three factors were extracted, of which one loaded to algorithmic questions, and another to conceptual questions. Achievement in the separate questions is presented and explained. Students of the Positive Branch had considerably higher performance in algorithmic questions. Finally, the scheme suggested by Nakleh was used to categorise the students of our sample to the various categories of algorithmic versus conceptual thinking.

Keywords: Algorithmic questions, conceptual questions, achievement, Greek National Examinations, Chemistry for General Education

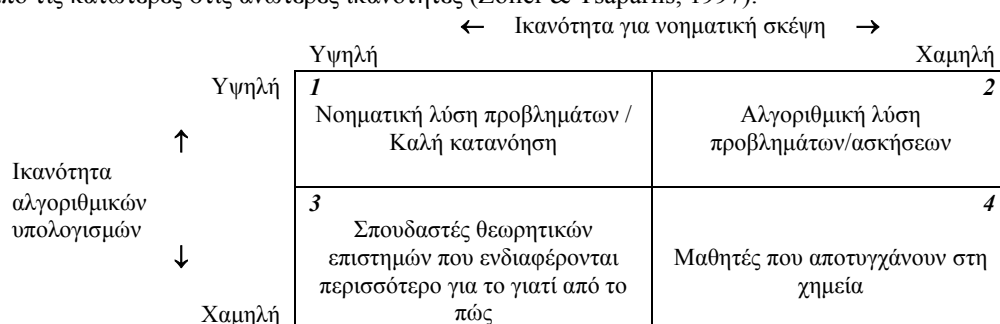
Α.-Εισαγωγή: Οι εξετάσεις γενικής παιδείας στη χημεία β' λυκείου του 1999 παρουσίασαν ένα ξεχωριστό ενδιαφέρον λόγω του ότι, κατά γενική ομολογία, αρκετά από τα θέματα ήταν σχετικά δύσκολα, ιδίως για τους μαθητές της θεωρητικής και της τεχνολογικής κατεύθυνσης. Τα δοθέντα στους μαθητές προς διαπραγμάτευση θέματα ήταν τέσσερα. Το Θέμα 1 αποτελείτο από 8 ερωτήσεις, 4 πολλαπλής επιλογής, δύο συμπληρώσεως, μία αντιστοιχίσεως και μία με δύο υποερωτήσεις

ανακλήσεως γνώσεως. Τέλος, η ερώτηση 1 του Θέματος 2 αποτελείται από τρεις υποερωτήσεις σωστού/λάθους με εξήγηση, ενώ η ερώτηση 2 του Θέματος 2 ζητούσε να συμπληρωθούν οι χημικές εξισώσεις δύο αντιδράσεων. Επιπλέον υπήρχαν δύο υπολογιστικές ασκήσεις στο Θέμα 3 (οι α και β), και τρεις υπολογιστικές ασκήσεις (προβλήματα) στο Θέμα 4 (βλέπε Παράρτημα). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και το γεγονός ότι ετέθησαν και μερικές ποιοτικές ερωτήσεις που απαιτούσαν λογική και σε ένα βαθμό κριτική σκέψη. Οι ερωτήσεις αυτές ήταν αφενός η ερώτηση 3α (εν μέρει λόγω της χημικής εξίσωσης που ζητούσε) και η 3β του Θέματος 2 και αφετέρου η ερώτηση γ του Θέματος 3 (βλέπε Παράρτημα).

Ενισχυτικό του παραπάνω προβληματισμού για τις τεθείσες ερωτήσεις και με ξεχωριστό ενδιαφέρον είναι και το δεδομένο ότι η χημεία γενικής παιδείας παρουσίασε τις μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ γραπτού και προφορικού βαθμού ανάμεσα σε όλα, δεκαεννέα τον αριθμό, τα εξετασθέντα μαθήματα γενικής παιδείας και κατευθύνσεων. (Πηγή: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο / βλ. Φλέσσα, 2000).

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήσαμε αναλυτικά βαθμολογικά δεδομένα από γραπτά 499 μαθητών που διορθώθηκαν σε βαθμολογικό κέντρο της Αθήνας. Από αυτά τα γραπτά, 234 ήταν της Θετικής Κατεύθυνσης (ΘτΚ), 172 της Θεωρητικής (ΘρΚ) και 93 της Τεχνολογικής (ΤΚ). Συγκεντρώσαμε την προσοχή μας στις θεωρηθείσες ως πιο απαιτητικές ερωτήσεις, οι οποίες περιέχονται στο Παράρτημα. Τα δεδομένα υπεβλήθησαν σε στατιστική επεξεργασία με τα λογισμικά *Microsoft Excel* και *Statistica 5.0*. Ανάλυση των επιδόσεων σε όλες τις ερωτήσεις παρουσιάστηκε αλλού (Καμηλάτος κ.ά., 2002).

Β.-Σύνδεση με την βιβλιογραφία της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών/Χημείας. Για τους μελετητές και ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας, το γεγονός της μαζικής πτώσης των επιδόσεων στη χημεία γενικής παιδείας κατά τις πανελλαδικές εξετάσεις της β' λυκείου του 1999 δεν προκαλεί καμιά έκπληξη. Για να στηρίξουμε αυτήν την άποψη, θα παραθέσουμε δεδομένα από τη διεθνή βιβλιογραφία. Οι Nurrenbern και Pickering (1987) έδειξαν ότι πρωτοετείς φοιτητές χημείας τα πήγαιναν πολύ καλύτερα σε παραδοσιακές υπολογιστικές ερωτήσεις, παρά σε εννοιολογικές ερωτήσεις για τα αέρια σε μοριακό επίπεδο. Η Sawrey (1990) συνέστησε να δώσουν οι καθηγητές προσοχή τόσο στην ποιοτική όσο και στην ποσοτική φύση της χημείας. Ο Pickering (1990) συμπέρανε ότι η αδυναμία στα εννοιολογικά προβλήματα δεν πρέπει να αποδοθεί σε έλλειψη ικανότητας, αλλά σε έλλειψη γνώσεων. Η Nakhleh (1993) συμπέρανε ότι η χημεία φαίνεται ότι είναι όλο και λιγότερο ενδιαφέρουσα για μεγάλα τμήματα σπουδαστών, μια τάση που αποδόθηκε στην έμφαση της χημείας στους ποσοτικούς υπολογισμούς, και συνέστησε να δοθεί έμφαση και στην εννοιολογική κατανόηση της χημείας. Η Nakhleh πρότεινε επιπλέον και μια κατηγοριοποίηση των σπουδαστών που δείχνεται στο Σχήμα 1. Η κατηγοριοποίηση αυτή χρησιμοποιείται και στην παρούσα εργασία. Τέλος, κατά τους Nakhleh και Mitchell (1993): "... το να παρουσιάζεις έναν αλγόριθμο και εν συνεχεία να δείχνεις πώς να λύνεις με αυτόν μυριάδες προβλημάτων δεν φαίνεται να διευκολύνει την κατανόηση της υπεισερχόμενης έννοιας." Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε την εργασία των Τσαπαρλή και Ζαρωτιάδου (1994) που χρησιμοποίησαν τον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Χημείας της Ε.Ε.Χ. (του έτους 1991) για να αξιολογήσουν τις Γενικές Εξετάσεις Χημείας (1ης και 2ης Δέσμης), με κύριο εύρημα ότι οι Γενικές Εξετάσεις ήταν αμφίβολο κατά πόσο πετύχαιναν να διακρίνουν και να επιλέγουν τους πολύ ικανούς από άποψη κριτικής ικανότητας μαθητές. Τα ευρήματα της παραπάνω έρευνας ερμηνεύθηκαν περαιτέρω με βάση τη διάκριση από τον Zoller των γνωστικών ικανοτήτων σε ανώτερης και κατώτερης τάξεως και διατυπώθηκαν προτάσεις που διευκολύνουν τη μετάβαση από τις κατώτερες στις ανώτερες ικανότητες (Zoller & Tsaparlis, 1997).



Σχήμα 1: Πιθανές κατηγορίες σπουδαστών στη χημεία (Nakhleh, 1993).

Γ.-Αποτελέσματα και Σχολιασμός

Γ1.-Στατιστική ανάλυση παραγόντων. Τα δεδομένα υπεβλήθησαν σε στατιστική ανάλυση παραγόντων (βλ. Πίνακα 1). Εξήχθησαν τρεις παράγοντες. Τον παράγοντα 1 φορτίζουν όλες οι αλγοριθμικές ερωτήσεις (3α, 3β, 4α, 4β και 4γ). Τον παράγοντα 2 φορτίζουν οι εννοιολογικές ερωτήσεις 2/3α και 2/3β. Τέλος, τον παράγοντα 3 φορτίζει μόνη της η εννοιολογική ερώτηση 3γ. Η εικόνα αυτή βρίσκεται σε πολύ καλή αντιστοιχία με την διάκριση των ερωτήσεων που κάναμε. Αξιοσημείωτη είναι η διάκριση των εννοιολογικών ερωτήσεων 2/3α και 2/3β αφενός και 3γ αφετέρου, που πιθανόν οφείλεται στο ότι οι ερωτήσεις 2/3α και 2/3β είχαν και χαρακτηριστικά ερωτήσεων γνώσεων, κάτι που υποστηρίζεται και από τις αρκετά υψηλότερες επιδόσεις στις 2/3α και 2/3β από ό,τι στην 3γ. Σημειωτέον ότι η χημική εξίσωση που υπεισέρχεται στην ερώτηση 2/3α δικαιολογεί τον εν μέρει αλγοριθμικό χαρακτήρα της, με συνέπεια αυτή να φορτίζει σε αρκετό βαθμό (0,45) και

τον (αλγοριθμικό) παράγοντα 1. Ίδια ακριβώς εικόνα ανάλυσης παραγόντων εμφανίζει η ΘτΚ, ενώ για την ΘρΚ η φόρτιση της ερώτησης 2/3α στον παράγοντα 2 είναι κάπως μικρότερη (0,55). Εξάλλου, η ΤχΚ παρουσιάζει μια σημαντικότερη διαφοροποίηση: η ερώτηση 3β μεταφέρεται από τον παράγοντα 1 στον παράγοντα 3, μαζί με την 3β (φορτίσεις 0,79 και 0,81 αντιστοίχως).

	Παράγων 1	Παράγων 2	Παράγων 3
Ιδιοτιμή	4.54	0.88	0.75
% εξηγούμενη διακύμανση	56.8	11.0	9.4
% συσσωρευτική διακύμανση	56.8	67.8	77.1
Φορτίσεις παραγόντων*			
Ερώτηση	Παράγων 1	Παράγων 2	Παράγων 3
2/3α	0.45	0.62	0.15
2/3β	0.13	0.92	0.09
3α	0.72	0.30	0.27
3β	0.76	0.25	0.33
3γ	0.23	0.14	0.95
4α	0.85	0.12	0.12
4β	0.86	0.20	0.13
4γ	0.84	0.20	0.09

* Κανονικοποιημένες με την μέθοδο Varimax.

Φορτίσεις παραγόντων ≥ 0.60 δείχνονται με μαύρα στοιχεία

Πίνακας 1: Συνολικό δείγμα ($N = 499$): Στατιστική ανάλυση παραγόντων.

Γ2.-Επιδόσεις. Η επίδοση του συνολικού δείγματος ($N = 499$) είναι 49,4%. Οι μαθητές της ΘτΚ έχουν τις υψηλότερες συνολικές επιδόσεις (59,0%), ακολουθούν οι της ΘρΚ (44,1%) και τελευταίοι είναι οι της ΤχΚ (35,1%). Τα ευρήματα αυτά είναι αναμενόμενα, με βάση τα δεδομένα ότι στη μεν ΘρΚ έχουμε μαθητές με μικρό ενδιαφέρον και έφεση για τις θετικές επιστήμες, στη δε ΤχΚ είχαμε τουλάχιστον μέχρι τώρα πιο αδύνατους μαθητές.

Παρατηρείται μια αναμενόμενη σημαντική μείωση της επίδοσης καθώς πάμε από το Θέμα 1 (80,4%) στο Θέμα (2) (50,0%), στο Θέμα 3 (36,1%) και στο θέμα 4 (29,0%). Είναι προφανές ότι η κλιμάκωση της δυσκολίας αυτή ήταν βασικός στόχος των εξεταστών. Το Θέμα 1 περιείχε κυρίως ερωτήσεις ανακλήσεως αντικειμενικού τύπου, ενώ το Θέμα 2 περιείχε τόσο ερωτήσεις ανακλήσεως όσο και ένα ζευγάρι εννοιολογικών ερωτήσεων. Τα Θέματα 3 και 4 ήταν δυσκολότερα, με στοιχειομετρικούς υπολογισμούς. Το θέμα 4 απαιτούσε επιπλέον και γνώση οργανικών αντιδράσεων (ενώ στο Θέμα 3 η μοναδική αντίδραση δινόταν). Λεπτομερής ανάλυση των επιδόσεων σε όλες τις ερωτήσεις έχει γίνει αλλού (Καμηλάτος, κ.ά., 2002).

Περνώντας στα επιμέρους θέματα (βλ. Πίνακα 2), παρατηρούμε ότι οι μαθητές της ΘρΚ και της ΤΚ είχαν, σε σύγκριση με τη ΘτΚ, πολύ χαμηλότερη επίδοση στις υπολογιστικές ερωτήσεις 3α, 3β και 4γ. Αυτό πρέπει να αποδοθεί ακριβώς στη δυσχέρεια και αντιπάθεια των μαθητών αυτών στους ποσοτικούς

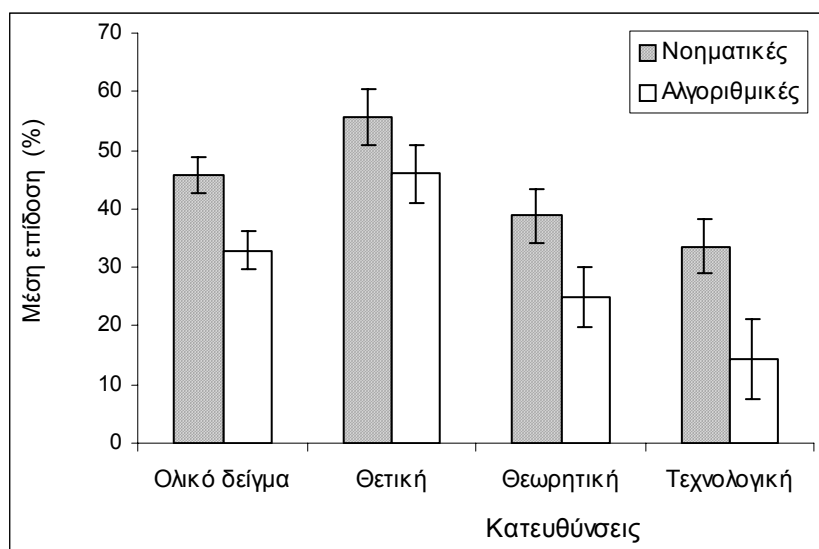
Ερώτηση	2/3α	2/3β	3α	3β	3γ	4α	4β	4γ
Συνολικό δείγμα ($N = 499$)	40.4 (45.2)	54.5 (42.6)	44.3 (44.0)	31.2 (42.6)	29.7 (43.6)	31.9 (42.4)	34.4 (43.0)	21.5 (33.1)
Θετική Κατ. ($N = 234$)	52.9 (46.0)	60.0 (42.5)	60.6 (43.2)	47.1 (46.0)	37.9 (46.9)	42.3 (46.4)	46.0 (45.7)	31.9 (38.3)
Θεωρητική Κατ. ($N = 172$)	31.4 (42.2)	51.4 (42.8)	33.0 (40.6)	20.9 (36.5)	22.8 (39.5)	26.9 (38.2)	28.9 (39.6)	15.4 (26.6)
Τεχνολογική Κατ. ($N = 93$)	25.9 (40.5)	46.4 (40.7)	24.2 (37.3)	10.2 (26.2)	22.0 (38.7)	15.1 (30.8)	15.5 (32.4)	6.5 (18.2)

Πίνακας 2: Μέσες επιδόσεις (%) στις ερωτήσεις της εξέτασης που χρησιμοποιούνται στη μελέτη αυτή (τυπικές αποκλίσεις εντός παρενθέσεων).

υπολογισμούς της χημείας. Στην ερώτηση 4γ σημειώθηκαν οι χαμηλότερες επιδόσεις σε όλες τις κατευθύνσεις. Εδώ πρέπει να επισημάνουμε μια πρόσθετη δυσκολία που προκάλεσε ο τρόπος διατυπώσεως του σχετικού ερωτήματος (“*Να εξετάσετε αν θα αποχρωματιστεί το διάλυμα του βρωμίου*”). Για την απάντηση απαιτείτο πρώτα η ορθή συμπλήρωση της αντίδρασης (που παράγει αιθάνιο) και εν συνεχεία ο κατάλληλος στοιχειομετρικός υπολογισμός για να προσδιοριστεί αν το αιθάνιο ή το βρώμιο ήταν σε περίσσεια. Όμως, το σχολικό βιβλίο (Καπετάνου & Μαυρόπουλος, 1998, σελ. 47) ανέφερε ότι “*Εάν καστανέρυθρο διάλυμα βρωμίου σε τετραχλωράνθρακα προστεθεί σε μια ακόρεστη με διπλό δεσμό ένωση, τότε το διάλυμα του βρωμίου αποχρωματίζεται*”. Είναι πολύ πιθανό ότι η διατύπωση αυτή παρέσυρε μαθητές, και πρωτίστως της ΘρΚ και της ΤΚ στο να απαντήσουν καταφατικά, χωρίς να κάνουν υπολογισμό. Σημειωτέον ότι σύμφωνα με τα δεδομένα της άσκησης, το διάλυμα του βρωμίου δεν αποχρωματιζόταν.

Ξεχωριστό ενδιαφέρον παρουσιάζει η ερώτηση 3γ που ζητούσε να συγκριθεί η μάζα του μούστου που ζυμώθηκε με τη μάζα του κρασιού. Η ερώτηση αυτή μπορούσε να απαντηθεί με χρησιμοποίηση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων δύο ερωτήσεων 3α και 3β. Αυτό ήταν προφανώς προσιτότερο στους μαθητές της ΘτΚ. Περαιτέρω, τόσο ως προς το ποιοτικό συμπέρασμα όσο και ως προς την εξήγησή του, μπορούσε να χρησιμοποιηθεί απλή χημική λογική, με βάση τη χημική εξίσωση μετατροπής της γλυκόζης σε αιθανόλη: λόγω διαφυγής του παραγόμενου αερίου διοξειδίου του άνθρακα, η μάζα του κρασιού είναι μικρότερη. Αξιοσημείωτο είναι ότι ενώ οι μαθητές της ΘτΚ είχαν αρκετά μικρότερη επίδοση στην 3γ από τις 3α και 3β (που δείχνει ότι βασίστηκαν περισσότερο στα ποσοτικά αποτελέσματά τους), οι μαθητές της μεν ΘρΚ είχαν επιδόσεις στην 3γ παραπλήσια με την 3β, της δε ΤΚ είχαν παραπλήσια επίδοση στις 3α και 3γ και αρκετά υψηλότερη στην 3γ από την 3β. Αυτό δείχνει ότι είναι πιθανό οι μαθητές της ΘρΚ και της ΤΚ να χρησιμοποίησαν περισσότερο ποιοτικό συλλογισμό από τους μαθητές της ΘτΚ. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι δύο άλλες εννοιολογικές ερωτήσεις του θέματος 2 (2/3α και 2/3β), με την επίδοση στην 2/3β να υπερτερεί της 2/3α κατά 20 εκατοστιαίες μονάδες για την ΘρΚ και την ΤΚ, αλλά μόνο κατά 7 μονάδες για την ΘτΚ. Οι διαφορές αυτές εξηγούνται με τη χημική εξίσωση που υπεισέρχεται στην 2/3α.

Γ3.-Το Σχήμα της Nakhleh. Το Σχήμα 2 δείχνει τις επί τοις εκατό μέσες επιδόσεις του συνολικού δείγματος και των επιμέρους κατευθύνσεων στις εννοιολογικές (2/3α και 2/3β) και στις αλγοριθμικές (3α, 3β, 3γ, 4α, 4β, και 4γ) ερωτήσεις. Οι υψηλότερες επιδόσεις στις δύο εννοιολογικές ερωτήσεις οφείλεται στο ότι αυτές δεν ήταν πολύ απαιτητικές, ενώ στην περίπτωση των αλγοριθμικών ερωτήσεων είχαμε μια κλιμάκωση δυσκολίας. Αυτό θέτει προφανώς έναν περιορισμό σ' αυτήν την μελέτη: αν είχαμε πιο απαιτητικές εννοιολογικές ερωτήσεις, η επίδοση θα έπεφτε. Στην βιβλιογραφία υπάρχουν άφθονες μαρτυρίες γι' αυτήν την αντιστροφή. Σημειωτέον ότι στην ΘτΚ η διαφορά στην επίδοση στα δύο είδη ερωτήσεων ήταν σημαντικά μικρότερη. Αυτό οφείλεται στο ότι στην κατεύθυνση αυτή είχαμε αρκετά υψηλότερο ποσοστό μαθητών με αμφότερες τις ικανότητες υψηλές (βλ. Πίνακα 4).



Σχήμα 2. Επί τοις εκατόν μέση επίδοση του συνολικού δείγματος και των επιμέρους κατευθύνσεων στις εννοιολογικές και στις αλγοριθμικές ερωτήσεις. Δείχνονται και ράβδοι σφάλματος.

Με βάση τις επιδόσεις στις εννοιολογικές και τις αλγοριθμικές ερωτήσεις, κατηγοριοποιήσαμε τους μαθητές στις τέσσερις κατηγορίες της Nakhleh (Πίνακας 3). Παρατηρούμε ότι περίπου το ήμισυ (52,1 και 55, % αντιστοίχως) επέδειξαν χαμηλές νοηματικές και αλγοριθμικές ικανότητες, ενώ το 43,1% φάνηκαν αδύνατοι σε αμφότερες τις ικανότητες.

<i>AIEI</i> : 24,7%	<i>AIEΘ</i> : 9,0%	<i>AI</i> : 33,7 %
<i>AΘEI</i> : 12,0%	<i>AΘEΘ</i> : 43,1 %	<i>AΘ</i> : 55,1 %
<i>EI</i> : 36,7 %	<i>EΘ</i> : 52,1%	Σύνολο: 88,8%

* Το ελλείπον 11,2 % ανήκει στην κατηγορία *A*E** που δεν εμπίπτει στην κατηγοροποίηση αυτή.

Πίνακας 3: Κατανομή του συνόλου των μαθητών ($N = 499$) στις κατηγορίες κατά

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατανομή των μαθητών των τριών κατευθύνσεων στις διάφορες κατηγορίες και οι αντίστοιχες επιδόσεις τους στην συνολική εξέταση (Πίνακας 4). Όπως αναμένεται, η ΘτΚ είχε μακράν το υψηλότερο ποσοστό μαθητών με υψηλές αμφότερες τις ικανότητες. Εξάλλου, και οι τρεις κατευθύνσεις ήταν περίπου ισοδύναμες σε μαθητές με υψηλή μόνη την νοηματική ικανότητα, ενώ η ΘτΚ και η ΤχΚ είχαν παρόμοιο ποσοστό μαθητών με υψηλή μόνη την αλγοριθμική ικανότητα. Η ΘτΚ είχε το υψηλότερο ποσοστό μαθητών με αλγοριθμική ικανότητα (ανεξαρτήτως νοηματικής ικανότητας): 45,7% έναντι 27,3 και 15,1 για την ΘρΚ και την ΤχΚ. Ομοίως, η ΘτΚ είχε επίσης πολύ υψηλότερο ποσοστό μαθητών με εννοιολογική ικανότητα (ανεξαρτήτως

αλγοριθμικής ικανότητας): 47,9% έναντι 27,9 και 24,8 για την ΘρΚ και την ΤχΚ. Είναι φανερό ότι τα ευρήματά μας για τους Έλληνες μαθητές βρίσκονται σε αρκετή συμφωνία με την κατηγοροποίηση της Nakleh.

	Θετική Κατεύθυνση		Θεωρητική Κατεύθυνση		Τεχνολογική Κατεύθυνση	
	Συχνότητα (%)	<i>M</i> (<i>TA</i>)	Συχνότητα (%)	<i>M</i> (<i>TA</i>)	Συχνότητα (%)	<i>M</i> (<i>TA</i>)
<i>AIEI</i>	35.9	86.9 (11.3)	17.4	78.5 (14.4)	9.7	74.0 (8.4)
<i>AIEO</i>	9.8	69.4 (11.5)	9.9	66.9 (14.4)	5.4	59.8 (17.4)
<i>A0EI</i>	12.0	49.5 (12.9)	10.5	41.6 (11.9)	15.1	39.6 (15.1)
<i>A0EO</i>	30.8	28.9 (11.4)	49.4	28.0 (10.9)	62.4	24.3 (8.6)
<i>A*E*</i>	11.5	53.1 (20.9)	12.8	44.0 (18.9)	7.5	47.7 (10.2)

* *M*: μέση επίδοση, *TA*: τυπική απόκλιση.

Πίνακας 4: Κατανομή μαθητών των επιμέρους κατευθύνσεων στις κατηγορίες κατά Nakleh και αντίστοιχες επιδόσεις.*

Δ.-Συμπεράσματα και προτάσεις

Όπως βρέθηκε σ' αυτήν την εργασία, σημαντικό μέρος των μαθητών λυκείου δυσκολεύονται στην εννοιολογική κατανόηση και στους αλγοριθμικές διαδικασίες (χημικές εξισώσεις και στοιχειομετρικοί υπολογισμοί) της χημείας. Το εύρημα αυτό εξηγεί και τη μεγάλη αποτυχία στις εξετάσεις γενικής χημείας της β' λυκείου. Από την άλλη, είναι ενθαρρυντικό ότι σημαντικός αριθμός μαθητών (κυρίως της Θετικής Κατεύθυνσης) έχουν ανεπτυγμένες και τις δύο ικανότητες. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι οι εννοιολογικές ερωτήσεις που είχαν τεθεί στις Πανελλαδικές Εξετάσεις Χημείας που μελετήσαμε ήταν αφενός ελάχιστες, αφετέρου όχι ιδιαίτερα απαιτητικές. Έτσι αν είχαμε περισσότερες και δυσκολότερες εννοιολογικές ερωτήσεις, θα έπρεπε να είχαμε πολύ χαμηλότερες επιδόσεις και λιγότερους μαθητές με ικανότητα νοηματικής μάθησης. Τέλος, παρόλον που η άποψη των Mason, Shell, and Crawley (1997) 'ότι φαίνεται να είναι σπάνιο ή ασύνηθες να έχουμε μαθητές που κατανοούν τις έννοιες, αλλά έχουν αδυναμία να αντιμετωπίσουν ένα αλγοριθμικό πρόβλημα, στην πράξη συναντάμε τέτοιους μαθητές. Πρόκειται για μαθητές με έλλειψη ενδιαφέροντος και εξάσκησης στους μαθηματικούς υπολογισμούς.

Εν πάση περιπτώσει, είναι φανερό ότι το σχολείο δεν καλλιεργεί τις εννοιολογικές ικανότητες (ικανότητες κριτικής σκέψης) των μαθητών. Πιστεύουμε ότι πρέπει το σχολείο, ήδη από το δημοτικό σχολείο και σε όλα τα μαθήματα, να δώσει μεγαλύτερη έμφαση στα θέματα εννοιολογικής κατανόησης. Αυτό είναι απαραίτητο για ένα μάθημα με υψηλές νοηματικές απαιτήσεις όπως η χημεία. Περαιτέρω, πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια να γίνει η χημεία πιο ενδιαφέρον και χρήσιμο μάθημα για το σύνολο των μαθητών. Όσον αφορά τη χημεία λυκείου, θα σημειώσουμε για μια ακόμη φορά το πόσο κακό έκαναν όσοι απεργάστηκαν την απόρριψη του νέου προγράμματος χημείας γενικής παιδείας του ενιαίου λυκείου που έδινε έμφαση σε μια νέα παιδαγωγικώς ορθότερη, κατά τη γνώμη μας, δομή της ύλης, μαζί με έμφαση στη σύνδεση της χημείας με τη ζωή και την κοινωνία, μέσω των κεφαλαίων για τα πλαστικά-πολυμερή, τα φάρμακα, τα τρόφιμα και την ενέργεια και όχι μόνο (Τσαπαρλής 1998, Tsaparlis 2000). Αντ' αυτού, προκρίθηκε ένα παραδοσιακό πρόγραμμα που δίνει έμφαση στη λογιστική πλευρά της χημείας (εύρεση και ονοματολογία δυνατών ισομερών στην οργανική χημεία, ποσοτικοί στοιχειομετρικοί υπολογισμοί κ.λπ.), αλλά που αφήνει, πιστεύουμε, ασυγκίνητους τους περισσότερους μαθητές.

Παραπομπές

- Καμηλάτος, Χ., Σταμοβλάσης, Δ., Ζαρωτιάδου, Ε., Παπαοικονόμου, Δ., & Τσαπαρλής, Γ. (2002). Εργασία παρουσιασθείσα στο Πανελλήνιο Συνέδριο "Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην κοινωνία της Πληροφορία", Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αθήνα, 18-21 Απριλίου 2002
- Καπετάνου, Ε. & Μαυρόπουλος, Α. (1998). Χημεία Γενικής Παιδείας Β' λυκείου. Α' έκδοση. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και ΟΕΔΒ.
- Τσαπαρλής, Γ. (1998). Χημικοί εκπαίδευση 2000: Ο κύκλος των χαμένων χημικών (ή της χαμένης χημείας;). Χημικά Χρονικά, Τεύχος 12, 332-335.
- Τσαπαρλής, Γ. & Ζαρωτιάδου, Ε. (1994). Μια αξιολόγηση των Γενικών Εξετάσεων Χημείας μέσω του Πανελλήνιου Διαγωνισμού Χημείας (και αντιστρόφως). Χημικά Χρονικά, Γενική Έκδοση, 56, 237-245.
- Φλέσσα, Β. (2000). Το χθες των φετεινών αρίστων. Εφημερίδα 'Η Καθημερινή', 24-09-2000, 31. [Ρεπορτάζ με βάση έρευνα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (Ιούνιος 2000): "Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της β' λυκείου του σχολικού έτους 1998-99".]

- Mason, S.D., Shell, D.F., & Crawley, F.E. (1997). Differences in problem solving by nonscience majors in introductory chemistry on paired algorithmic-conceptual questions. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 905-923.
- Nakheh, M.B. (1993). Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? *Journal of Chemical Education*, 70, 52-55.
- Nakhleh, M.B. & Mitchell, R.C (1993). Concept learning versus problem solving - There is a difference. *Journal of Chemical Education*, 70, 190-192.
- Nurrenbern, S.C. & Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64, 508-510.
- Pickering, M. (1990). Further studies on concept learning versus problem solving. *Journal of Chemical Education*, 67, 254-255.
- Sawrey, B.A. (1990). Concept learning versus problem solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*, 67, 253-254.
- Tsaparlis, G. (2000). The states-of-matter approach (*SOMA*) to introductory chemistry . *Chemistry Education: Research and Practice in Europe (CERAPIE)*, 1, 161-168.
[http://www.uoi.gr/conf_sem/cerapie (δωρεάν πρόσβαση)]
- Zoller, U. & Tsaparlis, G. (1997). Higher- and lower-order cognitive skills: The case of chemistry. *Research in Science Education*, 27, 117-130.

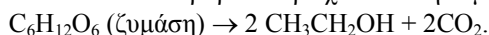
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Τμήμα της εξέτασης χημείας γενικής παιδείας της β' λυκείου το 1999

ΘΕΜΑ 2ο, Ερώτηση 3. Κατά τον έλεγχο των καυσαερίων δύο αυτοκινήτων Α και Β βρέθηκε ότι τα καυσαέρια του Α περιέχουν: CO₂, υδρατμούς, CO, υδρογονάνθρακες (C₈H₁₈) και οξείδια του αζώτου, ενώ τα καυσαέρια του Β περιέχουν μόνο CO₂, υδρατμούς και N₂.

2/3α) Γράψτε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης που αιτιολογεί την απουσία υδρογονανθράκων στα καυσαέρια του αυτοκινήτου Β και αναφέρετε τον απαιτούμενο καταλύτη για την πραγματοποίησή της.

2/3β) Στα καυσαέρια τίνος αυτοκινήτου αναμένετε να ανιχνευτούν πτητικές ενώσεις του μολύβδου και για ποιο λόγο;

ΘΕΜΑ 3ο. Ένα βαρέλι περιέχει ποσότητα μούστου που υποβάλλεται σε αλκοολική ζύμωση:



Μετά την ολοκλήρωση της ζύμωσης προέκυψαν 200 L κρασιού 11,5° (11,5% v/v). Αν η πυκνότητα της αιθανόλης είναι $\rho = 0,8 \text{ g / mL}$:

3α) Υπολογίστε τον όγκο και τη μάζα της αλκοόλης που παράχθηκε.

3β) Υπολογίστε τη μάζα του σακχάρου (C₆H₁₂O₆) που ζυμώθηκε.

3γ) Αν συγκρίνατε τη μάζα του μούστου που ζυμώθηκε με τη μάζα του κρασιού που παράχθηκε, θα διαπιστώνατε κάποια διαφορά; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Δίδονται οι ατομικές μάζες (ατομικά βάρη) των στοιχείων C : 12, H : 1, O : 16.

ΘΕΜΑ 4ο . Ποσότητα 1,2 mol αιθυλοβρωμιδίου (C₂H₅Br) χωρίζεται σε τρία ίσα μέρη.

4α) Το πρώτο μέρος του αιθυλοβρωμιδίου διαλύεται σε άνυδρο αιθέρα και στο διάλυμα προστίθεται περίσσεια νατρίου, οπότε παράγεται αλκάνιο Α. Να υπολογιστεί η μάζα του αλκανίου Α που σχηματίστηκε.

4β) Το δεύτερο μέρος του αιθυλοβρωμιδίου αντιδρά πλήρως με AgOH και στην οργανική ένωση Β που παράγεται επιδρά περίσσεια νατρίου, οπότε παράγεται νέα οργανική ένωση Γ και ελευθερώνεται αέριο Δ. Υπολογίστε τον όγκο του αερίου Δ σε πρότυπες συνθήκες (stp).

4γ) Με επίδραση περίσσειας αλκοολικού διαλύματος KOH στο τρίτο μέρος του αιθυλοβρωμιδίου παράγεται αέριος υδρογονάνθρακας, ο οποίος διαβιβάζεται σε 1 L διαλύματος βρωμίου σε τετραχλωράνθρακα (Br₂ /CCl₄) 8% w/v. Να εξετάσετε αν θα αποχρωματιστεί το διάλυμα του βρωμίου.

Δίδονται οι ατομικές μάζες (ατομικά βάρη) των στοιχείων. C : 12, H : 1, O : 16, Br : 80.