



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΣΠΟΥΔΩΝ**

**«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ «ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ»**

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**Ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση ψηφιακού υλικού  
για τη διδασκαλία της Χημείας Γ΄ Γυμνασίου  
με χρήση του διαδραστικού πίνακα**

**ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ Δ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ  
ΧΗΜΙΚΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ**

**ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015**

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

Ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση ψηφιακού υλικού  
για τη διδασκαλία της Χημείας Γ΄ Γυμνασίου  
με χρήση του διαδραστικού πίνακα

**ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ Δ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**A.M.:** 131107

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:**

Δρ. Παυλάτου Ευαγγελία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Δρ. Παυλάτου Ε. Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ

Δρ. Μουτσάτσου Α. Καθηγήτρια ΕΜΠ

Δρ. Μαυρικάκη Ε., Επίκουρη Καθηγήτρια ΕΚΠΑ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 15/10/2015

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε η κατασκευή προσομοιώσεων εικονικού εργαστηρίου καθώς και άλλων ψηφιακών αντικειμένων, όπως εννοιολογικοί χάρτες. Αυτό το ψηφιακό υλικό χρησιμοποιήθηκε για την σύνθεση μιας ψηφιακής εφαρμογής (ΨΕ) με πεδίο εφαρμογής τη διδασκαλία της Χημείας στην Γ τάξη Γυμνασίου και ειδικά της ενότητας "Οξέα και Βάσεις".

Η ΨΕ αξιολογήθηκε σε 7 δημόσια Γυμνάσια της περιφέρειας Πειραιά (σύνολο μαθητών 280) από ισάριθμους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι διαθέτουν πιστοποίηση στη εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη και εμπειρία στη διδασκαλία της Χημείας άνω των 10 ετών. Χρησιμοποιήθηκαν δύο τμήματα μαθητών από κάθε σχολείο που διδάχθηκαν από τον ίδιο εκπαιδευτικό. Το ένα τμήμα (ΠΟ) διδάχθηκε με την ΨΕ μέσω του διαδραστικού πίνακα, ενώ το άλλο τμήμα (ΟΕ) μέσω του συμβατικού πίνακα και πραγματικού εργαστηρίου επίδειξης. Σε κάθε μαθητή και των δύο τμημάτων είχε δοθεί φύλλο εργασίας στο οποίο οι δραστηριότητες ήταν όμοιες.

Τα τμήματα ΠΟ και ΟΕ συγκρίθηκαν πριν και μετά τη διδασκαλία μέσω ενός τεστ επίδοσης (ΤΕ). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε χρησιμοποιώντας το SPSS 22 και τα αποτελέσματα έδειξαν σε ορισμένες περιπτώσεις στατιστικά σημαντική μεγαλύτερη επίδοση σε μαθητές που έχουν διδαχθεί με τη χρήση της ΨΕ, ενώ σε άλλες περιπτώσεις δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η διδασκαλία με τη χρήση ΨΕ μέσω του διαδραστικού πίνακα μπορεί να επιτύχει τουλάχιστον τα ίδια αποτελέσματα με το εργαστήριο επίδειξης και τον συμβατικό πίνακα.

Επίσης, οι εκπαιδευτικοί που χρησιμοποίησαν την ΨΕ επισήμαναν αδυναμίες και πρότειναν βελτιώσεις, οι οποίες και λήφθηκαν υπόψη για την αναβάθμισή της.

Το ψηφιακό υλικό και ειδικά οι προσομοιώσεις των εικονικών εργαστηρίων που περιέχει η ΨΕ μπορούν να συνδυάζονται κατάλληλα με το πραγματικό εργαστήριο ανάλογα με τη διαθέσιμη υλικοτεχνική υποδομή και το διδακτικό σχέδιο (σενάριο) του εκπαιδευτικού.

**ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ:** Ανάπτυξη και αξιολόγηση ψηφιακού υλικού

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εικονικό εργαστήριο, Διαδραστικός Πίνακας, ΤΠΕ, Ψηφιακά Αντικείμενα

## **ABSTRACT**

In this thesis virtual laboratory simulations and other digital objects like concept maps were constructed. This digital material was used for the construction of a digital application (DA) for teaching Junior High Chemistry and specifically the unit concerning Acids and Bases..

The DA was evaluated in 7 public Junior Highs of Piraeus (total number of pupils 280) district area by equal numbers of teachers who are qualified for using ICT tools in teaching and over 10 years of experience in teaching Chemistry. For each school, two distinct groups of students were evaluated, which had the same teacher. One of the groups (EG) was taught by the use of interactive board at which the DA was applied and the other group (CG) by the use of conventional board and real experiments demonstrated by the same teacher. Each student in both groups was provided with a work sheet that had similar activities.

The EG and CG groups of students were compared before and after the teaching process through an achievement test (AT). A statistical analysis was conducted by the use of SPSS 22 and the results showed that in some cases the EG group had larger achievement than the CG one. These results imply that teaching using interactive board by applying DA leads students to achieve at least the same results as those resulted by teaching realised by using exhibition-type experiments and conventional board.

In addition, the teachers that used the DA pointed out the weaknesses and made suggestions for improvements that were considered and an upgrading was conducted.

The digital material and especially the virtual laboratory simulations in the DA can be suitably combined with real experiments depending on the available means and the teaching plan of the teacher.

**SUBJECT AREA:** Development and evaluation of digital material

**KEYWORDS:** Virtual laboratory, Interactive Board, ICT, Digital Objects

**στη σύζυγό μου Ντίνα  
για την υποστήριξη και την υπομονή της**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας ερευνητικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια Δρ. Παυλάτου Ε., Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του τμήματος Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ για τη συνεργασία και την πολύτιμη συμβολή της στην ολοκλήρωση της εργασίας αλλά και για τη στήριξή της κατά την επιλογή μου ως Μεταπτυχιακού Φοιτητή στο ΔΙΧΗΝΕΤ.

Θα ήθελα να εκφράσω επίσης τις θερμές ευχαριστίες μου στην Δρ. Μαυρικάκη Ε., Επίκουρη Καθηγήτρια του Παιδαγωγικού Τμήματος του ΕΚΠΑ για τις συμβουλές της στην στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων της έρευνας.

Πρέπει επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην Δρ. Τζουγκράκη Χ. Καθηγήτρια του Χημικού Τμήματος του ΕΚΠΑ για την επιλογή μου στο μεταπτυχιακό τμήμα του ΔΙΧΗΝΕΤ.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους πρώην και εν ενεργεία σχολικούς συμβούλους:

- Δρ. Τσουμπελή Λ. για την μεγάλη συμβολή του στην κατασκευή του τεστ επίδοσης και τις πολύτιμες συμβουλές του για τη δομή της ερευνητικής εργασίας. Επίσης τον ευχαριστώ για τη στήριξή του κατά την επιλογή μου ως Μεταπτυχιακού Φοιτητή στο ΔΙΧΗΝΕΤ.
- Δρ. Δίτσιου Μ. για την εξέταση της εγκυρότητας του τεστ επίδοσης.
- Δρ. Στεφανίδη Κ. για την εξέταση της εγκυρότητας του τεστ επίδοσης και για την στήριξη μου κατά την επιλογή μου ως Μεταπτυχιακού Φοιτητή στο ΔΙΧΗΝΕΤ.
- Δρ. Τρικαλίτη Α. για τις συμβουλές της πάνω στη δομή της έρευνας.
- Δρ. Γεωργιάδου Α. για την εξέταση της εγκυρότητας του τεστ επίδοσης.

Αισθάνομαι μεγάλη τιμή και υποχρέωση για την βοήθεια που μου έδωσαν πάρα πολλοί συνάδελφοι εκπαιδευτικοί αφιερώνοντας το χρόνο τους για τη δοκιμή της Ψηφιακής Εφαρμογής μέσα στην τάξη. Συγκεκριμένα, θέλω να ευχαριστήσω:

- την κ. Βαμβακά Π., Διευθύντρια του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Ρέντη
- τον κ. Μετάνοια Α., Διευθυντή του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου Σαλαμίνας
- την κ. Κριτσινιώτη Μ., Καθηγήτρια του 7<sup>ου</sup> Γυμνασίου Κορυδαλλού.

- τον κ. Κοτσίκη Π., Καθηγητή του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Σαλαμίνας
- την κ. Ροδίτη Ε., Καθηγήτρια του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Νίκαιας
- τον κ. Πασχαλίδη Γ., Καθηγητή του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου Κορυδαλλού

Θέλω να ευχαριστήσω τους εκπαιδευτικούς που έδωσαν το τεστ επίδοσης στα σχολεία τους ώστε να ελεγχθεί στατιστικά η αξιοπιστία του. Συγκεκριμένα, θέλω να ευχαριστήσω:

- την κ. Γκίκα Ε., Υποδιευθύντρια του 7<sup>ου</sup> Γυμνασίου Κορυδαλλού.
- την κ. Βώπτα Α., Καθηγήτρια του 10<sup>ου</sup> Γυμνασίου Νίκαιας.
- τον κ. Παπαγεωργίου Γ., Καθηγητή του 4<sup>ου</sup> Γυμνασίου Κορυδαλλού.
- την κ. Μούκα Ε., Καθηγήτρια του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου Κορυδαλλού.

Πρέπει επίσης να ευχαριστήσω όλους τους εκπαιδευτικούς που εξέτασαν το τεστ επίδοσης ως προς την εγκυρότητά του.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου στο ΔΙΧΗΝΕΤ για την στήριξή τους και τις γνώσεις που μου προσέφεραν και τους συμφοιτητές μου για την συμπαράσταση που μου έδειξαν σε αυτό το μεταπτυχιακό.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....</b>	<b>15</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση .....</b>	<b>16</b>
1.1 Εισαγωγή .....	16
1.2 Η συμβολή των ΤΠΕ στη διδασκαλία της Χημείας.....	16
1.2.1 Η χρησιμότητα του Εικονικού Εργαστηρίου .....	18
1.2.2 Ο διαδραστικός Πίνακας.....	20
1.3 Οι ΤΠΕ για τη διδασκαλία της Χημείας στην ελληνική εκπαίδευση.....	21
1.3.1 Η εισαγωγή του διαδραστικού πίνακα στα ελληνικά σχολεία.....	22
1.4 Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ.....	22
<b>2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Η εποικοδομητική προσέγγιση .....</b>	<b>25</b>
2.1 Οι ιδέες των μαθητών.....	25
2.2 Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία.....	26
2.3 Η εννοιολογική αλλαγή.....	27
2.3.1 Η εννοιολογική αλλαγή, το πραγματικό εργαστήριο και οι ΤΠΕ.....	28
2.4 Μοντέλα διδασκαλίας με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση.....	28
<b>3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Θεωρία του Γνωστικού Φορτίου και αρχές σχεδίασης ψηφιακού υλικού .....</b>	<b>31</b>
3.1 Η γνωστική επανάσταση .....	31
3.2 Η ανθρώπινη γνωστική αρχιτεκτονική και η θεωρία του γνωστικού φορτίου...	32
3.3 Η θεωρία του διπλού καναλιού για την επεξεργασία της πληροφορίας.....	34
3.4 Το γνωστικό φορτίο και η επίδρασή του στη διδασκαλία.....	35
3.5 Οι 3-D αναπαραστάσεις και η επίδρασή τους στο γνωστικό φορτίο.....	37
3.6 Αρχές σχεδιασμού πολυμεσικών εφαρμογών με βάση τη θεωρία του γνωστικού φορτίου.....	38
3.7 Η θεωρία του γνωστικού φορτίου και οι διδακτικές πρακτικές με μικρή εκπαιδευτική καθοδήγηση.....	39



<b>4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Ο εννοιολογικός χάρτης</b>	<b>43</b>
4.1 Τι είναι ο εννοιολογικός χάρτης	43
4.2 Ψυχολογικές αρχές στις οποίες στηρίζονται οι εννοιολογικοί χάρτες	44
4.3 Ψηφιακοί εννοιολογικοί χάρτες και η χρήση τους στην εφαρμογή που προτείνεται από την παρούσα ερευνητική εργασία	45
<b>5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Η ψηφιακή εφαρμογή (ΨΕ)</b>	<b>47</b>
5.1 Το διδακτικό αντικείμενο	47
5.2 Διαθέσιμα λογισμικά και ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα και η ανάγκη κατασκευής νέου ψηφιακού υλικού	49
5.3 Περιεχόμενα της προτεινόμενης ψηφιακής εφαρμογής	53
5.4 Το εργαλείο συγγραφής και προγραμματισμού προσομοιώσεων	65
5.5 Το εργαλείο συγγραφής της συνολικής ψηφιακής εφαρμογής	69
<b>6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Αξιολόγηση της ΨΕ</b>	<b>71</b>
6.1 Εισαγωγή	71
6.2 Η ερευνητική μεθοδολογία	72
6.3 Η κατασκευή του ΤΕ	74
6.4 Τα αποτελέσματα από το ΤΕ	76
6.5 Σχολιασμός από τους εκπαιδευτικούς	82
<b>7. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Η βελτίωση της ψηφιακής εφαρμογής</b>	<b>83</b>
7.1 Σημεία της ψηφιακής εφαρμογής που έχριζαν βελτίωσης	83
7.2 Βελτίωση προσομοιώσεων	83
<b>8. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ</b>	<b>90</b>
8.1 Συμπεράσματα	90
8.2 Βελτιώσεις και προτάσεις για μελλοντική έρευνα	91
<b>9. ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ</b>	<b>93</b>
<b>10. ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ</b>	<b>95</b>
<b>11. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι ΤΕ 2<sup>η</sup> έκδοση</b>	<b>96</b>

12.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ Κώδικας στατιστικής επεξεργασίας της 2 <sup>ης</sup> έκδοσης του ΤΕ στο SPSS 22.....	102
13.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ Πίνακες από την ανάλυση αντικειμένων της 2 <sup>ης</sup> έκδοσης του ΤΕ.....	104
14.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV Η τελική έκδοση του ΤΕ.....	108
15.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V Πίνακες από την ανάλυση αντικειμένων της τελικής έκδοσης του ΤΕ.....	114
16.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI Στατιστικός έλεγχος pre-test/post-test ανά σχολείο.....	118
17.	ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....	135

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Τα τρία επίπεδα της Χημείας.....	17
Σχήμα 2: Επεξεργασία της πληροφορίας σύμφωνα με τη θεωρία του διπλού καναλιού.....	35
Σχήμα 3: Πορεία έρευνας για την αξιολόγηση της ψηφιακής εφαρμογής.....	73
Σχήμα 4: Γράφημα του ποσοστού των απαντήσεων και του μέσου όρου όσων επέλεξαν κάθε απάντηση στην 7 <sup>η</sup> ερώτηση. ....	77
Σχήμα 5: Γράφημα του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών των ΠΟ και του μέσου όρου όσων επέλεξαν κάθε απάντηση στην 17 <sup>η</sup> ερώτηση. ....	78
Σχήμα 6: Στατιστικός έλεγχος αν υπάρχει βελτίωση στην επίδοση μετά τη διδασκαλία	79
Σχήμα 7: Στατιστικός έλεγχος αν οι επιδόσεις της ΠΟ και της ΟΕ είναι ισοδύναμες πριν τη διδασκαλία .....	80
Σχήμα 8: Στατιστικός έλεγχος αν οι επιδόσεις της ΠΟ και της ΟΕ είναι ισοδύναμες μετά τη διδασκαλία .....	80

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Προσομοίωση «Διάκριση καθημερινών προϊόντων σε όξινα και βασικά με τη χρήση δείκτη κόκκινου λάχανου» .....	54
Εικόνα 2: Προσομοίωση «Διάκριση δ/των εργαστηρίου σε όξινα και βασικά με τη χρήση δεικτών» .....	55
Εικόνα 3: Προσομοίωση «Αντίδραση μετάλλων με δ/μα υδροχλωρικού οξέος».....	55
Εικόνα 4: Προσομοίωση «Αντίδραση ανθρακικών αλάτων με δ/μα υδροχλωρικού οξέος».....	56
Εικόνα 5: Προσομοίωση «Μέτρηση pH καθημερινών προϊόντων με πεχαμετρικό χαρτί και πεχάμετρο».....	56
Εικόνα 6: Προσομοίωση «Η χρωματική κλίμακα των δεικτών» .....	57
Εικόνα 7: Προσομοίωση «pH και όγκος δ/τος HCl».....	57
Εικόνα 8: Προσομοίωση «pH και όγκος δ/τος NaOH».....	58
Εικόνα 9: Προσομοίωση «Αραίωση διαλυμάτων οξέων» .....	58
Εικόνα 10: Προσομοίωση «Αραίωση διαλυμάτων βάσεων».....	59
Εικόνα 11: Προσομοίωση «pH διαλυμάτων περιεκτικότητα».....	59
Εικόνα 12: Προσομοίωση «Εξουδετέρωση».....	60
Εικόνα 13: Συμπληρωμένος ψηφιακός εννοιολογικός χάρτης «Όξινα και Βασικά Διαλύματα και το χρώμα των δεικτών» .....	61
Εικόνα 14: Συμπληρωμένος ψηφιακός εννοιολογικός χάρτης « Ο όξινος και ο βασικός χαρακτήρας» .....	61
Εικόνα 15: Συμπληρωμένος ψηφιακός εννοιολογικός χάρτης «Θεωρία του Arrhenius»	62
Εικόνα 16: Συμπληρωμένος ψηφιακός εννοιολογικός χάρτης «Η κλίμακα του pH» .....	62
Εικόνα 17: Ορισμένες από τις εικόνες που αντλήθηκαν από το διαδίκτυο.....	66
Εικόνα 18: Ορισμένες από τις εικόνες που αντλήθηκαν από το λογισμικό «ο θαυμαστός κόσμος της Χημείας για το Γυμνάσιο» που τροποποιήθηκαν .....	67
Εικόνα 19: Ορισμένες από τις εικόνες που κατασκευάστηκαν στη σχεδίαση του Office 2003 και βελτιώθηκαν στο εργαλείο ζωγραφικής των Windows. ....	67

Εικόνα 20: Το εργαλείο σχεδίασης προσομοιώσεων Adobe Flash Professional CS6 ...	68
Εικόνα 21: Το παράθυρο προγραμματισμού του Adobe Flash Professional CS6 .....	68
Εικόνα 22: Εργαλείο συγγραφής ψηφιακής εφαρμογής Adobe Captivate CS6 .....	69
Εικόνα 23: Βελτίωση προσομοίωσης «Η χρωματική κλίμακα των δεικτών» .....	84
Εικόνα 24: Βελτίωση προσομοίωσης «Αντίδραση μετάλλων με δ/μα υδροχλωρικού οξέος» .....	84
Εικόνα 25: Βελτίωση προσομοίωσης «Αντίδραση ανθρακικών αλάτων με δ/μα υδροχλωρικού οξέος» .....	85
Εικόνα 26: Βελτίωση προσομοίωσης «pH και όγκος δ/τος HCl» .....	86
Εικόνα 27: Βελτίωση προσομοίωσης «pH και όγκος δ/τος NaOH» .....	86
Εικόνα 28: Βελτίωση προσομοίωσης «Αραίωση διαλυμάτων οξέων» .....	87
Εικόνα 29: Βελτίωση προσομοίωσης «Αραίωση διαλυμάτων βάσεων» .....	87
Εικόνα 30: Βελτίωση προσομοίωσης «pH διαλυμάτων οξέων και περιεκτικότητα» .....	88
Εικόνα 31: Βελτίωση προσομοίωσης «pH διαλυμάτων βάσεων και περιεκτικότητα» ....	88
Εικόνα 32: Βελτίωση προσομοίωσης «Εξουδετέρωση» .....	89

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Αιτίες που αποτρέπουν του εκπαιδευτικούς από την εργαστηριακή διδασκαλία της Χημείας και οι λύσεις που παρέχουν τα εικονικά εργαστήρια.....	19
Πίνακας 2: Βασικές αρχές σχεδιασμού πολυμέσων και η αιτιολόγησή τους. ....	39
Πίνακας 3: Δείκτες διακριτικής ικανότητας και δυσκολίας των ερωτημάτων που επιλέχτηκαν από την 2 <sup>η</sup> έκδοση του test.....	75
Πίνακας 4: Δείκτες διακριτικής ικανότητας και δυσκολίας των ερωτημάτων της τελικής έκδοσης του ΤΕ .....	76
Πίνακας 5: Πίνακας ορολογίας με τις αντιστοιχίσεις των ελληνικών και ξενόγλωσσων όρων.....	93
Πίνακας 6: Ακρωνύμια και ανάπτυξή τους.....	95
Πίνακας 7: Υπολογισμός του δείκτη Cronbach's Alpha για την 2η έκδοση του test.....	104
Πίνακας 8: Υπολογισμός του δείκτη Cronbach's Alpha για την τελική έκδοση του test.....	114

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διδασκαλία με τη χρήση των ΤΠΕ βρίσκει συνεχώς καινούργιους υποστηρικτές. Πολλά είναι τα ψηφιακά αντικείμενα και λογισμικά που μπορεί να βρει κάποιος στο διαδίκτυο. Αρκετά, όμως, άλλοτε δεν είναι κατάλληλα για το γνωστικό επίπεδο των μαθητών/τριων και άλλα, απλά δεν ανταποκρίνονται στην διδακτέα ύλη.

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποτελεί μια προσπάθεια να δημιουργηθούν ψηφιακά αντικείμενα σε ένα διδακτικό κομμάτι της ύλης για το οποίο ήδη υπάρχει ψηφιακό υλικό στο διαδίκτυο. Το υπάρχων υλικό χρησιμοποιήθηκε ως οδηγός προκειμένου να επιλεγεί τι θα κατασκευαστεί στην παρούσα ερευνητική εργασία. Επιχειρήθηκε να βρεθεί τι απουσιάζει και τι χρειάζεται βελτίωση ώστε να προκύψει ένα πρόσθετο ψηφιακό υλικό, το οποίο θα είναι χρησιμότερο στην εκπαιδευτική κοινότητα κατάλληλο για τη εκπαιδευτική βαθμίδα της Γ΄ Γυμνασίου για την οποία προορίζεται. Κύριο μέλημα για την παραγωγή του υλικού είναι η συμβατότητά του με ιστότοπους στην περίπτωση που αναρτηθεί, αλλά και η φορητότητά του μέσω αποθηκευτικών μέσων. Κάθε μια προσομοίωση που περιλαμβάνεται στο ψηφιακό υλικό, εμπεριέχει ένα αρκετά μεγάλο κώδικα γραμμένο σε γλώσσα ActionScript 3, η εκμάθηση της οποίας έγινε για τις ανάγκες της ερευνητικής εργασίας.

Η αξιολόγηση του παραχθέντος ψηφιακού υλικού έγινε μέσα από τη διδασκαλία σε τάξεις 7 δημοσίων σχολείων της Περιφέρειας Πειραιά, στην οποία έλαβαν μέρος 280 μαθητές/τριες. Επιπλέον για την ανάγκες της έρευνας δημιουργήθηκε τεστ επίδοσης που σταθμίστηκε για την εγκυρότητά του από σχολικούς συμβούλους και εκπαιδευτικούς και για την αξιοπιστία του μέσω των απαντήσεων 194 μαθητών/τριων.

Μέσω της κατασκευής και αξιολόγησης του παραχθέντος υλικού γίνεται προσπάθεια να αντληθούν χρήσιμα θεωρητικά συμπεράσματα, αλλά και η τεχνογνωσία που θα επιτρέψει να κατασκευαστεί παρόμοιο υλικό σε άλλες βαθμίδες.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση

### 1.1 Εισαγωγή

Η ραγδαία εξέλιξη των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας -ΤΠΕ (Information and Communication Technology) και τα οφέλη που προκύπτουν από αυτές τις μετέτρεψε σε ευρέως διαδεδομένη πρακτική σε όλες τις πλευρές της ζωής μας. Ειδικά τα τελευταία 20 χρόνια η χρήση τους επηρέασε από τον τρόπο που επικοινωνούμε, τους χώρους εργασίας μας μέχρι και τα μέσα διακυβέρνησης<sup>1</sup>. Ως αποτέλεσμα, και η εκπαίδευση δεν μπορούσε να μείνει ανεπηρέαστη. Τα εκπαιδευτικά συστήματα σε όλο τον κόσμο προάγουν τη χρήση των ΤΠΕ στα σχολεία και μεγάλο μέρος της εκπαιδευτικής έρευνας έχει εστιάσει στα πιθανά οφέλη από αυτή τη χρήση<sup>2</sup>. Η έρευνα είναι τόσο πλούσια, ώστε ορισμένοι ερευνητές αναφέρουν ότι στην σύγχρονη εκπαιδευτική πραγματικότητα δεν αποτελεί ερώτημα αν οι ΤΠΕ επηρεάζουν τη μάθηση, αλλά το ερώτημα είναι με ποιες χρήσεις θα την κάνουν αποτελεσματικότερη<sup>3</sup>.

Οι ΤΠΕ εντάσσονται μέσα στην εκπαιδευτική διαδικασία με ποικίλους τρόπους: εκπαιδευτικά λογισμικά, επίσημοι ή ανεπίσημοι ιστότοποι, διαδραστικοί πίνακες, netbook, tablet κ.τ.λ.. Οι δυνατότητες και οι εφαρμογές των ΤΠΕ είναι πολλές. Ένα όμως από τα προβλήματα στη χρήση των ΤΠΕ είναι ότι μερικές φορές οι επιλογές που γίνονται βασίζονται στις τεχνολογικές δυνατότητες και όχι στις εκπαιδευτικές ανάγκες<sup>4</sup>.

### 1.2 Η συμβολή των ΤΠΕ στη διδασκαλία της Χημείας

Έρευνες ασχολούνται με το θέμα των πιθανών πλεονεκτημάτων από την ένταξη των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία αναδεικνύοντας ότι υπάρχουν εφαρμογές των ΤΠΕ, που μπορούν να υποστηρίξουν το πραγματικό εργαστήριο και μερικές φορές να το αντικαταστήσουν, εφόσον διέπονται από τις ίδιες αρχές<sup>5</sup>. Επιπλέον, υποστηρίζουν ότι οι σχεδιοκινήσεις (animations) μπορούν να συνδυαστούν με προσομοιώσεις (simulations) πραγματικών συστημάτων για να ενισχύσουν τη σχέση μεταξύ θεωρίας και πράξης<sup>5</sup>.



Η διερεύνηση της αξιοποίησης τριών τύπων οπτικοποιήσεων για τη διδασκαλία της Χημείας σε μαθητές Γυμνασίου, των διαδραστικών 3D γραφικά σχεδιοκίνησης, των 3D γραφικών σχεδιοκίνησης και των στατικών γραφικών, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι δύο πρώτες οπτικοποιήσεις αυξάνουν το ενδιαφέρον των μαθητών και κάνουν το διδακτικό υλικό πιο ελκυστικό. Οι 3D απεικονίσεις, όμως, πλεονεκτούν στο ότι μειώνουν το γνωστικό φορτίο των μαθητών αφήνοντάς τους να καθορίσουν οι ίδιοι τον χρόνο που χρειάζονται για να μελετήσουν το θέμα που παρουσιάζεται. Προτείνεται επίσης από την ίδια έρευνα ότι για την κατασκευή μιας πολυμεσικής εφαρμογής καταλληλότερη είναι η χρήση όλων των τύπων οπτικοποίησης. Στην περίπτωση όμως των μαθητών της Γ' Λυκείου κρίνεται καταλληλότερη η χρήση των διαδραστικών 3D γραφικών σχεδιοκίνησης, καθώς αυτοί έχουν αναπτυγμένες γνωστικές δεξιότητες και για αυτό δεν παρατηρείται γνωστική υπερφόρτωση<sup>3,6</sup>.

Επίσης, είναι γνωστό ότι η Χημεία εξετάζει τα φαινόμενα σε τρία επίπεδα: το μακροσκοπικό, το μικροσκοπικό και το συμβολικό<sup>7,8</sup>. Τα επίπεδα αυτά είναι σε άμεση σχέση μεταξύ τους και ο εκπαιδευτικός μπορεί να συνδέει το ένα με το άλλο μέσω της γλώσσας<sup>9</sup>. Στον μαθητή όμως οι συνδέσεις αυτές δεν είναι προφανείς και οι ΤΠΕ μέσω των πολλαπλών αναπαραστάσεων ενός φαινομένου μπορούν να συμβάλουν στο να ξεπεραστεί αυτή τη δυσκολία. Λογισμικά που δείχνουν ταυτόχρονα την εξέλιξη μιας διαδικασίας σε επίπεδο ατόμων ή μορίων, χημικών οργάνων και χημικών συμβολισμών αναδεικνύουν τις σχέσεις μεταξύ των τριών επιπέδων<sup>10</sup>.



Σχήμα 1: Τα τρία επίπεδα της Χημείας

### 1.2.1 Η χρησιμότητα του Εικονικού Εργαστηρίου

Ερευνητές έχουν αναδείξει ότι οι δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές στο μάθημα της Χημείας οφείλονται και στην έλλειψη εργαστηριακής διδασκαλίας<sup>11,12</sup>. Πιο συγκεκριμένα, αν και το εργαστήριο θεωρείται ως αναντικατάστατο στοιχείο για τη διδασκαλία της Χημείας, οι εκπαιδευτικοί δεν το χρησιμοποιούν για διάφορους λόγους όπως<sup>12</sup>:

- οι πιθανοί κίνδυνοι που ελλοχεύουν,
- η έλλειψη αυτοπεποίθησης από τους εκπαιδευτικούς,
- ο υπερβολικός χρόνος που απαιτείται και για την οργάνωση των εργαστηριακών ασκήσεων αλλά και για την εκτέλεσή τους,
- το οικονομικό κόστος,
- οι ελλείψεις στην απαραίτητη υλικοτεχνική υποδομή.

Τα παραπάνω μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσα από την εφαρμογή των εναλλακτικών προτάσεων που προσφέρουν οι ΤΠΕ για τη διδασκαλία και μια τέτοια εναλλακτική λύση αποτελεί το Εικονικό Εργαστήριο (Virtual Laboratory)<sup>12</sup>.

**Πίνακας 1: Αιτίες που αποτρέπουν του εκπαιδευτικούς από την εργαστηριακή διδασκαλία της Χημείας και οι λύσεις που παρέχουν τα εικονικά εργαστήρια.**

<i>Αιτία</i>	<i>Λύση</i>
Ανησυχία για την ασφάλεια των μαθητών	Πειράματα τα οποία περιλαμβάνουν επικίνδυνα αντιδρώντα ή προϊόντα μπορούν να εκτελούνται άφοβα στο εικονικό περιβάλλον.
Έλλειψη αυτοπεποίθησης εκπαιδευτικών	Τα εικονικά πειράματα απαιτούν μικρή εμπειρία εργαστηριακής εμπειρίας όσο αφορά την επιλογή των οργάνων, τη συναρμολόγηση της κατάλληλης διάταξης και την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας.
Έλλειψη εργαστηριακών υλικών	Το εικονικό εργαστήριο παρέχει συσκευές και αντιδραστήρια στην περίπτωση που αυτά δεν υπάρχουν στο πραγματικό εργαστήριο. Τα υλικά του είναι άθραυστα και τα αντιδραστήρια ανεξάντλητα.
Έλλειψη χρόνου	Στο εικονικό εργαστήριο οι διατάξεις συναρμολογούνται πολύ πιο γρήγορα και τακτοποιείται επίσης γρηγορότερα από το πραγματικό. Οι μαθητές εξοικειώνονται με τις διαδικασίες ώστε να τις επαναλάβουν ταχύτερα στο πραγματικό εργαστήριο. Το εικονικό εργαστήριο μπορεί να μειώσει το χρόνο που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί μια χημική διαδικασία.
Αδυναμίες για τον έλεγχο υποθέσεων	Οι μαθητές μπορούν ευκολότερα να ελέγξουν υποθέσεις χωρίς τον κίνδυνο απρόβλεπτων καταστάσεων που ελλοχεύουν κινδύνους.

Τα Εικονικά Εργαστήρια προσομοιώνουν το περιβάλλον ενός πραγματικού εργαστηρίου και των διαδικασιών του. Αποτελούν περιβάλλοντα στα οποία οπτικοποιούνται οι έννοιες της Χημείας και στο οποίο οι μαθητές μπορούν να προετοιμάζονται για το πραγματικό εργαστήριο<sup>13</sup>. Επίσης, ένα εικονικό πείραμα μπορεί να επαναληφθεί όταν είναι εσφαλμένο ή όταν απαιτείται εμβάθυνση<sup>10</sup>.

Η έρευνα στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς Φυσικής έδειξε ότι η χρήση εικονικού εργαστηρίου προώθησε σημαντικά την εννοιολογική τους αναδόμηση<sup>14</sup> και ότι η συνδυαστική χρήση πραγματικού και

εικονικού εργαστηρίου είναι η καταλληλότερη για τη διαχείριση των ιδεών και την εννοιολογική αναδόμηση<sup>15</sup>. Επίσης, εξήχθη το συμπέρασμα<sup>16,17</sup> ότι η φυσική παρουσία πραγματικών υλικών και οργάνων από μόνη της δεν είναι καθοριστική για τη μάθηση, αλλά περισσότερο η διαχείριση των υλικών και των οργάνων είτε σε πραγματικό είτε σε εικονικό περιβάλλον.

Ομοίως, έρευνα σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης έδειξε ότι για τη διδασκαλία της Χημείας το εικονικό εργαστήριο είναι τουλάχιστον το ίδιο αποδοτικό με το πραγματικό εργαστήριο<sup>12</sup>. Αυτό αποδόθηκε στο γεγονός ότι τα εικονικά εργαστήρια δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να μελετήσουν τις διαδικασίες με μεγαλύτερη λεπτομέρεια σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία με τη χρήση της κιμωλίας ή ακόμα και σε σύγκριση με προβληματικά σχεδιασμένες πειραματικές διαδικασίες. Σε αυτές τις περιπτώσεις το εικονικό εργαστήριο υπερτερεί του πραγματικού.

### **1.2.2 Ο διαδραστικός Πίνακας**

Υπάρχει πλούσια βιβλιογραφία για τους διαδραστικούς πίνακες και την συμβολή τους στην μάθηση εξαιτίας της εμπλοκής των μαθητών και της ενεργού συμμετοχής τους στο μάθημα και αναφέρονται πολλά πλεονεκτήματα, αλλά και μειονεκτήματα από τη χρήση διαδραστικών πινάκων<sup>18-20</sup>. Έρευνα έδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι η χρήση του διαδραστικού πίνακα μπορεί να αυξήσει τη αλληλεπίδραση μεταξύ δασκάλων και μαθητών, να κινητοποιήσει του μαθητές και να αυξήσει την ευχαρίστησή τους. Σύμφωνα με την ίδια όμως έρευνα, οι μαθητές μπορεί να έχουν διαφορετικές απόψεις<sup>21</sup>.

Επίσης, ένα σημείο προβληματισμού είναι ότι όταν οι ΤΠΕ απλά αντικαθιστούν τα μέσα για την παραδοσιακή διδασκαλία (πίνακας – κιμωλία, σχολικό εγχειρίδιο) τότε τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά<sup>22</sup>. Αυτό είναι ανησυχητικό καθώς αρκετές φορές οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές χρησιμοποιούν τους διαδραστικούς πίνακες ώστε να πραγματοποιήσουν δραστηριότητες που θα μπορούσαν να εκτελέσουν ακόμα και με τη χρήση απλού πίνακα<sup>20</sup>. Τέλος, με βάση τη θεωρία του γνωστικού φορτίου, άσχημα σχεδιασμένες δραστηριότητες που αγνοούν τους γνωστικούς περιορισμούς

των μαθητών<sup>23</sup> και τις βασικές αρχές σχεδίασης πολυμέσων<sup>24</sup> μπορούν να μην είναι αποδοτικές. Πρόσθετα αρνητικά αποτελέσματα κατά τη χρήση του διαδραστικού πίνακα μπορούν να επέλθουν από την παιδαγωγική ακαταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού, τις συνθήκες μέσα στην τάξη και τον τρόπο χρήσης των ψηφιακών μέσων<sup>25</sup>. Για τους παραπάνω λόγους δεν μπορεί να θεωρείται ότι η χρήση του διαδραστικού πίνακα είναι, εξ ορισμού, μαθησιακά επικερδής.

### **1.3 Οι ΤΠΕ για τη διδασκαλία της Χημείας στην ελληνική εκπαίδευση**

Στην ελληνική εκπαίδευση την τελευταία δεκαετία υλοποιείται το έργο «επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση και εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη». Αυτό έχει ως αντικείμενο την επιμόρφωση μεγάλου αριθμού εκπαιδευτικών των ελληνικών σχολείων της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη διδακτική αξιοποίηση των ΤΠΕ στην τάξη. Μεγάλο μέρος της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών αφορά στη σχεδίαση σεναρίων, όπου πραγματοποιείται χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πράξη<sup>26</sup>. Τα σενάρια όμως αυτά προορίζονται κυρίως για τη χρήση του εργαστηρίου της πληροφορικής, το οποίο όμως δεν είναι συνήθως διαθέσιμο στους εκπαιδευτικούς Φυσικών Επιστημών.

Αξιοσημείωτη πηγή ψηφιακού υλικού είναι ο ιστότοπος «Ψηφιακό Σχολείο» που διαθέτει μεγάλη ποικιλία αντικειμένων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε απευθείας από το διαδίκτυο είτε αφού πρώτα αποθηκευτούν στον Η/Υ. Το «Ψηφιακό Υλικό» εμπλουτίζεται συνεχώς με νέες δυνατότητες που κάνουν τη χρήση του πολύ εύκολη.

Παράλληλα στα ελληνικά σχολεία έχει διανεμηθεί, αλλά και είναι δυνατή η λήψη από το διαδίκτυο του λογισμικού «ο θαυμαστός κόσμος της Χημείας για το Γυμνάσιο» το οποίο συνδυάζει αρκετές ψηφιακές εφαρμογές (βίντεο, σχεδιοκινήσεις, προσομοιώσεις πειραμάτων, κ.τ.λ). Τέλος, στο διαδίκτυο διατίθεται ποικιλία ψηφιακού υλικού όπως οι προσομοιώσεις «Phet Colorado» και το λογισμικό IrYdium Chemistry Vlab που δίνει στον μαθητή τη δυνατότητα να εργαστεί με διαλύματα και χημικά όργανα σε ένα εικονικό εργαστηριακό πάγκο.

### **1.3.1 Η εισαγωγή του διαδραστικού πίνακα στα ελληνικά σχολεία**

Παρόλο που όπως αναφέρθηκε το εργαστήριο πληροφορικής δεν είναι συνήθως διαθέσιμο στους καθηγητές Φυσικών Επιστημών, αρκετές φορές υπάρχει ένα άλλο διαθέσιμο μέσο. Πολλά Δημοτικά και Γυμνάσια της Ελλάδας έχουν εξοπλιστεί με διαδραστικούς πίνακες κυρίως τη σχολική χρονιά 2010-11 μέσω προγράμματος που χρηματοδοτήθηκε από το ΕΣΠΑ, ώστε να χρησιμοποιηθούν για την ένταξη των ΤΠΕ στη διδασκαλία. Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι περίπου στο 60% των Δημόσιων Γυμνασίων της Ελλάδας εγκαταστάθηκαν Διαδραστικά Συστήματα<sup>27</sup>. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε αντίστοιχη επιμόρφωση σε έναν εκπαιδευτικό από κάθε σχολείο που συμμετείχε σε αυτό το πρόγραμμα ώστε να λειτουργήσει ως πολλαπλασιαστής. Παράλληλα αρκετά σχολεία προμηθεύονται και εξοπλίζουν τις αίθουσές τους με άλλους πόρους όπως δωρεές από ιδιώτες, δωρεές από τον σύλλογο γονέων και κηδεμόνων, αλλά και από τους πόρους των σχολικών επιτροπών.

Η χρήση των ψηφιακών μέσων προτείνεται επίσης από τις οδηγίες που αποστέλλονται στα σχολεία από το Υπουργείο Παιδείας ή και το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής. Σύμφωνα με οδηγία που ήρθε κατά την έναρξη της σχολικής χρονιάς 2014-15, η Α΄ Γυμνασίου κατά προτεραιότητα θα έπρεπε να τοποθετηθεί σε αίθουσες όπου υπήρχαν διαδραστικοί πίνακες ώστε να διδαχθούν μέσα από τη χρήση τους.

### **1.4 Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ**

Με την έλευση των ΤΠΕ οι εκπαιδευτικοί σχηματίζουν τις δικές τους αντιλήψεις για τον ρόλο τους ως εργαλείο διδασκαλίας και την συμβολή τους στην μάθηση. Αυτές οι αντιλήψεις διασταυρώνονται με τις παιδαγωγικές τους αντιλήψεις. Αυτή η διασταύρωση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη σύγκρουση (collision) ή τη συμφωνία (collusion) έχοντας επιπτώσεις στον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πρακτική<sup>28</sup>. Οι εκπαιδευτικοί είναι πιο πιθανό να σχεδιάσουν διδασκαλίες που να εμπλέκουν τις ΤΠΕ με τρόπο που να αντικατοπτρίζει τις αντιλήψεις τους για τη διδασκαλία και τη μάθηση<sup>29</sup>. Οι αντιλήψεις αυτές έχουν χαρακτηριστεί ως

φράγμα δεύτερης τάξης (second order barrier), ενώ ως φράγματα πρώτης τάξης (first order barriers) χαρακτηρίζονται αυτά που είναι εξωτερικά όπως είναι οι ελλείψεις σε υποδομές, σε χρόνο και σε τεχνική υποστήριξη<sup>28,30</sup>.

Έρευνα της σχέσης μεταξύ της ικανότητας χρήσης των ΤΠΕ από τους εκπαιδευτικούς και των πρακτικών που χρησιμοποιούν στην τάξη έδειξε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητά τους, τόσο περισσότερο εμπιστεύονται τις ΤΠΕ μέσα στην τάξη. Παρόλα αυτά το επίπεδο ικανότητας και εμπιστοσύνης που δείχνουν στις ΤΠΕ δεν διαμορφώνει ανάλογα και τους τύπους των διδακτικών πρακτικών που χρησιμοποιούν για να τις εντάξουν στο μάθημά τους με κυρίαρχες τις δασκαλοκεντρικές μορφές διδασκαλίας. Η ίδια έρευνα έδειξε ότι δεν απαιτείται η απόκτηση ιδιαίτερα υψηλού επιπέδου ικανοτήτων πριν οι εκπαιδευτικοί αισθανθούν εμπιστοσύνη προς τις ΤΠΕ<sup>28</sup>.

Οι παιδαγωγικές αντιλήψεις ενός εκπαιδευτικού σχηματίζονται μέσα από την πολύχρονη εμπειρία στη διδασκαλία, αλλά και από την εμπειρία του ως μαθητής. Για το λόγο αυτό μακροχρόνιες αντιλήψεις δεν υπόκεινται εύκολα σε αλλαγές στηριζόμενες στην αυθεντία τους και στην ευρεία αποδοχή<sup>31</sup>. Για παράδειγμα το Εικονικό Εργαστήριο χαρακτηρίζεται από εκπαιδευτικούς Φυσικών Επιστημών ως υποκατάστατο του πραγματικού εργαστηρίου όταν αυτό δεν είναι διαθέσιμο ή είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο ή είναι εξαιρετικά χρονοβόρο, αν και όπως αναφέρθηκε οι έρευνες έχουν δείξει τα πλεονεκτήματά του και ότι είναι ο χειρισμός των αντικειμένων αυτός που προάγει τη μάθηση ακόμα και αν αυτά δεν είναι φυσικά αντικείμενα<sup>15-17</sup>

Το γεγονός όμως ότι οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών είναι δύσκολο να αλλάξουν δεν σημαίνει ότι δεν αλλάζουν. Μάλιστα υποστηρίζεται ότι όταν αλλάξουν είναι πιο πιθανό να γίνει αντιληπτή μια απότομη αλλαγή προς νέα αντίληψη (Gestalt shift), αλλά πιθανώς και μια επίσης απότομη επαναφορά στην παλιά<sup>28</sup>.

Οι αντιλήψεις λοιπόν των εκπαιδευτικών διαφέρουν ως προς τη χρησιμότητα των ΤΠΕ ως εκπαιδευτικά εργαλεία. Κατά τη διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών Φυσικής στα ελληνικά σχολεία για τη χρησιμότητα δραστηριοτήτων σε πραγματικό εργαστήριο ή μέσα από τις ΤΠΕ ομαδοποιήθηκαν σε τρεις κατηγορίες<sup>32</sup>:

- των παραδοσιακών εκπαιδευτικών που κυριαρχούνται από την αυστηρή παρουσίαση του περιεχομένου του βιβλίου και από ασκήσεις επί χάρτου, ενώ είναι απρόθυμοι να εντάξουν είτε το πραγματικό εργαστήριο είτε τις δραστηριότητες με ΤΠΕ στην πρακτική τους.
- των μη παραδοσιακών εκπαιδευτικών που έχουν θετική στάση για την υιοθέτηση και του εργαστηρίου αλλά και των ΤΠΕ.
- των αναποφάσιστων εκπαιδευτικών που συνδυάζουν στοιχεία από τις παραπάνω περιπτώσεις και ταλαντεύονται μεταξύ παραδοσιακών και μη παραδοσιακών απόψεων για τον ρόλο του πραγματικού εργαστηρίου αλλά και των ΤΠΕ.

Οι Έλληνες εκπαιδευτικοί χρειάζονται πιο πειστικές αιτίες για τη χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητα των ΤΠΕ, καθώς πολλοί εκπαιδευτικοί απλά τις θεωρούν αναγκαιότητα της μοντέρνας κοινωνίας, είναι σκεπτικοί ως προς τον χρόνο που πρέπει να αφιερώσουν για την οργάνωση των δραστηριοτήτων και είναι επιφυλακτικοί, επειδή θεωρούν ότι εμποδίζουν την ανθρώπινη επικοινωνία<sup>2</sup>.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Η επικοινωνιακή προσέγγιση

#### 2.1 Οι ιδέες των μαθητών

Η έρευνα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έδειξε ότι οι δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές ως προς την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών είναι διάχυτη σε όλες τις ηλικίες<sup>15</sup>. Παλαιότερες προσεγγίσεις της διδασκαλίας όπως η ανακαλυπτική διδασκαλία δεν φαίνεται να λειτούργησε αποτελεσματικά<sup>33</sup>. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή θεωρείται ότι αν στους μαθητές δοθούν τα απαραίτητα μέσα και τους υποβληθούν ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, τότε αυτά καθοδηγούμενα με κατάλληλο τρόπο θα μπορούσαν να ανακαλύψουν τη γνώση.

Τα παιδιά, όπως και οι επιστήμονες, προσπαθούν να δώσουν νόημα στον κόσμο γύρω τους χρησιμοποιώντας τις εμπειρίες τους, τις γνώσεις και τη γλώσσα τους. Παρατηρούν φαινόμενα και ψάχνουν για σχέσεις ώστε να οικοδομήσουν δομές σχέσεων. Ο εγκέφαλός τους δηλαδή δεν είναι παθητικός καταναλωτής πληροφοριών, αλλά επικοινωνιακά ενεργά τις δικές του ερμηνείες των πληροφοριών και βγάζει συμπεράσματα από αυτές. Τα παιδιά δηλαδή συγκεντρώνουν στοιχεία και διαμορφώνουν μοντέλα για το πώς λειτουργεί ο κόσμος. Τα στοιχεία αυτά αντλούνται κατά την αλληλεπίδρασή τους με τον φυσικό κόσμο, από την επικοινωνία τους με τους μεγάλους, κατά την προσπάθεια ερμηνείας μιας επιστημονικής πρότασης χρησιμοποιώντας την καθημερινή τους εμπειρία, αλλά και την επικοινωνία με τον δάσκαλο την ώρα της διδασκαλίας. Ως αποτέλεσμα, οι μαθητές σχηματίζουν απόψεις για τα φαινόμενα που ομαδοποιούνται και συγκροτούν ερμηνευτικά πρότυπα, τα οποία αναφέρονται συνήθως ως *εναλλακτικές ιδέες, παρανοήσεις, προϋπάρχουσες ιδέες, αυθόρμητες αντιλήψεις, διαισθητικές ιδέες, επιστήμη των παιδιών, αναπαραστάσεις ή νοητικά μοντέλα*<sup>33</sup>.

Οι ιδέες των μαθητών διαχέονται γύρω από αρκετά φαινόμενα και δεν αποτελούν συνηθισμένα λάθη χωρίς νόημα, αλλά νοητικές κατασκευές που χρησιμοποιούνται από αυτούς για να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα έχοντας τα παρακάτω χαρακτηριστικά<sup>33</sup>:

- α. Διαμορφώνονται ακόμα και πριν τη διδασκαλία τους στο σχολείο.
  - β. Μπορούν να επηρεαστούν από τη διδασκαλία με τρόπους που δεν μπορούμε να προβλέψουμε ή να παραμείνουν ανεπηρέαστες.
  - γ. Ασκούν επιρροή στη μεταγενέστερη μάθηση.
  - δ. Είναι συχνά διαφορετικές από το επιστημονικό πρότυπο, όπως αυτές παρουσιάζονται στα σχολικά εγχειρίδια, αλλά είναι χρήσιμες και εν μέρει λογικά συνεπείς αφού αποτελούν το σκελετό ερμηνείας σχετικών φαινομένων.
  - ε. μπορεί να είναι ίδιες ανεξάρτητα από τον τόπο καταγωγής, τη φυλή κ.τ.λ.
- Οι έρευνες δείχνουν ότι μερικές από τις ιδέες των παιδιών είναι ίδιες με τις ιδέες που είχαν οι επιστήμονες σε παλαιότερες εποχές<sup>33</sup>, και σε αυτό το πλαίσιο είναι χρήσιμη στη διδακτική η χρήση στοιχείων από την ιστορία των Φυσικών Επιστημών.

## **2.2 Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία**

Σύμφωνα με την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση, το άτομο κατασκευάζει τη δική του προσωπική γνώση, ερμηνεύει δηλαδή την πραγματικότητα με τον δικό του τρόπο που εξαρτάται από τις προϋπάρχουσες ιδέες. Συνεπώς, η γνώση δεν «μεταβιβάζεται» από τον δάσκαλο στον μαθητή, ούτε γίνεται αποδεκτή παθητικά, αλλά οικοδομείται ενεργά από τον μαθητή.

Η παραπάνω προσέγγιση οδηγεί αναγκαστικά σε αναθεώρηση του λάθους στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Σύμφωνα με τις παλαιότερες απόψεις οι διδάσκοντες προσπαθούν να επιβάλλουν την ορθή επιστημονική άποψη και απορρίπτουν τις ιδέες των μαθητών ως λανθασμένες κρίνοντάς τις αρνητικά με άμεση διόρθωση. Το λάθος είναι για αυτούς αποτέλεσμα άγνοιας, αβεβαιότητας ή τύχης. Αντίθετα κατά την εποικοδομητική προσέγγιση, τα «λάθη» είναι αποτέλεσμα των ιδεών που έχουν οι μαθητές για τα φαινόμενα και δεν είναι ακανόνιστα ή απρόβλεπτα. Οι ιδέες αυτές χρησιμοποιούνταν από τους μαθητές πριν από τη διδασκαλία για την ερμηνεία φαινομένων και χαρακτηρίζονταν από αυτούς ως επιτυχημένες. Οι ιδέες αυτές παρεμβάλλονται κατά τη μάθηση των επιστημονικών απόψεων κατά τη

διδασκαλία και επηρεάζουν την ικανότητα των μαθητών να τις αφομοιώσουν<sup>34</sup>. Η κατανόηση των εννοιών στην περίπτωση αυτή μπορεί να συμβεί μόνο όταν η μάθηση γίνεται μέσω εννοιολογικής αλλαγής<sup>35,36</sup>.

### 2.3 Η εννοιολογική αλλαγή

Η απλούστερη μορφή εννοιολογικής αλλαγής είναι ο εμπλουτισμός μιας υπάρχουσας γνωστικής δομής του μαθητή. Ο εμπλουτισμός γίνεται μέσω της απλής προσθήκης νέων πληροφοριών σε ένα υπάρχον θεωρητικό πλαίσιο, μέσω του μηχανισμού της *προσαύξησης* (accretion). Τα παιδιά δεν δυσκολεύονται να προσθέσουν νέα στοιχεία σε μια υπάρχουσα δομή, όταν τα στοιχεία αυτά είναι σε αρμονία με τη γνώση που εμπεριέχεται ήδη σε αυτή τη δομή<sup>35,37</sup>. Στην περίπτωση, όμως, που οι πληροφορίες που θα αποκτηθούν είναι ασυμβίβαστες με τις υπάρχουσες πεποιθήσεις ή προϋποθέσεις, ή με την σχεσιακή δομή μιας θεωρίας, απαιτείται *αναθεώρηση* (revision)<sup>35,37</sup>.

Μερικές φορές, όμως, οι πεποιθήσεις μιας συγκεκριμένης θεωρίας περιορίζονται από μια γενικότερη *θεωρία πλαισίου* (framework theory), η εννοιολογική αλλαγή μπορεί να είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η θεωρία πλαισίου απαρτίζεται από τις οντολογικές πεποιθήσεις του μαθητή και η αλλαγή της θα είχε σοβαρές επιπτώσεις σε όλο το οικοδόμημα της γνώσης και των πεποιθήσεων των μαθητή. Π.χ. η μετάβαση από την επίπεδη Γη στη σφαιρική είναι δύσκολη, καθώς η θεωρία της επίπεδης Γης στηρίζεται στη θεωρία πλαισίου κατά την οποία το Σύμπαν είναι οργανωμένο με κατευθύνσεις (πάνω και κάτω). Η αλλαγή της θεωρίας της επίπεδης Γης λοιπόν είναι δύσκολη, επειδή το πλέγμα των υποθέσεων της θεωρίας πλαισίου (κατευθύνσεις σύμπαντος) αποτελεί ένα σχετικά συνεκτικό σύστημα εξήγησης του φυσικού κόσμου, με βάση την καθημερινή εμπειρία και το οποίο είχε βοηθήσει για αρκετά χρόνια τον μαθητή να εξηγεί τα φαινόμενα<sup>35</sup>.

Υποστηρίζεται ότι υπάρχει μια τετράδα συνθηκών για την εννοιολογική αλλαγή. Η παλιά άποψη πρέπει να είναι *μη ικανοποιητική* και η νέα άποψη πρέπει να είναι *κατανοητή, αληθοφανής και καρποφόρα*<sup>33</sup>.

### 2.3.1 Η εννοιολογική αλλαγή, το πραγματικό εργαστήριο και οι ΤΠΕ

Ο Piaget διατύπωσε την άποψη ότι προκειμένου να επιτύχουμε την εννοιολογική αλλαγή οι μαθητές θα πρέπει να έρθουν αντιμέτωποι με *αντιφατικά γεγονότα*, τα οποία έρχονται σε αντίθεση με τις αντιλήψεις τους και δημιουργούν σε αυτούς *γνωστική σύγκρουση*. Οι μαθητές τότε βρίσκονται σε κατάσταση *περισυλλογής* και *ανάλυσης*<sup>15</sup>.

Έρευνες που έγιναν πάνω στις ιδέες των μαθητών αναδεικνύουν ότι η χρήση του πραγματικού εργαστηρίου δεν βοηθά όταν γίνεται μόνο με βάση τη θεωρία και δίχως σκοπό να προκληθεί γνωστική σύγκρουση. Επίσης, το πείραμα δεν βοηθά τους μαθητές στην κατανόηση, αν ο δάσκαλος δε βοηθήσει και δεν εξηγήσει τα διαδραματιζόμενα. Το τελευταίο οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την πειραματική διαδικασία ο μαθητής εργάζεται σε δύο επίπεδα: στο *συγκεκριμένο* και στο *αφηρημένο*. Συγκεκριμένο είναι τα υλικά με τα οποία πειραματίζεται ο μαθητής. Αφηρημένο είναι οι εικόνες των χρησιμοποιούμενων υλικών στη σκέψη του μαθητή. Αυτές κατασκευάζονται με τη βοήθεια συμβόλων που παρέχουν οι θεωρίες και για τις οποίες μπορεί να υπάρχει αντιστοιχία με τα πραγματικά υλικά αλλά όχι ισότητα. Ο μαθητής δηλαδή πρέπει να δουλέψει με τη βοήθεια συμβόλων και διαγραμμάτων<sup>33</sup>. Φυσικά η κατάσταση γίνεται πιο περίπλοκη αν σκεφτούμε ότι η Χημεία εξετάζει τα φαινόμενα που αντιμετωπίζει σε τρία επίπεδα: το μακροσκοπικό, το μικροσκοπικό και το συμβολικό<sup>7,8</sup>.

Παρόλα αυτά, η έρευνα έχει δείξει ότι αντιφατικά γεγονότα μπορούν να προκληθούν αποτελεσματικά και από τη χρήση του πραγματικού εργαστηρίου, αλλά και μέσω της χρήσης εικονικών περιβαλλόντων, τα οποία υποστηρίζουν τον πειραματισμό, όπως οι διαδραστικές προσομοιώσεις<sup>14</sup> όταν συνοδεύονται από την κατάλληλη διδακτική μεθοδολογία<sup>15</sup>. Συνεπώς, και το πραγματικό εργαστήριο και οι διαδραστικές προσομοιώσεις μπορούν να βοηθήσουν υπό προϋποθέσεις στην εννοιολογική αναδόμηση.

### 2.4 Μοντέλα διδασκαλίας με βάση την επικοδομητική προσέγγιση

Η επιστημονική γνώση αποτελεί αυτό που η επιστημονική κοινότητα δέχεται ως έγκυρο μια δεδομένη χρονική στιγμή. Αυτή η γνώση διακρίνεται για τον

υψηλό βαθμό αφαίρεσης μέσω του συμβολισμού και είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθεί αυτούσια. Απαιτείται μετασχηματισμός της ώστε να γίνει κατανοητή από τον μέσης ικανότητας μαθητή χωρίς να εισάγει συγχρόνως παρανοήσεις<sup>33</sup>. Το σύνολο των τροποποιήσεων που υφίσταται η επιστημονική γνώση ώστε να αποτελέσει αντικείμενο διδασκαλίας αποκαλείται *διδακτικός μετασχηματισμός*<sup>38</sup>. Κατά τη σχεδίαση των αναλυτικών προγραμμάτων πρέπει σύμφωνα με την εποικοδομητική προσέγγιση να λαμβάνονται υπόψη και οι ιδέες των μαθητών, πράγμα δυστυχώς που δεν συμβαίνει συνήθως<sup>39</sup>.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η διδασκαλία λαμβάνοντας υπόψη τις ιδέες των μαθητών, με την πάροδο των χρόνων έχουν αναπτυχθεί ποικίλα μοντέλα. Τα μοντέλα αυτά περιγράφονται ως μοντέλα εννοιολογικής αλλαγής (conceptual change models)<sup>40</sup>. Σύμφωνα με το μοντέλο Driver και Oldham η διδασκαλία περιγράφει τις εξής φάσεις<sup>33</sup>:

- 1) του προσανατολισμού
- 2) της ανάδειξης των ιδεών
- 3) της αναδόμησης των ιδεών
- 4) της εφαρμογής των ιδεών
- 5) της ανασκόπησης

Μια άλλη πρόταση αποκαλείται μοντέλο ΠΠΕ: Πρόβλεψη – Παρατήρηση – Εξήγηση (POE: Predict – Observe – Explain)<sup>41</sup>. Σύμφωνα με αυτό:

- 1) στους μαθητές παρουσιάζεται μια πειραματική διάταξη και τους ζητείται να προβλέψουν την εξέλιξη πριν πραγματοποιηθεί το πείραμα και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους.
- 2) οι μαθητές πραγματοποιούν το πείραμα και καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους.
- 3) οι μαθητές συγκρίνουν τις παρατηρήσεις τους με τις προβλέψεις και προσπαθούν να εξηγήσουν πιθανές διαφορές.

Οι διδασκαλίες που έχουν τη βάση τους στην εποικοδομητική προσέγγιση πρέπει πάνω από όλα να αξιοποιούν την προηγούμενη γνώση και τις ιδέες

των μαθητών για τα φαινόμενα<sup>33</sup>. Το μέσο για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τις ιδέες των μαθητών είναι οι ατομικές συνεντεύξεις<sup>42</sup>. Σε έρευνες που στοχεύουν στον έλεγχο προτάσεων διδασκαλίας γίνεται χρήση ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής. Οι εναλλακτικές απαντήσεις περιλαμβάνουν τις συνηθισμένες ιδέες των μαθητών, οι οποίες αντλούνται από τη βιβλιογραφία<sup>43</sup> ή από τον συνδυασμό της χρήσης των ιδεών όπως αντλούνται από τη βιβλιογραφία και των προσωπικών συνεντεύξεων<sup>38,44</sup>, ενώ άλλες έρευνες χρησιμοποιούν συνδυασμό ανοιχτού τύπου ερωτήσεων και ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής<sup>15</sup>.

Η **Ψηφιακή Εφαρμογή (ΨΕ)** που κατασκευάστηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας χρησιμοποιεί το μοντέλο ΠΠΕ στις περιπτώσεις όπου έχει βρεθεί ότι υπάρχουν εναλλακτικές ιδέες των μαθητών επί του διδακτικού αντικείμενου. Επιλέγεται αυτό το μοντέλο καθώς μπορεί να είναι πιο περιορισμένο σε έκταση, με αποτέλεσμα ο σχεδιασμός της να επιτρέπει τις προσομοιώσεις και τα υπόλοιπα ψηφιακά αντικείμενα της ΨΕ να είναι αυτόνομα ώστε να χρησιμοποιούνται από τον εκπαιδευτικό ξεχωριστά από το σύνολο της ΨΕ, συνδυάζοντάς τα με άλλα μέσα και τεχνικές, τα οποία ο εκπαιδευτικός θα επιλέξει κατά την κρίση του και ανάλογα με τη διαθέσιμη υλικοτεχνική υποδομή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Θεωρία του Γνωστικού Φορτίου και αρχές σχεδίασης ψηφιακού υλικού

#### 3.1 Η γνωστική επανάσταση

Σε ένα συμπόσιο που πραγματοποιήθηκε στις 10-12 Σεπτεμβρίου 1956 στο MIT η πρώτη ημέρα αφιερώθηκε στη θεωρία Κωδικοποίησης (coding theory)<sup>45</sup>. Αρχικά, οι Allen Newell και Herberta Simon παρουσίασαν ένα λογισμικό με ευρετική μέθοδο ανακάλυψης θεωρημάτων παρόμοια με αυτές που είχαν παρατηρηθεί σε ανθρώπους. Ακολούθησε η ανακοίνωση του Nat Rochester για τη χρήση υπολογιστή στη μελέτη της δομής της γλώσσας. Κατόπιν, ο Naom Chomsky έκανε μια παρουσίαση με τίτλο «Τρία μοντέλα για την περιγραφή της γλώσσας». Ο Chomsky άσκησε κριτική στην εργασία του Skinner "Verbal behaviour", κύριου εκπρόσωπου των συμπεριφοριστών, θέτοντας τα θεμέλια για τη γνωστική επανάσταση. Ο Skizali παρουσίασε μερικά πειράματα σχετικά με την ταχύτητα αντιληπτικής αναγνώρισης και ο George Miller αναφέρθηκε στους τρόπους με τους οποίους ανταποκρινόμαστε στη συμφόρηση πληροφοριών που προκαλείται από τους περιορισμούς της βραχύχρονης μνήμης<sup>46</sup>.

Το 1956 ο Miller δημοσίευσε της εργασία του με τίτλο «Ο μαγικός αριθμός επτά, συν πλην δύο», στην οποία περιγράφει ορισμένους περιορισμούς στην ικανότητά μας να επεξεργαστούμε πληροφορίες<sup>46,47</sup>. Το 1967 έγινε η έκδοση του βιβλίου του Ulric Neisser "Γνωστική Ψυχολογία" στο οποίο προσπάθησε να παρουσιάσει την εξέλιξη στην έρευνα πάνω στην προσοχή και στην αντίληψη, στη διαμόρφωση εννοιών, στη γλώσσα και στη σκέψη χρησιμοποιώντας τη θεωρία επεξεργασίας των πληροφοριών σύμφωνα με την οποία η ανθρώπινη λειτουργία της σκέψης και της μάθησης έχει αναλογίες με τη λειτουργία του υπολογιστή<sup>46</sup>.

Η γνωστική ψυχολογία αναπτύχθηκε ως κλάδος της ψυχολογίας και χρησιμοποιεί πειραματικές μεθόδους για να εξετάσει τις πιθανές γνωστικές λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα όταν ένα ερέθισμα γίνει αντικείμενο

επεξεργασίας από τον εγκέφαλο. Έχει αποδειχθεί ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποθηκεύει μια εσωτερική αναπαράσταση του κόσμου, όπως τον βιώνει και οι νευροεπιστήμες έχουν δείξει ότι ρόλο στην αναπαράσταση έχουν τα νευρικά κύτταρα και οι συνδέσεις τους. Η αντίληψη, η μάθηση και η μνήμη εξαρτώνται από το βιολογικό υπόστρωμα που τις υλοποιεί και για αυτό υπόκεινται σε βιολογικούς περιορισμούς<sup>3</sup>. Για το λόγο αυτό η ηλικία των μαθητών παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή του κατάλληλου κάθε φορά τύπου των οπτικοποιήσεων<sup>3,6,48</sup> που θα χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία.

### **3.2 Η ανθρώπινη γνωστική αρχιτεκτονική και η θεωρία του γνωστικού φορτίου**

Ο Sweller (1994) πρότεινε ότι η δυσκολία επεξεργασίας της πληροφορίας από τον ανθρώπινο νου μπορεί να αποδοθεί στο κατά πόσο τα στοιχεία της πληροφορίας αλληλεπιδρούν<sup>49</sup>. Στο ένα άκρο δηλαδή, δεν υπάρχει καμία αλληλεπίδραση μεταξύ των στοιχείων. Αυτό σημαίνει ότι κάθε στοιχείο μπορεί να γίνει κατανοητό από τον άνθρωπο σειριακά χωρίς να υπάρχει αναφορά σε άλλα στοιχεία. Τέτοιες πληροφορίες αντιστοιχούν σε χαμηλό γνωστικό φορτίο (*low cognitive load*). Αντίθετα, πληροφορίες στις οποίες τα επιμέρους στοιχεία έχουν υψηλό βαθμό αλληλεξάρτησης αντιστοιχούν σε υψηλό γνωστικό φορτίο (*high cognitive load*).

Η γνωστική ανθρώπινη αρχιτεκτονική που αναλαμβάνει τη διαχείριση της πληροφορίας περιλαμβάνει<sup>23</sup>:

α. τη μνήμη εργασίας (*working memory*). Παλαιότερα περιγράφονταν ως βραχυπρόθεσμη μνήμη (*short-term memory*), αλλά η ονομασία αυτή διαφοροποιήθηκε ώστε να προσδώσει τον κύριο ρόλο της στη γνωστική αρχιτεκτονική. Η μνήμη εργασίας μπορεί να εξισωθεί με τη συνείδηση, καθώς εκεί επιτελούνται οι διαδικασίες που πραγματοποιούνται συνειδητά από τον άνθρωπο. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της είναι η περιορισμένη χωρητικότητά της και η περιορισμένη διάρκειά της.

β. τη μακροπρόθεσμη μνήμη (*long-term memory*). Δεν έχουμε συνείδηση των περιεχομένων της μακροπρόθεσμης μνήμης και για αυτό ο βαθμός που



επηρεάζει τις γνωστικές μας λειτουργίες τείνει να αποκρύπτεται από εμάς. Αρχικά η μακροπρόθεσμη μνήμη θεωρούνταν απλά ως μια περιφερειακή λειτουργία για την αποθήκευση και την ανάκληση πληροφορίας. Αργότερα όμως αναγνωρίστηκε ο αυξημένος ρόλος της στην επίλυση προβλημάτων.

γ. τα σχήματα (*schemas*). Βρίσκονται αποθηκευμένα στη μακροπρόθεσμη μνήμη και επιτρέπουν στα στοιχεία της πληροφορίας να αποθηκεύονται ανάλογα με το πώς θα χρησιμοποιηθούν. Τα σχήματα μας επιτρέπουν να αντιμετωπίζουμε πολλά στοιχεία πληροφορίας ως ενιαία, όπως για παράδειγμα ένα σύνολο γραμμών μπορούμε να το αντιλαμβανόμαστε ως μια λέξη. Η απόκτηση μιας δεξιότητας σε κάποιο τομέα θεωρείται ότι δεν είναι άλλο από την απόκτηση κάποιων σχημάτων που αποθηκεύονται στη μακροπρόθεσμη μνήμη και ανακαλούνται όταν χρειαστούν.

δ. τους αυτοματισμούς (*automation*). Οτιδήποτε μαθαίνεται με εξάσκηση μπορεί να αυτοματοποιηθεί. Σταδιακά η επεξεργασία της πληροφορίας προχωρεί με διαρκώς μειούμενο φορτίο επί της συνείδησης. Για παράδειγμα μπορεί αρχικά να ανακαλείται κάποιο σχήμα για την αναγνώριση μιας λέξης επάγοντας φορτίο στη μνήμη εργασίας αλλά σταδιακά και με την εξάσκηση η λέξεις διαβάζονται χωρίς κόπο με τον αυτοματισμό.

Το γνωστικό φορτίο μπορεί να διακριθεί σε τρεις επιμέρους τύπους<sup>50</sup>:

- το *εξωγενές* (*extraneous*), το οποίο εξαρτάται από το μαθησιακό περιβάλλον και τον τρόπο που παρουσιάζεται η πληροφορία. Το φορτίο αυτό μπορεί να μειωθεί απομακρύνοντας στοιχεία που επιβαρύνουν τις γνωστικές δομές του μαθητή.
- το *εγγενές* (*intrinsic*), το οποίο εξαρτάται από τον μαθησιακό στόχο και το βαθμό που τα επιμέρους στοιχεία του στόχου αλληλεπιδρούν. Όσο αυξάνεται η αλληλεπίδραση τόσο μεγαλύτερη είναι η επιβάρυνση στις γνωστικές δομές.
- το *συναφές* (*germane*), αναφέρεται στην προσπάθεια που πρέπει να καταβληθεί από το μαθητή ώστε να κατασκευάσει ικανοποιητικά σχήματα.

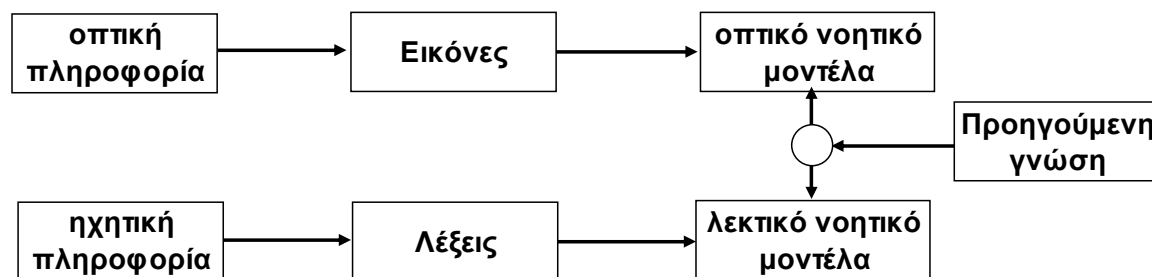
Το εγγενές φορτίο κατά τη διδασκαλία δεν μπορεί να επηρεαστεί. Αυτό που πρέπει να μειώνεται είναι το εξωγενές και να βελτιώνεται ή να αυξάνεται το συναφές<sup>50</sup>. Αύξηση του συναφούς φορτίου εξηγείται ως εντοπισμένη προσοχή και συγκέντρωση<sup>3</sup>. Δεν πρέπει όμως να υπερβαίνεται το όριο της μνήμης του μαθητή.

### **3.3 Η θεωρία του διπλού καναλιού για την επεξεργασία της πληροφορίας**

Σύμφωνα με τη *θεωρία του διπλού καναλιού* (dual channel theory) των Clark και Paivio (1991), η μνήμη εργασίας επεξεργάζεται τις πληροφορίες από το οπτικό κανάλι (visual channel) και το λεκτικό κανάλι (verbal channel) πληροφορίες με δύο διαφορετικούς τρόπους<sup>24</sup>. Η πληροφορία που επεξεργάζεται το άτομο από το οπτικό του κανάλι εισέρχεται μέσω του ματιού και κωδικοποιείται σε εικονικές αναπαραστάσεις με βάση ένα συμβολικό σύστημα εικόνων που διαθέτει. Η πληροφορία που επεξεργάζεται το λεκτικό κανάλι εισέρχεται από το αυτί και ακολούθως κωδικοποιείται από γλωσσικό σύστημα που διαθέτει το άτομο. Από το ίδιο γλωσσικό σύστημα κωδικοποιούνται και λεκτικές πληροφορίες ακόμα και αν εισέρχονται μέσω γραπτού κειμένου μέσω του οπτικού καναλιού<sup>51</sup>.

Σύμφωνα με τη θεωρία του γνωστικού φορτίου η οπτική και η λεκτική μνήμη εργασίας είναι πολύ περιορισμένες. Αυτό σημαίνει ότι όσο αυξάνεται ο όγκος της πληροφορίας που επεξεργάζεται το οπτικό ή το λεκτικό κανάλι τόσο πιο πιθανή είναι η υπερφόρτωση με αποτέλεσμα κάποιες πληροφορίες να μην επεξεργάζονται από κάποιο κανάλι. *Μάθηση με κατανόηση* (meaningful learning) μπορεί να συμβεί όταν οι αποδέκτες της πληροφορίας την συλλέγουν ενεργά και την οργανώνουν σε αναπαραστάσεις συνδυάζοντάς την με προηγούμενη γνώση<sup>24</sup>. Με βάση τα παραπάνω οι Mayer και Moreno (2002) ανέπτυξαν μια θεωρία για το πώς επεξεργάζεται η πληροφορία από το οπτικό και το λεκτικό κανάλι για να εξηγήσουν τη μάθηση με πολυμέσα<sup>24</sup>. Σύμφωνα με αυτή όταν σε ένα άτομο παρουσιαστεί ένα επεξηγηματικό μήνυμα που συνδυάζει οπτική και ηχητική πληροφορία, τότε το άτομο προσέχει τα τμήματα του μηνύματος και συλλέγει ενεργά τις εικόνες και τις

λέξεις στην οπτική και στη λεκτική μνήμη αντίστοιχα. Κατόπιν επεξεργάζεται τις εικόνες και τις λέξεις οργανώνοντας τις σε αλυσίδες σχέσεων «αιτίας – αποτελέσματος» (cause – and – effect) στο αντίστοιχο νοητικό μοντέλο. Τελικά ο ενεργός αποδέκτης της πληροφορίας θα δημιουργήσει σχέσεις μεταξύ των εικονικού και του λεκτικού μοντέλου αλλά και της προϋπάρχουσας γνώσης (σχήμα 2)<sup>24</sup>.



Σχήμα 2: Επεξεργασία της πληροφορίας σύμφωνα με τη θεωρία του διπλού καναλιού

Προκειμένου δηλαδή να γίνει μάθηση με κατανόηση, πρέπει το άτομο να συλλέξει τις εικόνες και τις λέξεις, να τις οργανώσει σε οπτικές και λεκτικές αναπαραστάσεις και να χτίσει σχέσεις μεταξύ τους. Άρα, η πληροφορία πρέπει να παρουσιάζεται με τέτοιο τρόπο που να είναι εφικτό για τη μνήμη εργασίας να συγκρατεί τις αντίστοιχες αναπαραστάσεις ταυτόχρονα<sup>24</sup>.

### 3.4 Το γνωστικό φορτίο και η επίδρασή του στη διδασκαλία

Η θεωρία του γνωστικού φορτίου εξετάζει την αλληλεπίδραση της πληροφορίας με τις γνωστικές δομές του ατόμου και της επιπτώσεις της αλληλεπίδρασης αυτής για τη διδασκαλία. Με βάση τη θεωρία αυτή μπορούμε να αναγνωρίσουμε κάποιες επιπτώσεις που έχει ο τρόπος με τον οποίο παρέχεται η πληροφορία στον μαθητή κατά τη διδασκαλία<sup>23</sup>.

#### ***Η επίδραση της διάσπασης προσοχής (split-attention effect).***

Όταν δύο τμήματα μιας οπτικής πληροφορίας βρίσκονται σε άλλο μέρος (π.χ. όταν οι επεξηγήσεις βρίσκονται κάτω από ένα διάγραμμα) τότε ο μαθητής αναγκάζεται να διαμοιράζει την προσοχή του σε δύο μέρη ταυτόχρονα

αναζητώντας τις πιθανές σχέσεις των δύο τμημάτων της πληροφορίας ώστε να κατασκευάσει την ολοκληρωμένη νοητική αναπαράσταση. Αυτό αυξάνει όμως, το γνωστικό φορτίο του οπτικού καναλιού. Είναι προτιμότερο συνεπώς τα δύο τμήματα της πληροφορίας να ενοποιούνται με τον κατάλληλο κάθε φορά τρόπο ώστε να μειώνεται το φορτίο μέσω της εξάλειψης της ανάγκης για εύρεση σχέσεων.

#### ***Η επίδραση της μορφής (modality effect).***

Όταν τα διαφορετικά τμήματα της πληροφορίας παρέχονται μέσω των δύο διαφορετικών καναλιών (οπτικού και λεκτικού), τότε παρατηρείται μείωση του γνωστικού φορτίου των δύο επιμέρους καναλιών, καθώς δύο κανάλια επεξεργάζονται ανεξάρτητα τα δύο τμήματα της πληροφορίας. Για παράδειγμα, είναι προτιμότερο να δίνουμε τις επεξηγήσεις ηχητικά από το να προσπαθούμε να ενσωματώσουμε τις επεξηγήσεις μέσα σε ένα διάγραμμα.

#### ***Η επίδραση του πλεονασμού (redundancy effect).***

Στην περίπτωση που μια πληροφορία είναι ολοκληρωμένη, τότε η επιπλέον πληροφορία, που παρέχεται είτε από το ίδιο είτε από διαφορετικό κανάλι, αυξάνει το γνωστικό φορτίο του μαθητή. Έτσι, το αποτέλεσμα είναι αρνητικό για τη μάθηση. Είναι προτιμότερο για παράδειγμα όταν έχουμε κάποιο διάγραμμα που είναι ολοκληρωμένο χωρίς τις επεξηγήσεις, αντί να δίνουμε τις επεξηγήσεις που περιγράφουν τα ίδια πράγματα ηχητικά να τις παραλείψουμε πλήρως. Αν δώσουμε την πλεονάζουσα πληροφορία, ο μαθητής θα αναγκαστεί να αναζητήσει τις σχέσεις μεταξύ των δύο τμημάτων και μέχρι να αντιληφθεί ότι η πληροφορία πλεονάζει, το κακό θα έχει ήδη συμβεί.

#### ***Η επίδραση της αλληλεπίδρασης στοιχείων (element interactivity effect)***

Όταν μια πληροφορία έχει μικρή αλληλεπίδραση μεταξύ των στοιχείων της επάγει χαμηλό γνωστικό φορτίο. Συνεπώς, όταν η πληροφορία διαμοιραστεί ώστε να προσπαθήσουμε να παρατηρήσουμε την επίδραση που θα έχει αυτό, δεν θα παρατηρήσουμε τις αρνητικές επιπτώσεις. Το ίδιο αποτέλεσμα θα είχαμε αν προσπαθούσαμε να αναγνωρίσουμε την επίδραση του τρόπου παροχής πληροφορίας ή την επίδραση του πλεονασμού. Τα αποτελέσματα των παραπάνω παρατηρούνται μόνο στην περίπτωση όπου ένα κανάλι ή και τα δύο κανάλια υπερφορτωθούν από πληροφορία με μεγάλη αλληλεπίδραση

των στοιχείων της, η οποία να επάγει αυξημένο γνωστικό φορτίο, έτσι οποιαδήποτε μεταβολή μπορεί να προκαλέσει την υπερφόρτωση των καναλιών.

### ***Η επίδραση της φαντασίας (imagination effect)***

Στην περίπτωση που ένα μαθητής έχει ήδη αποκτήσει σχήματα, το επόμενο στάδιο είναι να επιτύχει τον αυτοματισμό μέσω της συνεχούς χρήσης, ώστε να μειώνεται το γνωστικό φορτίο που απαιτείται για την επίλυση ενός προβλήματος. Έχει βρεθεί ότι σε μαθητές που έχουν ήδη αποκτήσει σχήματα, τα οποία οργανώνουν μια πληροφορία με υψηλή αλληλεπίδραση στοιχείων, ο καλύτερος τρόπος να μεταβούν στον αυτοματισμό δεν είναι η μελέτη εκ νέου της πληροφορίας, αλλά το να μπουν σε κατάσταση όπου απαιτείται να φανταστούν μια σειρά διαδικασιών με τρόπο που να ανασύρεται το σχήμα στη μνήμη εργασίας. Αντίθετα, μαθητές που δεν έχουν αποκτήσει ακόμα σχήματα είναι καλύτερο να μελετούν την πληροφορία.

### **3.5 Οι 3-D αναπαραστάσεις και η επίδρασή τους στο γνωστικό φορτίο**

Ως χωρική ικανότητα (*spatial ability*) ορίζεται ως η ικανότητα ενός ατόμου να δημιουργεί, να διατηρεί, να ανακτά και να μετασχηματίζει καλά δομημένες εικόνες. Δεν αποτελεί μια ενιαία δομή, αλλά υπάρχουν πολλές πλευρές της διαδικασίας της επεξεργασίας της εικόνας. Οι χωρικές ικανότητες διαφέρουν ως προς τα επίπεδα δυσκολίας τους:

- 1) Χωρική αναπαράσταση (*Spatial visualization*) είναι η ικανότητα να αντιλαμβανόμαστε με ακρίβεια τρισδιάστατα αντικείμενα από την δισδιάστατη αναπαράσταση.
- 2) Χωρικός προσανατολισμός (*Spatial orientation*) είναι η ικανότητα να φαντάζεται το άτομο πως θα μοιάζει ένα αντικείμενο από άλλη οπτική.
- 3) Χωρικές σχέσεις (*Spatial relations*) είναι η ικανότητα που έχει το άτομο να οπτικοποιεί τα αποτελέσματα από την περιστροφή, την ανάκλαση, την αντιστροφή και γενικά τον νοητικό χειρισμός ενός αντικειμένου.

Η χωρική ικανότητα έχει βρεθεί ότι μπορεί να επηρεάζεται από την ηλικία, τα πολιτισμικά στοιχεία, τις ευκαιρίες για μάθηση αλλά και το καθημερινό περιβάλλον<sup>3,52</sup>.

Η εφαρμογή των πολυμέσων στη διδασκαλία έχει προσφέρει ποικίλες μορφές αναπαραστάσεων, όπως και οι *τρισδιάστατες* (3-D) αναπαραστάσεις<sup>53</sup>. Η χρήση αυτών των 3-D αναπαραστάσεων έχει διαπιστωθεί ότι μπορεί να οδηγήσει σε υπερφόρτωση του γνωστικού δυναμικού του μαθητή, καθώς περιβάλλοντα που χρησιμοποιούν τέτοιου είδους αναπαραστάσεις επάγουν υψηλό γνωστικό φορτίο<sup>50,54</sup>. Επίσης, η έρευνα για την εύρεση πλεονεκτημάτων των 3-D αναπαραστάσεων σε σχέση με τις 2-D είναι περιορισμένες και σε όσες περιπτώσεις έχει πραγματοποιηθεί δεν έχει βρεθεί κανένα πλεονέκτημα ή μειονέκτημα των 2-D σε σχέση με τις 3-D αναπαραστάσεις<sup>3</sup>. Θα είναι σφάλμα λοιπόν να βασίσουμε την επιλογή του είδους της αναπαράστασης στις τεχνολογικές δυνατότητες που υφίστανται σε κάθε εποχή. Σημαντικό είναι, επίσης, να τονιστεί ότι η απλή χρήση ενός τρισδιάστατου σχήματος φυσικά δεν αποτελεί «εικονική πραγματικότητα», πράγμα που ισχυρίζονται διάφοροι προμηθευτές λογισμικών<sup>55</sup>.

Παρόλα αυτά οι τρισδιάστατες μοριακές αναπαραστάσεις γίνονται κατανοητές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους μαθητές για να επιλύσουν προβλήματα διαφορετικής πολυπλοκότητας. Οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και οι σπουδαστές της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης αποδίδουν καλύτερα όταν εργάζονται με τρισδιάστατες αναπαραστάσεις μορίων είτε από εικόνες είτε από Η/Υ. Αντίθετα, οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αποδίδουν καλύτερα όταν εργάζονται με χειροπιαστά τρισδιάστατα προσομοιώματα<sup>52</sup>.

### **3.6 Αρχές σχεδιασμού πολυμεσικών εφαρμογών με βάση τη θεωρία του γνωστικού φορτίου**

Με βάση τη θεωρία του γνωστικού φορτίου έχουν διατυπωθεί κάποιες αρχές σχεδιασμού και παρουσίασης της πληροφορίας μέσω πολυμέσων. Αυτές οι αρχές αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα και αιτιολογούνται με βάση τη θεωρία του γνωστικού φορτίου<sup>3</sup>.

Πίνακας 2: Βασικές αρχές σχεδιασμού πολυμέσων και η αιτιολόγησή τους.

<i>Αρχή</i>	<i>Αιτιολόγηση</i>
<b>αρχή 1η:</b> Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις πρέπει να συνδέονται ρητά στο χώρο και στο χρόνο.	Μειώνεται το γνωστικό φορτίο για την ενσωμάτωση πολλαπλών πηγών πληροφοριών.
<b>αρχή 2η:</b> Οι δυαδικού τύπου παρουσιάσεις είναι προτιμότερες.	Μειώνεται το φορτίο κάθε καναλιού (λεκτικό, οπτικό).
<b>αρχή 3η:</b> Οι λεκτικές πληροφορίες είναι προτιμότερο να είναι ηχητικές και όχι οπτικές	Μειώνεται το φορτίο του οπτικού καναλιού.
<b>αρχή 4η:</b> Τα γραφικά με σχεδιοκίνηση παρέχουν δυνατότητες για την αναπαράσταση δυναμικών φαινομένων, αλλά τα οφέλη τους μπορεί να μην είναι πλήρως κατανοητά	Τα γραφικά με σχεδιοκίνηση είναι συχνά σύνθετα και με γρήγορο ρυθμό. Ως αποτέλεσμα απαιτούνται περισσότεροι γνωστικοί πόροι
<b>αρχή 5η:</b> Τα πολύπλοκα διαδραστικά στοιχεία πρέπει να παρουσιάζονται απομονωμένα στους αρχάριους μαθητές.	Μειώνεται το φορτίο της μνήμης εργασίας καθώς δεν υπάρχει η ανάγκη για ταυτόχρονη επεξεργασία.
<b>αρχή 6η:</b> Η εκπαιδευτική καθοδήγηση βοηθά τους αρχάριους μαθητές στην κατανόηση των εννοιών	Ελαχιστοποιείται το γνωστικό φορτίο που απαιτείται για την κατασκευή νοητικών σχημάτων.
<b>αρχή 7η:</b> Πρέπει να αποφεύγονται περιττές πληροφορίες.	Δεν σπαταλούνται γνωστικοί πόροι για την επεξεργασία της πλεονάζουσας πληροφορίας

### 3.7 Η θεωρία του γνωστικού φορτίου και οι διδακτικές πρακτικές με μικρή εκπαιδευτική καθοδήγηση.

Για πολλά χρόνια υπάρχουν διαφωνίες σε σχέση με την επίδραση της εκπαιδευτικής καθοδήγησης (instructional guidance) στην διδασκαλία. Από τη μια μεριά βρίσκονται όσοι ισχυρίζονται την υπόθεση ότι οι άνθρωποι μαθαίνουν καλύτερα σε περιβάλλοντα όπου δεν υπάρχει καθοδήγηση και αντί να τους παρουσιάζονται οι ουσιώδεις πληροφορίες, θα πρέπει μόνοι τους να τις ανακαλύπτουν ή να τις οικοδομούν. Από την άλλη, βρίσκονται όσοι προτείνουν ότι στους άπειρους μαθητευόμενους θα πρέπει να παρέχεται

άμεση εκπαιδευτική καθοδήγηση σε σχέση με τις έννοιες και τις διαδικασίες ενός επιστημονικού κλάδου<sup>56-58</sup>. Ως άμεση εκπαιδευτική καθοδήγηση ορίζεται η παροχή πληροφορίας που εξηγεί πλήρως τις έννοιες και τις διαδικασίες που οι μαθητεύομενοι πρέπει να μάθουν, καθώς και η παροχή μαθησιακών στρατηγικών που είναι συμβατές με την ανθρώπινη γνωστική αρχιτεκτονική<sup>58</sup>.

Σύμφωνα με τους Kirschner et al (2006) και Sweller et al (2007) διδακτικές πρακτικές με μικρή εκπαιδευτική καθοδήγηση είναι η ανακαλυπτική μάθηση, η επίλυση προβλήματος, η μάθηση με διερεύνηση, η βιωματική μάθηση και η εποικοδομητική μάθηση<sup>58,59</sup>. Διδασκαλίες που στηρίζονται στις παραπάνω προσεγγίσεις προκαλούν τους μαθητές να επιλύσουν «αυθεντικά» προβλήματα ή να αποκτήσουν πολύπλοκη γνώση σε ένα πλούσιο σε πληροφορία περιβάλλον με μικρή καθοδήγηση στηριζόμενες σε δύο βασικές υποθέσεις:

- όταν οι μαθητές βρίσκουν τις δικές τους λύσεις στα προβλήματα οδηγούνται σε πιο αποδοτική μάθηση.
- η γνώση αποκτάται μέσα από τη εμπειρία που βασίζεται στις διαδικασίες του επιστημονικού αντικειμένου.

Οι υποστηρικτές των προσεγγίσεων με μικρή καθοδήγηση ισχυρίζονται ότι η παροχή εκπαιδευτικής καθοδήγησης παρεμποδίζει τη φυσική διαδικασία κατά την οποία το άτομο χρησιμοποιεί τη δική του ξεχωριστή προηγούμενη γνώση και μαθησιακό πρότυπο, ώστε να οικοδομήσει τη νέα γνώση που θα επιτύχει τους στόχους του.

Οι διδακτικές όμως προσεγγίσεις που βασίζονται στην μικρή εκπαιδευτική καθοδήγηση παραβλέπουν τα βιβλιογραφικά δεδομένα της θεωρίας του γνωστικού φορτίου. Αυτές οι προσεγγίσεις δίνουν σύμφωνα με τους υποστηρικτές της θεωρίας του γνωστικού φορτίου πολλές πληροφορίες οδηγώντας τους μαθητές σε υπερφόρτωση της μνήμης εργασίας τους<sup>23,58,59</sup>.

Η τεχνική των λυμένων παραδειγμάτων (worked examples) χρησιμοποιείται στις διδακτικές πρακτικές που στηρίζονται στην αυξημένη καθοδήγηση, ενώ η ανακάλυψη της λύσης χρησιμοποιείται σε πρακτικές με πλούσια πληροφορία και μικρή καθοδήγηση. Η έρευνα έχει δείξει ότι αν μια ομάδα μαθητών μελετά την έτοιμη λύση ενός παραδείγματος, έχει καλύτερα αποτελέσματα αργότερα



κατά την επίλυση μεταγενέστερων προβλημάτων από μια άλλη ομάδα μαθητών που αντί για την μελέτη λυμένου παραδείγματος επιλύει μόνη της το αντίστοιχο πρόβλημα. Το φαινόμενο αυτό αποκαλείται «*επίδραση του λυμένου παραδείγματος*» και εμφανίζεται σε μαθητές που είναι άπειροι αφού, σύμφωνα με τη θεωρία του γνωστικού φορτίου, η επίλυση των προβλημάτων υπερφορτώνει τη μνήμη εργασίας τους. Αντίθετα, το φαινόμενο εξασθενεί ή και αντιστρέφεται σε μαθητές που είναι έμπειροι καθώς αυτοί διαθέτουν στη μακροπρόθεσμη μνήμη τους τα απαραίτητα σχήματα ώστε να επιλύσουν προβλήματα, με αποτέλεσμα η μελέτη του λυμένου παραδείγματος να καθίσταται περιττή<sup>58</sup>.

Ακόμα και υποστηρικτές προσεγγίσεων όπως η μάθηση με επίλυση προβλήματος παραδέχονται ότι η μικρή καθοδήγηση είναι αντίθετη στην ανθρώπινη γνωστική αρχιτεκτονική. Υποστηρίζουν, όμως, ότι η μάθηση με επίλυση προβλήματος αποτελεί μια διαδικασία κατά την οποία δίνεται καθοδήγηση αλλά με πιο συμβατό τρόπο στις ανθρώπινες γνωστικές δομές<sup>60</sup>. Η προσέγγιση αυτή αμφισβητείται από τους υποστηρικτές της *αυξημένης εκπαιδευτικής καθοδήγησης*<sup>59</sup>.

Οι Vogel et al (2011) σύγκριναν μια διδακτική πρακτική που βασίζεται σε στην προσέγγιση της αυξημένης καθοδήγησης, σύμφωνα με τη θεωρία του γνωστικού φορτίου, με μια διδακτική πρακτική μειωμένης καθοδήγησης<sup>61</sup>. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δύο διδακτικές πρακτικές ήταν ισοδύναμες αμέσως μετά τη διδασκαλία, αλλά η πρώτη υπερίσχυσε στην συγκράτηση της γνώσης μια εβδομάδα μετά. Ισχυρίζονται ότι τα αποτελέσματά τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή λογισμικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς η κατασκευή λογισμικών που βασίζονται στην επίλυση προβλήματος είναι και χρονοβόρα και μεγάλου κόστους σε σχέση με λογισμικά που διδάσκουν την πληροφορία με πιο ευθύ τρόπο. Λογισμικά που βασίζονται στην επίλυση προβλήματος απαιτούν την ελεύθερη πρόσβαση στα διάφορα τμήματά του, ώστε οι μαθητευόμενοι να εκτελούν διάφορες εναλλακτικές πορείες. Αντίθετα, τα λογισμικά που ακολουθούν μια προκαθορισμένη πορεία απαιτούν λιγότερο χρόνο ώστε να δημιουργηθούν, αλλά είναι εξίσου αποδοτικά. Αυτά τα αποτελέσματα συνηγορούν στο να σχεδιάζονται και να χρησιμοποιούνται *λογισμικά αυξημένης καθοδήγησης*.

Τονίζεται, όμως, από τους ερευνητές ότι θα πρέπει να συγκριθούν και άλλες διδακτικές πρακτικές που βασίζονται στη θεωρία του γνωστικού φορτίου και την εποικοδομητική προσέγγιση. Επίσης, τονίζουν ότι θα πρέπει να ελεγχθεί η αντιστροφή της επίδρασης του λυμένου παραδείγματος σε έμπειρους μαθητευόμενους.

Πέρα από τα παραπάνω, δεν μπορεί να παραγνωριστεί η αξία της εφαρμογής διαδικασιών μειωμένης εκπαιδευτικής καθοδήγησης σε καινοτόμα προγράμματα που πραγματοποιούνται στην ελληνική εκπαίδευση (π.χ στην περιβαλλοντική εκπαίδευση)<sup>62,63</sup> καθώς μπορεί να αυξήσει το ενδιαφέρον των μαθητών στις φυσικές επιστήμες δίνοντας νόημα στη μάθηση και συνδέοντάς τη με την καθημερινή ζωή<sup>36</sup>. Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι οι ιδέες των μαθητών, οι οποίες αποτελούν το βασικό σημείο για την εποικοδομητική προσέγγιση<sup>33,64</sup>, είναι αποδεδειγμένες πειραματικά και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός αναλυτικού προγράμματος<sup>65</sup>. Συνεπώς και λογισμικά που σχεδιάζονται για την εφαρμογή τους στην τάξη θα πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα αναγνώρισης και διαχείρισης όλων αυτών των ιδεών μέσω κατάλληλων δραστηριοτήτων.

Η Ψηφιακή Εφαρμογή (ΨΕ) που προτείνεται στην παρούσα εργασία σχεδιάστηκε ώστε να παρέχει *αυξημένη εκπαιδευτική καθοδήγηση*, αλλά εμπεριέχει και δραστηριότητες που στοχεύουν στη διαχείριση των ιδεών των μαθητών όπως έχουν αντληθεί από τη διεθνή βιβλιογραφία. Επιχειρείται δε όσο είναι δυνατόν η χρήση καθημερινών υλικών, αλλά και η αναφορά σε καθημερινές καταστάσεις ώστε οι μαθητές να δίνουν νόημα στη γνώση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Ο εννοιολογικός χάρτης

#### 4.1 Τι είναι ο εννοιολογικός χάρτης

Ο Novak (2008) ορίζει ως *εννοιολογικό χάρτη* ένα γραφικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται για την οργάνωση και αναπαράσταση της γνώσης<sup>66</sup>. Περιλαμβάνει έννοιες, συνήθως περικλειόμενες μέσα σε κάποιο πλαίσιο και σχέσεις μεταξύ των εννοιών, οι οποίες περιγράφονται με μια γραμμή που ενώνει δύο έννοιες. Οι λέξεις επάνω στις γραμμές αναδεικνύουν τη σχέση μεταξύ των δύο εννοιών.

Ως *έννοια* ορίζεται μια κανονικότητα σε γεγονότα ή αντικείμενα ή καταγραφές γεγονότων ή αντικειμένων. Στον εννοιολογικό χάρτη οι έννοιες αναπαριστώνται με μια λεζάντα. Ως *προτάσεις* ορίζονται οι δηλώσεις σχετικά με αντικείμενα ή γεγονότα στο σύμπαν που εκδηλώνονται είτε με φυσικά είτε με τεχνητά μέσα. Οι προτάσεις περιλαμβάνουν δύο ή περισσότερες έννοιες συνδεδεμένες μέσω συνδετικών λέξεων ή φράσεων ώστε να παράγονται δηλώσεις που βγάζουν νόημα<sup>66</sup>.

Οι εννοιολογικοί χάρτες διαθέτουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά<sup>66</sup>:

- οι έννοιες αναπαριστώνται με ιεραρχική μορφή, με τις πιο γενικές στην κορυφή και τις πιο ειδικές στο κάτω μέρος.
- μπορεί να εμπεριέχουν διασταυρούμενες διασυνδέσεις (cross-links) οι οποίες αναδεικνύουν τη σχέση μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του χάρτη. Η σχεδίαση των διασταυρώσεων θεωρείται ότι μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για δημιουργικά άλματα προς την οικοδόμηση της γνώσης.
- μπορεί στους εννοιολογικούς χάρτες να προστεθούν παραδείγματα γεγονότων ή αντικειμένων, τα οποία έχουν ως στόχο να βοηθήσουν στο να γίνει πιο ξεκάθαρο το νόημα μιας έννοιας.

## 4.2 Ψυχολογικές αρχές στις οποίες στηρίζονται οι εννοιολογικοί χάρτες

Οι εννοιολογικοί χάρτες αναπτύχθηκαν το 1972 κατά τη διάρκεια ενός ερευνητικού προγράμματος του Novak βασισμένο στη θεωρία του David Ausubel σύμφωνα με την οποία η μάθηση προχωρά με την αφομοίωση των νέων εννοιών και προτάσεων στο ήδη υπάρχων πλαίσιο εννοιών και προτάσεων που κατέχει ο μαθητής στη γνωστική του δομή<sup>66</sup>.

Ο Ausubel έκανε την πολύ σημαντική διάκριση της μηχανικής μάθησης (rote learning) και της μάθησης με κατανόηση (meaningful learning). Προκειμένου να συντελεσθεί μάθηση με κατανόηση θα πρέπει να πληρούνται τρεις προϋποθέσεις<sup>66</sup>:

1. Το υλικό που πρόκειται να αποτελέσει αντικείμενο διδασκαλίας πρέπει να είναι ξεκάθαρο και διατυπωμένο με γλώσσα και παραδείγματα που σχετίζονται με την προηγούμενη γνώση του διδασκόμενου.
2. Ο μαθητής πρέπει να κατέχει σχετική προηγούμενη γνώση. Αυτή η συνθήκη μπορεί να ικανοποιείται για όλους σχεδόν τους τομείς μετά την ηλικία των 3, αλλά πρέπει να είμαστε προσεκτικοί κατά την οικοδόμηση ειδικών γνώσεων.
3. Ο μαθητής πρέπει να επιλέξει να μάθει με κατανόηση. Αυτό μπορεί να συμβεί μέσα από τον έλεγχο των κίνητρων που έχει ο μαθητής. Αυτός ο έλεγχος όμως μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο έμμεσα από τον εκπαιδευτικό κατά τη διδασκαλία μέσα από τη σύνδεση της νέας γνώσης με την υφιστάμενη. Επίσης, χρήσιμο είναι κατά την αξιολόγηση να χρησιμοποιούνται ερωτήσεις που καλούν τους μαθητές να συσχετίσουν ιδέες που κατέχουν με νέες ιδέες.

Αυτό που πρέπει να αποσαφηνιστεί είναι ότι παρά τις λανθασμένες εντυπώσεις αρκετών, η μάθηση με κατανόηση δεν συνδέεται εξ ορισμού με τη διερευνητική μάθηση. Αν κατά τη διερεύνηση οι μαθητές δεν κατέχουν έστω και *θεμελιωδώς έννοιες, η μάθηση με κατανόηση δεν μπορεί να συμβεί.*

Κατά τη μηχανική μάθηση, αντίθετα, η νέα γνώση επεξεργάζεται στη μνήμη εργασίας όπως και κατά τη μάθηση με κατανόηση και συγκρατείται στην μακροπρόθεσμη μνήμη. Η διαφορά είναι ότι κατά τη μηχανική μάθηση ο

συνδυασμός της νέας γνώσης με την προϋπάρχουσα γνώση είναι μικρός έως ανύπαρκτος. Το αποτέλεσμα είναι η γνώση που αποκτήθηκε με μηχανική μάθηση να ξεχνιέται γρήγορα, αν δεν υπάρχει με κάποιο τρόπο η επανάληψή της. Επίσης, η μηχανικά αποκτηθείσα γνώση, καθώς δεν έχει αναβαθμίσει τη γνωστική δομή του μαθητή, δεν συντελεί στην τροποποίηση μη επιστημονικά αποδεκτών ιδεών. Έτσι, οι *παρανοήσεις* θα διατηρηθούν και ο μαθητής θα έχει χαμηλή δυνατότητα χρήσης της νέας γνώσης για την επίλυση προβλημάτων<sup>66</sup>.

Η οικοδόμηση μεγάλων δομών γνώσης απαιτεί μια μεθοδική ακολουθία αλληλεπιδράσεων μεταξύ της μνήμης εργασίας και της μακροπρόθεσμης μνήμης, καθώς η νέα γνώση λαμβάνεται και επεξεργάζεται. Οι εννοιολογικοί χάρτες μπορούν να βοηθήσουν στη μάθηση με κατανόηση, καθώς μπορούν να αποτελέσουν ένα πρότυπο ή μια σκαλωσιά πάνω στην οποία θα οργανωθεί και θα δομηθεί η νέα γνώση<sup>66</sup>.

Αν και δεν είναι ακόμα απολύτως ξεκάθαρο το πως η νέα γνώση ενσωματώνεται μέσα στον εγκέφαλό μας, διαφαίνεται από την έρευνα ότι ο εγκέφαλος οργανώνει τη γνώση σε ιεραρχικές δομές. Έτσι, διδακτικές πρακτικές που ακολουθούν αυτή τη διαδικασία ενισχύουν σημαντικά τη δυνατότητα μάθησης<sup>66</sup>.

#### **4.3 Ψηφιακοί εννοιολογικοί χάρτες και η χρήση τους στην εφαρμογή που προτείνεται από την παρούσα ερευνητική εργασία**

Ενώ οι εννοιολογικοί χάρτες έχει αναγνωρισθεί ως αποτελεσματικά εργαλεία για τη μάθηση, έρευνες αποκαλύπτουν ένα κρίσιμο πρόβλημά τους κατά την εφαρμογή τους. Αυτό το πρόβλημα είναι το επιπλέον φορτίο που δημιουργείται για τους καθηγητές που πρέπει να αξιολογήσουν τους χάρτες που αναπτύχθηκαν από μεμονωμένους μαθητές<sup>67</sup>. Συνήθως αυτή η αξιολόγηση διαρκεί ημέρες ή εβδομάδες, με αποτέλεσμα η ανατροφοδότηση να μην παρέχεται άμεσα<sup>68</sup>. Οι ερευνητές ανέφεραν ότι η μάθηση είναι μειωμένη σε μαθητές όταν δεν γνωρίζουν τις αδυναμίες τους<sup>67</sup>, πράγμα που σημαίνει ότι απαιτείται η παροχή έγκαιρης καθοδήγησης ή συμβουλών που θα βοηθήσουν τους μαθητές να προβληματιστούν και να αναθεωρήσουν τις

δομές της γνώσης τους. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές είναι πιθανόν να χάσουν το ενδιαφέρον τους, αν η ανατροφοδότηση δεν παρασχεθεί έγκαιρα<sup>67</sup>.

Λόγω της αυξανόμενης δημοφιλίας των ΤΠΕ στην εκπαίδευση έγινε συχνότερη και η χρήση των ψηφιακών εννοιολογικών χαρτών. Το Smart Tools για παράδειγμα είναι ένα παράδειγμα λογισμικού προορισμένου για την δημιουργία εννοιολογικών χαρτών<sup>69</sup>. Ψηφιακοί εννοιολογικοί χάρτες έχουν επίσης ενσωματωθεί κατάλληλα μέσα και σε εκπαιδευτικά ψηφιακά παιχνίδια βελτιώνοντας τα αποτελέσματά τους<sup>70</sup>. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των ψηφιακών εννοιολογικών χαρτών είναι ότι ανταποκρίνονται στην ανάγκη που διατυπώνεται από τα ευρήματα της έρευνας για την έγκαιρη ανατροφοδότηση των μαθητών<sup>71</sup> και τη μείωση του φόρτου εργασίας των εκπαιδευτικών<sup>67,68</sup>.

Στην ΨΕ που σχεδιάστηκε και προτείνεται από την παρούσα ερευνητική εργασία χρησιμοποιούνται εννοιολογικοί χάρτες που επιχειρούν να αποδώσουν τα διδακτικά πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω αλλά και να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες αλληλεπίδρασης του χρήστη με το μαθησιακό υλικό μέσω του διαδραστικού πίνακα. Για τον λόγο αυτό κατασκευάστηκαν εννοιολογικοί χάρτες, οι οποίοι χρησιμεύουν για την οργάνωση της γνώσης, άλλοτε κατά την έναρξη της διδακτικής ώρας και άλλοτε, κατά τη λήξη της υπό τη μορφή της σύνοψης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Η ψηφιακή εφαρμογή (ΨΕ)

#### 5.1 Το διδακτικό αντικείμενο

Σύμφωνα με την εγκύκλιο 147346/Γ2/16-09-2014 που απεστάλλει στα Γυμνάσια, για τη διδασκαλία της Χημείας Γ΄ τάξης Γυμνασίου χρησιμοποιείται το βιβλίο «Χημεία» Γ΄ Γυμνασίου των Θεοδωρόπουλου Π., Παπαθεοφάνους Π. και Σιδέρη Φ. (1 ώρα την εβδομάδα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους), ενώ το σύνολο των ελάχιστων προβλεπόμενων διδακτικών ωρών είναι είκοσι (20).

Με βάση το συγκεκριμένο βιβλίο αλλά και την εγκύκλιο αναδεικνύεται ότι από τα σημαντικότερα τμήματα της ύλης είναι η διδασκαλία των οξέων, βάσεων και εξουδετέρωσης. Σύμφωνα με την συγκεκριμένη εγκύκλιο, οι μαθητές θα διδαχθούν από το σχολικό βιβλίο και τον εργαστηριακό οδηγό:

##### 1. ΤΑ ΟΞΕΑ

1.1, 1.2 ΝΑΙ (1 ώρα).

Στην υποενότητα 1.2 «Οξέα κατά Arrhenius» προτείνεται να διδαχθούν μόνο δύο παραδείγματα από τον πίνακα 1.

1.3 μέχρι και 1.6 ΝΑΙ (1 ώρα).

##### 2. ΟΙ ΒΑΣΕΙΣ

2.1, 2.2, 2.3 ΝΑΙ (1 ώρα).

Στην υποενότητα 2.2 «Βάσεις κατά Arrhenius» προτείνεται να διδαχθούν μόνο δύο παραδείγματα από τον πίνακα 2.

2η Εργαστηριακή άσκηση:

Μετά την υποενότητα 2 να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τον Εργαστηριακό Οδηγό το πείραμα 1.1 «Μέτρηση του pH των διαλυμάτων ορισμένων οξέων με πεχαμετρικό χαρτί» και το πείραμα 2.1 «Βασικές ιδιότητες διαλυμάτων καθημερινής χρήσης» (1 ώρα).

##### 3. ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ

3.1 ΝΑΙ (1 ώρα).

3η Εργαστηριακή άσκηση:

Μετά την υποενότητα 3 να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τον Εργαστηριακό Οδηγό το πείραμα 3.1 «Διαδοχικές εξουδετερώσεις οξέος από βάση και το αντίστροφο» (1 ώρα).

Η συγκεκριμένη ενότητα του σχολικού βιβλίου διαπραγματεύεται ουσίες και διαδικασίες που οι μαθητές είναι πολύ πιθανόν να έχουν συναντήσει στην

καθημερινή τους ζωή. Επιπροσθέτως, παρόμοια ενότητα έχουν διδαχθεί στο μάθημα Φυσικά της ΣΤ΄ τάξης Δημοτικού. Αυτό σημαίνει ότι είναι πιθανών να έχουν ήδη κάποιες ιδέες/παρανοήσεις σε σχέση με το διδασκόμενο αντικείμενο. Τέτοιες ιδέες έχουν καταγραφεί από τη βιβλιογραφία και όπως έχει βρεθεί οι μαθητές αντιστέκονται στην εννοιολογική αλλαγή<sup>65,72</sup>. Οι ιδέες αυτές συζητήθηκαν με 15 εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που διδάσκουν το συγκεκριμένο αντικείμενο και με 4 ειδικούς (σχολικούς συμβούλους) ως προς την συχνότητα εμφάνισής τους αλλά και την μετάφρασή τους από τη ξενόγλωσση βιβλιογραφία<sup>65,72</sup>. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης κατέληξε σε τέσσερις κύριες ιδέες οι οποίες πρέπει κατά τη διδασκαλία να λαμβάνονται υπόψη:

- Οξύ είναι κάτι που τρώει μέταλλα ή κάτι το οποίο μπορεί να σε κάψει.
- Ανάμιξη διαλύματος οξέος με διάλυμα βάσης οδηγεί πάντα σε ουδέτερο διάλυμα (ανεξάρτητα από την ποσότητα / περιεκτικότητα του διαλύματος).
- Για να πραγματοποιηθεί εξουδετέρωση πρέπει να υπάρχει στο δοχείο αντίδρασης και ένας δείκτης.

Επίσης, διατυπώθηκαν από ορισμένους εκπαιδευτικούς και ειδικούς άλλες δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές κατά τη διδασκαλία της συγκεκριμένης ενότητας. Οι κυριότερες από αυτές είναι ότι:

- δυσκολεύονται στην αναγνώριση των μοριακών τύπων των οξέων και βάσεων.
- συσχετίζουν την οξύτητα / αλκαλικότητα ενός διαλύματος με την ταυτότητα του οξέος ή της βάσης, αγνοώντας τον παράγοντα της περιεκτικότητας. Είναι συνηθισμένη π.χ η ερώτηση από μαθητές «ποιο οξύ έχει το μικρότερο pH;»

Φυσικά πρέπει να τονιστεί ότι η εξάρτηση του pH από την περιεκτικότητα στην συγκεκριμένη τάξη μπορεί να προσεγγιστεί μόνο ποιοτικά καθώς δεν είναι γνωστή η έννοια του mol, των συγκεντρώσεων και των λογαρίθμων. Επίσης, μπορεί να συσχετιστεί με την αραιώση διαλυμάτων οξέων και βάσεων σύμφωνα και με την αντίστοιχη εργαστηριακή άσκηση που υπάρχει στον εργαστηριακό οδηγό, αλλά και με ανάλογες ερωτήσεις του βιβλίου και του τετραδίου εργασιών<sup>73</sup>.



- ως προέκταση της παραπάνω αδυναμίας συσχετίζουν το pH με την ποσότητα του διαλύματος αντιμετωπίζοντας το ως *εκτατική και όχι ως εντατική ιδιότητα*. Κλασικό είναι να προσθέτουν τις τιμές του pH δύο διαλυμάτων που αναμιγνύονται ή αντίστροφα να διαιρούν την τιμή του pH όταν ένα διάλυμα χωρίζεται στη μέση.
- δεν γίνεται εύκολα κατανοητό ότι το χρώμα ενός δείκτη επηρεάζεται από την τιμή του pH ενός διαλύματος. Πολλοί μαθητές μένουν με την εντύπωση ότι το χρώμα ενός δείκτη καθορίζεται απλά από τον χαρακτήρα του διαλύματος, δηλαδή θεωρούν ότι άλλο χρώμα έχει ένα διάλυμα σε όξινο, άλλο σε ουδέτερο και άλλο σε βασικό διάλυμα. Σε αυτό συντελεί και η αναφορά του σχολικού βιβλίου ότι «οι δείκτες είναι χημικές ουσίες οι οποίες με την παρουσία οξέων αλλάζουν χρώμα»<sup>73</sup>.

Τα παραπάνω χαρακτηρίζονται ως «δυσκολίες» καθώς αναφέρθηκαν από τους εκπαιδευτικούς με τους οποίους έγινε η αρχική συζήτηση επί του διδακτικού αντικειμένου και θα πρέπει να γίνει διάκρισή τους από τις πειραματικά αποδεδειγμένες και διατυπωμένες από τη βιβλιογραφία ιδέες/παρανοήσεις.

Το ψηφιακό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία της ενότητας θα πρέπει να βοηθά τον εκπαιδευτικό και τον μαθητή στη διαχείριση των ιδεών τους και των δυσκολιών που αναφέρθηκαν.

## **5.2 Διαθέσιμα λογισμικά και ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα και η ανάγκη κατασκευής νέου ψηφιακού υλικού**

### **α. Ο θαυμαστός κόσμος της Χημείας για το Γυμνάσιο**

Για τη διδασκαλία της ενότητας έχει κατασκευαστεί και χρησιμοποιείται το λογισμικό «ο θαυμαστός κόσμος της Χημείας για το Γυμνάσιο». Αυτό περιέχει αρκετές προσομοιώσεις, όπου δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να εργαστούν στο περιβάλλον ενός εικονικού εργαστηρίου. Επίσης, περιέχει έτοιμες παρουσιάσεις σε PowerPoint και μεγάλο πλήθος βίντεο πειραμάτων και μη διαδραστικών γραφικών σχεδιοκίνησης. Ο χρήστης μπορεί είτε να

χρησιμοποιήσει το λογισμικό δικτυακά ή τοπικά αφού αποθηκεύσει τα απαραίτητα αρχεία του λογισμικού στον Η/Υ<sup>74</sup>.

Οι προσομοιώσεις του λογισμικού διακρίνονται για την καταλληλότητά τους ως προς το γνωστικό επίπεδο των μαθητών της Γ΄ Γυμνασίου. Επίσης, η εμφάνιση σε κάθε προσομοίωση λίγων, απαραίτητων για τη δραστηριότητα οργάνων και ουσιών διευκολύνει και τους εκπαιδευτικούς και τους και μαθητές κατά τον χειρισμό της προσομοίωσης μέσω διαδραστικού πίνακα. Επιπροσθέτως, μπορεί να θεωρηθούν ότι είναι συμβατές με τις αρχές της θεωρίας του γνωστικού φορτίου καθώς η εμφάνιση των απαραίτητων μόνο οργάνων και ουσιών δεν υπερφορτώνει τις γνωστικές δομές του μαθητή και ειδικά το οπτικό του κανάλι.

Με μια λεπτομερέστερη εξέταση όμως θα δούμε ότι οι προσομοιώσεις έχουν και κάποια σημεία όπου θα χρειαζόνταν βελτίωση. Συγκεκριμένα:

- στην προσομοίωση της εξουδετέρωσης, η προσθήκη διαλύματος στο ποτήρι ζέσεως γίνεται μόνο με προκαθορισμένους όγκους που δεν αναφέρονται (10mL κάθε φορά), ενώ τα χρησιμοποιούμενα διαλύματα οξέων ή βάσεων είναι πάντα ισοδύναμα. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει ασάφεια και σύγχυση στους μαθητές, *η οποία μπορεί να ενισχύσει την ιδέα τους ότι κατά την ανάμιξη διαλύματος οξέος με διάλυμα βάσης προκύπτει πάντα ουδέτερο διάλυμα.*
- η αραίωση των διαλυμάτων γίνεται ξανά με προσθήκη προκαθορισμένου όγκου νερού (20mL κάθε φορά), ο οποίος πάλι δεν αναφέρεται στον μαθητή, είτε στο διάλυμα του οξέος είτε της βάσης. Το αποτέλεσμα είναι *ότι δεν υπάρχει ικανοποιητική μεταβολή στο pH ώστε να είναι ευδιάκριτη η τάση που έχει η τιμή του pH να προσεγγίζει την τιμή 7.*
- σε όλες τις προσομοιώσεις οι χρησιμοποιούμενοι δείκτες αλλάζουν χρώμα τη στιγμή που το διάλυμα αλλάζει χαρακτήρα. Το γεγονός αυτό δεν βοηθά στη διαχείριση της δυσκολίας που έχουν οι μαθητές να αναγνωρίσουν *ότι το χρώμα ενός δείκτη καθορίζεται από το pH του διαλύματος.*

- οι προσομοιώσεις είναι κατασκευασμένες σε μορφή αρχείου dcr, το οποίο πλέον δεν υποστηρίζεται από την κατασκευάστρια εταιρία Adobe με αποτέλεσμα να μην μπορούν εύκολα να αναβαθμιστούν ή να ενσωματωθούν σε άλλα εργαλεία συγγραφής ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού ακόμα και της ίδιας εταιρίας όπως το Adobe Captivate.

Τα περισσότερα από τα ψηφιακά αντικείμενα του λογισμικού (προσομοιώσεις, βίντεο, εικόνες κτλ) έχουν ενσωματωθεί σε μια *σειριακού τύπου δομή* που περιλαμβάνει και *θεωρία σε κείμενο*. Παρουσιάζονται, όμως, σημεία όπου σε μια διαφάνεια εμφανίζονται πολλές οπτικές πληροφορίες, γεγονός που μεγαλώνει το εξωγενές γνωστικό φορτίο<sup>50</sup> πράγμα ασύμβατο με τις αρχές κατασκευής πολυμέσων<sup>3</sup>. Επίσης, καθώς το λογισμικό έχει εμφανώς κατασκευαστεί για χρήση του σε Η/Υ και όχι σε διαδραστικό πίνακα, οι γραμματοσειρές είναι μικρές και δυσδιάκριτες όταν προβάλλονται σε διαδραστικό πίνακα.

### **β. Το Ψηφιακό Σχολείο**

Αρκετά ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα (digital learning objects) έχουν κατασκευαστεί και ενσωματωθεί στον ιστότοπο του «Ψηφιακού Σχολείου» <http://photodentro.edu.gr/lor/>. Αυτά είναι αυτόνομα, σύντομα και επαναχρησιμοποιήσιμα και ανταποκρίνονται στο γνωστικό επίπεδο των μαθητών της Γ΄ Γυμνασίου και έχουν άμεση συνάφεια με το διδακτικό αντικείμενο. Είναι δε ιδιαίτερα εξυπηρετικό για τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές το γεγονός ότι τα ψηφιακά αντικείμενα είναι διαθέσιμα και μπορούν και να χρησιμοποιηθούν τοπικά χωρίς τη χρήση διαδικτύου. Αρκετές εικόνες είναι ικανοποιητικές και είναι σκόπιμη η χρήση τους για την παραγωγή νέου εκπαιδευτικού υλικού. Αρνητικό σημείο είναι ότι οι προσομοιώσεις εικονικών εργαστηριακών διατάξεων απαιτούν τη χρήση πλήκτρων από το πληκτρολόγιο του Η/Υ πράγμα που δυσχεραίνει την εφαρμογή τους σε διαδραστικό πίνακα.

### ***γ. Το λογισμικό IrYdium Chemistry Vlab***

Το IrYdium Chemistry Vlab <http://chemcollective.org/acid-base> είναι άλλο ένα λογισμικό, το οποίο είναι εξελληνισμένο και διαθέτει στον χρήστη εικονικά όργανα χημείας και πλήθος αντιδραστηρίων. Δυστυχώς, όμως, καθώς γίνεται από το λογισμικό αναφορά στις συγκεντρώσεις το καθιστά ακατάλληλο για χρήση στο Γυμνάσιο. Παράλληλα τα γραφικά του είναι λιγότερο ρεαλιστικά σε σχέση με τις προσομοιώσεις του λογισμικού «ο θαυμαστός κόσμος της Χημείας για το Γυμνάσιο» πράγμα που μπορεί να καθιστά τα όργανα λιγότερο αναγνωρίσιμα από τους μαθητές. Επίσης, ο πλούτος του ως προς τα αντιδραστήρια και τα όργανα μπορεί να αποτελέσει αρνητικό στοιχείο για τους μαθητές στο Γυμνάσιο καθώς, μην έχοντας την κατάλληλη εργαστηριακή εμπειρία, δέχονται αυξημένο γνωστικό φορτίο το οποίο καλούνται να επεξεργαστούν μέσω του οπτικού τους καναλιού.

### ***δ. Οι προσομοιώσεις PhET Colorado***

Στον ιστότοπο <http://phet.colorado.edu/> διατίθενται εξελληνισμένες προσομοιώσεις σχετικές με τις Φυσικής Επιστήμες. Σχετικά με τη Χημεία και τη διδακτική ενότητα Οξέα, Βάσεις και Εξουδετέρωση οι προσομοιώσεις εμπλέκουν την έννοια της συγκέντρωσης που δεν διδάσκεται στο Γυμνάσιο.

### ***ε. Η νέα ψηφιακή εφαρμογή που προτείνεται στην παρούσα εργασία***

Όλα τα παραπάνω οδηγούν στην αναζήτηση από το υπάρχων ψηφιακό υλικό εκείνων των στοιχείων που θα μπορούσαν πιθανώς να χρησιμοποιηθούν αυτούσια ή να αναβαθμιστούν για την κατασκευή μιας νέας εφαρμογής. Για παράδειγμα η ικανοποιητική, σε γενικές γραμμές, δομή των προσομοιώσεων του λογισμικού «ο θαυμαστός κόσμος της Χημείας για το Γυμνάσιο», μας οδηγούν στο να χρησιμοποιήσουμε στοιχεία των γραφικών και της δομής τους, για την κατασκευή νέων προσομοιώσεων εικονικών εργαστηριακών διατάξεων. Απαιτείται όμως ο εκ νέου προγραμματισμός με γλώσσα Actionscript 3 για την κατασκευή αρχείων swf, τα οποία υποστηρίζονται από τους περισσότερους ιστότοπους, αλλά και τα εργαλεία συγγραφής ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού όπως το Adobe Captivate. Η εκ νέου κατασκευή προσομοιώσεων είναι επίσης απαραίτητη για την συμπλήρωση με

δραστηριότητες και δυνατότητες που δεν έχουν οι υπάρχουσες προσομοιώσεις.

Το γεγονός ότι το λογισμικό IrYdium Chemistry Vlab και οι προσομοιώσεις Phet Colorado είναι γραμμένες σε γλώσσα java μας εμποδίζει να τις συνδυάσουμε ενσωματώνοντάς τις σε εκπαιδευτικό υλικό κατασκευασμένο στο Adobe Captivate.

Επίσης, η κατασκευή νέων προσομοιώσεων και γενικά ψηφιακού υλικού, θα καταστήσει δυνατή την ευκολότερη αναβάθμιση μελλοντικά σε υλικό που θα είναι κατάλληλο για τη χρήση του στην αντίστοιχη ενότητα που διδάσκεται στο Λύκειο, χωρίς να αποκλείεται η περεταίρω εξέλιξή του με κατασκευή προσομοιώσεων εικονικού εργαστηρίου για την Οργανική Χημεία.

Τέλος, η κατασκευή και ενσωμάτωση στο ψηφιακό υλικό εννοιολογικών χαρτών, αλλά και ερωτήσεων που χρησιμοποιούν τη διαδικασία «σύρε και άφησε» (drag and drop) αξιοποιεί τις δυνατότητες αλληλεπίδρασης του χρήστη με το υλικό που προβάλλεται από τον διαδραστικού πίνακα.

### **5.3 Περιεχόμενα της προτεινόμενης ψηφιακής εφαρμογής**

Προκειμένου να παραχθεί η νέα ψηφιακή εφαρμογή σχεδιάστηκαν προσομοιώσεις που παρέχουν στον χρήστη τη δυνατότητα να εργαστεί σε ένα εικονικό εργαστήριο. Κάθε μια προσομοίωση έχει σχεδιαστεί λαμβάνοντας συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους και ιδέες/παρανοήσεις ή άλλες δυσκολίες που μπορεί να έχει ο μαθητής και παρέχει τα απαραίτητα μόνο όργανα και ουσίες ώστε να είναι συμβατή με τις αρχές 5,6,7 σχεδιασμού πολυμέσων (Πίνακας 2 σελ. 39).

Οι στόχοι και ιδέες που καλούνται να διαχειριστούν αναφέρονται μετά από κάθε προσομοίωση. Είναι όμως προφανές ότι ένας εκπαιδευτικός, ο οποίος θα χρησιμοποιήσει κάθε μια προσομοίωση είτε εντός της συνολικής εφαρμογής είτε μεμονωμένα, μπορεί να το πράξει θέτοντας τους δικούς του στόχους. Το πλεονέκτημα από τη δυνατότητα που παρέχεται να χρησιμοποιηθούν οι προσομοιώσεις μεμονωμένα είναι ότι μπορούν εύκολα να ενταχθούν σε πολλές διαφορετικές μαθησιακές διαδικασίες και άλλου

ψηφιακού υλικού, το οποίο μπορεί να κατασκευάσει ο ίδιος ο εκπαιδευτικός ανάλογα με το σχέδιο μαθήματός.

Οι **δώδεκα** προσομοιώσεις που κατασκευάστηκαν αναφέρονται παρακάτω όπου αναγράφονται οι αντίστοιχοι στόχοι που σχεδιάστηκαν να εξυπηρετούν καθώς και οι ιδέες/έννοιες/παρανοήσεις:

### 1η προσομοίωση



**Εικόνα 1: Προσομοίωση «Διάκριση καθημερινών προϊόντων σε όξινα και βασικά με τη χρήση δείκτη κόκκινου λάχανου»**

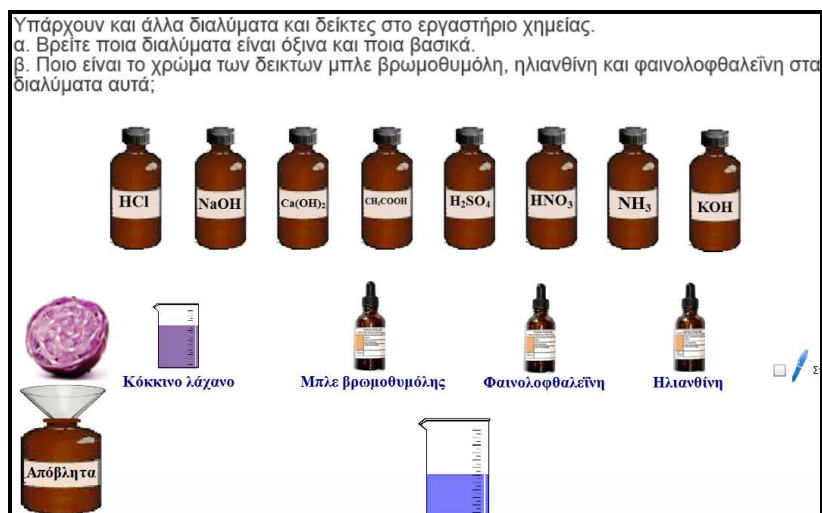
Μαθησιακοί στόχοι (Εικόνα 1):

- Να χρησιμοποιούν δείκτη κόκκινο λάχανο για να διακρίνουν αν ένα καθημερινό προϊόν είναι όξινο ή βασικό.

Ιδέα που διαχειρίζεται:

- Οξύ είναι κάτι το οποίο μπορεί να σε κάψει.

## 2η προσομοίωση

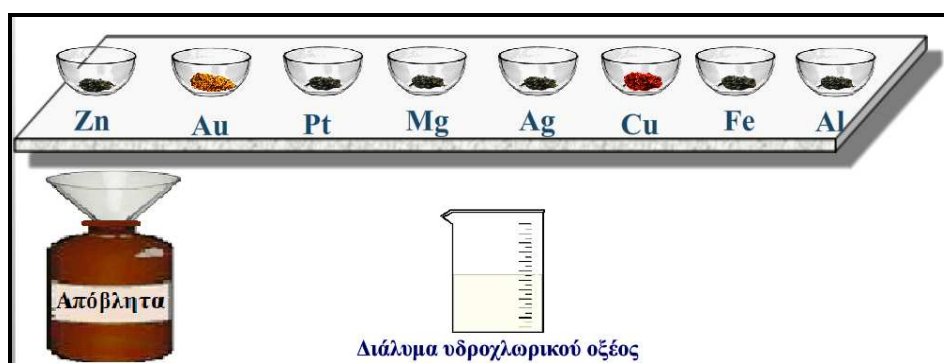


Εικόνα 2: Προσομοίωση «Διάκριση δ/των εργαστηρίου σε όξινα και βασικά με τη χρήση δεικτών»

Μαθησιακοί στόχοι (Εικόνα 2):

- Να χρησιμοποιούν δείκτες για να διακρίνουν αν ένα διάλυμα είναι όξινο ή βασικό.

## 3η προσομοίωση



Εικόνα 3: Προσομοίωση «Αντίδραση μετάλλων με δ/μα υδροχλωρικού οξέος»

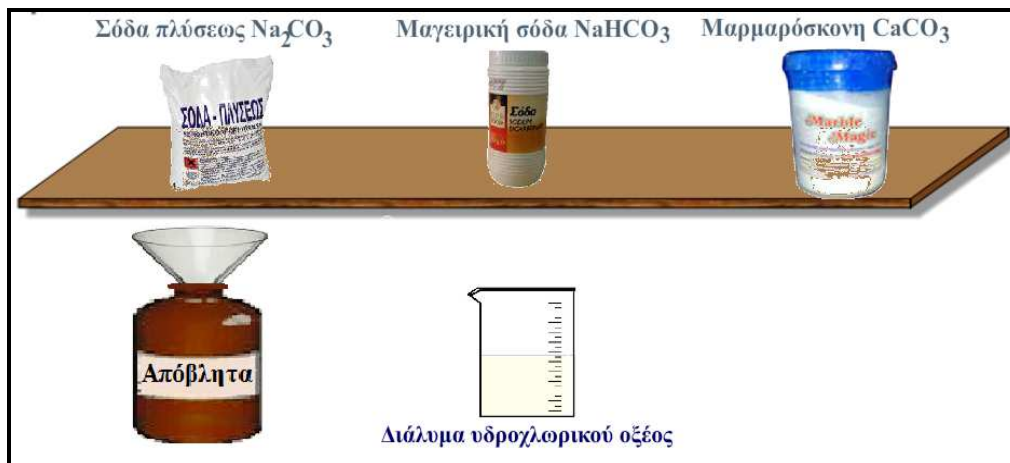
Μαθησιακοί στόχοι (Εικόνα 3):

- Να αναγνωρίζουν ότι ορισμένα μέταλλα αντιδρούν με τα δ/τα των οξέων και να αναφέρουν το παραγόμενο αέριο.

Ιδέες που διαχειρίζεται

- Οξύ είναι κάτι που τρώει μέταλλα.

#### 4η προσομοίωση

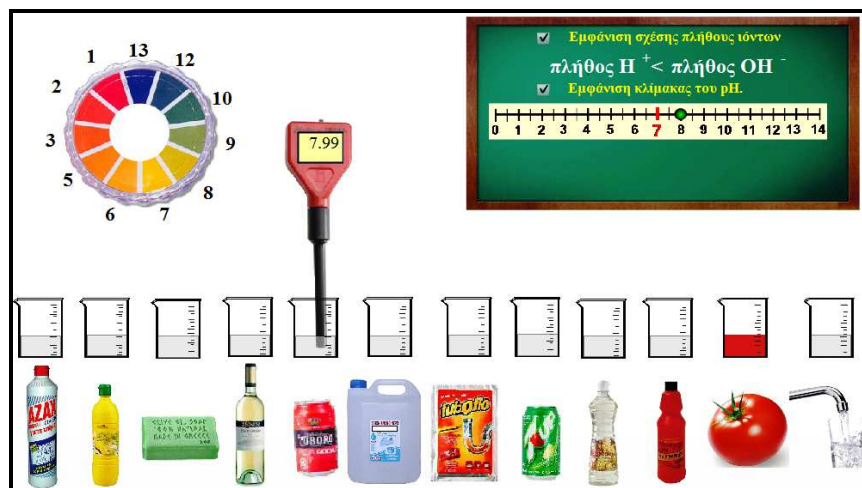


Εικόνα 4: Προσομοίωση «Αντίδραση ανθρακικών αλάτων με δ/μα υδροχλωρικού οξέος»

Μαθησιακοί στόχοι (Εικόνα 4):

- Να αναγνωρίζουν ότι τα ανθρακικά άλατα αντιδρούν με τα δ/τα των οξέων και να αναφέρουν το παραγόμενο αέριο.

#### 5η προσομοίωση



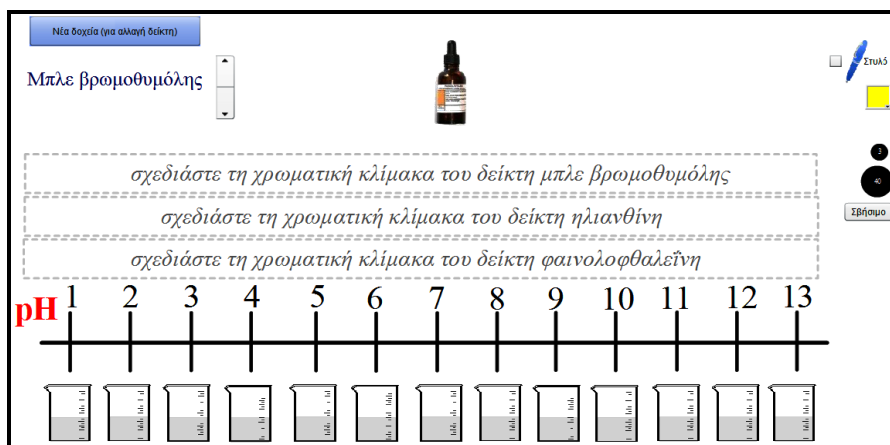
Εικόνα 5: Προσομοίωση «Μέτρηση pH καθημερινών προϊόντων με πεχαμετρικό χαρτί και πεχάμετρο»

Μαθησιακοί στόχοι (Εικόνα 5)::

- Να μετρούν το pH με πεχαμετρικό χαρτί και πεχάμετρο.



## 6η προσομοίωση



Εικόνα 6: Προσομοίωση «Η χρωματική κλίμακα των δεικτών»

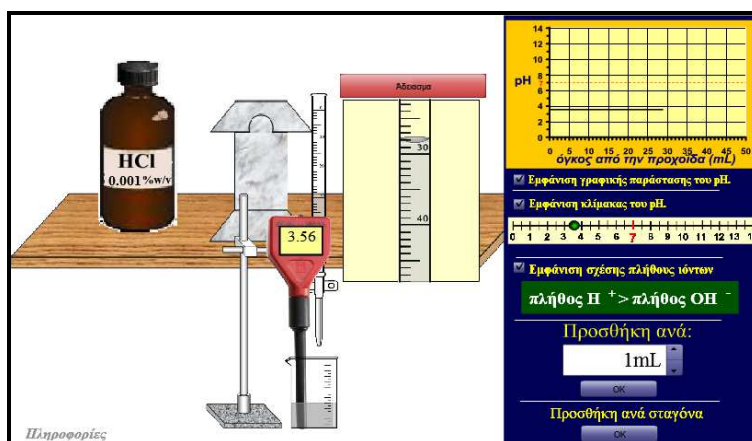
Μαθησιακοί στόχοι (Εικόνα 6):

- Να αναγνωρίζουν ότι το χρώμα ενός δείκτη σε κάποιο διάλυμα καθορίζεται και από τον δείκτη και από την τιμή του pH του διαλύματος.

Δυσκολία που καλείται να αντιμετωπίσει:

- Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι το χρώμα ενός δείκτη καθορίζεται μόνο από τον χαρακτήρα του διαλύματος.

## 7η προσομοίωση

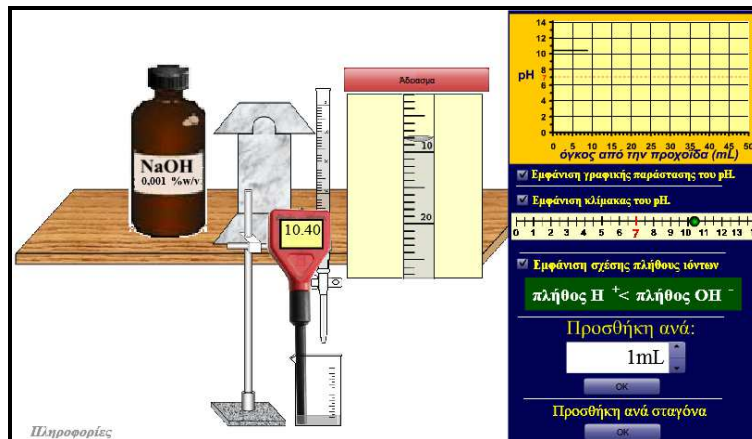


Εικόνα 7: Προσομοίωση «pH και όγκος δ/τος HCl»

Δυσκολία που καλείται να αντιμετωπίσει (Εικόνα 7):

- οι μαθητές συνδέουν την οξύτητα ενός διαλύματος με τον όγκο.

## 8η προσομοίωση

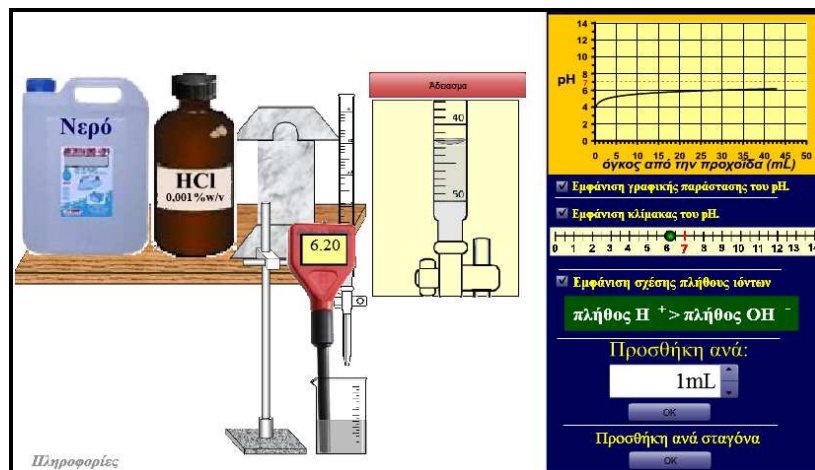


Εικόνα 8: Προσομοίωση «pH και όγκος δ/τος NaOH»

Δυσκολία που καλείται να αντιμετωπίσει:

- οι μαθητές συνδέουν την αλκαλικότητα ενός διαλύματος με τον όγκο του.

## 9η προσομοίωση

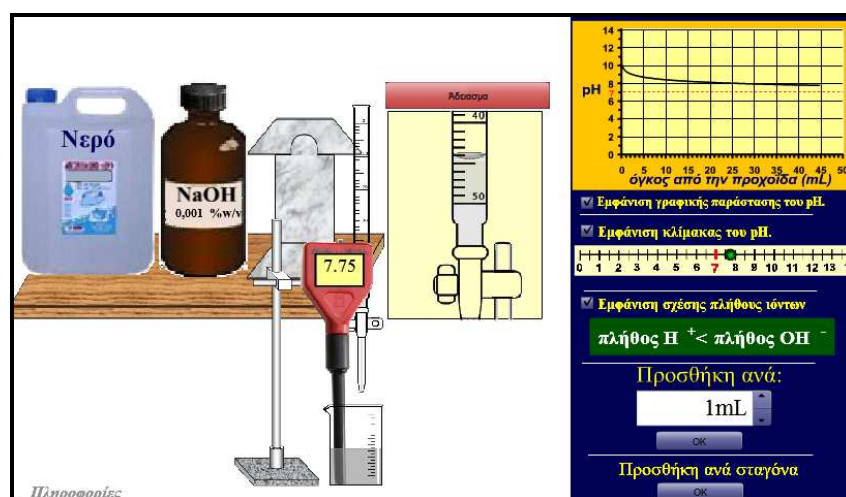


Εικόνα 9: Προσομοίωση «Αραίωση διαλυμάτων οξέων»

Μαθησιακοί στόχοι : (Εικόνα 9):

- Να αναγνωρίζουν ότι το pH ενός διαλύματος οξέος αυξάνεται κατά την αραίωσή του πλησιάζοντας την τιμή 7.

## 10η προσομοίωση



Εικόνα 10: Προσομοίωση «Αραίωση διαλυμάτων βάσεων»

Μαθησιακοί στόχοι (Εικόνα 10) :

- Να αναγνωρίζουν ότι το pH ενός διαλύματος βάσης μειώνεται κατά την αραίωσή του πλησιάζοντας την τιμή 7.

## 11η προσομοίωση



Εικόνα 11: Προσομοίωση «pH διαλυμάτων περιεκτικότητα»

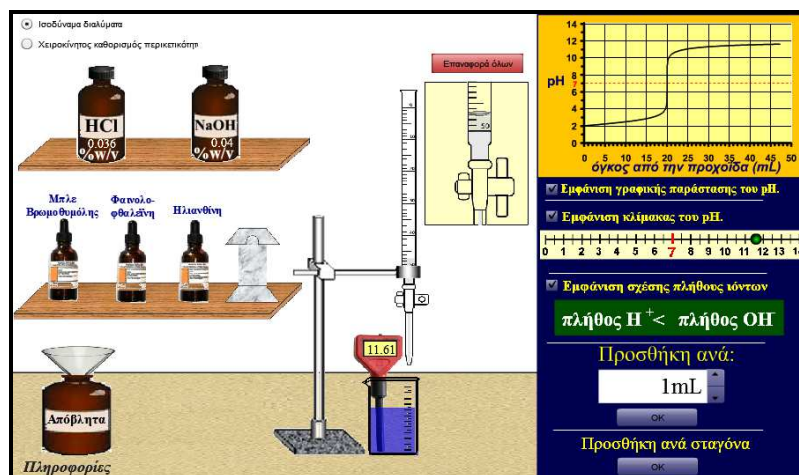
Μαθησιακοί στόχοι (Εικόνα 11)::

- Να συσχετίζουν το pH ενός διαλύματος οξέος ή βάσης με την περιεκτικότητά του.

Δυσκολία που καλείται να αντιμετωπίσει:

- συσχετίζουν την οξύτητα ενός διαλύματος με την ταυτότητα του οξέος ή της βάσης αγνοώντας τον παράγοντα της περιεκτικότητας.

## 12η προσομοίωση



Εικόνα 12: Προσομοίωση «Εξουδετέρωση»

Μαθησιακοί στόχοι (Εικόνα 12)::

- Να περιγράφουν τις μεταβολές του pH κατά την σταδιακή προσθήκη διαλύματος οξέος σε διάλυμα βάσης ή αντίστροφα.

Ιδέες που διαχειρίζονται:

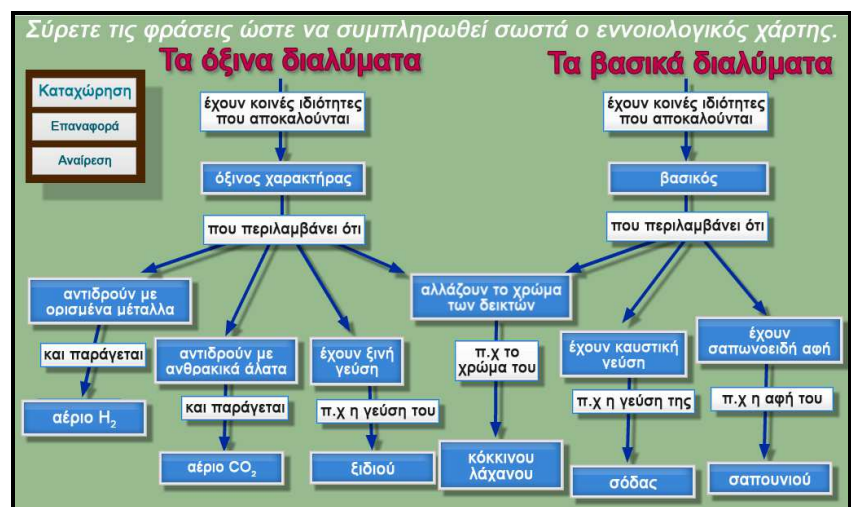
- Ανάμιξη διαλύματος οξέος με διάλυμα βάσης οδηγεί πάντα σε ουδέτερο διάλυμα (ανεξάρτητα από την ποσότητα / περιεκτικότητα του διαλύματος).
- Για να πραγματοποιηθεί εξουδετέρωση πρέπει να υπάρχει στο δοχείο αντίδρασης και ένας δείκτης.

Επίσης, σχεδιάστηκαν 4 (τέσσερις) εννοιολογικοί χάρτες (Εικόνες 13-16) με σκοπό να χρησιμοποιηθούν ως σύνοψη όσων γνώρισαν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.



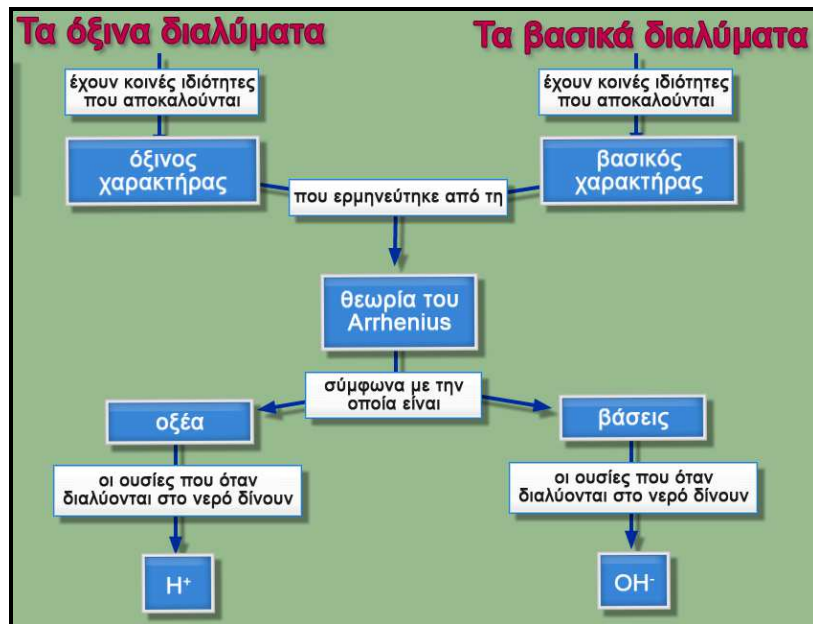
**Εικόνα 13: Συμπληρωμένος ψηφιακός εννοιολογικός χάρτης «Όξινα και Βασικά Διαλύματα και το χρώμα των δεικτών»**

Για παράδειγμα ο χάρτης που απεικονίζεται στην Εικόνα 13 χρησιμοποιείται ως σύνοψη του μαθήματος, στον οποίο κάποια καθημερινά προϊόντα και εργαστηριακά διαλύματα διακρίθηκαν σε όξινα και βασικά με τη χρήση των δεικτών.



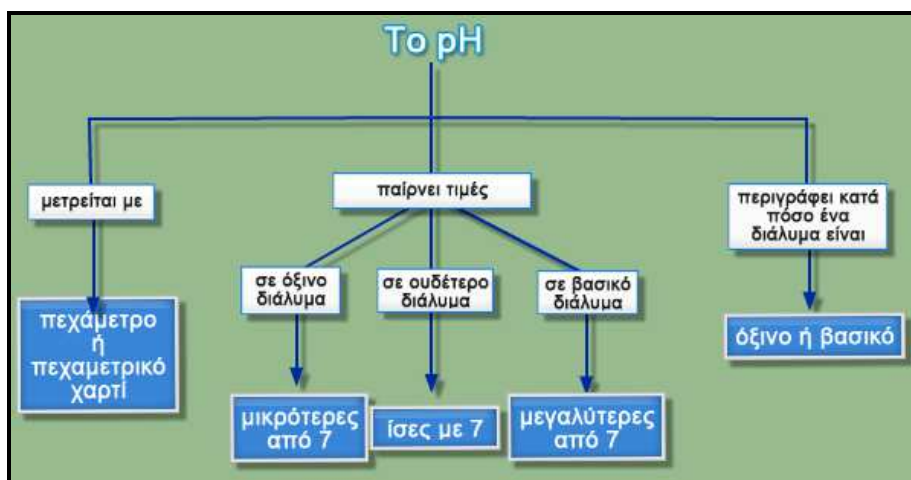
**Εικόνα 14: Συμπληρωμένος ψηφιακός εννοιολογικός χάρτης « Ο όξινος και ο βασικός χαρακτήρας»**

Ο χάρτης που απεικονίζεται στην Εικόνα 14 χρησιμοποιείται ως σύνοψη του μαθήματος, στον οποίο αναλύεται ο όξινος και βασικός χαρακτήρας.



Εικόνα 15: Συμπληρωμένος ψηφιακός εννοιολογικός χάρτης «Θεωρία του Arrhenius»

Ο χάρτης που απεικονίζεται στην Εικόνα 15 χρησιμοποιείται για την οργάνωση της γνώσης σε σχέση με τη θεωρία του Arrhenius σχετικά με τα όξινα και για τα βασικά διαλύματα.



Εικόνα 16: Συμπληρωμένος ψηφιακός εννοιολογικός χάρτης «Η κλίμακα του pH»

Ενώ, ο χάρτης που απεικονίζεται στην Εικόνα 16 χρησιμοποιείται για την οργάνωση της γνώσης σε σχέση με την κλίμακα του pH.

Πέρα από τα παραπάνω ψηφιακά αντικείμενα κατασκευάστηκαν και αρκετές ερωτήσεις συμπλήρωσης κενών που πραγματοποιούνται με τη χρήση "σύρε και άφησε" (drag and drop) ώστε να ενσωματωθούν στην ΨΕ.

Η ΨΕ που σχεδιάστηκε περιλαμβάνει όλα τα παραπάνω αντικείμενα, καθώς και φωτογραφίες οργάνων και επεξηγήσεις με τρόπο όπου η εφαρμογή να είναι συμβατή με τις αρχές σχεδιασμού πολυμέσων (Βλ. Πίνακας 2, σελ. 39). Μέσα από την εφαρμογή ο μαθητής αντιμετωπίζει παράλληλα τα όξινα και βασικά διαλύματα.

Η εφαρμογή περιλαμβάνει τις παρακάτω πέντε ενότητες με τους αντίστοιχους διδακτικούς στόχους. Οι διδακτικοί στόχοι έχουν διαμορφωθεί λαμβάνοντας υπόψη τους διδακτικούς στόχους της ενότητας όπως αναφέρονται στο σχολικό βιβλίο του μαθητή αλλά και τις οδηγίες διδασκαλίας σύμφωνα με την εγκύκλιο 147346/Γ2/16-09-2014. Οι στόχοι και το διδακτικό περιεχόμενο συζητήθηκαν με τους εκπαιδευτικούς που ανέλαβαν και το έργο της αξιολόγησης του ΤΕ ως προς την εγκυρότητά του.

- Ενότητα 1<sup>η</sup>: Γνωριμία με τα διαλύματα των οξέων και των βάσεων

Σε αυτήν την ενότητα γίνεται διάκριση καθημερινών προϊόντων και διαλυμάτων εργαστηρίου σε οξέα και βάσεις μέσω της αλλαγής του χρώματος του δείκτη κόκκινου λάχανου. Οι μαθητές διαπιστώνουν μια από τις ιδιότητες που απαρτίζουν τον όξινο και τον βασικό χαρακτήρα.

Μαθησιακοί στόχοι:

α. Να χρησιμοποιούν δείκτες για να διακρίνουν αν ένα διάλυμα είναι όξινο ή βασικό.

- Ενότητα 2<sup>η</sup>: Ο όξινος και ο βασικός χαρακτήρας.

Σε αυτή την ενότητα οι μαθητές μέσω των κατάλληλων προσομοιώσεων διαπιστώνουν τις υπόλοιπες κοινές ιδιότητες των διαλυμάτων των οξέων και των διαλυμάτων των βάσεων. Τελικά, συμπληρώνουν έναν εννοιολογικό χάρτη που συνοψίζει όσα γνώρισαν σε σχέση με τον όξινο και βασικό χαρακτήρα.

Μαθησιακοί στόχοι:

α. Να αναφέρουν τις ιδιότητες των διαλυμάτων των οξέων και των διαλυμάτων των βάσεων.

- Ενότητα 3<sup>η</sup>: Η θεωρία του Arrhenius / Το pH των διαλυμάτων

Σε αυτή την ενότητα οι μαθητές γνωρίζουν αρχικά κάποιες θεωρίες σε σχέση με την ερμηνεία του όξινου χαρακτήρα (Lavoisier, Davy και Liebig). Μέσα από τις κατάλληλες προσομοιώσεις και την εκπαιδευτική καθοδήγηση απορρίπτουν τις τρεις θεωρίες και καταλήγουν στη θεωρία του Arrhenius. Κατόπιν, παρουσιάζεται η κλίμακα του pH και το πεχαμετρικό χαρτί, αλλά και το πεχάμετρο ως τρόπος μέτρησής του. Οι μαθητές εργάζονται στην προσομοίωση «Μέτρηση pH καθημερινών προϊόντων με πεχαμετρικό χαρτί και πεχάμετρο» ώστε να κατατάξουν ορισμένα διαλύματα ως προς την οξύτητα ή την αλκαλικότητά τους.

Μαθησιακοί στόχοι:

- α. Να ορίζουν τα οξέα και τις βάσεις με βάση τη θεωρία του Arrhenius
- β. Να αναγνωρίζουν ότι η θεωρία του Arrhenius πλεονεκτεί έναντι παλαιότερων θεωριών.
- γ. Να μετρούν το pH με πεχαμετρικό χαρτί και πεχάμετρο στο εικονικό εργαστήριο.
- δ. Να χαρακτηρίζουν ένα διάλυμα όξινο, βασικό ή ουδέτερο με βάση την τιμή του pH.

- Ενότητα 4<sup>η</sup>: Η χρωματική κλίμακα των δεικτών - Διερεύνηση του pH των διαλυμάτων

Σε αυτή την ενότητα χρησιμοποιούνται οι προσομοιώσεις «Η χρωματική κλίμακα των δεικτών», «pH και όγκος δ/τος HCl», «pH και όγκος δ/τος NaOH», «Αραίωση διαλυμάτων οξέων», «Αραίωση διαλυμάτων βάσεων», «pH διαλυμάτων οξέων και περιεκτικότητα», «pH διαλυμάτων βάσεων και περιεκτικότητα». Επιχειρείται η ποιοτική περιγραφή της εξάρτησης του pH από την περιεκτικότητα, καθώς και της μεταβολής του pH κατά την αραίωση.

Μαθησιακοί στόχοι:

- α. Να αναγνωρίζουν ότι το χρώμα ενός δείκτη σε κάποιο διάλυμα καθορίζεται και από τον δείκτη και από την τιμή του pH του διαλύματος.



β. Να αναγνωρίζουν ότι κατά την αραίωση ενός διαλύματος οξέος ή βάσης το pH του διαλύματος πλησιάζει την τιμή 7.

γ. Να αναγνωρίζουν ότι το pH ενός διαλύματος οξέος ή βάσης εξαρτάται από την περιεκτικότητά του και όχι από τον όγκο του.

- Ενότητα 5<sup>η</sup>: Η εξουδετέρωση

Σε αυτή την ενότητα διαπιστώνεται η μεταβολή του pH κατά την ανάμιξη τυχαίων ποσοτήτων διαλυμάτων οξέων και διαλυμάτων βάσεων. Επίσης, παρουσιάζεται η μικροσκοπική εξήγηση της αντίδρασης των οξέων με τις βάσεις και παρατίθενται ορισμένες εφαρμογές από την καθημερινή ζωή.

Μαθησιακοί στόχοι:

α. Να περιγράφουν ποιοτικά την μεταβολή του pH κατά τη σταδιακή ανάμιξη ενός διαλύματος οξέος με ένα διάλυμα βάσης.

β. Να γράφουν την χημική εξίσωση της εξουδετέρωσης.

γ. Να αναφέρουν καθημερινές εφαρμογές που στηρίζονται στο φαινόμενο της εξουδετέρωσης.

#### **5.4 Το εργαλείο συγγραφής και προγραμματισμού προσομοιώσεων**

Οι προσομοιώσεις που περιγράφηκαν παραπάνω και χρησιμοποιήθηκαν στην ψηφιακή εφαρμογή σχεδιάστηκαν και προγραμματίστηκαν χρησιμοποιώντας το εργαλείο συγγραφής Adobe flash Professional CS6. Το συγκεκριμένο εργαλείο συγγραφής δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής εικόνων ως αντικείμενα που προγραμματίζονται μέσω της γλώσσας ActionScript 3.

Ορισμένες από τις εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν αντλήθηκαν από το διαδίκτυο και προσαρμόστηκαν μέσω του εργαλείου ζωγραφικής των Windows. Οι εικόνες αποτελούν φωτογραφίες προϊόντων προς πώληση, ενώ οι φωτογραφίες δεν είναι αντικείμενο με εμπορικό σκοπό (Εικόνα 17).



[https://www.sciencelabsupplies.com/Checker\\_Pocket\\_Sized\\_pH\\_Meter.html](https://www.sciencelabsupplies.com/Checker_Pocket_Sized_pH_Meter.html)



<http://www.bonnymans.co.uk/products/product.php?categoryID=1416&productID=6494>



<http://livesuperfoods.com/news/alkaline-and-acidic-forming-foods>

<http://www.invotecsolutions.co.uk/everyday-ancillaries/descaling-equipment/ph-paper.html>

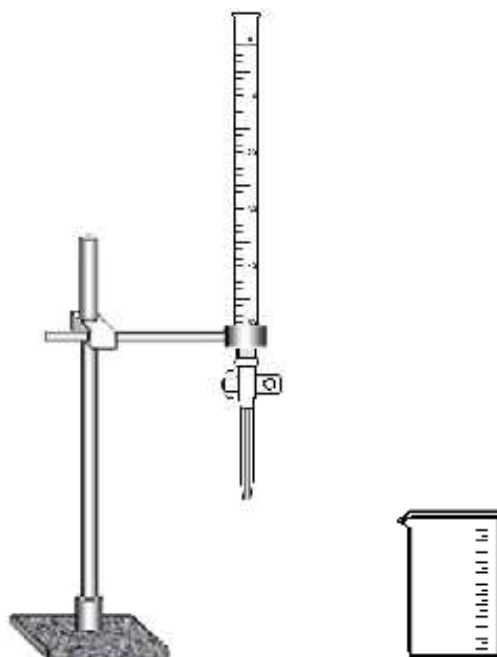
**Εικόνα 17: Ορισμένες από τις εικόνες που αντλήθηκαν από το διαδίκτυο**

Η εικόνα της φιάλης αντλήθηκε από το λογισμικό «ο θαυμαστός κόσμος της Χημείας για το Γυμνάσιο» και τροποποιήθηκε κατάλληλα (βλ. Εικόνα 18).



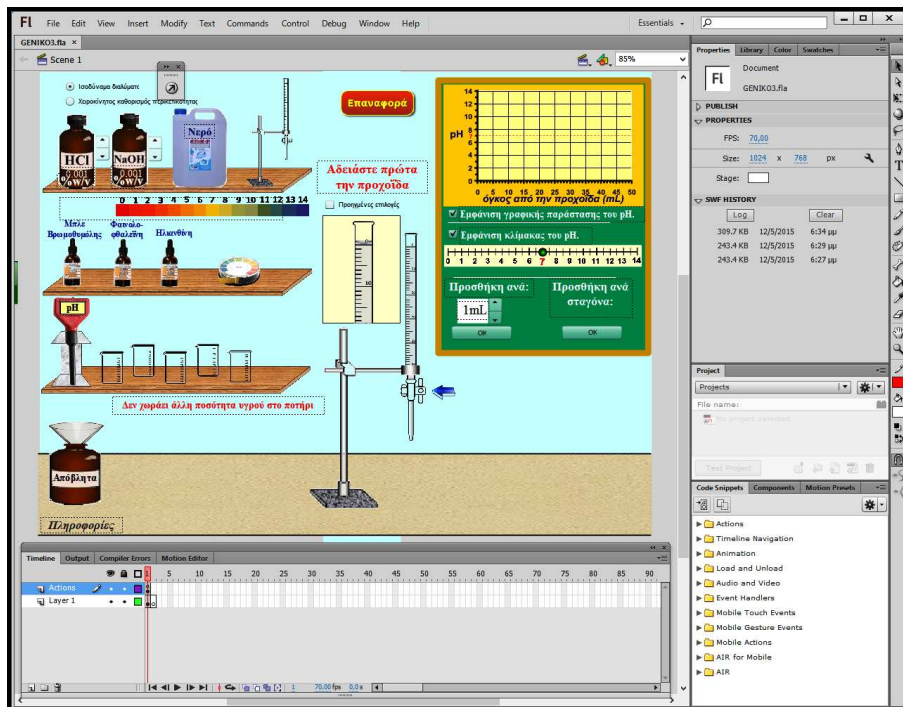
**Εικόνα 18:** Ορισμένες από τις εικόνες που αντλήθηκαν από το λογισμικό «ο θαυμαστός κόσμος της Χημείας για το Γυμνάσιο» που τροποποιήθηκαν

Οι περισσότερες από τις εικόνες (Εικόνα 19) που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή, δημιουργήθηκαν εξ αρχής από την σχεδίαση του Office 2003 και βελτιώθηκαν στο εργαλείο ζωγραφικής των Windows.



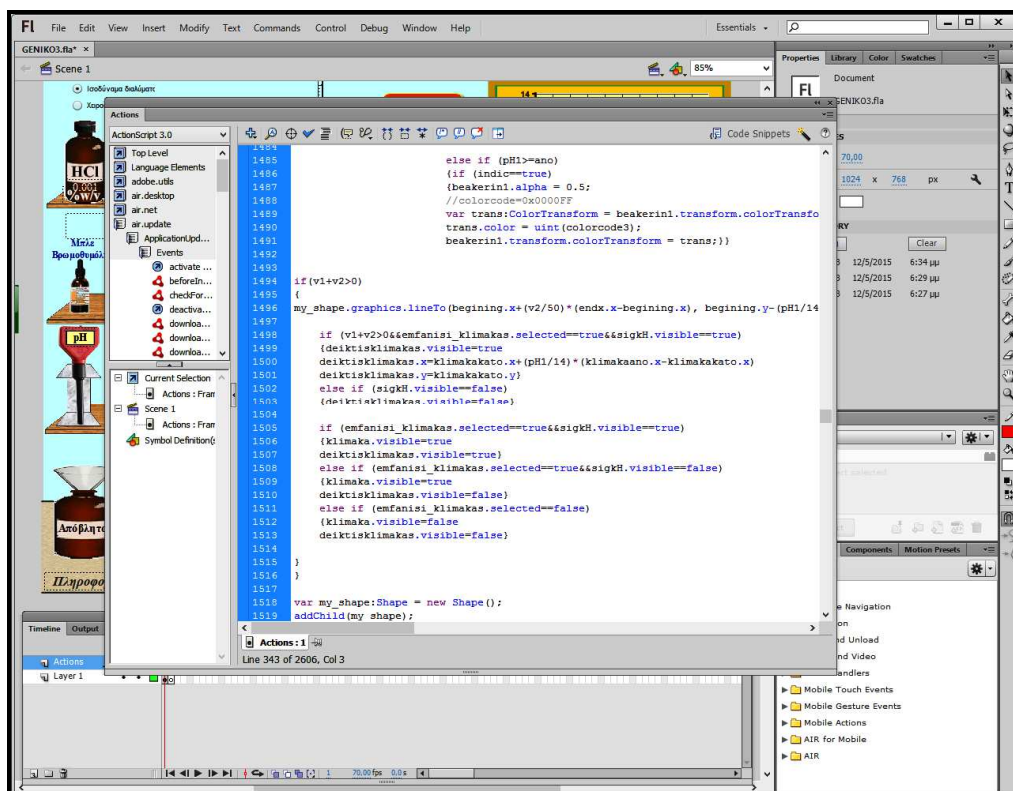
**Εικόνα 19:** Ορισμένες από τις εικόνες που κατασκευάστηκαν στη σχεδίαση του Office 2003 και βελτιώθηκαν στο εργαλείο ζωγραφικής των Windows.

Οι απαιτούμενες, για κάθε προσομοίωση, εικόνες εισάγονται στο Adobe Flash Professional CS6 (βλ. Εικόνα 20) και μετατρέπονται σε αντικείμενα που επιδέχονται προγραμματισμό.



Εικόνα 20: Το εργαλείο σχεδίασης προσομοιώσεων Adobe Flash Professional CS6

Ο προγραμματισμός γίνεται σε γλώσσα ActionScript 3 μέσα από αναδυόμενο παράθυρο της εφαρμογής Adobe Flash Professional CS6 (Εικόνα 21).



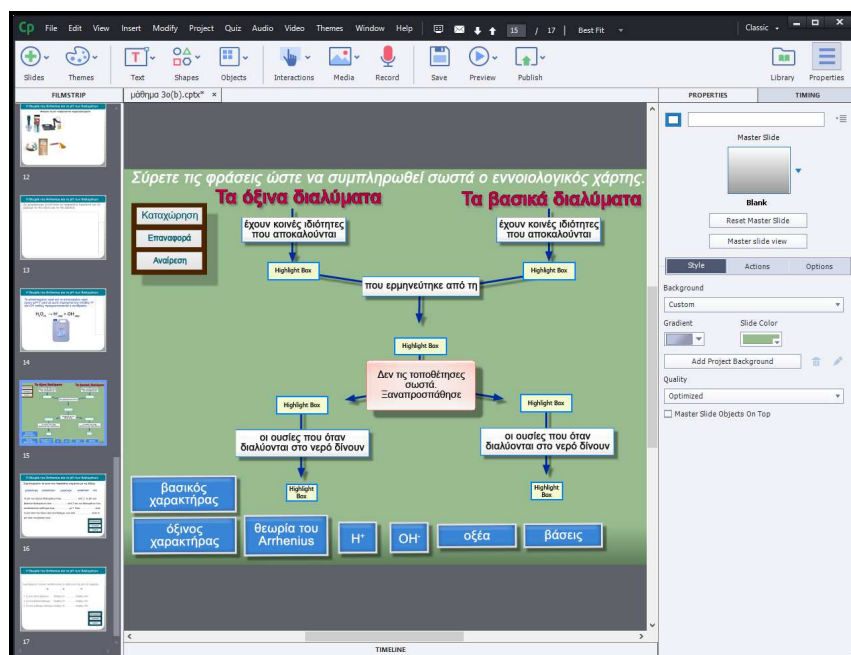
Εικόνα 21: Το παράθυρο προγραμματισμού του Adobe Flash Professional CS6

Η εξαγωγή της προσομοίωσης γίνεται σε μορφή αρχείου swf. Η μορφή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αυτόνομα, τοπικά μέσα από εφαρμογές όπως το gorn player και επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί δικτυακά καθώς είναι συμβατή με τους περισσότερους ιστότοπους και περιηγητές του διαδικτύου, σε Η/Υ που «τρέχουν» κάποια έκδοση των Windows.

## 5.5 Το εργαλείο συγγραφής της συνολικής ψηφιακής εφαρμογής

Όλα τα προηγούμενα ψηφιακά αντικείμενα ενσωματώθηκαν στη συνολική ψηφιακή εφαρμογή. Αυτή αρχικά ήταν εξολοκλήρου γραμμικού τύπου, ώστε να προσφέρει αυξημένη εκπαιδευτική καθοδήγηση με βάση τη θεωρία του γνωστικού φορτίου. Παράλληλα επιχειρείται μέσα από τις δραστηριότητές της και τις προσομοιώσεις που ενσωματώθηκαν να γίνεται η ανίχνευση και διαχείριση των ιδεών των μαθητών μέσω του μοντέλου ΠΠΕ.

Το εργαλείο συγγραφής της εφαρμογής είναι το Adobe Captivate CS6 (Εικόνα 22). Αυτό παρέχει επιλογές με τις οποίες μπορούν να δημιουργηθούν σχετικά εύκολα και χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις γνώσης προγραμματισμού διαδραστικές μικροεφαρμογές όπως, ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού και εννοιολογικοί χάρτες. Επίσης, είναι συμβατό με τα αρχεία swf που δημιουργήθηκαν από το Adobe Flash Professional CS6.



Εικόνα 22: Εργαλείο συγγραφής ψηφιακής εφαρμογής Adobe Captivate CS6

Τονίζεται, όμως, ότι η πρώτη πειραματική δραστηριότητα προτείνεται να γίνεται με τη χρήση πραγματικού εργαστηρίου είτε επίδειξης είτε μετωπικού. Το πραγματικό εργαστήριο χρησιμοποιείται στην έναρξη της διδασκαλίας της ενότητας των οξέων – βάσεων ώστε οι μαθητές να γνωρίσουν τα όργανα (π.χ. ποτήρια ζέσεως, δοκιμαστικοί σωλήνες) και τις ουσίες (π.χ τον δείκτη κόκκινο λάχανο) που θα χρησιμοποιήσουν στην ψηφιακή τους μορφή σε επόμενα στάδια της διδασκαλίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Αξιολόγηση της ΨΕ

#### 6.1 Εισαγωγή

Η ΨΕ που κατασκευάστηκε εφαρμόστηκε σε 7 Γυμνάσια της περιφέρειας δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης Πειραιά κατά τη σχολική χρονιά 2014-15. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 7 εκπαιδευτικοί και συνολικά 280 μαθητές. Αυτό έγινε με 2 στόχους:

- Ο πρώτος ήταν να εφαρμοστεί η ΨΕ μέσα σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας από εκπαιδευτικούς με σχετικά αυξημένη εμπειρία στην διδασκαλία της Χημείας, αλλά και με επάρκεια στην εφαρμογή των ΤΠΕ στην διδακτική πράξη. Κατά τη διάρκεια της χρήσης της εφαρμογής, αλλά και μετά το πέρας της ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να γίνει σχολιασμός καθώς και προτάσεις βελτίωσής της.
- Ο δεύτερος ήταν να εκτιμηθεί η επίδραση που έχει η χρήση της εφαρμογής στην επίδοση (achievement) των μαθητών. Εφαρμόστηκε η ημιπειραματική μέθοδος, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν είναι αδύνατο να τροποποιηθεί η κατανομή των μαθητών της τάξης<sup>11,12,75</sup>.

Η ημιπειραματική μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες έρευνες για την εκτίμηση ψηφιακού υλικού. Ο Tatli & Ajas<sup>12</sup> συνέκριναν την επίδοση μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που έχουν διδαχθεί την ενότητα «Χημικά Φαινόμενα» μέσω εικονικού εργαστηρίου με αυτή μαθητών που έχουν διδαχθεί μέσω παραδοσιακού εργαστηρίου<sup>12</sup>. Στην έρευνα αυτή οι μαθητές ενός σχολείου χωρίστηκαν σε 3 ομάδες. Η πρώτη διδάχθηκε μέσω του εικονικού εργαστηρίου που κατασκευάστηκε από τους ερευνητές, η δεύτερη διδάχθηκε σύμφωνα με το σχέδιο διδασκαλίας που διαμόρφωσε ο ίδιος ο εκπαιδευτικός κάνοντας χρήση μόνο πραγματικού εργαστηρίου όταν έκρινε αυτός αναγκαίο και η τρίτη διδάχθηκε με πραγματικό εργαστήριο σύμφωνα με σχέδιο διδασκαλίας των ερευνητών. Μετά τη διδασκαλία και των τριών ομάδων από τον ίδιο εκπαιδευτικό η επίδοση των μαθητών σε ερωτήσεις κλειστού τύπου επί του γνωστικού αντικείμενου ήταν ίδια στην πρώτη και την τρίτη ομάδα, ενώ ήταν μικρότερη στην δεύτερη. Κατά τους

ερευνητές αυτό σημαίνει ότι το εικονικό εργαστήριο μπορεί να επιτύχει τουλάχιστον τα ίδια αποτελέσματα σε σχέση με το πραγματικό εργαστήριο.

Οι Yang & Heh <sup>11</sup> χρησιμοποίησαν, επίσης, την ημιπειραματική μέθοδο για την εκτίμηση ψηφιακού υλικού Φυσικής<sup>11</sup>. Συνέκρινε την επίδοση μιας ομάδας μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, η οποία διδάχθηκε με τη χρήση του ψηφιακού υλικού, με την επίδοση μιας άλλης ομάδας μαθητών η οποία διδάχθηκε την ίδια ενότητα με τη χρήση παραδοσιακού εργαστηρίου. Η επίδοση των μαθητών που διδάχθηκαν με τη χρήση του ψηφιακού υλικού ήταν υψηλότερη.

## 6.2 Η ερευνητική μεθοδολογία

Σύμφωνα με την *ημιπειραματική μεθοδολογία* απαιτείται η δημιουργία μιας *πειραματικής ομάδας* μαθητών (ΠΟ) που διδάσκεται από την προτεινόμενη διδασκαλία και μιας *ομάδας ελέγχου* (ΟΕ) που διδάσκεται με κάποια άλλη μορφή διδασκαλίας<sup>75</sup>. Στη παρούσα ερευνητική εργασία, προκειμένου να εκτιμηθεί η επίδραση που έχει η ψηφιακή εφαρμογή που προτείνεται, η ΠΟ διδάσκεται με τη χρήση της ΨΕ στον διαδραστικό πίνακα, ενώ η ΟΕ μέσω συμβατικού πίνακα και πραγματικού εργαστηρίου επίδειξης. Η διδασκαλία και των δύο ομάδων περιελάμβανε τα ίδια διδακτικά βήματα και διανεμήθηκε ένα φύλλο εργασίας ανά μαθητή που περιείχε αντίστοιχες δραστηριότητες και για τις δύο ομάδες. Επιλέχθηκε ο διαδραστικός πίνακας για τη χρήση της ΨΕ αντί του εργαστηρίου πληροφορικής, καθώς ο διαδραστικός πίνακας είναι συνήθως διαθέσιμος στους εκπαιδευτικούς ΠΕ04 αντίθετα με το εργαστήριο πληροφορικής. Επίσης, για τη σύγκρισή του με άλλη διδασκαλία επιλέγεται το εργαστήριο επίδειξης, καθώς είναι η πλέον διαδομένη μορφή εργαστηριακής πρακτικής λόγω ελλείψεων στην υποδομή ή του διαθέσιμου χρόνου για την προετοιμασία μετωπικής εργαστηριακής άσκησης<sup>76</sup>.

Κάθε ομάδα ελέγχεται πριν (pre-test) και μετά τη διδασκαλία (post-test) μέσω ενός σταθμισμένου, ως προς την εγκυρότητα και την αξιοπιστία, *τεστ επίδοσης* (TE)<sup>75</sup> (Σχήμα 3).



	pre-test	Διδασκαλία	post-test
Πειραματική Ομάδα	X	ψηφιακή εφαρμογή	X
Ομάδα Ελέγχου	X	εργαστήριο επίδειξης	X

Σχήμα 3: Πορεία έρευνας για την αξιολόγηση της ψηφιακής εφαρμογής

Το ερευνητικό ερώτημα που καλείται να απαντήσει η παραπάνω μεθοδολογία είναι:

*Η διδασκαλία με τη ψηφιακή εφαρμογή, όταν αυτή προβάλλεται στον διαδραστικό πίνακα, έχει τα ίδια αποτελέσματα στην επίδοση των μαθητών με τη διδασκαλία μέσω πραγματικού εργαστηρίου επίδειξης και του συμβατικού πίνακα;*

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 7 διαφορετικά σχολεία ώστε να διευρυνθεί το μέγεθος του δείγματος και να δοκιμαστεί σε πραγματικές συνθήκες η ΨΕ από διαφορετικούς εκπαιδευτικούς. Προσφέρθηκαν 7 εκπαιδευτικοί από αντίστοιχο αριθμό Γυμνασίων της Διεύθυνσης Εκπαίδευσης Πειραιά για να πραγματοποιήσουν τις διδασκαλίες που προέβλεπε η έρευνα. Όλοι οι εκπαιδευτικοί είχαν τουλάχιστον 10ετή εμπειρία στη διδασκαλία της Χημείας Γυμνασίου και έχουν πιστοποιηθεί στην εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη. Επίσης, όλοι διέθεταν στα σχολεία τους διαδραστικούς πίνακες και είχαν τα διαθέσιμα όργανα και ουσίες για τις εργαστηριακές ασκήσεις που προβλέπονταν από την έρευνα.

Σε όλους τους εκπαιδευτικούς παρασχέθηκαν οδηγίες για το πώς θα πραγματοποιηθεί η διδασκαλία και τα ΤΕ. Σε κάθε σχολείο επιλέχθηκαν τυχαία από τον εκπαιδευτικό δύο τμήματα. Το ένα αποτελούσε την ΠΟ και το άλλο την ΟΕ. Αρχικά δόθηκε σε κάθε μαθητή το ΤΕ ώστε να διαπιστωθεί αν οι δύο ομάδες είναι αρχικά ισοδύναμες (pre-test). Κατόπιν πραγματοποιήθηκε η διδασκαλία της οποίας η συνολική διάρκεια ήταν 7 ώρες, καθώς η 2<sup>η</sup> ενότητα και η 4<sup>η</sup> ενότητα απαίτησαν 2 διδακτικές ώρες η καθεμία. Μετά δόθηκε πάλι σε όλους τους μαθητές το ίδιο ΤΕ ώστε να γίνει διερευνηθούν αν υπάρχουν

διαφορές στην επίδοση μεταξύ των δύο τμημάτων. *Μεταξύ του pre-test και του post-test μεσολάβησε χρονικό διάστημα περίπου 2 μηνών.*

### **6.3 Η κατασκευή του ΤΕ**

Για την κατασκευή του ΤΕ λήφθηκαν υπόψη οι διδακτικοί στόχοι του μαθήματος. Αρχικά κατασκευάστηκαν 40 ερωτήματα πολλαπλής επιλογής καθένα από τα οποία είχε 4 πιθανές απαντήσεις. Για την κατασκευή των λανθασμένων απαντήσεων (distractors) χρησιμοποιούνται οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και οι «δυσκολίες» που διατυπώθηκαν από τους εκπαιδευτικούς. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκε η πρώτη έκδοση του test. Αυτή δόθηκε σε 13 εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που διδάσκουν το συγκεκριμένο αντικείμενο και 5 σχολικούς συμβούλους ώστε να ελεγχθεί και να προταθούν βελτιώσεις, προκειμένου να βελτιωθεί η εγκυρότητα του (face validity)<sup>75</sup>. Λαμβάνοντας υπόψη τις προτάσεις βελτίωσης δημιουργήθηκε η δεύτερη έκδοση του ΤΕ. Η έκδοση αυτή δίνεται στο Παράρτημα Ι.

Η δεύτερη έκδοση του ΤΕ δόθηκε σε 194 μαθητές/τριες 4 Γυμνασίων που είχαν μόλις ολοκληρώσει την διδακτική ενότητα οξέα – βάσεις. Τονίζεται ότι τα Γυμνάσια αυτά είναι διαφορετικά από τα 7 που θα δοκίμαζαν αργότερα την ΨΕ. Οι απαντήσεις τους χρησιμοποιήθηκαν για να ελεγχθεί η αξιοπιστία του ΤΕ μέσω ανάλυσης αντικειμένων (item analysis)<sup>77</sup>, η οποία για να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SPSS 22. Για τις ανάγκες της ανάλυσης αντικειμένων δημιουργήθηκε κώδικας (παράρτημα ΙΙ) ο οποίος:

- α. βαθμολογεί τις απαντήσεις.
- β. υπολογίζει τον δείκτη αξιοπιστίας «Cronbach's alpha».
- γ. υπολογίζει τον δείκτη διακριτικής ικανότητας (discrimination index) κάθε ερώτησης.
- δ. υπολογίζει τον δείκτη δυσκολίας (difficulty index) κάθε ερωτήματος που προκύπτει από το ποσοστό των σωστών απαντήσεων για κάθε ερώτημα.

Στο παράρτημα ΙΙΙ παρατίθενται τα στοιχεία από τη στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων στο SPSS 22. Ο δείκτης Cronbach's alpha ήταν

μεγαλύτερος από 0,8. Με βάση τα στοιχεία αυτά απομακρύνθηκαν οι ερωτήσεις που έχουν μικρό συντελεστή διακριτικής ικανότητας (μικρότερο από 0,3). Επιλέχθηκαν 22 ερωτήσεις των οποίων ο δείκτης διακριτικής ικανότητας είναι μεγαλύτερος του 0,319 και με δείκτη δυσκολίας που έχει μέση τιμή 0,61 (Πίνακας 3).

**Πίνακας 3: Δείκτες διακριτικής ικανότητας και δυσκολίας των ερωτημάτων που επιλέχθηκαν από την 2<sup>η</sup> έκδοση του test**

ερώτηση	δείκτης διακριτικής ικανότητας	δείκτης δυσκολίας
2	0,358	0,689
6	0,378	0,644
7	0,497	0,534
8	0,342	0,593
10	0,497	0,736
16	0,487	0,547
17	0,338	0,716
18	0,541	0,531
19	0,432	0,531
21	0,372	0,737
22	0,459	0,613
23	0,42	0,572
24	0,504	0,536
25	0,319	0,469
28	0,38	0,577
30	0,444	0,727
33	0,376	0,644
34	0,498	0,596
37	0,416	0,660
38	0,389	0,613
39	0,546	0,567
40	0,425	0,593
<i>μέση τιμή = 0,428</i>		<i>μέση τιμή = 0,61</i>

Με βάση και τις παρατηρήσεις των 4 εκπαιδευτικών που έδωσαν τα ΤΕ στους μαθητές τους, η ερώτηση 25 βελτιώθηκε και προστέθηκαν 2 ακόμα. Ο τελικός αριθμός των ερωτήσεων ήταν 24. Παράλληλα σχεδιάστηκαν ορισμένες ερωτήσεις ανοιχτού τύπου ώστε αν είναι δυνατόν να μελετηθούν και με αυτό τον τρόπο πιθανές παρανοήσεις των μαθητών. Δυστυχώς, όμως, όπως φάνηκε από τα απαντητικά φύλλα οι μαθητές δεν απαντούσαν τις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Το ΤΕ που κατασκευάστηκε αποτελεί την τελική μορφή του και παρατίθεται στο Παράρτημα IV.

#### 6.4 Τα αποτελέσματα από το TE

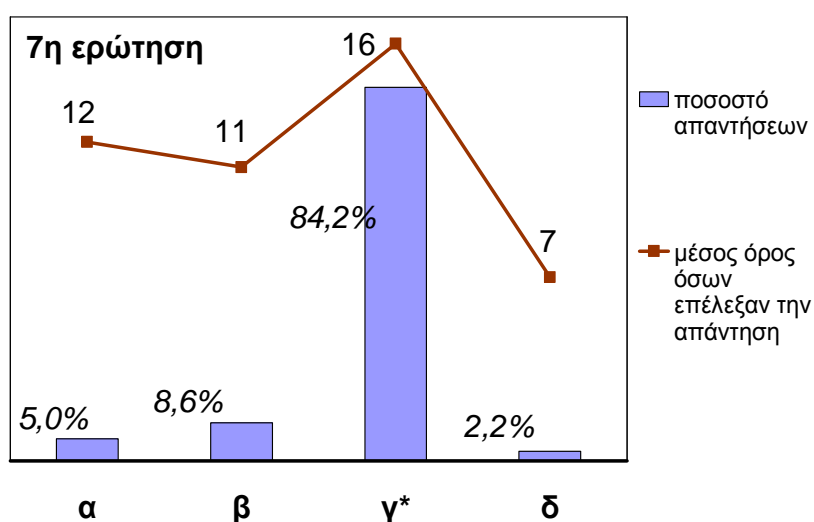
Τα αποτελέσματα από τα post-test χρησιμοποιήθηκαν αρχικά συγκεντρωτικά για όλα τα σχολεία ώστε να γίνει εκ νέου ανάλυση αντικειμένων του TE. Για τον σκοπό αυτό προσαρμόστηκε ο κώδικας του παραρτήματος II ώστε να χρησιμοποιηθεί για την στατιστική επεξεργασία των 24 ερωτήσεων της τελικής έκδοσης του TE. Οι πίνακες με τα αναλυτικά αποτελέσματα από τη στατιστική επεξεργασία αναγράφονται στο Παράρτημα V. Βρέθηκε ότι ο δείκτης Cronbach's alpha είναι  $\alpha=0,857$ , ο δείκτης διακριτικής ικανότητας σε 22 από τις 24 ερωτήσεις είναι μεγαλύτερος από 0,3 και η μέση τιμή όλων των δεικτών δυσκολίας είναι 0,619 (Πίνακας 4)

Πίνακας 4: Δείκτες διακριτικής ικανότητας και δυσκολίας των ερωτημάτων της τελικής έκδοσης του TE

ερώτηση	δείκτης διακριτικής ικανότητας	δείκτης δυσκολίας
1	0,310	0,886
2	0,334	0,612
3	0,430	0,611
4	0,437	0,45
5	0,450	0,58
6	0,474	0,615
7	0,272	0,842
8	0,377	0,507
9	0,387	0,683
10	0,430	0,738
11	0,385	0,696
12	0,481	0,597
13	0,423	0,737
14	0,435	0,588
15	0,430	0,56
16	0,483	0,509
17	0,228	0,568
18	0,493	0,502
19	0,415	0,464
20	0,397	0,688
21	0,376	0,546
22	0,517	0,719
23	0,410	0,552
24	0,505	0,596
<i>μέση τιμή= 0,412</i>		<i>μέση τιμή= 0,619</i>

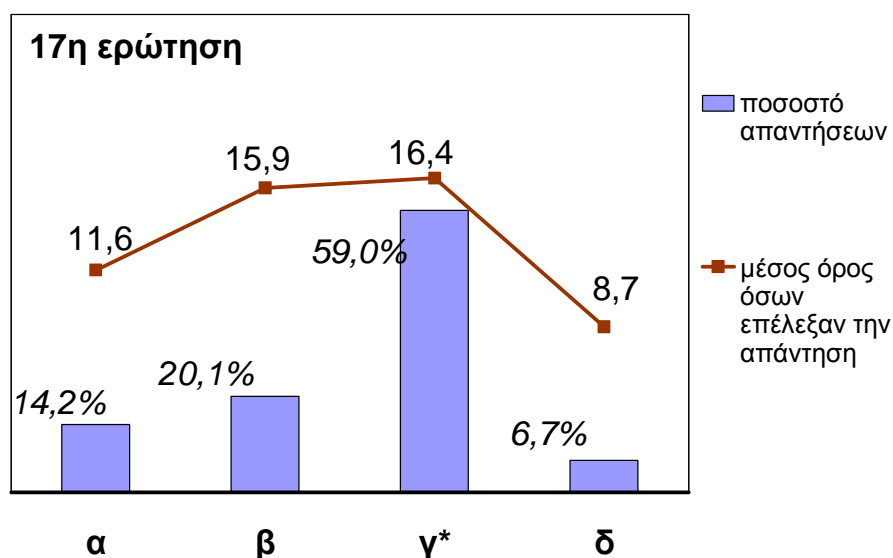
Η ερώτηση 7 έχει σχετικά χαμηλό δείκτη διακριτικής ικανότητας, ο οποίος όμως μπορεί να αποδοθεί στον σχετικά μεγάλο δείκτη δυσκολίας της (ο

οποίος είναι 0,842). Είναι δηλαδή εύκολη ερώτηση για όλους τους μαθητές που διδάχθηκαν είτε στην ΠΟ είτε στην ΟΕ, οπότε η ερώτηση δεν διακρίνει τους μαθητές με την αυξημένη επίδοση από τους υπόλοιπους. Αυτό σημαίνει ότι όλοι οι μαθητές διδάχθηκαν πολύ σωστά και στις δύο περιπτώσεις. Πιο αναλυτικά, αν παρασταθούν στο ίδιο διάγραμμα το ποσοστό των απαντήσεων και ο μέσος όρος της βαθμολογίας γίνεται εμφανές ότι οι μαθητές με υψηλές επιδόσεις επιλέγουν τη σωστή απάντηση, ενώ ταυτόχρονα είναι πολύ χαμηλό το ποσοστό των μαθητών με μικρή επίδοση που επιλέγουν λανθασμένες απαντήσεις (Σχήμα 4).



**Σχήμα 4:** Γράφημα του ποσοστού των απαντήσεων και του μέσου όρου όσων επέλεξαν κάθε απάντηση στην 7<sup>η</sup> ερώτηση.

Δεν μπορούμε όμως να ισχυριστούμε το ίδιο για την 17<sup>η</sup> ερώτηση, η οποία είναι πιο δύσκολη (δείκτης δυσκολίας 0,59). Αν υπολογίσουμε τον δείκτη διακριτικής ικανότητας της ερώτησης χωριστά για τις ΠΟ και τις ΟΕ προκύπτει ότι οι μαθητές των ΠΟ που εργάστηκαν με την ψηφιακή εφαρμογή απαντούν με τέτοιο τρόπο ώστε ο δείκτης διακριτικής ικανότητας να πέφτει στο 0,155, ενώ για τους μαθητές της ΟΕ ο ίδιος δείκτης έχει τιμή άνω του 0,3. Αν σχεδιαστεί το γράφημα του ποσοστού απαντήσεων και του μέσου όρου όσων επέλεξαν την απάντηση, *μόνο όμως για τους μαθητές των ΠΟ που εργάστηκαν με την ΨΕ*, γίνεται εμφανές ότι παρατηρείται σημαντικό ποσοστό μαθητών με υψηλές β επιδόσεις που δυσκολεύονται να δώσουν τη σωστή απάντηση σε αυτό το ερώτημα (Σχήμα 5).



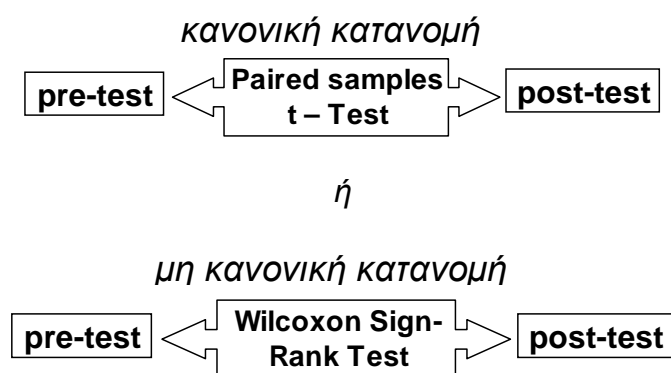
**Σχήμα 5: Γράφημα του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών των ΠΟ και του μέσου όρου όσων επέλεξαν κάθε απάντηση στην 17<sup>η</sup> ερώτηση.**

Το γεγονός αυτό μας προβλημάτισε σε σχέση με το πώς παρουσιάστηκε μέσα από την ΨΕ η ανάμιξη διαλυμάτων της ίδιας περιεκτικότητας ώστε να γίνει εμφανής η σταθερότητα του pH. Η προσομοίωση που χρησιμοποιήθηκε δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να προσθέσει διάλυμα σε ένα ποτήρι ζέσεως και κατόπιν να προσθέτει επιπλέον ποσότητα από το ίδιο διάλυμα, προκειμένου να διαπιστώσει τη σταθερότητα του pH. Η προσθήκη, όμως, επιπλέον ποσότητας γίνεται μόνο με τη χρήση προχοϊδας. Η προχοϊδα όμως, όπως επισημάνθηκε από τους εκπαιδευτικούς, είναι πολύ πιθανόν έως βέβαιο να συναντάται για πρώτη φορά από τους μαθητές. Συνεπώς, αυξάνεται το γνωστικό φορτίο κατά την συγκεκριμένη μαθησιακή διαδικασία μέσω της ανάγκης που προκύπτει για την εκμάθηση της λειτουργίας της στο ψηφιακό περιβάλλον. Αντίθετα, οι μαθητές των ΟΕ διαπίστωσαν την σταθερότητα του pH με πιο απλά όργανα όπως είναι το ποτήρι ζέσεως και το σταγονομετρικό φιαλίδιο. Τα παραπάνω μας κατευθύνουν στην αναβάθμισή της ΨΕ με την παροχή δυνατότητας προσθήκης επιπλέον ποσότητας διαλύματος και με απλούστερα όργανα. Οι ενσωματωμένες προσομοιώσεις θα πρέπει να γίνουν πιο ευέλικτες και η προχοϊδα θα πρέπει να είναι ένα επιπλέον εργαλείο διαθέσιμο να το επιλέξει ο εκπαιδευτικός ανάλογα με την κρίση του. Αξιοσημείωτο είναι ότι δεν παρουσιάστηκε το ίδιο αρνητικό αποτέλεσμα σε

μεταγενέστερες μαθησιακές διαδικασίες που χρησιμοποίησαν παρόμοιες προσομοιώσεις. Το γεγονός αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το ότι κατά τις διαδικασίες αυτές οι μαθητές είχαν ήδη εξοικειωθεί με τη χρήση της ψηφιακής προχοΐδας. Παρόλα αυτά, παραμένει το συμπέρασμα ότι θα πρέπει να παρασχεθούν στον χρήστη και άλλες δυνατότητες.

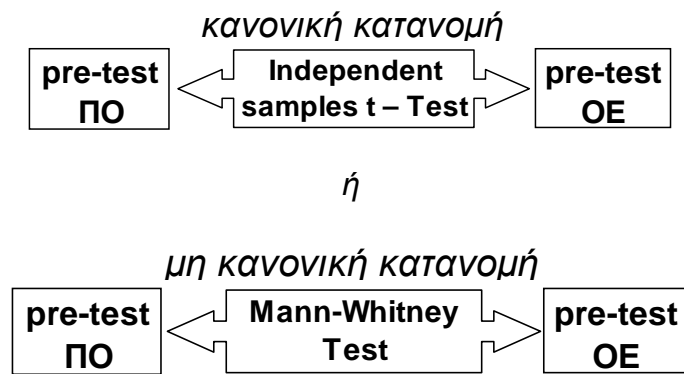
Κατόπιν εξετάστηκαν τα στατιστικά στοιχεία από κάθε σχολείο χωριστά. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκε:

- αν σε κάθε τμήμα (ΠΟ και ΟΕ) παρατηρείται διαφορά στην επίδοση μετά το τέλος της διδασκαλίας. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιείται στο SPSS 22 Paired sample t – Test (εφόσον διαπιστωθεί κανονική κατανομή) ή Wilcoxon Sign-Rank Test (εφόσον δεν διαπιστωθεί κανονική κατανομή) χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από το pre-test και το post-test του ίδιου τμήματος (Σχήμα 6).



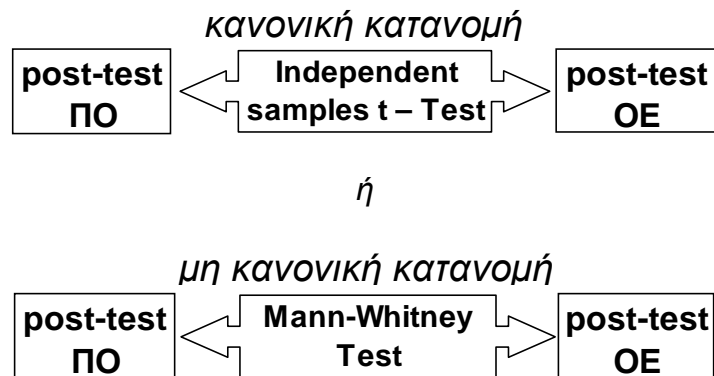
**Σχήμα 6:** Στατιστικός έλεγχος αν υπάρχει βελτίωση στην επίδοση μετά τη διδασκαλία

- αν υπάρχει ισοδυναμία στην επίδοση μεταξύ των δύο τμημάτων (ΠΟ και ΟΕ) πριν τη διδασκαλία. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιείται στο SPSS 22 Independent samples t – Test (εφόσον διαπιστωθεί κανονική κατανομή) ή Mann-Whitney Test (εφόσον δεν διαπιστωθεί κανονική κατανομή) χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από τα pre-tests των δύο διαφορετικών τμημάτων (Σχήμα 7).



**Σχήμα 7: Στατιστικός έλεγχος αν οι επιδόσεις της ΠΟ και της ΟΕ είναι ισοδύναμες πριν τη διδασκαλία**

- αν παρατηρείται διαφορά στην επίδοση μεταξύ των δύο τμημάτων (ΠΟ και ΟΕ) μετά την διδασκαλία. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιείται στο SPSS 22 Independent samples t – Test (εφόσον διαπιστωθεί κανονική κατανομή) ή Mann-Whitney Test (εφόσον δεν διαπιστωθεί κανονική κατανομή) χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από τα post-tests των δύο διαφορετικών τμημάτων (Σχήμα 8).



**Σχήμα 8: Στατιστικός έλεγχος αν οι επιδόσεις της ΠΟ και της ΟΕ είναι ισοδύναμες μετά τη διδασκαλία**

Τα δεδομένα από τη στατιστική ανάλυση που περιγράφηκε παραπάνω βρίσκονται στο παράρτημα VI. Διαπιστώθηκε ότι:

- σε όλα τα σχολεία παρουσιάστηκε *βελτίωση* της επίδοσης και της ΠΟ και της ΟΕ.



- η ΠΟ και η ΟΕ του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Νίκαιας δεν ήταν ισοδύναμες πριν τη διδασκαλία. Συγκεκριμένα, η ΟΕ είχε στατιστικά σημαντική μεγαλύτερη επίδοση στο pre-test. Για το λόγο αυτό δεν προχωρήσαμε στη σύγκριση των δύο τμημάτων μετά τη διδασκαλία.
- η ΠΟ και η ΟΕ όλων των υπόλοιπων σχολείων ήταν ισοδύναμες πριν τη διδασκαλία.
- στα σχολεία 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Κορυδαλλού και 8<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Κορυδαλλού παρουσιάστηκε μεγαλύτερη επίδοση της ΠΟ έναντι της ΟΕ μετά τη διδασκαλία.
- στα σχολεία 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Ρέντη, 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Σαλαμίνας, 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Σαλαμίνας και 7<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Κορυδαλλού παρουσιάστηκαν στατιστικά *ασήμαντες* διαφορές στην επίδοση της ΠΟ από αυτήν της ΟΕ μετά τη διδασκαλία.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η διδασκαλία με τη χρήση της ΨΕ έχει τουλάχιστον την ίδια επίδραση στην βελτίωση της επίδοσης των μαθητών σε σχέση με το πραγματικό εργαστήριο. Αυτό είναι σε συμφωνία με τα συμπεράσματα από την έρευνα των Tatli & Ajas<sup>12</sup>.

Οι έρευνες στην τριτοβάθμια εκπαίδευση Φυσικής όπου συνέκριναν το πραγματικό μετωπικό εργαστήριο και το εικονικό εργαστήριο που χειρίζονται οι μαθητεύομενοι μέσω Η/Υ<sup>15-17</sup>, ανέδειξαν ότι δεν είναι η φυσική παρουσία των αντικειμένων αυτή που προάγει τη μάθηση, αλλά ο χειρισμός των αντικειμένων. Στην παρούσα έρευνα, είτε στην περίπτωση του εργαστηρίου επίδειξης, είτε στην περίπτωση του ψηφιακού εργαστηρίου, όλη η πληροφορία είναι οπτική ή ηχητική και όχι απτική, εκτός βέβαια από την περίπτωση των μαθητών που σηκώθηκαν να λειτουργήσουν ως βοηθοί του πραγματικού πειράματος ή χειριστές του ψηφιακού εργαστηρίου στον διαδραστικό πίνακα. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η διδασκαλία μέσω πραγματικών πειραμάτων επίδειξης ή εικονικών πειραμάτων δεν έχει επάγει διαφορές στην επίδοση των τμημάτων που διδάχθηκαν με τον έναν ή τον άλλον τρόπο. Άρα, αντικατάσταση των πραγματικών αντικειμένων από ψηφιακά αντικείμενα μέσω της παρούσας ΨΕ δεν μειώνει την επίδοση των μαθητών.

## 6.5 Σχολιασμός από τους εκπαιδευτικούς

Από τους 7 εκπαιδευτικούς που πραγματοποίησαν τη διδασκαλία ζητήθηκε να αναφέρουν τα προβλήματα που διαπίστωσαν στην ΨΕ και να προτείνουν βελτιώσεις της.

Καταγράφηκαν τα παρακάτω σχόλια:

- *«Απαιτείται μεγαλύτερη αντίθεση στα χρώματα ώστε να φαίνονται τα υγρά στα ποτήρια.»*
- *«Χρειάζεται να γίνει εντονότερη η μύτη του σιφωνίου.»*
- *«Πρέπει να γίνουν εντονότερα τα περιγράμματα στα ποτήρια.»*
- *«Είναι δύσκολος ο χειρισμός της γραφίδας για τη σχεδίαση της χρωματικής κλίμακας του δείκτη.»*
- *«Πριν τη χρήση της ψηφιακής προχοϊδας θα πρέπει να γίνει επίδειξη για καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας της. Αρκετά Γυμνάσια, όμως, δεν διαθέτουν στο διαθέσιμο εργαστηριακό τους εξοπλισμό.»*
- *«Καλό είναι να υπάρχει η δυνατότητα μεγέθυνσης της γραφικής παράστασης του pH ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σχολιασμό των μεταβολών του pH στον διαδραστικό πίνακα.»*
- *«Οι δοκιμασίες με τους δείκτες είτε για την διάκριση των οξέων από τις βάσεις είτε για την σχεδίαση της χρωματικής κλίμακας είναι πολλές και δεν επαρκεί ο διδακτικός χρόνος.»*
- *«Θα ήταν καλό τα εικονικά πειράματα να συνδυάζονται με πραγματικά πειράματα.»*
- *«Θα προτιμούσα να έχω τη δυνατότητα να κάνω εναλλάξ εικονικά και πραγματικά πειράματα.»*

Επίσης, επισημάνθηκαν διάφορα εκφραστικά και συντακτικά λάθη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### Η βελτίωση της ψηφιακής εφαρμογής

#### 7.1 Σημεία της ψηφιακής εφαρμογής που έχριζαν βελτίωσης

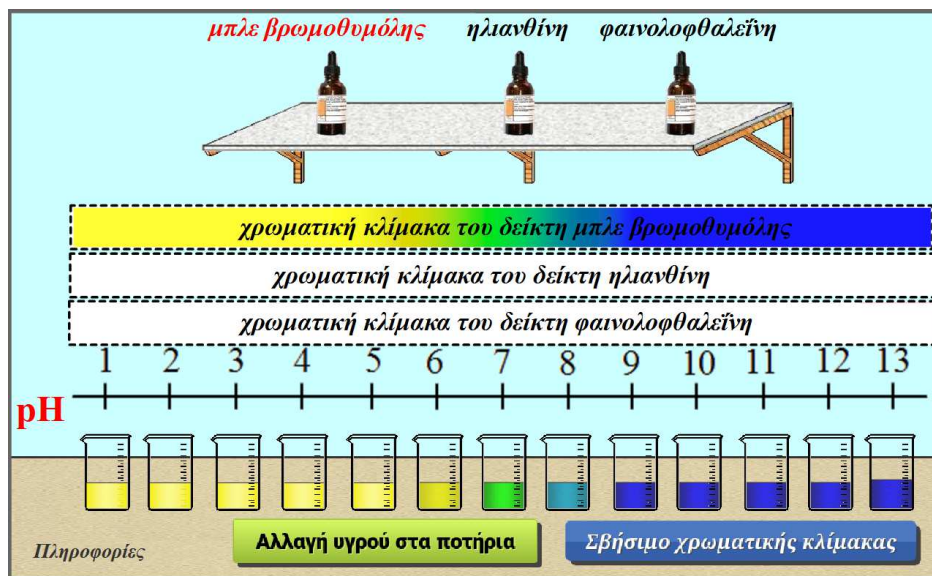
Η δοκιμή της ΨΕ στα σχολεία αναδεικνύει ότι οι μαθητές που διδάχθηκαν με τη χρήση της μέσω του διαδραστικού πίνακα έχουν τουλάχιστον την ίδια επίδοση με αυτούς που διδάχθηκαν με πραγματικό εργαστήριο επίδειξης και τον συμβατικό πίνακα. Επισημάνθηκαν, όμως, ορισμένες αδυναμίες και προτάθηκαν βελτιώσεις από τους εκπαιδευτικούς. Προκύπτει λοιπόν ένας κατάλογος όσων πρέπει να βελτιωθούν στην ΨΕ:

- διόρθωση εκφραστικών/συντακτικών λαθών.
- απομάκρυνση ορισμένων οπτικών περιγραφών ώστε να μειωθεί το γνωστικό φορτίο του οπτικού καναλιού.
- ενίσχυση της αντίθεσης των σχημάτων.
- προσθήκη επιπλέον επιλογών για την προσθήκη/ανάμιξη διαλυμάτων. Το συγκεκριμένο απαιτεί την διόρθωση και εμπλουτισμό ενός μεγάλου μέρους του κώδικα που είχε ήδη γραφεί σε κάθε μια προσομοίωση που ενσωματώθηκε στην εφαρμογή.
- καλύτερη διευθέτηση των οργάνων/ουσιών μέσα στις προσομοιώσεις και βελτίωση του χώρου ώστε να γίνει πιο ρεαλιστικός.
- προσθήκη περιεχομένων με υπερσυνδέσεις. Με τον τρόπο αυτό ο εκπαιδευτικός θα έχει γρήγορη πρόσβαση στο σημείο της ΨΕ που θα επιλέξει να χρησιμοποιήσει. Συνεπώς, σύμφωνα με το διδακτικό του σχέδιο θα μπορεί να την συνδυάσει με το πραγματικό εργαστήριο.

#### 7.2 Βελτίωση προσομοιώσεων

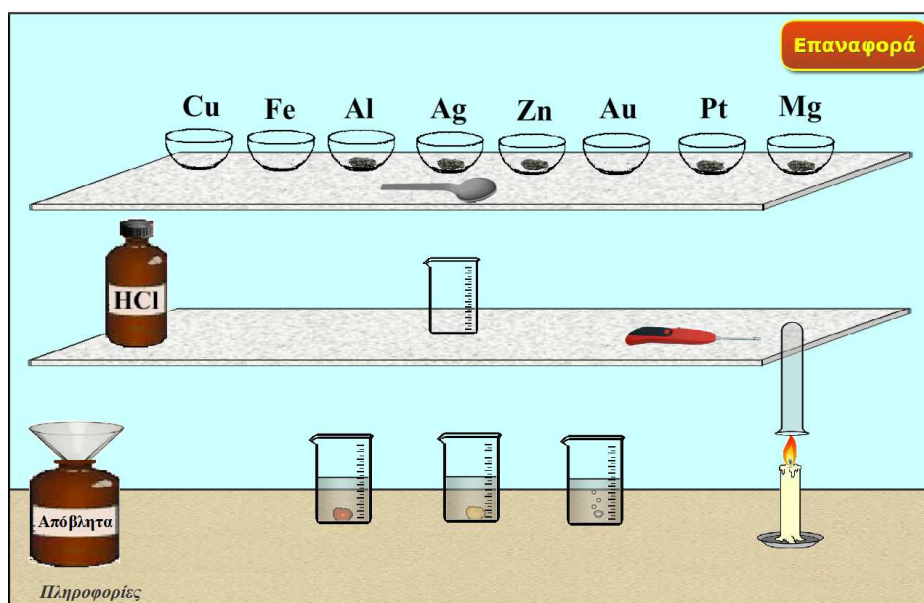
Από την προσομοίωση «Η χρωματική κλίμακα των δεικτών» αφαιρέθηκε η αναγκαιότητα κατασκευής της χρωματικής κλίμακας του δείκτη από τον χρήστη μέσω της ειδικής γραφίδας (Εικόνα 23). Αντίθετα, η κλίμακα

χρωματίζεται αυτόματα, στο αντίστοιχο τμήμα της, τη στιγμή που θα προστεθεί ο δείκτης στο διάλυμα.



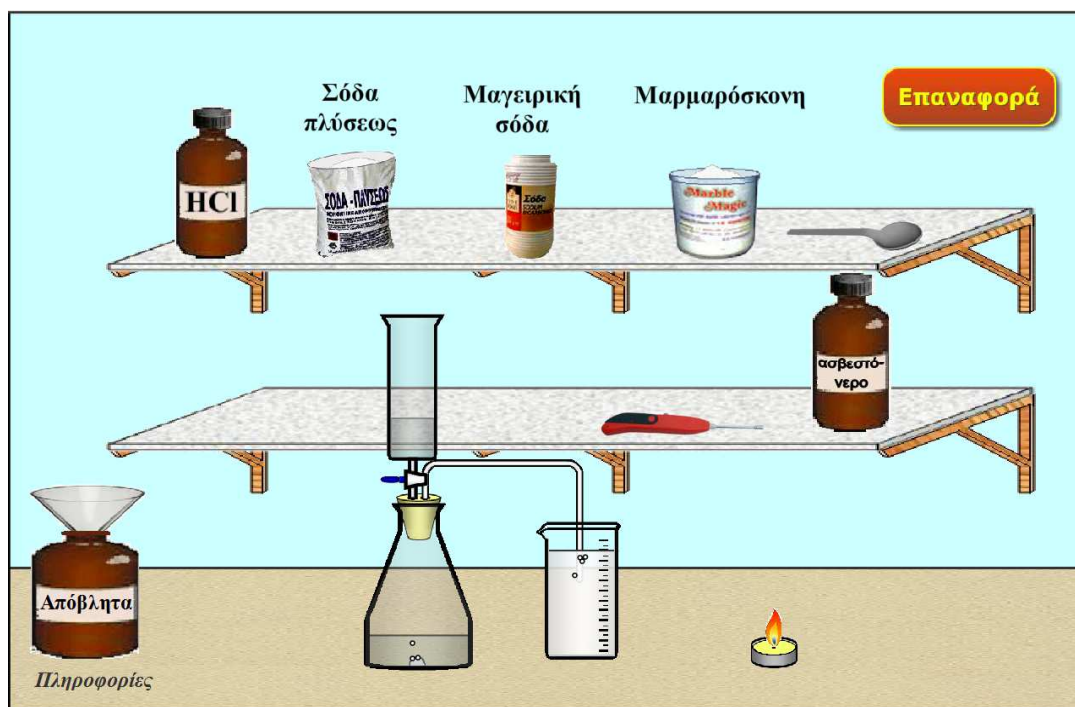
Εικόνα 23: Βελτίωση προσομοίωσης «Η χρωματική κλίμακα των δεικτών»

Στην προσομοίωση «Αντίδραση μετάλλων με δ/μα υδροχλωρικού οξέος» βελτιώθηκαν τα γραφικά και προστέθηκε η δυνατότητα τα ποτήρια να αδειάζουν με «φυσικότερο» τρόπο μέσω της χρήσης δοχείου αποβλήτων. Σημαντική αναβάθμιση είναι η προσθήκη αναμένου κεριού και δοκιμαστικού σωλήνα με τα οποία μπορεί να ανιχνευτεί το αέριο υδρογόνο μέσω έκρηξης (Εικόνα 24).



Εικόνα 24: Βελτίωση προσομοίωσης «Αντίδραση μετάλλων με δ/μα υδροχλωρικού οξέος»

Στην προσομοίωση «Αντίδραση ανθρακικών αλάτων με δ/μα υδροχλωρικού οξέος» βελτιώθηκαν τα γραφικά και προστέθηκε η δυνατότητα τα ποτήρια να αδειάζουν με «φυσικότερο» τρόπο μέσω της χρήσης δοχείου αποβλήτων. Επίσης, προστέθηκε η δυνατότητα διαπίστωσης του παραγόμενου CO<sub>2</sub> μέσω του σβησίματος ενός αναμένου κεριού, αλλά και μέσω της θόλωσης διαλύματος ασβεστόνευρου (Εικόνα 25).

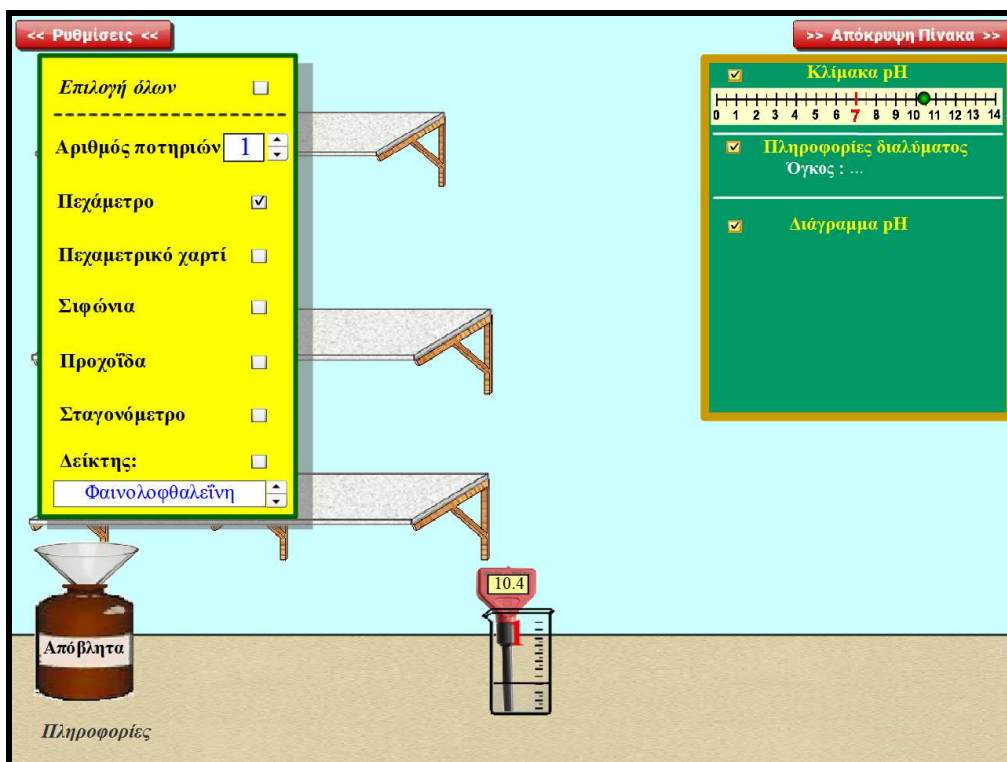


**Εικόνα 25: Βελτίωση προσομοίωσης «Αντίδραση ανθρακικών αλάτων με δ/μα υδροχλωρικού οξέος»**

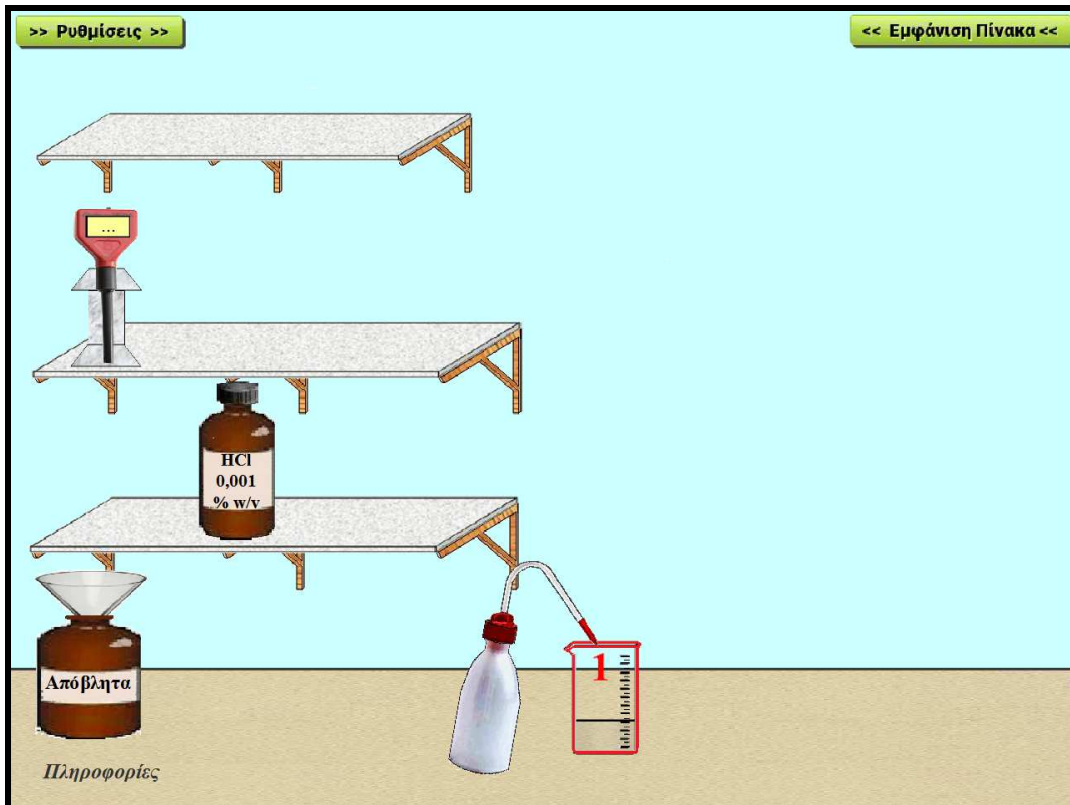
Στις προσομοιώσεις όπου γίνεται η εξέταση των παραγόντων από τους οποίους επηρεάζεται το pH βελτιώθηκαν τα γραφικά και η διευθέτηση των οργάνων – ουσιών. Προστέθηκε, επίσης, η δυνατότητα ανάμιξης υγρών και με άλλα όργανα (ποτήρια ζέσεως, σιφώνια, σταγονόμετρα). Τα ποτήρια ζέσεως και η προχοΐδα αδειάζουν με «φυσικότερο» τρόπο μέσω της χρήσης δοχείου αποβλήτων. Επίσης, το διάγραμμα  $pH=f(V)$  μπορεί να μεγεθυνθεί. Σημαντική προσθήκη είναι η δυνατότητα ελέγχου από τον χρήστη των οργάνων, ουσιών και πληροφοριών που εμφανίζονται στην οθόνη (Εικόνες 26-32). Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται όσο το δυνατόν η οπτική πληροφορία που παρέχεται στους μαθητές και μπορεί να αυξάνεται σταδιακά κατά την κρίση του εκπαιδευτικού, σύμφωνα με το διδακτικό του σχέδιο.



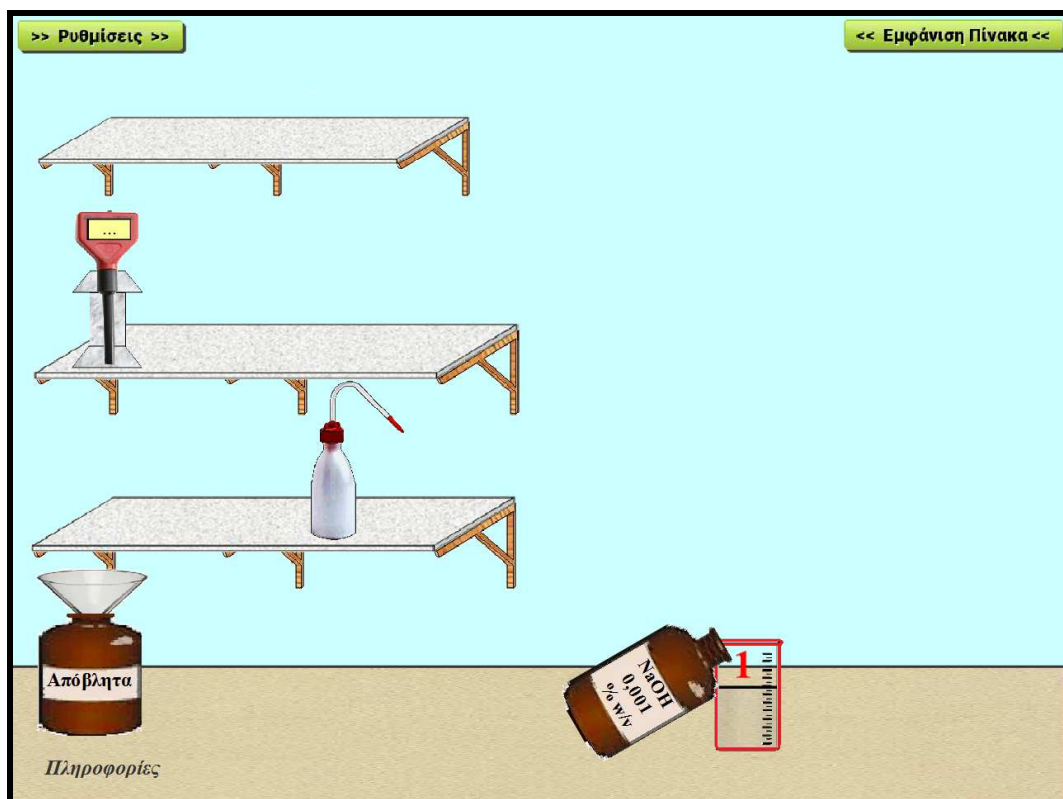
Εικόνα 26: Βελτίωση προσομοίωσης «pH και όγκος δ/τος HCl»



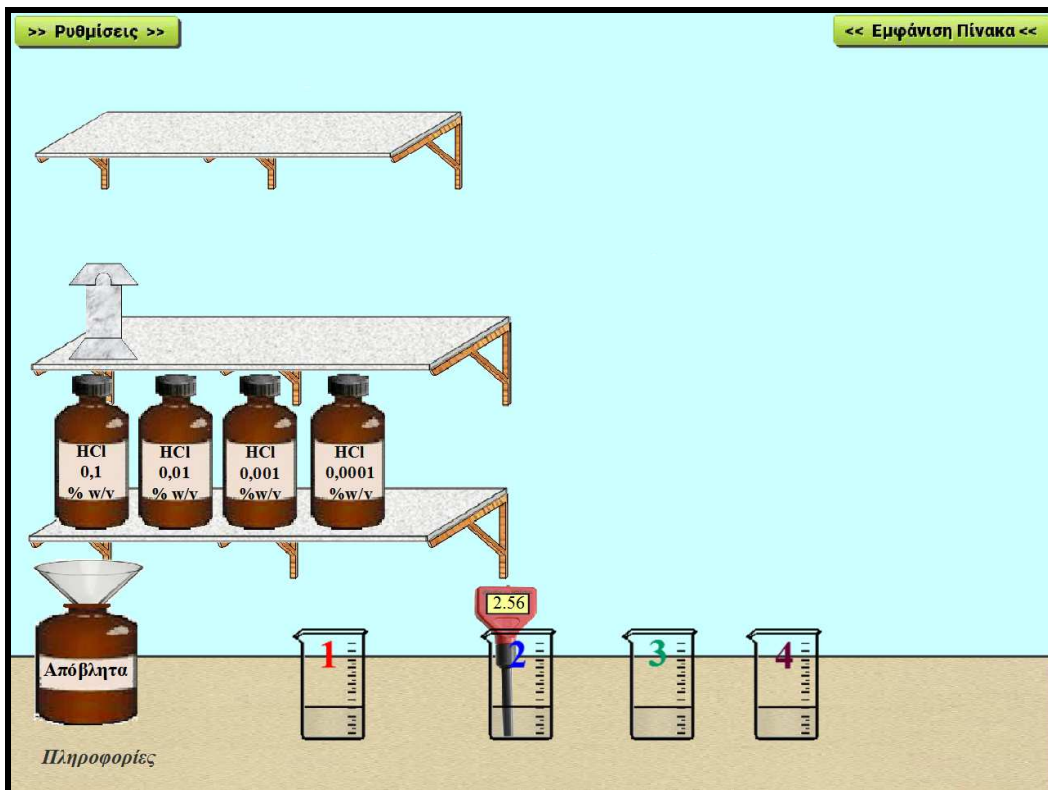
Εικόνα 27: Βελτίωση προσομοίωσης «pH και όγκος δ/τος NaOH»



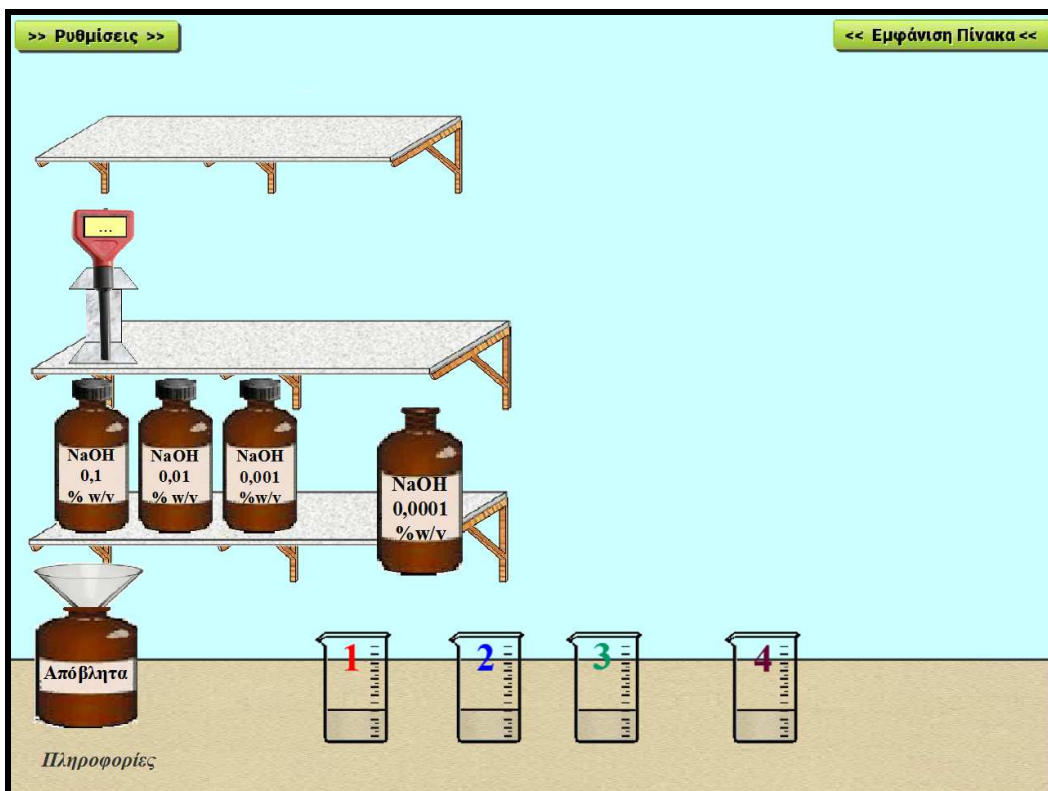
Εικόνα 28: Βελτίωση προσομοίωσης «Αραίωση διαλυμάτων οξέων»



Εικόνα 29: Βελτίωση προσομοίωσης «Αραίωση διαλυμάτων βάσεων»

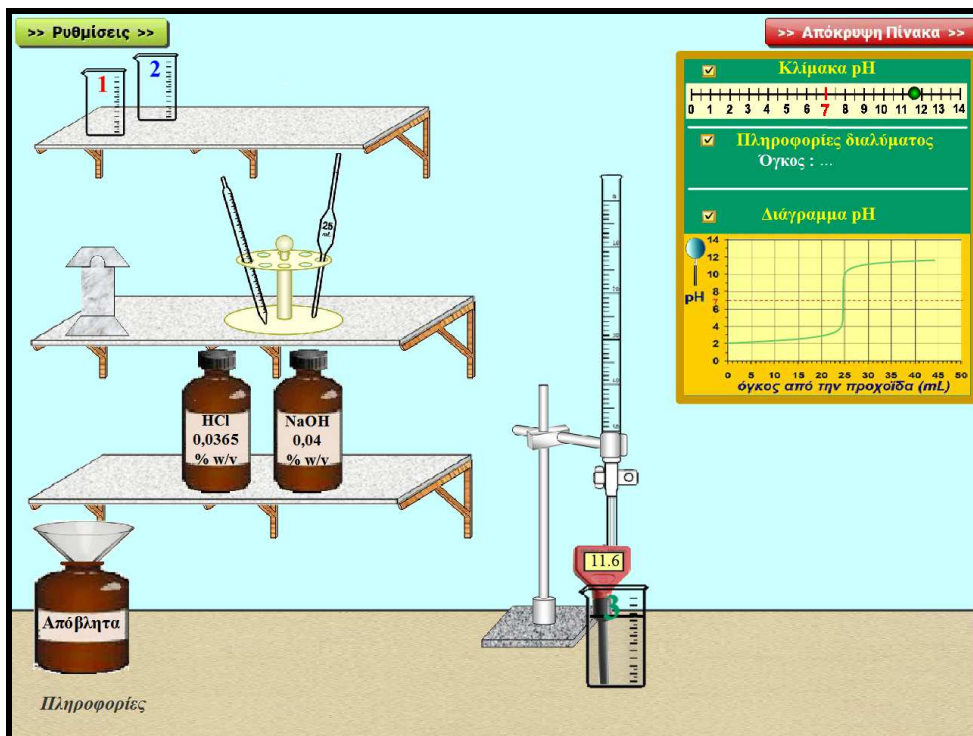


Εικόνα 30: Βελτίωση προσομοίωσης «pH διαλυμάτων οξέων και περιεκτικότητα»

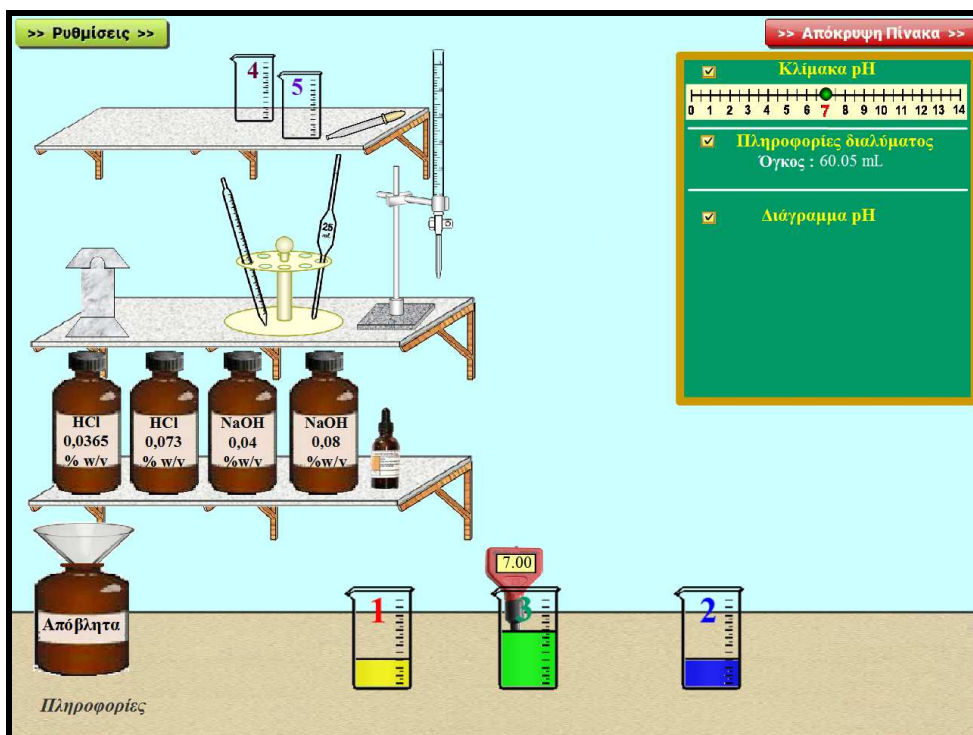


Εικόνα 31: Βελτίωση προσομοίωσης «pH διαλυμάτων βάσεων και περιεκτικότητα»





(A)



(B)

Εικόνα 32: Βελτίωση προσομοίωσης «Εξουδετέρωση»

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ**

#### **8.1 Συμπεράσματα**

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκαν δώδεκα τουλάχιστον προσομοιώσεις εικονικού εργαστηρίου καθώς και εννοιολογικοί πίνακες, τα οποία ενσωματώθηκαν σε μια συνολική ψηφιακή εφαρμογή. Αυτή είχε ως διδακτικό αντικείμενο την ενότητα οξέα – βάσεις της Γ΄ τάξης Γυμνασίου με στόχους. Οι διδακτικοί στόχοι διαμορφώθηκαν λαμβάνοντας υπόψη τους διδακτικούς στόχους της ενότητας όπως αναφέρονται στο σχολικό βιβλίο του μαθητή, αλλά και τις οδηγίες διδασκαλίας σύμφωνα με την εγκύκλιο 147346/Γ2/16-09-2014. Η εφαρμογή της πραγματοποιήθηκε σε 7 διαφορετικά σχολεία από ισάριθμους εκπαιδευτικούς και 280 συνολικά μαθητές συμμετείχαν στην έρευνα που έλαβε χώρα για τη χρήση της ΨΕ. Η ΨΕ χρησιμοποιήθηκε μέσω του διαδραστικού πίνακα που επιλέχθηκε λόγω της διαθεσιμότητας του στα Γυμνάσια της Ελλάδας.

Μετά από τη διδασκαλία, οι εκπαιδευτικοί επισήμαναν ορισμένα σημεία που έχριζαν βελτίωσης. Αρκετές προσομοιώσεις έπρεπε να βελτιωθούν ως προς τα γραφικά τους ώστε να παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευκρίνεια κατά την προβολή τους στον διαδραστικό πίνακα. Επίσης, έπρεπε να προστεθούν περισσότερες επιλογές ως προς τη διαθεσιμότητα και την ευελιξία των εικονικών εργαστηριακών οργάνων που διατίθενται μέσα στις προσομοιώσεις. Επίσης, προστέθηκε η δυνατότητα μη γραμμικής πλοήγησης στο λογισμικό μέσω της ενσωμάτωσης περιεχομένων που λειτουργούν ως υπερσύνδεσμοι για την ταχεία μετάβαση σε κάποιο από τα ψηφιακά αντικείμενα. Έγινε προσπάθεια ώστε κάθε ψηφιακό αντικείμενο να γίνει όσο το δυνατό αυτόνομο νοηματικά ώστε να είναι δυνατή η ενσωμάτωσή του και η χρήση του στο σχέδιο διδασκαλίας που μπορεί να οργανώσει ο οποιοσδήποτε εκπαιδευτικός.

Παράλληλα με την εφαρμογή της ΨΕ και τις επισημάνσεις που ελήφθησαν από τους 7 εκπαιδευτικούς μετά από την εφαρμογή της στα σχολεία,

πραγματοποιήθηκε σύγκριση της επίδοσης των μαθητών που διδάχθηκαν μέσω της ψηφιακής εφαρμογής με την επίδοση μαθητών που διδάχθηκαν με τη χρήση εργαστηρίου επίδειξης. Η επιλογή του εργαστηρίου επίδειξης έγινε καθώς είναι μια συνηθισμένη πρακτική για τους εκπαιδευτικούς λόγω ελλείψεων στην εργαστηριακή υποδομή, αλλά και του χρόνου προετοιμασίας ενός μετωπικού εργαστηρίου. Αναδείχθηκε ότι η διδασκαλία με τη χρήση της ΨΕ είχε τουλάχιστον την ίδια βελτίωση στην επίδοση των μαθητών, και σε συμφωνία με άλλες έρευνες, η φυσική παρουσία των οργάνων/υλικών δεν φαίνεται να είναι αυτή που προάγει τη μάθηση.

Συνεπώς, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν εναλλακτικά ή συνδυαστικά με το πραγματικό εργαστήριο τις προσομοιώσεις εικονικού εργαστηρίου που περιλαμβάνονται στην ΨΕ ανάλογα με τον διδακτικό τους σχεδιασμό και τη διαθέσιμη υλικοτεχνική υποδομή. Οι έρευνες έχουν δείξει ότι είναι δυνατόν να ξεκινήσει μια διαδικασία είτε χρησιμοποιώντας πραγματικό εργαστήριο είτε εικονικό εργαστήριο. Το πραγματικό εργαστήριο πρέπει να προηγείται όταν πρόκειται να διδαχθούν μαθητές με λίγη προηγούμενη γνώση για το υπό μελέτη φαινόμενο. Αντίθετα, πρέπει να προηγείται το εικονικό εργαστήριο όταν εξετάζονται πολύπλοκα φαινόμενα ή συστήματα<sup>17</sup>.

## **8.2 Βελτιώσεις και προτάσεις για μελλοντική έρευνα**

Η αξιολόγηση της ψηφιακής εφαρμογής πραγματοποιήθηκε σε 7 σχολεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Πειραιά. Τα σχολεία αυτά επιλέχθηκαν λόγω της πρόθεσης των εκπαιδευτικών να βοηθήσουν στην πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας. Χρήσιμο θα ήταν να αξιολογηθεί η εφαρμογή και σε σχολεία άλλων περιφερειών. Η ψηφιακή εφαρμογή κατά την αξιολόγησή της χρησιμοποιήθηκε μέσω του διαδραστικού πίνακα των σχολείων και συγκρίθηκε με το πραγματικό εργαστήριο επίδειξης και τον συμβατικό πίνακα. Χρήσιμο θα ήταν η αξιολόγηση να επεκταθεί και με τη χρήση της εφαρμογής από τους μαθητές μέσω Η/Υ στο εργαστήριο πληροφορικής, αλλά και η σύγκρισή της με το μετωπικό εργαστήριο. Επίσης, χρήσιμο είναι να καταγραφεί και η άποψη των μαθητών για την ψηφιακή εφαρμογή μέσω της χρήσης σταθμισμένου ερωτηματολογίου. Επιπλέον, μια βελτίωση της έρευνας

θα ήταν να πραγματοποιηθούν προσωπικές συνεντεύξεις των μαθητών για να διαπιστωθεί η μεταβολή των ιδεών τους για τα φαινόμενα. Επίσης, Θα μπορούσε να γίνει επαναληπτική αξιολόγηση ύστερα από κάποιο χρονικό διάστημα για να αποτυπωθεί καλύτερα η επίδοση των μαθητών και η κατανόηση των εννοιών σε βάθος.

Τέλος, προτείνεται η κατασκευή και η αξιολόγηση ανάλογης ψηφιακής εφαρμογής για το Λύκειο που να εμπεριέχει προσομοιώσεις εικονικού εργαστηρίου στις οποίες να μελετώνται οι θεματικές ενότητες Περιεκτικότητα διαλυμάτων, Θερμοχημεία, Χημική Κινητική, Χημική Ισορροπία, Ιοντική Ισορροπία, Οξειδοαναγωγή αλλά και οι αντιδράσεις της Οργανικής Χημείας. Τα συμπεράσματα που θα αντληθούν θα είναι χρήσιμα για την κατασκευή των αναλυτικών προγραμμάτων και την καλύτερη οργάνωση των διδακτικών σχεδιασμών των εκπαιδευτικών, ώστε να αξιοποιηθεί και να συνδυαστεί κατάλληλα η υπάρχουσα υλικοτεχνική υποδομή με σκοπό την ενίσχυση της αποτελεσματικής μαθησιακής διαδικασίας σε έννοιες και διαδικασίες που εντάσσονται στην επιστημονική περιοχή της Χημείας της. Πρέπει τέλος να γίνει σαφές ότι, η παρούσα ερευνητική διαδικασία δεν έχει ως στόχο να αντικαταστήσει το πραγματικό εργαστήριο ως μέσο διδασκαλίας. Ο στόχος είναι να δώσει ένα επιπλέον ψηφιακό εργαλείο στους εκπαιδευτικούς, το οποίο θα συνδυάσουν κατάλληλα με το πραγματικό εργαστήριο.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

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

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός Όρος
Information and Communication Technology	Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας
Animation	Σχεδιοκίνηση
Simulation	Προσομοίωση
Virtual Laboratory	Εικονικό Εργαστήριο
Collision	Σύγκρουση
Collusion	Συμφωνία
First order barrier	Πρώτης τάξης φράγμα
Second order barrier	Δεύτερης τάξης φράγμα
Gestalt shift	Απότομη αλλαγή προς νέα αντίληψη
Accretion	Προσαύξηση
Revision	Αναθεώρηση
Conceptual change	Εννοιολογική αλλαγή
Framework theory	Θεωρία πλαισίου
Cognitive load theory	Θεωρία γνωστικού φορτίου
Working memory	Μνήμη εργασίας
Short-term memory	Βραχυπρόθεσμη μνήμη
Long-term memory	Μακροπρόθεσμη μνήμη
Meaningful learning	Μάθηση με κατανόηση
Rote learning	Μηχανικής μάθηση
Schemas	Σχήματα

Automations	Αυτοματισμοί
Extraneous cognitive load	Εξωγενές γνωστικό φορτίο
Intrinsic cognitive load	Εγγενές γνωστικό φορτίο
Germane cognitive load	Συναφές γνωστικό φορτίο
Dual channel theory	Θεωρία του διπλού καναλιού
Visual channel	Οπτικό κανάλι
Verbal channel	Λεκτικό κανάλι
Split-attention effect	Διάσπαση προσοχής
Modality effect	Επίδραση της μορφής
Redundancy effect	Επίδραση του πλεονασμού
Element interactivity effect	Επίδραση της αλληλεπίδρασης στοιχείων
Imagination effect	Επίδραση της φαντασίας
Spatial ability	Χωρική ικανότητα
Spatial visualization	Χωρική αναπαράσταση
Spatial relations	Χωρικές σχέσεις
Instructional guidance	Εκπαιδευτική καθοδήγηση
Worked example effect	Επίδραση του λυμένου παραδείγματος

## ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

Πίνακας 6: Ακρωνύμια και ανάπτυξή τους

ΤΠΕ	Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας
ΠΠΕ	Πρόβλεψη – Παρατήρηση – Εξήγηση
ΨΕ	Ψηφιακή Εφαρμογή
ΤΕ	Τεστ Επίδοσης

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

### ΤΕ 2<sup>η</sup> έκδοση

Στις επόμενες ερωτήσεις να επιλέξεις τη σωστή απάντηση. Οι απαντήσεις να δοθούν στο απαντητικό φύλλο Π.χ στην ερώτηση 1\* η σωστή απάντηση είναι η β. Για αυτό γράφουμε στο απαντητικό φύλλο:

1*	β
----	---

1\*. Σε ένα υδατικό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος:

- α. ο διαλύτης είναι το υδροχλωρικό οξύ
- β. ο διαλύτης είναι το νερό
- γ. δεν υπάρχει διαλύτης
- δ. δεν υπάρχει διαλυμένη ουσία.

---

*Οι ερωτήσεις που καλείσαι να απαντήσεις ξεκινούν από εδώ:*

1. Ένα οξύ είναι μια ουσία που:
  - α. μπορεί να διαλύσει όλα τα μέταλλα.
  - β. μπορεί να είναι χρήσιμη για τη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού.
  - γ. είναι πάντα δηλητήριο.
  - δ. δεν επιτρέπεται να την ακουμπήσουμε γιατί είναι επικίνδυνη.
2. Σε διάλυμα με  $\text{pH}=10$  προσθέτουμε διάλυμα με  $\text{pH}=2$ . Η τιμή του  $\text{pH}$  του διαλύματος που θα προκύψει είναι:
  - α. 2
  - β. μεταξύ 2 και 10
  - γ. 10
  - δ. 12
3. Εξουδετέρωση:
  - α. πραγματοποιείται όταν διαλύεται ένα οξύ.
  - β. πραγματοποιείται όταν αλλάζει ένα οξύ και γίνεται βάση.
  - γ. είναι μια αντίδραση που πραγματοποιείται αν αναμίξουμε διάλυμα βάσης με διάλυμα οξέος.
  - δ. είναι μια αντίδραση που γίνεται σε ουδέτερα διαλύματα.
4. Όταν προσθέτουμε διάλυμα βάσης σε διάλυμα οξέος:
  - α. διαλύεται το οξύ.
  - β. όλο το οξύ εξακολουθεί να υπάρχει, αλλά δεν μπορεί να εκδηλώσει τις ιδιότητές του.
  - γ. πραγματοποιείται χημική αντίδραση.
  - δ. το οξύ και η βάση παραμένουν στο διάλυμα χωρίς να αντιδρούν μεταξύ τους.



5. Για να διαπιστώσουμε ότι ένα διάλυμα είναι όξινο μπορούμε:
- να εξετάσουμε αν διαλύει όλα τα μέταλλα.
  - να εξετάσουμε αν διαλύει τις βάσεις.
  - να εξετάσουμε αν μπορεί να διαλύσει όλα τα υλικά που θα του προσθέσουμε.
  - να μετρήσουμε το pH του.
6. Όταν αναμιγνύεται ένα διάλυμα οξέος με ένα διάλυμα βάσης τότε το διάλυμα που προκύπτει:
- είναι σίγουρα ουδέτερο.
  - μπορεί να είναι είτε όξινο είτε ουδέτερο είτε βασικό
  - δεν είναι ούτε όξινο, ούτε βασικό.
  - εξαφανίζονται όλα τα ιόντα.
7. Ποια από τις παρακάτω χημικές ενώσεις όταν διαλυθεί στο νερό δίνει βασικό διάλυμα;
- $\text{CH}_3\text{COOH}$
  - $\text{NaOH}$
  - $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - $\text{HNO}_3$
8. Ένα διάλυμα βάσης στους  $25^\circ\text{C}$ :
- έχει  $\text{pH}=7$
  - έχει  $\text{pH}<7$
  - έχει  $\text{pH}>7$
  - έχει  $\text{pH}=0$
9. Βάση είναι μια ουσία που:
- είναι γενικά ακίνδυνη.
  - μπορεί να είναι χρήσιμη για τη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού.
  - είναι πάντα δηλητήριο.
  - δεν επιτρέπεται να την ακουμπήσουμε γιατί είναι επικίνδυνη.
10. Εξουδετέρωση πραγματοποιείται όταν:
- αναμίξουμε διάλυμα οξέος με διάλυμα βάσης.
  - αναμίξουμε δύο ουδέτερα διαλύματα
  - προσθέσουμε σε διάλυμα οξέος μια ποσότητα νερού.
  - προσθέσουμε σε διάλυμα οξέος ένα ουδέτερο διάλυμα.
11. Σε διάλυμα με  $\text{pH}=10$  προσθέτουμε νερό. Η τιμή του pH του διαλύματος που θα προκύψει είναι:
- 7
  - μεγαλύτερη από 10
  - μεταξύ 7 και 10
  - 10
12. Κατά την εξουδετέρωση:
- αντιδρούν τα κατιόντα  $\text{H}^+$  με τα ανιόντα  $\text{OH}^-$  και παράγεται  $\text{H}_2\text{O}$
  - αντιδρούν όλα τα ιόντα σε ένα διάλυμα
  - ένα ουδέτερο διάλυμα αντιδρά με ένα όξινο διάλυμα.
  - ένα οξύ μετατρέπεται σε βάση.

13. Η μέλισσα έχει όξινο δηλητήριο. Ποιο από τα επόμενα διαλύματα θα χρησιμοποιήσετε για να αντιμετωπίσετε το τσίμπημα;
- διάλυμα αμμωνίας
  - χυμό λεμονιού
  - ξίδι
  - πορτοκαλάδα
14. Βάσεις είναι ουσίες που:
- δεν επιτρέπεται να υπάρχουν σε τρόφιμα γιατί προκαλούν εγκαύματα.
  - δεν επιτρέπεται να υπάρχουν σε τρόφιμα γιατί είναι δηλητήρια
  - είναι επικίνδυνες ακόμα και αν απλά τις ακουμπήσουμε.
  - μπορεί να υπάρχουν και σε τρόφιμα.
15. Εξουδετέρωση πραγματοποιείται όταν:
- σε διάλυμα οξέος προσθέσω δείκτη.
  - σε διάλυμα οξέος προσθέσω διάλυμα βάσης.
  - σε διάλυμα οξέος προσθέσω διάλυμα βάσης, αλλά μόνο αν έχω προσθέσει και κάποιο δείκτη.
  - ένας δείκτης προστίθεται σε ουδέτερο διάλυμα.
16. Ένα διάλυμα οξέος στους  $25^{\circ}\text{C}$ :
- έχει  $\text{pH}=7$
  - έχει  $\text{pH}<7$
  - έχει  $\text{pH}>7$
  - έχει  $\text{pH}=14$
17. Το  $\text{pH}$  μετρείται με μεγαλύτερη ακρίβεια με:
- έναν δείκτη
  - ένα πεχαμετρικό χαρτί
  - ένα ψηφιακό πεχάμετρο
  - μια βάση
18. Σε ένα διάλυμα βάσης:
- δεν υπάρχουν κατιόντα  $\text{H}^+$
  - το πλήθος κατιόντων  $\text{H}^+$  είναι μεγαλύτερο από το πλήθος των ανιόντων  $\text{OH}^-$
  - το πλήθος κατιόντων  $\text{H}^+$  είναι μικρότερο από το πλήθος των ανιόντων  $\text{OH}^-$
  - το πλήθος κατιόντων  $\text{H}^+$  είναι ίσο με το πλήθος των ανιόντων  $\text{OH}^-$
19. Όταν προσθέτουμε νερό σε διάλυμα βάσης, τότε το  $\text{pH}$ :
- αυξάνεται
  - μειώνεται
  - παραμένει σταθερό
  - άλλες φορές αυξάνεται και άλλες φορές μειώνεται
20. Ποιο από τα παρακάτω είναι το όνομα της ένωσης με μοριακό τύπο  $\text{HNO}_3$ .
- υδροχλωρικό οξύ
  - θειικό οξύ
  - νιτρικό οξύ
  - οξικό οξύ

21. Ένα ουδέτερο διάλυμα:

- α. δεν περιέχει καθόλου ιόντα.
- β. περιέχει μόνο νερό.
- γ. δεν περιέχει ούτε κατιόντα  $H^+$  ούτε ανιόντα  $OH^-$
- δ. περιέχει ίσο πλήθος κατιόντων  $H^+$  και ανιόντων  $OH^-$

22. Η σφήγκα έχει βασικό δηλητήριο. Ποιο από τα επόμενα διαλύματα θα χρησιμοποιήσετε για να αντιμετωπίσετε το τσίμπημα;

- α. διάλυμα αμμωνίας
- β. σόδα
- γ. ξίδι
- δ. διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου

23. Ο δείκτης ηλιανθίνη είναι:

- κόκκινος σε pH μικρότερο από 3
- πορτακαλί σε pH μεταξύ 3 και 4,5
- κίτρινος σε pH μεγαλύτερο από 4,5

Προσθέτουμε λίγες σταγόνες από τον δείκτη σε ένα δοχείο που περιέχει ένα υγρό. Αν ο δείκτης παίρνει κόκκινο χρώμα, ποιο από τα παρακάτω μπορεί να είναι το υγρό;

- α. ξίδι
- β. νερό
- γ. αποφρακτικό νεροχύτη
- δ. διάλυμα μαγειρικής σόδας

24. Ποια από τις παρακάτω χημικές ενώσεις όταν διαλυθεί στο νερό δίνει όξινο διάλυμα;

- α.  $HCl$
- β.  $NH_3$
- γ.  $NaOH$

δ.  $Ca(OH)_2$

25. Σε ένα ποτήρι τοποθετούμε 10mL διαλύματος οξέος. Μετράμε το pH και βρίσκουμε ότι είναι 2. Κατόπιν προσθέτουμε άλλα 10mL από το ίδιο διάλυμα. Αν μετρήσουμε το pH θα είναι.

- α. 1
- β. 2
- γ. 4
- δ. 12

26. Κάποιος δείκτης προστίθεται σε δύο διαλύματα οξέων με διαφορετική τιμή pH. Τότε:

- α. είναι σίγουρο ότι θα έχει διαφορετικό χρώμα στα δύο διαλύματα.
- β. είναι σίγουρο ότι θα έχει το ίδιο χρώμα στα δύο διαλύματα.
- γ. ανάλογα με τον δείκτη και το pH μπορεί να έχει το ίδιο ή διαφορετικό χρώμα στα δύο διαλύματα.
- δ. μπορεί να προκαλέσει εξουδετέρωση στα δύο διαλύματα.

27. Παράγεται αέριο με τη μορφή φυσαλίδων όταν:

- α. προσθέσουμε οποιοδήποτε μέταλλο σε διάλυμα οξέος.
- β. προσθέσουμε μαγειρική σόδα σε διάλυμα οξέος.
- γ. προσθέσουμε διάλυμα οξέος σε διάλυμα βάσης.
- δ. πραγματοποιηθεί η αντίδραση της εξουδετέρωσης.

- 28.** Σε ένα διάλυμα οξέος:
- δεν υπάρχουν ανιόντα  $\text{OH}^-$
  - το πλήθος κατιόντων  $\text{H}^+$  είναι μεγαλύτερο από το πλήθος των ανιόντων  $\text{OH}^-$
  - το πλήθος κατιόντων  $\text{H}^+$  είναι μικρότερο από το πλήθος των ανιόντων  $\text{OH}^-$
  - το πλήθος κατιόντων  $\text{H}^+$  είναι ίσο με το πλήθος των ανιόντων  $\text{OH}^-$
- 29.** Ποιος είναι ο μοριακός τύπος της αμμωνίας;
- $\text{HCl}$
  - $\text{NH}_3$
  - $\text{NaOH}$
  - $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- 30.** Ποιο από τα παρακάτω έχει όξινο χαρακτήρα;
- ξίδι
  - σόδα
  - καθαριστικό τζαμιών
  - αποφρακτικό νεροχύτη
- 31.** Οξέα είναι ουσίες που:
- δεν επιτρέπεται να υπάρχουν σε τρόφιμα γιατί προκαλούν εγκαύματα.
  - δεν επιτρέπεται να υπάρχουν σε τρόφιμα γιατί είναι δηλητήρια.
  - είναι επικίνδυνες ακόμα και αν απλά τις ακουμπήσουμε.
  - μπορεί να υπάρχουν και σε τρόφιμα.
- 32.** Σε διάλυμα με  $\text{pH}=2$  προσθέτουμε νερό. Η τιμή του  $\text{pH}$  του διαλύματος που θα προκύψει είναι:
- 2
  - μεταξύ 2 και 7
  - 7
  - 9
- 33.** Τα οξέα είναι ουσίες που:
- δεν αποτελούνται από μόρια.
  - όταν διαλύονται στο νερό δίνουν  $\text{H}^+$ .
  - όταν διαλύονται στο νερό απελευθερώνουν αέριο  $\text{CO}_2$ .
  - όταν διαλύονται στο νερό απελευθερώνουν αέριο  $\text{H}_2$ .
- 34.** Όταν προσθέτουμε νερό σε διάλυμα οξέος, τότε το  $\text{pH}$ :
- αυξάνεται
  - μειώνεται
  - παραμένει σταθερό
  - άλλες φορές αυξάνεται και άλλες φορές μειώνεται
- 35.** Αν προσθέσουμε ξίδι σε μαγειρική σόδα:
- δεν πραγματοποιείται καμία αντίδραση.
  - παράγεται αέριο  $\text{H}_2$
  - παράγεται αέριο  $\text{CO}_2$ .
  - παράγεται αέριο  $\text{O}_2$ .

**36.** Σε ένα ποτήρι τοποθετούμε 10mL διαλύματος βάσης. Μετράμε το pH και βρίσκουμε ότι είναι 12. Κατόπιν προσθέτουμε άλλα 10mL από το ίδιο διάλυμα. Αν μετρήσουμε το pH θα είναι.

- α. 2
- β. 10
- γ. 12
- δ. 13

**37.** Το στομάχι μας περιέχει διάλυμα οξέος. Αν αυξηθεί η περιεκτικότητα σε οξύ τότε αισθανόμαστε καούρες. Για να μειωθεί η περιεκτικότητα σε οξύ πρέπει να πιούμε:

- α. χυμό λεμονιού.
- β. χυμό πορτοκαλιού
- γ. σόδα
- δ. ξίδι

**38.** Με διάλυμα υδροχλωρικού οξέος αντιδρούν:

- α. όλα τα μέταλλα.
- β. ορισμένα μέταλλα.
- γ. τα ουδέτερα διαλύματα.
- δ. τα όξινα διαλύματα.

**39.** Ο δείκτης μπλε βρωμοθυμόλης είναι:

- κίτρινος σε pH μικρότερο από 6,5
- πράσινος σε pH μεταξύ 6,5 και 7,5
- μπλε σε pH μεγαλύτερο από 7,5

Προσθέτουμε λίγες σταγόνες από τον δείκτη σε ένα δοχείο που περιέχει ένα υγρό. Αν ο δείκτης παίρνει μπλε χρώμα, ποιο από τα παρακάτω μπορεί να είναι το υγρό;

- α. νερό
- β. ξίδι

γ. διάλυμα αμμωνίας

δ. χυμός λεμονιού

**40.** Αν αναμιξουμε διάλυμα οξέος με διάλυμα βάσης τότε:

α. θα πραγματοποιηθεί αντίδραση.

β. θα πραγματοποιηθεί αντίδραση μόνο, όμως, αν έχουμε προσθέσει και έναν δείκτη π.χ. χυμό από κόκκινο λάχανο.

γ. θα πραγματοποιηθεί αντίδραση μόνο, όμως, αν χρησιμοποιούμε και ένα πεχάμετρο.

δ. θα πραγματοποιηθεί αντίδραση μόνο, όμως, αν χρησιμοποιούμε και ένα πεχαμετρικό χαρτί.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

### Κώδικας στατιστικής επεξεργασίας της 2<sup>ης</sup> έκδοσης του ΤΕ στο SPSS

22

```
* Here I am telling SPSS to treat values of 9 for q1 thru q40 as
missing.
Missing values q1 to q40 (9).
Compute key1 = 2.
Compute key2 = 2.
Compute key3 = 3.
Compute key4 = 3.
Compute key5 = 4.
Compute key6 = 2.
Compute key7 = 2.
Compute key8 = 3.
Compute key9 = 2.
Compute key10 = 1.
Compute key11 = 3.
Compute key12 = 1.
Compute key13 = 1.
Compute key14 = 4.
Compute key15 = 2.
Compute key16 = 2.
Compute key17 = 3.
Compute key18 = 3.
Compute key19 = 2.
Compute key20 = 3.
Compute key21 = 4.
Compute key22 = 3.
Compute key23 = 1.
Compute key24 = 1.
Compute key25 = 2.
Compute key26 = 3.
Compute key27 = 2.
Compute key28 = 2.
Compute key29 = 2.
Compute key30 = 1.
Compute key31 = 4.
Compute key32 = 2.
Compute key33 = 2.
Compute key34 = 1.
Compute key35 = 3.
Compute key36 = 3.
Compute key37 = 3.
Compute key38 = 2.
Compute key39 = 3.
Compute key40 = 1.
execute.
* Start everyone off as if they didn't have any correct answers.
Compute total = 0.
execute.
*Create 40 new variables that will eventually be item scores or
scored item responses for each person , item1 thru item40.
Vector item(40).
* Create scored item responses (40 of them called item1 - item40)
and create a total score.
Vector raw = q1 to q40.
```

```

Vector key = key1 to key40.
Loop #i = 1 to 40.
  if raw(#i) = key(#i) item(#i) = 1.
  if raw(#i) ne key(#i) item(#i) = 0.
  if raw(#i) = key(#i) total = total + 1.
end loop.
execute.
*Obtain item analysis information such as item difficulty, item
discrimination and coefficient alpha.
*Make sure to use scored item responses, not raw item responses.
Reliability
/Variables = item1 to item40
/FORMAT = nolabels
/Scale(alpha)=all/model=alpha
/Statistics=descriptive scale
/summary=total.
execute.
*Add labels to raw item responses so that the correct answer is
signified with an asterisk.
Add value labels  q10 q12  q13  q23  q24  q30  q34  q40  1 "α*".
Add value labels  q1  q2  q6  q7  q9  q15  q16  q19  q25
                q27  q28  q29  q32  q33  q38  2 "β*".
Add value labels  q3  q4  q8  q11  q17  q18  q20  q22  q26
                q35  q36  q37  q39  3 "γ*".
Add value labels  q5  q14  q21  q31  4 "δ*".
execute.
*Distractor analysis commands.
*Make sure to use raw item responses, not scored item responses.
MEANS
TABLES = total by q1 to q40
/CELLS NPCT MEAN.

execute.

```

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

## Πίνακες από την ανάλυση αντικειμένων της 2<sup>ης</sup> έκδοσης του ΤΕ

Cronbach's Alpha	N of Items
,886	40

Πίνακας 7: Υπολογισμός του δείκτη Cronbach's Alpha για την 2η έκδοση του test

	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
item1	,408	,883
item2	,358	,884
item3	,312	,884
item4	,324	,884
item5	,316	,884
item6	,378	,883
item7	,497	,881
item8	,342	,884
item9	,381	,883
item10	,497	,881
item11	,306	,885
item12	,506	,881
item13	,268	,885
item14	,183	,887
item15	,377	,883
item16	,487	,881
item17	,338	,884
item18	,541	,880
item19	,432	,882
item20	,390	,883
item21	,372	,883
item22	,459	,882
item23	,420	,883
item24	,504	,881
item25	,319	,884
item26	,261	,885
item27	,084	,888
item28	,380	,883
item29	,330	,884
item30	,444	,882
item31	,352	,884
item32	,375	,883
item33	,376	,883
item34	,498	,881
item35	,241	,886
item36	,352	,884
item37	,416	,883
item38	,389	,883
item39	,546	,880
item40	,425	,883



**Ποσοστά απαντήσεων ανά ερώτημα για την εκτίμηση του συντελεστή  
δυσκολίας των ερωτημάτων**

*Με \* επισημαίνεται η σωστή απάντηση*

q1	% of Total N	Mean
α	22,8%	21,2727
β*	68,4%	27,1515
δ	8,8%	17,4118
Total	100,0%	24,9534

q2	% of Total N	Mean
α	1,0%	19,0000
β*	68,9%	27,0977
γ	2,1%	14,2500
δ	28,0%	20,7222
Total	100,0%	24,9637

q3	% of Total N	Mean
α	7,7%	19,3333
β	7,7%	18,6667
γ*	75,3%	26,5342
δ	9,3%	22,0000
Total	100,0%	24,9485

q4	% of Total N	Mean
α	13,5%	20,8462
β	11,4%	19,8636
γ*	68,4%	26,9697
δ	6,7%	21,2308
Total	100,0%	24,9482

q5	% of Total N	Mean
α	5,7%	17,0000
β	4,1%	18,3750
γ	1,0%	16,5000
δ*	89,2%	25,8555
Total	100,0%	24,9485

q6	% of Total N	Mean
α	21,1%	20,8537
β*	64,4%	27,4080
γ	10,8%	21,0000
δ	3,6%	16,8571
Total	100,0%	24,9485

q7	% of Total N	Mean
α	17,1%	20,0000
β*	53,4%	28,9709
γ	23,3%	19,4222
δ	6,2%	24,7500
Total	100,0%	24,9482

q8	% of Total N	Mean
α	16,0%	22,5484
β	23,2%	21,0222
γ*	59,3%	27,3826
δ	1,5%	15,3333
Total	100,0%	24,9485

q9	% of Total N	Mean
α	32,0%	21,2419
β*	41,8%	28,5679
γ	7,7%	26,2667
δ	18,6%	22,6389
Total	100,0%	24,9485

q10	% of Total N	Mean
α*	73,6%	27,4789
β	7,8%	18,2000
γ	10,4%	17,7500
δ	8,3%	18,0000
Total	100,0%	24,9637

q11	% of Total N	Mean
α	5,7%	17,3636
β	24,7%	23,4792
γ*	61,3%	27,1261
δ	8,2%	18,3750
Total	100,0%	24,9485

q12	% of Total N	Mean
α*	59,9%	28,4870
β	10,4%	19,9000
γ	14,1%	19,3704
δ	15,6%	19,9000
Total	100,0%	24,9688

q13	% of Total N	Mean
α*	89,7%	25,7816
β	3,1%	17,1667
γ	6,2%	16,8333
δ	1,0%	24,5000
Total	100,0%	24,9485

q14	% of Total N	Mean
α	15,1%	22,8966
β	22,4%	23,7442
γ	13,5%	22,6154
δ*	49,0%	26,8830
Total	100,0%	25,0000

q15	% of Total N	Mean
$\alpha$	6,2%	18,5833
$\beta^*$	66,5%	27,4109
$\gamma$	18,0%	21,3714
$\delta$	9,3%	18,5000
Total	100,0%	24,9485

q22	% of Total N	Mean
$\alpha$	22,2%	19,5581
$\beta$	4,6%	22,6667
$\gamma^*$	61,3%	28,1681
$\delta$	11,9%	19,2609
Total	100,0%	24,9485

q16	% of Total N	Mean
$\alpha$	12,5%	20,6250
$\beta^*$	54,7%	28,8286
$\gamma$	27,1%	20,6538
$\delta$	5,7%	18,5455
Total	100,0%	25,0000

q23	% of Total N	Mean
$\alpha^*$	57,2%	28,1622
$\beta$	12,4%	19,0417
$\gamma$	13,9%	19,4815
$\delta$	16,5%	22,8438
Total	100,0%	24,9485

q17	% of Total N	Mean
$\alpha$	7,7%	20,1333
$\beta$	18,0%	20,8286
$\gamma^*$	71,6%	26,8489
$\delta$	2,6%	15,4000
Total	100,0%	24,9485

q24	% of Total N	Mean
$\alpha^*$	53,6%	29,0485
$\beta$	19,3%	19,2162
$\gamma$	15,1%	21,3103
$\delta$	12,0%	20,4348
Total	100,0%	24,9531

q18	% of Total N	Mean
$\alpha$	16,5%	21,3750
$\beta$	14,9%	18,1034
$\gamma^*$	53,1%	29,1456
$\delta$	15,5%	20,9667
Total	100,0%	24,9485

q25	% of Total N	Mean
$\alpha$	15,5%	25,0000
$\beta^*$	46,9%	28,0659
$\gamma$	23,2%	22,7333
$\delta$	14,4%	18,3214
Total	100,0%	24,9485

q19	% of Total N	Mean
$\alpha$	20,6%	20,5750
$\beta^*$	53,1%	28,4369
$\gamma$	13,9%	22,6667
$\delta$	12,4%	19,8333
Total	100,0%	24,9485

q26	% of Total N	Mean
$\alpha$	26,9%	22,6538
$\beta$	8,8%	23,4706
$\gamma^*$	55,4%	27,2243
$\delta$	8,8%	19,6471
Total	100,0%	24,9948

q20	% of Total N	Mean
$\alpha$	22,7%	20,2727
$\beta$	5,2%	21,4000
$\gamma^*$	62,9%	27,6967
$\delta$	9,3%	19,7222
Total	100,0%	24,9485

q27	% of Total N	Mean
$\alpha$	18,0%	25,5429
$\beta^*$	57,7%	26,0268
$\gamma$	10,3%	20,6500
$\delta$	13,9%	22,8889
Total	100,0%	24,9485

q21	% of Total N	Mean
$\alpha$	8,8%	19,2353
$\beta$	8,8%	17,5882
$\gamma$	8,8%	21,4706
$\delta^*$	73,7%	26,9161
Total	100,0%	24,9485

q28	% of Total N	Mean
$\alpha$	20,1%	21,4615
$\beta^*$	57,7%	27,8482
$\gamma$	12,4%	21,6250
$\delta$	9,8%	19,2105
Total	100,0%	24,9485

q29	% of Total N	Mean
$\alpha$	9,3%	18,7778
$\beta^*$	59,3%	27,4870
$\gamma$	12,4%	21,5833
$\delta$	19,1%	22,2432
Total	100,0%	24,9485

q35	% of Total N	Mean
$\alpha$	13,6%	21,8846
$\beta$	18,8%	23,2500
$\gamma^*$	60,7%	26,8276
$\delta$	6,8%	18,3846
Total	100,0%	24,9058

q30	% of Total N	Mean
$\alpha^*$	72,2%	27,3786
$\beta$	6,2%	18,2500
$\gamma$	7,7%	17,8667
$\delta$	13,9%	19,2593
Total	100,0%	24,9485

q36	% of Total N	Mean
$\alpha$	13,9%	19,3704
$\beta$	14,9%	22,7931
$\gamma^*$	52,6%	27,8333
$\delta$	18,6%	22,6944
Total	100,0%	24,9485

q31	% of Total N	Mean
$\alpha$	11,9%	17,4783
$\beta$	6,7%	25,7692
$\gamma$	17,5%	20,5588
$\delta^*$	63,9%	27,4516
Total	100,0%	24,9485

q37	% of Total N	Mean
$\alpha$	8,2%	18,5000
$\beta$	22,2%	20,7907
$\gamma^*$	66,0%	27,5938
$\delta$	3,6%	16,8571
Total	100,0%	24,9485

q32	% of Total N	Mean
$\alpha$	13,0%	20,7200
$\beta^*$	76,7%	26,8311
$\gamma$	8,3%	16,8125
$\delta$	2,1%	16,0000
Total	100,0%	24,9845

q38	% of Total N	Mean
$\alpha$	19,6%	21,2632
$\beta^*$	61,3%	27,5882
$\gamma$	6,2%	16,8333
$\delta$	12,9%	21,8800
Total	100,0%	24,9485

q33	% of Total N	Mean
$\alpha$	6,7%	17,0000
$\beta^*$	64,4%	27,5280
$\gamma$	15,5%	21,2333
$\delta$	13,4%	20,8077
Total	100,0%	24,9485

q39	% of Total N	Mean
$\alpha$	22,7%	19,9091
$\beta$	7,2%	20,1429
$\gamma^*$	56,7%	28,8364
$\delta$	13,4%	19,6154
Total	100,0%	24,9485

q34	% of Total N	Mean
$\alpha^*$	59,6%	28,4696
$\beta$	21,2%	20,2439
$\gamma$	12,4%	20,3333
$\delta$	6,7%	17,8462
Total	100,0%	24,9948

q40	% of Total N	Mean
$\alpha^*$	59,3%	27,8261
$\beta$	24,7%	21,2708
$\gamma$	6,7%	21,1538
$\delta$	9,3%	19,1111
Total	100,0%	24,9485

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

### Η τελική έκδοση του ΤΕ

### Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Στις επόμενες ερωτήσεις να επιλέξεις τη σωστή απάντηση. Οι απαντήσεις να δοθούν στο απαντητικό φύλλο Π.χ στην ερώτηση 1\* η σωστή απάντηση είναι η β. Για αυτό γράφουμε στο απαντητικό φύλλο:

1*	β
----	---

1\*. Σε ένα υδατικό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος:

- α. ο διαλύτης είναι το υδροχλωρικό οξύ
- β. ο διαλύτης είναι το νερό
- γ. δεν υπάρχει διαλύτης
- δ. δεν υπάρχει διαλυμένη ουσία.

---

*Οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που καλείσαι να απαντήσεις ξεκινούν από εδώ:*

1. Ποιο από τα παρακάτω έχει όξινο χαρακτήρα;
  - α. ξίδι
  - β. διάλυμα μαγειρικής σόδας
  - γ. καθαριστικό τζαμιών.
  - δ. διάλυμα αποφρακτικού αποχετεύσεων.
2. Ποια από τις παρακάτω χημικές ενώσεις όταν διαλυθεί στο νερό δίνει βασικό διάλυμα;
  - α.  $\text{CH}_3\text{COOH}$
  - β.  $\text{NaOH}$
  - γ.  $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - δ.  $\text{HNO}_3$
3. Όταν προσθέτουμε νερό σε διάλυμα οξέος, τότε το pH:
  - α. αυξάνεται
  - β. μειώνεται
  - γ. παραμένει σταθερό
  - δ. δεν μπορούμε να προβλέψουμε.
4. Το αποσταγμένο νερό
  - α. δεν περιέχει καθόλου ιόντα.
  - β. περιέχει μόνο  $\text{H}^+$ .
  - γ. περιέχει μόνο  $\text{OH}^-$
  - δ. περιέχει και  $\text{H}^+$  και  $\text{OH}^-$
5. Ένα διάλυμα οξέος στους  $25^\circ\text{C}$ :
  - α. έχει  $\text{pH}=7$
  - β. έχει  $\text{pH}<7$
  - γ. έχει  $\text{pH}>7$
  - δ. έχει  $\text{pH}=14$
6. Τα οξέα είναι ουσίες που όταν διαλύονται στο νερό:
  - α. παράγεται αέριο  $\text{H}_2$ .
  - β. παράγεται αέριο  $\text{CO}_2$ .
  - γ. παράγεται αέριο  $\text{O}_2$ .
  - δ. παράγονται  $\text{H}^+$ .

7. Το στομάχι μας περιέχει διάλυμα οξέος. Αν αυξηθεί η περιεκτικότητα σε οξύ τότε αισθανόμαστε καούρες. Για να μειωθεί η περιεκτικότητα σε οξύ πρέπει να πιούμε:
- α. χυμό λεμονιού.
  - β. χυμό πορτοκαλιού
  - γ. σόδα
  - δ. ξίδι
8. Σε ένα διάλυμα οξέος:
- α. δεν υπάρχουν ανιόντα  $\text{OH}^-$
  - β. το πλήθος κατιόντων  $\text{H}^+$  είναι μεγαλύτερο από το πλήθος των ανιόντων  $\text{OH}^-$
  - γ. το πλήθος κατιόντων  $\text{H}^+$  είναι μικρότερο από το πλήθος των ανιόντων  $\text{OH}^-$
  - δ. το πλήθος κατιόντων  $\text{H}^+$  είναι ίσο με το πλήθος των ανιόντων  $\text{OH}^-$
9. Ένα ουδέτερο υδατικό διάλυμα:
- α. δεν περιέχει καθόλου ιόντα.
  - β. περιέχει μόνο νερό.
  - γ. δεν περιέχει ούτε κατιόντα  $\text{H}^+$  ούτε ανιόντα  $\text{OH}^-$
  - δ. περιέχει ίσο πλήθος κατιόντων  $\text{H}^+$  και ανιόντων  $\text{OH}^-$
10. Όταν αναμιγνύεται ένα διάλυμα οξέος με ένα διάλυμα βάσης τότε το διάλυμα που προκύπτει:
- α. είναι σίγουρα ουδέτερο.
  - β. είναι σίγουρα όξινο
  - γ. είναι σίγουρα βασικό.
  - δ. μπορεί να είναι είτε όξινο είτε ουδέτερο είτε βασικό.
11. Με διάλυμα υδροχλωρικού οξέος αντιδρούν:
- α. όλα τα μέταλλα.
  - β. ορισμένα μέταλλα.
  - γ. τα ουδέτερα διαλύματα.
  - δ. τα όξινα διαλύματα.
12. Ένα διάλυμα βάσης στους  $25^\circ\text{C}$ :
- α. έχει  $\text{pH}=7$
  - β. έχει  $\text{pH}<7$
  - γ. έχει  $\text{pH}>7$
  - δ. έχει  $\text{pH}=0$
13. Το  $\text{pH}$  μετρείται με μεγαλύτερη ακρίβεια με:
- α. έναν δείκτη
  - β. ένα πεχαμετρικό χαρτί
  - γ. ένα ψηφιακό πεχάμετρο
  - δ. ένα ζυγό
14. Όταν προσθέτουμε νερό σε διάλυμα βάσης, τότε το  $\text{pH}$ :
- α. αυξάνεται
  - β. μειώνεται
  - γ. παραμένει σταθερό
  - δ. δεν μπορούμε να προβλέψουμε.

15. Ο δείκτης μπλε βρωμοθυμόλης είναι:

- κίτρινος σε pH μικρότερο από 6,5
- πράσινος σε pH μεταξύ 6,5 και 7,5
- μπλε σε pH μεγαλύτερο από 7,5

Προσθέτουμε λίγες σταγόνες από τον δείκτη σε ένα δοχείο που περιέχει ένα υγρό. Αν ο δείκτης παίρνει μπλε χρώμα, ποιο από τα παρακάτω μπορεί να είναι το υγρό;

- α. νερό
- β. ξίδι
- γ. διάλυμα αμμωνίας
- δ. χυμός λεμονιού

16. Ποια από τις παρακάτω χημικές ενώσεις όταν διαλυθεί στο νερό δίνει όξινο διάλυμα;

- α. HCl
- β. NH<sub>3</sub>
- γ. NaOH
- δ. Ca(OH)<sub>2</sub>

17. Σε ένα ποτήρι τοποθετούμε 10mL διαλύματος οξέος. Αν προσθέσουμε στο ποτήρι επιπλέον ποσότητα από το ίδιο διάλυμα τότε το pH:

- α. αυξάνεται
- β. μειώνεται
- γ. παραμένει σταθερό
- δ. δεν μπορούμε να προβλέψουμε.

18. Κατά την ανάμιξη δ/τος NaOH με διάλυμα HCl:

- α. αντιδρούν τα Na<sup>+</sup> με τα H<sup>+</sup>
- β. αντιδρούν τα Cl<sup>-</sup> με τα OH<sup>-</sup>
- γ. αντιδρούν τα H<sup>+</sup> με τα OH<sup>-</sup>
- δ. δεν πραγματοποιείται καμία αντίδραση.

19. Σε ένα διάλυμα βάσης:

- α. δεν υπάρχουν κατιόντα H<sup>+</sup>
- β. το πλήθος κατιόντων H<sup>+</sup> είναι μεγαλύτερο από το πλήθος των ανιόντων OH<sup>-</sup>
- γ. το πλήθος κατιόντων H<sup>+</sup> είναι μικρότερο από το πλήθος των ανιόντων OH<sup>-</sup>
- δ. το πλήθος κατιόντων H<sup>+</sup> είναι ίσο με το πλήθος των ανιόντων OH<sup>-</sup>

20. Σε διάλυμα με pH=10 προσθέτουμε διάλυμα με pH=2. Η τιμή του pH του διαλύματος που θα προκύψει είναι:

- α. 2
- β. μεταξύ 2 και 10
- γ. 10
- δ. 12

21. Έχουμε ένα διάλυμα που έχει pH=8. Αν μοιράσουμε το διάλυμα σε δύο ίσα μέρη, τότε το pH κάθε μέρους θα είναι:

- α. 4
- β. 8
- γ. 12
- δ. δεν μπορούμε να προβλέψουμε.

22. Εξουδετέρωση πραγματοποιείται όταν:

- α. αναμιξουμε διάλυμα οξέος με διάλυμα βάσης.
- β. αναμιξουμε δύο ουδέτερα διαλύματα
- γ. προσθέσουμε σε διάλυμα οξέος μια ποσότητα νερού.
- δ. προσθέσουμε σε διάλυμα οξέος μια ποσότητα ουδέτερου διαλύματος.

**23.** Ο δείκτης ηλιανθίνη είναι:

- κόκκινος σε pH μικρότερο από 3
- πορτακαλί σε pH μεταξύ 3 και 4,5
- κίτρινος σε pH μεγαλύτερο από 4,5

Προσθέτουμε λίγες σταγόνες από τον δείκτη σε ένα δοχείο που περιέχει ένα υγρό. Αν ο δείκτης παίρνει κόκκινο χρώμα, ποιο από τα παρακάτω μπορεί να είναι το υγρό;

- α.** ξίδι
- β.** νερό
- γ.** διάλυμα αποφρακτικού αποχετεύσεων.
- δ.** διάλυμα μαγειρικής σόδας.

**24.** Η σφήγκα έχει βασικό δηλητήριο. Ποιο από τα επόμενα διαλύματα θα χρησιμοποιήσετε για να αντιμετωπίσετε το τσίμπημα;

- α.** διάλυμα αμμωνίας.
- β.** σόδα.
- γ.** ξίδι.
- δ.** σαπουνόνερο.

## Απαντητικό Φύλλο

Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

Τμήμα \_\_\_\_\_

Ημερομηνία: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

### *Ερωτήσεις ανοιχτού τύπου*

*Ίσως έχεις ακούσει στο σχολείο ή αλλού για τα οξέα και τις βάσεις. Να απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις.*

**1.** Να γράψετε τι είναι τα οξέα.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2.** Να γράψετε τι είναι οι βάσεις.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3.** Να αναφέρεις 2 προϊόντα που είναι όξινα και 2 που είναι βασικά.

**όξινα:** .....

**βασικά:** .....



4. Σε ένα μεταλλικό αντικείμενο ρίχνουμε οξύ. Να εξηγήσετε τι θα συμβεί.

.....  
.....  
.....  
.....

5. Πως μπορούμε να διαπιστώσουμε αν ένα διάλυμα είναι όξινο, βασικό ή ουδέτερο.

.....  
.....  
.....

6. Τί πρέπει να αναμείξουμε για να πραγματοποιηθεί η αντίδραση της εξουδετέρωσης;

.....  
.....  
.....

**Απαντήσεις ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής**

*Εδώ θα απαντήσετε στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που σας δόθηκαν:*

Ερώτηση	Απάντηση
1*	β
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

### Πίνακες από την ανάλυση αντικειμένων της τελικής έκδοσης του ΤΕ

Για την στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα post test των μαθητών.

#### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,857	24

Πίνακας 8: Υπολογισμός του δείκτη Cronbach's Alpha για την τελική έκδοση του test

	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
item1	,310	,854
item2	,334	,854
item3	,430	,851
item4	,437	,850
item5	,450	,850
item6	,474	,849
item7	,272	,855
item8	,377	,852
item9	,387	,852
item10	,430	,851
item11	,385	,852
item12	,481	,849
item13	,423	,851
item14	,435	,850
item15	,430	,851
item16	,483	,849
item17	,228	,858
item18	,493	,848
item19	,415	,851
item20	,397	,852
item21	,376	,853
item22	,517	,848
item23	,410	,851
item24	,505	,848

**Ποσοστά απαντήσεων ανά ερώτημα για την εκτίμηση του συντελεστή  
δυσκολίας των ερωτημάτων**  
*Με \* επισημαίνεται η σωστή απάντηση*

Ερώτηση 1η	% of Total N	Mean
α*	88,6%	15,4073
β	4,3%	8,8333
γ	3,9%	10,0909
δ	3,2%	8,6667
Total	100,0%	14,7000

Ερώτηση 6η	% of Total N	Mean
α	19,1%	12,4340
β	13,7%	9,4211
γ	5,8%	11,1875
δ*	61,5%	16,9532
Total	100,0%	14,7302

Ερώτηση 2η	% of Total N	Mean
α	9,4%	11,8846
β*	61,2%	16,5444
γ	16,3%	11,2667
δ	13,0%	12,6667
Total	100,0%	14,7391

Ερώτηση 7η	% of Total N	Mean
α	5,0%	11,8571
β	8,6%	10,9167
γ*	84,2%	15,5064
δ	2,2%	6,8333
Total	100,0%	14,7419

Ερώτηση 3η	% of Total N	Mean
α*	61,1%	16,9708
β	24,3%	10,9265
γ	10,0%	11,3929
δ	4,6%	12,3846
Total	100,0%	14,7321

Ερώτηση 8η	% of Total N	Mean
α	13,5%	15,0811
β*	50,7%	17,1079
γ	22,3%	12,2951
δ	13,5%	9,7297
Total	100,0%	14,7664

Ερώτηση 4η	% of Total N	Mean
α	30,9%	12,8372
β	12,2%	11,7353
γ	11,9%	10,6667
δ*	45,0%	17,9440
Total	100,0%	14,7410

Ερώτηση 9η	% of Total N	Mean
α	8,6%	11,6667
β	12,6%	10,2571
γ	10,4%	12,5172
δ*	68,3%	16,3684
Total	100,0%	14,7914

Ερώτηση 5η	% of Total N	Mean
α	12,3%	11,2647
β*	58,0%	17,1875
γ	23,6%	12,1231
δ	6,2%	10,4118
Total	100,0%	14,8478

Ερώτηση 10η	% of Total N	Mean
α	17,2%	11,1667
β	5,0%	7,7143
γ	3,9%	8,7273
δ*	73,8%	16,3883
Total	100,0%	14,7527

Ερώτηση 11η	% of Total N	Mean
α	13,2%	11,8378
β*	69,6%	16,3282
γ	10,4%	10,8276
δ	6,8%	9,9474
Total	100,0%	14,7321

Ερώτηση 16η	% of Total N	Mean
α*	50,9%	17,6786
β	12,4%	11,9412
γ	17,8%	11,1224
δ	18,9%	12,2115
Total	100,0%	14,7673

Ερώτηση 12η	% of Total N	Mean
α	10,1%	11,3214
β	24,1%	11,7910
γ*	59,7%	17,0783
δ	6,1%	9,6471
Total	100,0%	14,7698

Ερώτηση 17η	% of Total N	Mean
α	19,3%	11,1481
β	18,6%	14,9808
γ*	56,8%	16,4340
δ	5,4%	8,7333
Total	100,0%	14,7321

Ερώτηση 13η	% of Total N	Mean
α	9,4%	10,2692
β	15,1%	10,3810
γ*	73,7%	16,4390
δ	1,8%	8,2000
Total	100,0%	14,7986

Ερώτηση 18η	% of Total N	Mean
α	18,9%	11,5769
β	16,4%	10,5556
γ*	50,2%	17,7971
δ	14,5%	13,5000
Total	100,0%	14,8109

Ερώτηση 14η	% of Total N	Mean
α	21,5%	11,4333
β*	58,8%	17,1098
γ	14,7%	11,5854
δ	5,0%	11,0000
Total	100,0%	14,7706

Ερώτηση 19η	% of Total N	Mean
α	19,3%	13,3585
β	18,2%	12,5200
γ*	46,4%	17,5591
δ	16,1%	10,6136
Total	100,0%	14,7117

Ερώτηση 15η	% of Total N	Mean
α	15,2%	12,2143
β	15,5%	12,3256
γ*	56,0%	17,0774
δ	13,4%	11,0541
Total	100,0%	14,7978

Ερώτηση 20η	% of Total N	Mean
α	4,7%	8,0769
β*	68,8%	16,4792
γ	8,2%	10,7826
δ	18,3%	11,6078
Total	100,0%	14,7276

Ερώτηση 21η	% of Total N	Mean
α	28,9%	11,4074
β*	54,6%	16,9150
γ	5,4%	9,2000
δ	11,1%	15,3226
Total	100,0%	14,7321

Ερώτηση 22η	% of Total N	Mean
α*	71,9%	16,6900
β	6,8%	9,4211
γ	11,9%	9,6970
δ	9,4%	9,8077
Total	100,0%	14,7194

Ερώτηση 23η	% of Total N	Mean
α*	55,2%	17,2157
β	10,1%	11,0714
γ	14,1%	12,6410
δ	20,6%	11,4211
Total	100,0%	14,7581

Ερώτηση 24η	% of Total N	Mean
α	32,9%	11,4130
β	4,3%	8,6667
γ*	59,6%	17,2635
δ	3,2%	9,1111
Total	100,0%	14,7107

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI

### Στατιστικός έλεγχος pre-test/post-test ανά σχολείο

#### 8ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΥ

##### α) Έλεγχος βελτίωσης της ΟΕ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t-Test.

**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre	6,45	22	3,501	,746
post	17,09	22	3,987	,850

**Paired Samples Test**

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-10,636	4,192	,894	-12,495	-8,778	-11,900	21	,000

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΟΕ.

##### β) Έλεγχος βελτίωσης της ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι δεν υφίσταται κανονική κατανομή στο post-test της ΠΟ για αυτό πραγματοποιείται Wilcoxon signed rank test.

**Ranks**

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
post - pre Negative Ranks	0 <sup>a</sup>	,00	,00
Positive Ranks	19 <sup>b</sup>	10,00	190,00
Ties	1 <sup>c</sup>		
Total	20		

a. post < pre

b. post > pre

c. post = pre

Test Statistics<sup>a</sup>

	post - pre
Z	-3,833 <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΠΟ.

### γ) Έλεγχος αρχικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται independent sample T-test

Group Statistics

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Βαθμολογία	ΟΕ	22	6,4545	3,50139	,74650
	ΠΟ	20	7,8500	3,23265	,72284

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
								Lower	Upper	
Βαθμολογία	Equal variances assumed	,352	,556	-1,338	40	,189	-1,39545	1,04316	-3,50377	,71286
	Equal variances not assumed			-1,343	39,987	,187	-1,39545	1,03912	-3,49561	,70470

Συνεπώς προκύπτει στατιστικά ασήμαντη διαφορά στις επιδόσεις.

### δ) Έλεγχος τελικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι δεν υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Mann-Whittney Test

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
Βαθμολογία	42	18,2381	4,50371	9,00	24,00	14,0000	19,0000	22,0000
Μέσο διδασκαλίας	42	,48	,505	0	1	,00	,00	1,00

Ranks

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Βαθμολογία	ΟΕ	22	17,64	388,00
	ΠΟ	20	25,75	515,00
	Total	42		

Test Statistics<sup>a</sup>

	Βαθμολογία
Mann-Whitney U	135,000
Wilcoxon W	388,000
Z	-2,150
Asymp. Sig. (2-tailed)	,032

a. Grouping Variable: Μέσο διδασκαλίας

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική μεγαλύτερη επίδοση της ΠΟ.



### 3ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΝΙΚΑΙΑΣ

#### α) Έλεγχος βελτίωσης της ΟΕ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t-Test.

**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre	8,48	25	3,653	,731
post	14,36	25	3,915	,783

**Paired Samples Test**

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-5,880	4,729	,946	-7,832	-3,928	-6,217	24	,000

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΟΕ.

#### β) Έλεγχος βελτίωσης της ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή στο post-test της ΠΟ για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t test.

**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre	7,67	18	2,612	,616
post	10,94	18	5,472	1,290

**Paired Samples Test**

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-3,278	6,172	1,455	-6,347	-,208	-2,253	17	,038

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΠΟ.

**γ) Έλεγχος αρχικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ**

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται independent sample T-test

**Group Statistics**

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Βαθμολογία	ΟΕ	25	9,68	2,982	,596
	ΠΟ	18	7,67	2,612	,616

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Βαθμολογία	Equal variances assumed	,369	,547	2,298	41	,027	2,013	,876	,244	3,783
	Equal variances not assumed			2,349	39,338	,024	2,013	,857	,280	3,747

Συνεπώς προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αρχικές επιδόσεις και για αυτό δεν γίνεται σύγκριση της τελικής επίδοσης.

### 3ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΡΕΝΤΗ

#### α) Έλεγχος βελτίωσης της ΟΕ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t-Test.

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre	7,57	23	2,967	,619
post	15,52	23	4,111	,857

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-7,957	3,391	,707	-9,423	-6,490	-11,253	22	,000

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΟΕ.

#### β) Έλεγχος βελτίωσης της ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t-Test.

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre	7,62	21	2,636	,575
post	17,33	21	5,003	1,092

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-9,714	5,255	1,147	-12,106	-7,322	-8,471	20	,000

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΠΟ.

### γ) Έλεγχος αρχικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται independent sample T-test

Group Statistics

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Βαθμολογία	ΟΕ	23	7,57	2,967	,619
	ΠΟ	21	7,62	2,636	,575

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
								Lower	Upper	
Βαθμολογία	Equal variances assumed	,292	,592	-,063	42	,950	-,054	,849	-1,768	1,660
	Equal variances not assumed			-,064	41,974	,949	-,054	,845	-1,759	1,651

Συνεπώς προκύπτει στατιστικά ασήμαντη διαφορά στις επιδόσεις.

### δ) Έλεγχος τελικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Independent Samples t-Test

Group Statistics

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Βαθμολογίες	ΟΕ	23	15,52	4,111	,857
	ΠΟ	21	17,33	5,003	1,092

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Βαθμολογίες	Equal variances assumed	,590	,447	-1,317	42	,195	-1,812	1,376	-4,588	,964
	Equal variances not assumed			-1,305	38,838	,200	-1,812	1,388	-4,620	,996

Άρα προκύπτει στατιστικά ασήμαντη διαφορά στις επιδόσεις.

## 2ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ

### α) Έλεγχος βελτίωσης της ΟΕ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t-Test.

**Paired Samples Statistics**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	4,27	22	2,313	,493
	post	13,86	22	6,664	1,421

**Paired Samples Test**

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	pre - post	-9,591	6,595	1,406	-12,515	-6,667	-6,821	21	,000

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΟΕ.

### β) Έλεγχος βελτίωσης της ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t-Test.

**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre	3,67	21	3,183	,695
post	13,48	21	6,071	1,325

**Paired Samples Test**

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-9,810	6,385	1,393	-12,716	-6,903	-7,041	20	,000

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΠΟ.

**γ) Έλεγχος αρχικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ**

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται independent sample T-test

**Group Statistics**

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Βαθμολογίες ΟΕ		22	4,27	2,313	,493
ΠΟ		21	3,67	3,183	,695

**Independent Samples Test**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
								Lower	Upper	
Βαθμολογίες	Equal variances assumed	1,970	,168	,717	41	,478	,606	,846	-1,102	2,314
	Equal variances not assumed			,711	36,428	,481	,606	,852	-1,121	2,333

Συνεπώς προκύπτει στατιστικά ασήμαντη διαφορά στις επιδόσεις.

**δ) Έλεγχος τελικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ**

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Independent Samples t-Test

### Group Statistics

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Βαθμολογία	ΟΕ	22	13,86	6,664	1,421
	ΠΟ	21	13,48	6,071	1,325

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Βαθμολογία	Equal variances assumed	,516	,477	,199	41	,843	,387	1,947	-3,545	4,319
	Equal variances not assumed			,199	40,916	,843	,387	1,943	-3,536	4,311

Άρα προκύπτει στατιστικά ασήμαντη διαφορά στις επιδόσεις.

## 2ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΥ

### α) Έλεγχος βελτίωσης της ΟΕ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t-Test.

### Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre-test	9,18	17	3,861	,936
post-test	13,29	17	5,520	1,339

### Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	pre-test - post-test	-4,118	5,808	1,409	-7,104	-1,131	-2,923	16	,010

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΟΕ.

### β) Έλεγχος βελτίωσης της ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t-Test.

**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre	6,95	19	2,838	,651
post	17,05	19	4,983	1,143

**Paired Samples Test**

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-10,105	5,714	1,311	-12,860	-7,351	-7,708	18	,000

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΠΟ.

### γ) Έλεγχος αρχικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται independent sample T-test

**Group Statistics**

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Βαθμολογίες	ΟΕ	17	9,18	3,861	,936
	ΠΟ	19	6,95	2,838	,651

**Independent Samples Test**

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Βαθμολογίες	Equal variances assumed	2,189	,148	1,988	34	,055	2,229	1,121	-,049	4,507
	Equal variances not assumed			1,955	29,153	,060	2,229	1,140	-,103	4,561

Άρα προκύπτει στατιστικά ασήμαντη διαφορά στις επιδόσεις.



**δ) Έλεγχος τελικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ**

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Independent Samples t-Test

**Group Statistics**

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Βαθμολογίες	ΟΕ	17	13,29	5,520	1,339
	ΠΟ	19	17,05	4,983	1,143

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Βαθμολογίες	Equal variances assumed	,274	,604	-2,147	34	,039	-3,759	1,750	-7,315	-,202
	Equal variances not assumed			-2,135	32,486	,040	-3,759	1,760	-7,342	-,175

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική μεγαλύτερη επίδοση της ΠΟ.

**3ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ**

**α) Έλεγχος βελτίωσης της ΟΕ**

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t-Test.

**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre	8,84	19	1,864	,428
post	13,47	19	6,337	1,454

**Paired Samples Test**

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-4,632	4,561	1,046	-6,830	-2,433	-4,427	18	,000

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΟΕ.

### β) Έλεγχος βελτίωσης της ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t-Test.

**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre	7,95	20	1,820	,407
post	14,40	20	5,519	1,234

**Paired Samples Test**

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-6,450	3,873	,866	-8,262	-4,638	-7,448	19	,000

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΠΟ.

### γ) Έλεγχος αρχικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται independent sample T-test

**Group Statistics**

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Βαθμολογία ΟΕ		19	8,84	1,864	,428
ΠΟ		20	7,95	1,820	,407

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Βαθμολογία	Equal variances assumed	,294	,591	1,512	37	,139	,892	,590	-,303	2,087
	Equal variances not assumed			1,511	36,786	,139	,892	,590	-,304	2,088

Συνεπώς προκύπτει στατιστικά ασήμαντη διαφορά στις επιδόσεις.

#### δ) Έλεγχος τελικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Independent Samples t-Test

**Group Statistics**

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Βαθμολογία	ΟΕ	19	13,47	6,337	1,454
	ΠΟ	20	14,40	5,519	1,234

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Βαθμολογία	Equal variances assumed	,519	,476	-,488	37	,629	-,926	1,900	-4,776	2,924
	Equal variances not assumed			-,486	35,719	,630	-,926	1,907	-4,795	2,942

Άρα προκύπτει στατιστικά ασήμαντη διαφορά στις επιδόσεις.

### 7ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΥ

#### α) Έλεγχος βελτίωσης της ΟΕ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Wilcoxon Signed Ranks Test.

**Ranks**

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
post - pre Negative Ranks	0 <sup>a</sup>	,00	,00
Positive Ranks	17 <sup>b</sup>	9,00	153,00
Ties	0 <sup>c</sup>		
Total	17		

a. post < pre

b. post > pre

c. post = pre

**Test Statistics<sup>a</sup>**

	post - pre
Z	-3,666 <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΟΕ.

### **β) Έλεγχος βελτίωσης της ΠΟ**

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Paired Samples t-Test.

**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre	6,73	15	2,374	,613
post	11,73	15	3,788	,978

**Paired Samples Test**

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-5,000	1,852	,478	-6,025	-3,975	-10,458	14	,000

Άρα προκύπτει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση της ΠΟ.

### γ) Έλεγχος αρχικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται independent sample T-test

**Group Statistics**

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Βαθμολογίες	ΟΕ	17	7,00	2,937	,712
	ΠΟ	15	6,73	2,374	,613

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Βαθμολογίες	Equal variances assumed	,310	,582	,280	30	,781	,267	,953	-1,679	2,212
	Equal variances not assumed			,284	29,798	,779	,267	,940	-1,653	2,187

Συνεπώς προκύπτει στατιστικά ασήμαντη διαφορά στις επιδόσεις.

### δ) Έλεγχος τελικής ισοδυναμίας ΟΕ/ΠΟ

Διαπιστώθηκε ότι υφίσταται κανονική κατανομή για αυτό πραγματοποιείται Mann-Whitney Test.

**Ranks**

	Μέσο διδασκαλίας	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Βαθμολογίες	ΟΕ	17	16,97	288,50
	ΠΟ	15	15,97	239,50
	Total	32		

Test Statistics<sup>a</sup>

	Βαθμολογίες
Mann-Whitney U	119,500
Wilcoxon W	239,500
Z	-,304
Asymp. Sig. (2-tailed)	,761
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,766 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Μέσο διδασκαλίας

b. Not corrected for ties.

Άρα προκύπτει στατιστικά ασήμαντη διαφορά στις επιδόσεις.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Roy, N., & Jain, Y. (2014). Education through ICT Technology: Need of an hour. *Asian Journal of Management*, 5(2), 246-249.
2. Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2007). Examining teachers' beliefs about ICT in education: Implications of a teacher preparation programme. *Teacher development*, 11(2), 149-173.
3. Κορακάκης Γ., (2009) Αποτελεσματικότητα των παραμέτρων του σύγχρονου εκπαιδευτικού λογισμικού στη διδακτική της Χημείας, Διδακτορική Διατριβή., 390-401, Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ.
4. Mbodila, M., Jones, T., & Muhandji, K. (2013). Integration of ICT in Education: Key Challenges. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3(11).
5. McFarlane, A., & Sakellariou, S. (2002). The role of ICT in science education. *Cambridge Journal of Education*, 32(2), 219-232.
6. Korakakis, G., Pavlatou, E. A., Palyvos, J. A., & Spyrellis, N. (2009). 3D visualization types in multimedia applications for science learning: A case study for 8th grade students in Greece. *Computers & Education*, 52(2) 27.
7. Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.
8. Γεωργιάδου, Α. (1998). Διδασκαλία γυμνασιακής Χημείας με μεθόδους που βασίζονται σε ψυχολογικές θεωρίες και στο μακροσκοπικό, το συμβολικό και το μικροσκοπικό επίπεδο της χημείας. Διδακτορική διατριβή.
9. Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of research in science teaching*, 34(9), 949-968.

10. Ardac, D., & Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia - based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of research in science teaching*, 41(4), 317-337.
11. Yang, K. Y., & Heh, J. S. (2007). The impact of internet virtual physics laboratory instruction on the achievement in physics, science process skills and computer attitudes of 10th-grade students. *Journal of Science Education and Technology*, 16(5), 451-461.
12. Tatli, Z., & Ayas, A. (2013). Effect of a Virtual Chemistry Laboratory on Students' Achievement. *Educational Technology & Society*, 16(1), 159-170.
13. Dalgarno, B., Bishop, A. G., Adlong, W., & Bedgood, D. R. (2009). Effectiveness of a virtual laboratory as a preparatory resource for distance education chemistry students. *Computers & Education*, 53(3), 853-865.
14. Zacharia, Z., & Anderson, O. R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71(6), 618-629.
15. Zacharia, Z. C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 120-132.
16. Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317-331
17. Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), 21-47.



18. Dhindsa, H. S. (2011). Using Interactive Whiteboard Technology-Rich Constructivist Learning Environment to Minimize Gender Differences in Chemistry Achievement. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(4), 393-414.
19. Şad, S. N. (2012). An attitude scale for smart board use in education: Validity and reliability studies. *Computers & Education*, 58(3), 900-907.
20. Gursul, F., & Tozmaz, G. B. (2010). Which one is smarter? Teacher or Board. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 5731-5737.
21. Lan, T. S., & Hsiao, T. Y. (2011). A study of elementary school students' viewpoints on interactive whiteboard. *American Journal of Applied Sciences*, 8(2), 172.
22. Hayes, D. N. (2007). ICT and learning: Lessons from Australian classrooms. *Computers & Education*, 49(2), 385-395.
23. Sweller, J. (2002, July). Visualisation and instructional design. In *Proceedings of the International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning* (pp. 1501-1510). Tübingen: Knowledge Media Research Center.
24. Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and instruction*, 12(1), 107-119.
25. Cutrim Schmid, E. (2008). Potential pedagogical benefits and drawbacks of multimedia use in the English language classroom equipped with interactive whiteboard technology. *Computers & Education*, 51(4), 1553-1568.
26. Σκοτσιμάρα Λ. Μελέτη του τρόπου σχεδίασης εκπαιδευτικών σεναρίων με ΤΠΕ, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μαθηματικών, Πανεπιστήμιο Πάτρας
27. Βαφειάδης, Α. (2012) Διαδραστικός Πίνακας. Ανάπτυξη και εφαρμογή εκπαιδευτικών σεναρίων και διερεύνηση των στάσεων των μαθητών, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Διδακτική της Χημείας και Νέες Τεχνολογίες, ΑΠΘ

28. Prestridge, S. (2012). The beliefs behind the teacher that influences their ICT practices. *Computers & education*, 58(1), 449-458.
29. Drenoyianni, H., & Selwood, I. D. (1998). Conceptions or misconceptions? Primary teachers' perceptions and use of computers in the classroom. *Education and information Technologies*, 3(2), 87-99.
30. Ertmer, P. A. (2005). Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration?. *Educational technology research and development*, 53(4), 25-39.
31. Albion, P. R., & Ertmer, P. A. (2002). Beyond the foundations: The role of vision and belief in teachers' preparation for integration of technology. *TechTrends*, 46(5), 34-38.
32. Siorenta, A., & Jimoyiannis, A. (2008). Physics instruction in secondary schools: An investigation of teachers' beliefs towards physics laboratory and ICT. *Research in Science & Technological Education*, 26(2), 185-202
33. Κόκκοτας, Π. (1998). Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης, 2<sup>η</sup> Έκδοση Βελτιωμένη
34. Duschl, R. A., & Gitomer, D. H. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice. *Journal of research in science teaching*, 28(9), 839-858.
35. Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 45-69.
36. Βοσνιάδου, Σ. (2001) Πώς μαθαίνουν οι μαθητές ΔΙΕΘΝΕΣ ΓΡΑΦΕΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΤΗΣ UNESCO (Διαθέσιμο on line: <http://www.ibe.unesco.org/publications/EducationalPracticesSeriesPdf/prac07gr.pdf> προσπελάστηκε στις 28/5/2015)
37. Vosniadou, S., & Matthews, D. B. (1992). Elementary school children's comprehension of science text. In *annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA*.
38. Κολιόπουλος, Δ., Θέματα διδακτικής Φυσικών Επιστημών, *Εκδόσεις Μεταίχμιο*

39. Demircioglu, G., Ayas, A., & Demircioglu, H. (2005). Conceptual change achieved through a new teaching program on acids and bases. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(1), 36-51.
40. Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.
41. Liew, C. W., & Treagust, D. F. (1998). The Effectiveness of Predict-Observe-Explain Tasks in Diagnosing Students' Understanding of Science and in Identifying Their Levels of Achievement.
42. Osborne, R. J., & Gilbert, J. K. (1980). A technique for exploring students' views of the world. *Physics Education*, 15(6), 376.
43. Tarhan, L., & Sesen, B. A. (2010). Investigation the effectiveness of laboratory works related to "acids and bases" on learning achievements and attitudes toward laboratory. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2631-2636.
44. Treagust, D. (1986). Evaluating students' misconceptions by means of diagnostic multiple choice items. *Research in Science education*, 16(1), 199-207.
45. Miller, G. A. (2003). The cognitive revolution: a historical perspective. *Trends in cognitive sciences*, 7(3), 141-144.
46. Ρούσσοσ, Π. (2011). Γνωστική Ψυχολογία. Οι βασικές γνωστικές διεργασίες. *Μοτίβο Εκδοτική*
47. Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63(2), 81.
48. Korakakis, G., Boudouvis, A., Palyvos, J., & Pavlatou, E. A. (2012). The impact of 3D visualization types in instructional multimedia applications for teaching science. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 31, 145-149.
49. Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and instruction*, 4(4), 295-312.

50. Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational psychologist*, 38(1), 1-4.
51. Plass, J. L., Chun, D. M., Mayer, R. E., & Leutner, D. (2003). Cognitive load in reading a foreign language text with multimedia aids and the influence of verbal and spatial abilities. *Computers in Human Behavior*, 19(2), 221-243.
52. Ferik, V., Vrtacnik, M., Blejec, A., & Gril, A. (2003). Students' understanding of molecular structure representations. *International Journal of Science Education*, 25(10), 1227-1245.
53. Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(6), 392-404.
54. Gerjets, P., & Scheiter, K. (2003). Goal configurations and processing strategies as moderators between instructional design and cognitive load: Evidence from hypertext-based instruction. *Educational psychologist*, 38(1), 33-41.
55. Wann, J., & Mon-Williams, M. (1996). What does virtual reality NEED?: human factors issues in the design of three-dimensional computer environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 44(6), 829-847.
56. Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257-285.
57. Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning?. *American Psychologist*, 59(1), 14.
58. Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86.

59. Sweller, J., Kirschner, P. A., & Clark, R. E. (2007). Why minimally guided teaching techniques do not work: A reply to commentaries. *Educational Psychologist, 42*(2), 115-121.
60. Schmidt, H. G., Loyens, S. M., Van Gog, T., & Paas, F. (2007). Problem-based learning is compatible with human cognitive architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist, 42*(2), 91-97.
61. Vogel - Walcutt, J. J., Gebrim, J. B., Bowers, C., Carper, T. M., & Nicholson, D. (2011). Cognitive load theory vs. constructivist approaches: which best leads to efficient, deep learning?. *Journal of Computer Assisted Learning, 27*(2), 133-145.
62. Rickinson, M. (2001). Learners and learning in environmental education: A critical review of the evidence. *Environmental Education Research, 7*(3), 207-320.
63. Scoullos, M., Alampe, A., & Malotidi, V. (2004). The Methodological framework of the development of the educational package "Water in the Mediterranean". *Chemistry Education Research and Practice, 5*(2), 185-206.
64. Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (2000): *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών*, εκδ. ΤΥΠΩΘΗΤΩ
65. Demircioglu, G., Ayas, A., & Demircioglu, H. (2005). Conceptual change achieved through a new teaching program on acids and bases. *Chemistry Education Research and Practice, 6*(1), 36-51.
66. Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). The theory underlying concept maps and how to construct and use them.
67. Hwang, G. J., Wu, P. H., & Ke, H. R. (2011). An interactive concept map approach to supporting mobile learning activities for natural science courses. *Computers & Education, 57*(4), 2272-2280.
68. İngeç, Ş. K. (2009). Analysing concept maps as an assessment tool in teaching physics and comparison with the achievement tests. *International Journal of Science Education, 31*(14), 1897-1915.

69. Cañas, A. J., & Novak, J. D. (2008). Concept mapping using Cmap tools to enhance meaningful learning. In *Knowledge Cartography* (pp. 25-46). Springer London.
70. Hwang, G. J., Yang, L. H., & Wang, S. Y. (2013). A concept map-embedded educational computer game for improving students' learning performance in natural science courses. *Computers & Education*, 69, 121-130.
71. Wu, P. H., Hwang, G. J., Milrad, M., Ke, H. R., & Huang, Y. M. (2012). An innovative concept map approach for improving students' learning performance with an instant feedback mechanism. *British Journal of Educational Technology*, 43(2), 217-232.
72. Horton, C. (2007). Student alternative conceptions in chemistry. *California Journal of Science Education*, 7(2), 1-78.
73. Θεοδωρόπουλος, Π., Παπαθεοφάνους, Π., Σιδέρη, Φ. *Χημεία Γ΄ Γυμνασίου*, ΟΕΔΒ (Διαθέσιμο on line: <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-C102/362/2432,9303/> προσπελάστηκε στις 24/6/2015)
74. Αγγελόπουλος, Β., Γιαννουδάκης, Α., Σιγάλας, Μ., Τζαμτζής, Α., Τζουγκράκη, Χ., *Οδηγός Χρήσης του λογισμικού «ο θαυμαστός κόσμος της Χημείας για το Γυμνάσιο»* (Διαθέσιμο on line: [http://www.pi-schools.gr/software/gymnasio/ximeia\\_b\\_c/odigos.pdf](http://www.pi-schools.gr/software/gymnasio/ximeia_b_c/odigos.pdf) προσπελάστηκε στις 24/6/2015)
75. Muijs, D. (2010). *Doing quantitative research in education with SPSS*. Sage.
76. Απολογιστική έκθεση ΕΚΦΕ Πειραιά – Νίκαιας 2010-11, (Διαθέσιμο on line: [http://ekfe-nikaias.att.sch.gr/portal/files\\_pdf/apologismos\\_2011.pdf](http://ekfe-nikaias.att.sch.gr/portal/files_pdf/apologismos_2011.pdf) προσπελάστηκε στις 30/6/2015)
77. Escudero, E. B., Reyna, N. L., & Morales, M. R. (2000). The level of difficulty and discrimination power of the Basic Knowledge and Skills

Examination (EXHCOBA). *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2(1), 2.