



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

**Προτεινόμενη προσέγγιση της διδασκαλίας στο Γυμνάσιο της
σύγχρονης άποψης της επιστήμης για το Άτομο**

ΤΟΥΜΑΖΑΤΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

Φυσικός

ΑΘΗΝΑ Οκτώβριος 2015

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Προτεινόμενη προσέγγιση της διδασκαλίας στο Γυμνάσιο της σύγχρονης άποψης
της επιστήμης για το Άτομο**

ΤΟΥΜΑΖΑΤΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

A.M.: 121110

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΥΡΙΤΣΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΚΥΡΙΤΣΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΜΑΥΡΙΚΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ, Επίκουρη Καθηγήτρια ΕΚΠΑ

ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΤΡΙΝΑ, Επίκουρη Καθηγήτρια ΕΚΠΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: Δ. ΣΤΑΜΠΑΚΗ – ΧΑΤΖΗΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Αν. Καθηγήτρια

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 16 /10 /2015

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διατριβή αποτελείται από δύο μέρη, το θεωρητικό και το πειραματικό. Στο θεωρητικό μέρος αναφέρονται οι θεωρίες μάθησης που συνδέονται με τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στο πειραματικό μέρος αλλά και τα βασικά σημεία του γνωστικού αντικείμενου της διδασκαλίας. Η θεωρία για τη δομή του ατόμου είναι τεράστια και ξεφεύγει από τα πλαίσια και τους στόχους της διατριβής. Έτσι, παρουσιάζονται μόνον μέρη της θεωρίας προσαρμοσμένα για διδασκαλία σε χαμηλότερα επίπεδα εκπαίδευσης. Η εργασία έχει ως σκοπό να διερευνήσει τη δυνατότητα κατανόησης των θεωρητικών επιτευγμάτων της επιστήμης του 20ου αιώνα για τη δομή του ατόμου. Το βασικό ερώτημα που τίθεται προς διερεύνηση είναι αν μπορεί να διδαχθεί η σύγχρονη επιστημονική άποψη για τη δομή του ατόμου σε μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου. Δημιουργήθηκε ερωτηματολόγιο, που εμφανίζεται στο πειραματικό μέρος, με το οποίο διερευνήθηκαν οι ιδέες των μαθητών για τη δομή του ατόμου. Επιβεβαιώθηκε ότι οι μαθητές είχαν εναλλακτικές ιδέες παρόμοιες με τις αναφερόμενες στην διεθνή βιβλιογραφία. Πραγματοποιήθηκε διδασκαλία δύο διδακτικών ωρών σε δύο από τα τέσσερα τμήματα της Γ΄ τάξης Γυμνασίου τα οποία λειτούργησαν ως Πειραματικά Τμήματα. Η διδασκαλία περιελάμβανε την εισαγωγή / παρουσίαση στους μαθητές μερικών βασικών εννοιών που εμφανίζονται στη σύγχρονη άποψη για τη δομή του ατόμου. Οι μαθητές δεν είχαν στη διάθεσή τους σημειώσεις, ενώ οι έννοιες που παρουσιάστηκαν δεν υπάρχουν στα σχολικά εγχειρίδια του Γυμνασίου. Η μέθοδος των αναλογιών με καθημερινά αντιμετωπιζόμενες καταστάσεις που χρησιμοποιήθηκε, αποδείχθηκε αποτελεσματική για τις περισσότερες έννοιες της διδασκαλίας. Τα υπόλοιπα δύο τμήματα ήταν τα Τμήματα Ελέγχου, στα οποία ακολουθήθηκε η προτεινόμενη από το αναλυτικό πρόγραμμα διδασκαλία. Οι μαθητές και των τεσσάρων τμημάτων μερικές εβδομάδες μετά την διδασκαλία συμπλήρωσαν το ίδιο ερωτηματολόγιο της έρευνας ταυτόχρονα. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν και εξήχθησαν τα συμπεράσματα. Πρέπει να τονιστεί ότι οι απαντήσεις των μαθητών των Πειραματικών Τμημάτων αποτελούν καταγραφή των όσων εμπέδωσαν από την διδακτική παρέμβαση, δεδομένου ότι δεν διέθεταν κανένα γραπτό βοήθημα μετά από αυτή. Από την ανάλυση-συζήτηση των αποτελεσμάτων συνάγεται ότι οι μαθητές είναι «πρόθυμοι» να ακούσουν τη διδασκαλία εκτός σχολικού εγχειριδίου. Οι περισσότερες έννοιες που επιχειρήθηκε να εισαχθούν, έγιναν δεκτές από τη πλειοψηφία των μαθητών, υπήρξαν όμως και κάποιες έννοιες οι οποίες προκάλεσαν σύγχυση και ως εκ τούτου χρήζουν διαφορετικής αντιμετώπισης. Παράλληλα, μέσω ερωτηματολογίου που δόθηκε προς συμπλήρωση σε εκπαιδευτικούς της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, διερευνήθηκε αν οι εκπαιδευτικοί είναι σύμφωνοι να εισαχθεί η διδασκαλία των εννοιών της σύγχρονης επιστήμης για το άτομο στο Γυμνάσιο. Η σύμφωνη γνώμη των εκπαιδευτικών αποτελεί βασική προϋπόθεση εισαγωγής νέων εννοιών στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών του Γυμνασίου.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Διδασκαλία σύγχρονης Ατομικής Θεωρίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Δομή ύλης, άτομο, πυρήνας, ηλεκτρόνιο, κυματοσωματίδιο.

ABSTRACT

The current dissertation consists of two sections, the theoretical (literature review) and the experimental one. In the first section, the literature review, learning theories associated with the methodology used in the experimental are being discussed as well as the main points of the teaching subject. The huge theory about the atomic structure exceeds the framework and objectives of this dissertation. Therefore, only parts of the theory are presented, properly adapted for teaching to lower levels of education. The study aims to explore the possibility of understanding the 20th century theoretical science achievements about the atomic structure. The key question that has to be explored is whether the modern scientific view of atomic structure can be taught to students of the Third Grade of Secondary School (Gymnasium). In order to accomplish the above mentioned aims, a research questionnaire (experimental section) was structured that investigated students' ideas about the atomic structure. It was proven that students had alternative ideas, similar to those reported in the international literature. Specifically, two of the four Third Grade classes operated as Pilot ones. In those classes two hours teaching was carried out that included the introduction / presentation of some basic concepts of the modern aspect of the atomic structure. Students did not have notes and presented concepts were not included in school textbooks. The analogies method was used on a base of the students' daily experiences and it was effective for the most teaching concepts. The other two classes operated as Control Classes and followed the suggested curriculum. A few weeks after the teaching program, students of all four classes completed the same questionnaire at the same time. The results were compared so that conclusions could be drawn. It must be emphasized that the answers of Pilot Classes students' were the proof of what they understood from the teaching intervention as they had no written companion. From the analysis - discussion of the results it was concluded that students were "eager" to hear teaching out of the school handbook. Most of the concepts to be introduced were accepted by the majority of students although there were some concepts that were confusing and therefore should be to be treated in another way.

Moreover, through a questionnaire given to teachers of Secondary Education it was investigated whether they agree to introduce in Secondary School (Gymnasium) teaching of modern atomic theory concepts. The agreement of teachers is the basic condition of introduction of new concepts in the curriculum of Secondary School (Gymnasium).

THEME AREA: Teaching of modern Atomic Theory.

KEYWORDS: Structure of matter, atom, nucleus, electron, wavicle

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εγγραφή μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα του ΔιΧηNET σηματοδότησε την αρχή μιας δημιουργικής πορείας ως εκπαιδευτικού Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Η καθημερινή επαφή με τους καθηγητές του ΔιΧηNET, η τριβή με τα διδακτικά αντικείμενα, η συνεχής προσπάθεια να ανταπεξέλθω στο πρόγραμμα διεύρυναν τους εκπαιδευτικούς μου ορίζοντες.

Επιστέγασμα της όλης προσπάθειας αποτελεί η συγγραφή της διατριβής αυτής.

Πολλοί είναι εκείνοι που στο διάστημα αυτό με βοήθησαν και μου συμπαραστάθηκαν με διάφορους τρόπους και τους ευχαριστώ όλους.

Πρώτα από όλα θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην Καθηγήτρια κυρία Σταμπάκη - Χατζηπαναγιώτη Δέσποινα, η οποία αποτέλεσε για μένα μια «αστείουτη πηγή» γνώσεων, πολύτιμης βοήθειας, αγαστής συνεργασίας. Την ευχαριστώ διότι ακούραστα ήταν πάντα δίπλα μου.

Ιδιαίτερα νιώθω την ανάγκη να πω ευχαριστώ στα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, τον κύριο Κυρίτση Παναγιώτη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Χημείας του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, την κυρία Μαυρικάκη Ευαγγελία, Επίκουρη Καθηγήτρια του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, την κυρία Παρασκευοπούλου Πατρίνα, Επίκουρη Καθηγήτρια Τμήματος Χημείας του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών οι παρατηρήσεις και τα σχόλια των οποίων μου ήταν ιδιαίτερα χρήσιμα στην ολοκλήρωση της ερευνητικής μου προσπάθειας.

Εκφράζω τις ευχαριστίες μου σε όλα τα μέλη του διδακτικού προσωπικού του μεταπτυχιακού προγράμματος ΔιΧηNET για την αμέριστη βοήθεια που μου πρόσφεραν όλο το διάστημα της φοίτησής μου και ιδιαίτερα στην Καθηγήτρια κυρία Τζουγκράκη Χρύσα η οποία καθοδηγούσε και ενθάρρυνε τις προσπάθειές μου.

Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στην Πασχαλίδου Κατερίνα και στην Σακκή Εσθήρ που ακούραστα ήταν πάντα έτοιμες να παράσχουν κάθε βοήθεια.

Επίσης ευχαριστώ τις συμφοιτήτριες μου και τους συμφοιτητές μου για την συνεργασία, την κατανόηση και τη βοήθεια που μου πρόσφεραν.

Τέλος ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στην σύζυγό μου, Δέσποινα και στα παιδιά μου, Χριστόφορο και Γιώργο, διότι με τη δική τους στήριξη και κατανόηση ήταν όλα πιο εύκολα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	13
1.1.1 Θεωρίες μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες.....	13
1.1.2 Ο εποικοδομητισμός του J. Piaget.....	15
1.1.3 Ανακαλυπτική μάθηση (J. Bruner).....	15
1.1.4 Κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης.....	16
1.1.5 Προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών.....	17
1.1.6 Χαρακτηριστικά εναλλακτικών ιδεών.....	18
1.1.7 Εννοιολογική αλλαγή.....	20
1.2.1 Ιστορική αναδρομή-Σύγχρονη άποψη για τη δομή του ατόμου.....	23
1.2.2 Αναφορές στα σχολικά εγχειρίδια για τη δομή της ύλης.....	38
1.3.1 Επισκόπηση ερευνών- Σχετικές εναλλακτικές ιδέες.....	45
1.3.2 Αναγκαιότητα μιας νέας προσέγγισης διδασκαλίας.....	50
1.3.3 Πρόταση διδασκαλίας.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	53
2.1 Αντικείμενο-Σχεδιασμός έρευνας.....	53
2.1.1 Τα ερωτήματα της έρευνας.....	54
2.1.2 Μεθοδολογία διδασκαλίας που ακολουθήθηκε.....	56
2.1.3 Το ερωτηματολόγιο της έρευνας.....	57
2.2 Εφαρμογή.....	67
2.2.1 Το δείγμα της έρευνας.....	67
2.2.2 Η ερευνητική διαδικασία.....	68
2.2.3 Η διδακτική παρέμβαση.....	70
2.3 Αποτελέσματα-Συζήτηση.....	74

2.3.1 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου στη Β΄ τάξη	74
2.3.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων Γ΄ Γυμνασίου ανά ερώτηση	78
2.4 Ανάλυση αποτελεσμάτων ερωτηματολογίου Εκπαιδευτικών	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Συμπεράσματα-Προτάσεις	106
3.1 Αποτίμηση διδακτικής παρέμβασης	106
3.2 Γενικά Συμπεράσματα	111
3.3 Προτάσεις για επόμενες έρευνες	113
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	114
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	120

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Οπτικοποίηση ατόμων νικελίου (Ni).	23
Εικόνα 2: Οπτικοποίηση ατόμων γερμανίου (Ge).....	23
Εικόνα 3: Φωτογραφία ατομικής «σκιάς» με τη χρησιμοποίηση Laser.....	24
Εικόνα 4: Χρονολογική σειρά ατομικών μοντέλων	24
Εικόνα 5: Διάγραμμα ροής των πιο σπουδαίων θεωρητικών και πειραματικών επιτευγμάτων γύρω από τη σύγχρονη ατομική θεωρία.....	25
Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση του πειράματος που αποκάλυψε τη δομή του ατόμου.....	26
Εικόνα 7: Η δημοσίευση του Rutherford, The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom, στο περιοδικό Philosophical Magazine, τον Απρίλιο του 1911.	26
Εικόνα 8: Σχηματική αναπαράσταση της «πτώσης» του ηλεκτρονίου στον πυρήνα λόγω απώλειας ενέργειας στο μοντέλο του Rutherford	27
Εικόνα 9: Το ατομικό μοντέλο Bohr για το άτομο του υδρογόνου (H)	28
Εικόνα 10: Απεικόνιση s τροχιακών με οριακές καμπύλες και σχετικά μεγέθη των 1s, 2s, 3s τροχιακών.....	34
Εικόνα 11: Απεικόνιση της μορφής των ατομικών τροχιακών 1s, 2s, 2p _x , 2p _y και 2p _z για το άτομο του υδρογόνου (H)	35
Εικόνα 12: Η συνάρτηση ακτινικής κατανομής πιθανότητας στη θεμελιώδη κατάσταση του ατόμου του υδρογόνου (H).....	35
Εικόνα 13: Γραφική παράσταση της συνάρτησης ακτινικής πιθανότητας $4\pi r^2 R^2$ για τα τροχιακά 1s, 2s και 3s και σχηματική παρουσίαση της αντίστοιχης κατανομής της ηλεκτρονιακής πυκνότητας...36	
Εικόνα 14: Θέσεις εμφάνισης των ηλεκτρονίων στις διάφορες επιτρεπόμενες περιοχές, όπως τις σημείωσε ο ηλεκτρονικός υπολογιστής προσθετικά για κάποιο χρονικό διάστημα	37
Εικόνα 15: Το Πλανητικό μοντέλο σε αναλογία με το ατομικό μοντέλο, σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής Γ΄ Γυμνασίου	39
Εικόνα 16: Προσομοιώματα ατόμων, σχολικό εγχειρίδιο Χημείας Β΄ Γυμνασίου.....	41

Εικόνα 17: Τα υποατομικά σωματίδια στο άτομο υδρογόνου, σχολικό εγχειρίδιο Χημείας Β΄ Γυμνασίου.....	41
Εικόνα 18: Τα υποατομικά σωματίδια στα άτομο ηλίου σχολικό εγχειρίδιο Χημείας Β΄ Γυμνασίου	41
Εικόνα 19: Απεικόνιση αναλογίας Πλανητικού Συστήματος - Ατομικού Μοντέλου στο σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής Β΄ Γυμνασίου.....	42
Εικόνα 20: Σχεδιάγραμμα ποδοσφαιρικού γηπέδου.....	70
Εικόνα 21: Σχεδιάγραμμα κάτοψης σχολικού κτιρίου.	71
Εικόνα 22: Σχήμα ατόμου όπως το σχεδίασε μαθητής επιλέγοντας την επιλογή d.	93
Εικόνα 23: Σχέδιο μαθητή από εκπαιδευτική δραστηριότητα.....	93
Εικόνα 24: Σχέδιο μαθήτριας από εκπαιδευτική δραστηριότητα	94

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Αριθμός μαθητών ανά τμήμα της Β΄ Γυμνασίου (2013-2014) και της Γ΄ Γυμνασίου (2014-2015).....	68
Πίνακας 2: Αποτελέσματα ποσοστών σωστών απαντήσεων του ερωτηματολογίου που δόθηκε στη Β΄ Γυμνασίου.....	75
Πίνακας 3: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-1 ^{ης} ερώτησης.....	100
Πίνακας 4: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-2 ^{ης} ερώτησης.....	101
Πίνακας 5: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-3 ^{ης} ερώτησης.....	102
Πίνακας 6: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-4 ^{ης} ερώτησης.....	103
Πίνακας 7: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-5 ^{ης} ερώτησης.....	104
Πίνακας 8: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-6 ^{ης} ερώτησης.....	104
Πίνακας 9: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-7 ^{ης} ερώτησης.....	105
Πίνακας 10: Διαχωρισμός μερικών εννοιών που ελέγχθηκαν από το ερωτηματολόγιο της έρευνας.....	110

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 1 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	79
Διάγραμμα 2: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 2 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	80
Διάγραμμα 3: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 3 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	81
Διάγραμμα 4: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 4 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	82
Διάγραμμα 5: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 5 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	83
Διάγραμμα 6: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 6 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	83
Διάγραμμα 7: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 7 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και πειραματικής ομάδας (Γ3,4).....	84
Διάγραμμα 8: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 8ης ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	85
Διάγραμμα 9: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 9ης ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	86
Διάγραμμα 10: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 10 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	87
Διάγραμμα 11: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 11 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	88
Διάγραμμα 12: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 12 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	89
Διάγραμμα 13: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 13 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	90

Διάγραμμα 14: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 14 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	91
Διάγραμμα 15: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 15 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	92
Διάγραμμα 16: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 16 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	95
Διάγραμμα 17: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 17 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	96
Διάγραμμα 18: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 18 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	97
Διάγραμμα 19: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 19 ^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).	98

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1.1 Θεωρίες μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι ένα δύσκολο εγχείρημα όσον αφορά τουλάχιστον την επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας. Η καθημερινή εμπειρία στη σχολική τάξη αποτελεί αδιάψευστο μάρτυρα. Η διδασκαλία βρίσκεται σε μια δυναμική ισορροπία με τα ρεύματα της εποχής, επηρεάζεται από τις απόψεις ψυχολόγων, παιδαγωγών, ιστορικών της επιστήμης.

Τρεις είναι οι κυριότερες θεωρίες μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες και ήταν χρήσιμες στη διαμόρφωση της παρούσας διδακτικής πρότασης και της εφαρμογής της στη σχολική τάξη που είναι το αντικείμενο της διατριβής. Η κατάταξή τους είναι η ακόλουθη,

- α) **Συμπεριφορισμός (Behaviorism)**: Η μάθηση θεωρείται μία διαδικασία απόκτησης της γνώσης.
- β) **Επικοδομητισμός (Constructivism)**: Η μάθηση θεωρείται διαδικασία κατασκευής της γνώσης.
- γ) **Κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης (Social Learning Theories)**: Η μάθηση θεωρείται αποτέλεσμα της συμμετοχής σε κοινωνικές ομάδες.

Κατά τον συμπεριφορισμό, αυτός που μαθαίνει, δηλαδή το υποκείμενο της μάθησης (μαθητής), θεωρείται ως μαύρο κουτί του οποίου αγνοούμε το περιεχόμενο. Έχει μεν εσωτερικές νοητικές διεργασίες αλλά δεν μπορούν να παρατηρηθούν. Γι' αυτό το λόγο μελετώνται μόνο οι εξωτερικές αντιδράσεις του μαθητή. Προϋποθέτει την ενεργή συμμετοχή του μαθητή. Η διδακτέα ύλη αναλύεται σε επιμέρους τμήματα τα οποία διδάσκονται από τα πιο απλά προς τα πλέον σύνθετα. Στις απαντήσεις των μαθητών πρέπει να υπάρχει ταχεία ανταπόκριση, θετική ή αρνητική ανάλογα με την ερώτηση. Όσες ερωτήσεις δεν απαντώνται σωστά, τίθενται εκ νέου έως ότου ο μαθητής αποκτήσει τις απαραίτητες γνώσεις ώστε να απαντήσει σωστά.

Ως μοντέλα διδασκαλίας σύμφωνα με τις αρχές του συμπεριφορισμού αναφέρονται,

- ✓ Προγραμματισμένη διδασκαλία (Skinner): Μεταφορά του περιεχομένου των εγχειριδίων σε προγραμματισμένη μορφή κατάλληλη για εξάσκηση δεξιοτήτων χαμηλού επιπέδου (προπαίδια, εκμάθηση ξένων γλωσσών).
- ✓ Διδακτικός σχεδιασμός (Gagné) περιλαμβάνει: Ανάλυση του στοχευόμενου κοινού και των αναγκών του (εκτίμηση και αξιολόγηση των δεξιοτήτων, των ενδιαφερόντων και των

ιδιαιτεροτήτων των μαθητών της συγκεκριμένης τάξης), ανάπτυξη του διδακτικού υλικού, εφαρμογή, αξιολόγηση και επιστροφή στην αρχή.

Σε αντίθεση με τον συμπεριφορισμό, οι γνωστικές θεωρίες και ιδιαίτερα ο οικοδομητισμός αποδίδουν μεγάλη σημασία στις εσωτερικές νοητικές διεργασίες του ατόμου. Η μάθηση δεν μεταδίδεται, αλλά είναι μια διαδικασία προσωπικής κατασκευής της γνώσης, που βασίζεται σε προγενέστερες γνώσεις. Εδώ η μάθηση απαιτεί την αναδιάταξη των νοητικών δομών του ατόμου ώστε αυτές να αλληλεπιδράσουν με την νέα γνώση, και να την προσαρμόσουν στις υφιστάμενες νοητικές δομές.

Περιλαμβάνουν:

- ✓ Τον εποικοδομητισμό (J. Piaget).
- ✓ Την ανακαλυπτική μάθηση, καθώς και την ανακάλυψη με καθοδήγηση. Η ανακαλυπτική μάθηση στηρίζεται κυρίως στην αυτενέργεια των διδασκόμενων. Ο όρος μάθηση (ή ανακάλυψη) με καθοδήγηση ή «καθοδηγούμενη ανακάλυψη» χρησιμοποιείται κυρίως για τις περιπτώσεις που ο διδάσκων παρεμβαίνει αποφασιστικά σε διάφορα στάδια της ανακάλυψης. (J. Bruner).
- ✓ Θεωρίες επεξεργασίας πληροφοριών.
- ✓ Θεωρίες που σχετίζονται με τις προόδους της Βιολογίας και της Νευροφυσιολογίας.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα ασχοληθούμε με τον εποικοδομητισμό και την ανακαλυπτική μάθηση.

Πρέπει να αναφερθεί η επιρροή στις θεωρίες μάθησης των Φυσικών Επιστημών από τον Thomas Kuhn με το βιβλίο του «Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων»¹. Ο Kuhn μίλησε για τις ριζικές, επαναστατικές αλλαγές που συμβαίνουν στις εννοιολογικές δομές όταν το παλιό συγκρούεται με το νέο. Για παράδειγμα, η μετάβαση από το γεωκεντρικό σύστημα στο ηλιοκεντρικό σύστημα, η μετάβαση από τη Κλασική Μηχανική στη Θεωρία της Σχετικότητας, η μετάβαση από τις κλασσικές έννοιες στις έννοιες της σύγχρονης άποψης για το άτομο. Σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει ριζική αλλαγή της τρέχουσας εννοιολογικής δομής.

1.1.2 Ο εποικοδομητισμός του J. Piaget

Ο Piaget πρότεινε μια θεωρία μάθησης που έχει ως κέντρο τον άνθρωπο, χωρίς να παραγνωρίζει το ρόλο της κοινωνίας. Στον αντίποδα, ο Vygotsky πρότεινε μια θεωρία μάθησης που επικεντρώνεται στην κοινωνία, χωρίς να παραγνωρίζει και τον καθοριστικό λόγο που έχει το άτομο στη διαδικασία εσωτερίκευσης της γνώσης².

Ο Piaget μίλησε για δυο διαδικασίες που λαμβάνουν μέρος στην αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το φυσικό περιβάλλον.

α) της αφομοίωσης

β) της συμμόρφωσης

Κατά την αφομοίωση, το άτομο ερμηνεύει μια συγκεκριμένη αισθητηριακή πληροφορία χρησιμοποιώντας τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις και δομές. Κατά την συμμόρφωση, γίνεται προσαρμογή της γνωσιακής δομής για να αποκτήσει νόημα μια συγκεκριμένη πληροφορία. Πραγματοποιείται διαταραχή της νοητικής ισορροπίας και επέρχεται γνωστική σύγκρουση³.

Χαρακτηριστικά η Bliss⁴ αναφέρει «*Τα άτομα έρχονται σε αλληλεπίδραση με το περιβάλλον αφομοιώνοντας νέες και διαφορετικές πραγματικότητες σε σχέση με ό,τι ήδη γνωρίζουν και κάνουντάς το αυτό μετασχηματίζουν το δικό τους τρόπο σκέψης για να τον προσαρμόσουν στις νέες καταστάσεις. Έτσι το άγνωστο γίνεται γνωστό. Κατά τον Piaget η γνώση είναι μια δραστηριότητα και επομένως όλη η γνώση είναι ένα κατασκεύασμα*».

1.1.3 Ανακαλυπτική μάθηση (J. Bruner)

Ο J. Bruner πρότεινε ως βασική θεωρία για την μάθηση την ανακαλυπτική μάθηση. Οι μαθητές ανακαλύπτουν την γνώση (κανόνες, αρχές, ανάπτυξη δεξιοτήτων) μέσα από ανακαλυπτικές διαδικασίες με το πείραμα, τη δοκιμή, την επαλήθευση ή τη διάψευση. Η ιδέα της σταδιακής ανακάλυψης μπορεί να αποτελέσει ένα ιδιαίτερα σημαντικό κίνητρο για το μαθητή, τον οποίο μπορεί να βοηθήσει ή και να καθοδηγήσει ο εκπαιδευτικός⁵. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι αυτός του εμπνευστή, διευκολυντή και καθοδηγητή στην διαδικασία της ανακάλυψης. Στην ανακαλυπτική μάθηση το ίδιο το άτομο αποκτά τη γνώση. Η ανακάλυψη είναι σημαντική για τη γνωστική μάθηση γιατί απαιτεί από το μαθητή να διαμορφώσει και να ελέγξει υποθέσεις, αντί να διαβάσει απλώς ή να ακούσει την παράδοση του εκπαιδευτικού⁶. Η ανακάλυψη είναι ένα είδος «επαγωγικού

συλλογισμού», γιατί οι μαθητές προχωρούν από τη μελέτη συγκεκριμένων παραδειγμάτων στη διατύπωση γενικών κανόνων, εννοιών και αρχών. Βασική αρχή της ανακαλυπτικής μάθησης είναι ότι «ο Εκπαιδευτικός δεν πρέπει να παρέχει έτοιμες γνώσεις στους μαθητές, αλλά να δημιουργεί σε αυτούς προβληματικές καταστάσεις που θα τους ωθούν στην ανακάλυψη της γνώσης»⁷.

Μία ακόμη αρχή αυτής της θεωρίας είναι η σπειροειδής μορφή της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η διδασκαλία ενός γνωστικού τομέα επαναλαμβάνεται σε επόμενες βαθμίδες της εκπαίδευσης, εμβαθύνοντας στις έννοιες.

Τέλος, ουσιαστικότερη αρχή που απορρέει από την ανακαλυπτική μάθηση είναι η μέθοδος της σκαλωσιάς (Scaffolding). Είναι η διαδικασία κατά την οποία οι ενήλικες βοηθούν τους μαθητές να επικεντρωθούν στα στοιχεία της δραστηριότητας που δεν θα μπορούσαν να ανακαλύψουν χωρίς βοήθεια⁸.

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ο Bruner⁹ επισημαίνει την παιγνιώδη πλευρά της μαθησιακής διαδικασίας, διότι έτσι τα παιδιά αισθάνονται ελεύθερα να κάνουν λάθη και εμπλέκονται ενεργά στην προβληματική κατάσταση.

Με την ανακαλυπτική μάθηση οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία και αποκτούν δεξιότητες που τους βοηθούν να δρομολογούν τη σκέψη τους σε οποιαδήποτε προβληματική κατάσταση. Οι μαθητές εκπαιδεύονται στο να είναι ικανοί να λύνουν μια προβληματική κατάσταση ανεξάρτητα από το γνωστικό αντικείμενο στο οποίο ανήκει, καθώς εκπαιδεύονται σε στρατηγικές οι οποίες θα τους βοηθήσουν σε οποιαδήποτε προβληματική κατάσταση.

1.1.4 Κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης

Η μάθηση συντελείται μέσα σε συγκεκριμένα πολιτισμικά πλαίσια (γλώσσα, στερεότυπα, αντιλήψεις) και ουσιαστικά δημιουργείται από την αλληλεπίδραση του ατόμου με άλλα άτομα, μέσω υλοποίησης κοινών δραστηριοτήτων. Υπάρχει λοιπόν μια κοινωνική αλληλεπίδραση, καθώς σύμφωνα με τη θεωρία αυτή το άτομο που μαθαίνει δεν κατασκευάζει την προσωπική του γνώση μέσα σε ένα πολιτισμικό και επικοινωνιακό «κενό».

Ο Vygotsky (1896-1934), αποδίδει πολύ μεγάλη σημασία στην γλώσσα ως παράγοντα μάθησης και στηρίζει τη θεωρία του στη Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης. Η ζώνη αυτή είναι ένα σύνολο γνώσεων που το άτομο μπορεί να δημιουργήσει υπό την επίδραση του περιβάλλοντος, αλλά όχι μόνο του.

Η συντελεσθείσα ανάπτυξη καθορίζει αυτά που μπορεί να κάνει ένα παιδί χωρίς τη βοήθεια άλλων, ενώ η δυνητική ανάπτυξη καθορίζει εκείνο το οποίο μπορεί να κάνει ένα παιδί υπό την καθοδήγηση ενός ενήλικα ή ενός άλλου παιδιού το οποίο προηγείται στην ανάπτυξη και στην γνώση. Κάθε παιδί, ανάλογα με το επίπεδο στο οποίο βρίσκεται, είναι ικανό να επιτύχει κάποια πράγματα από μόνο του κατά τη διαδικασία της επίλυσης προβλημάτων. Μπορώντας όμως εν δυνάμει να επιτύχει ένα ανώτερο επίπεδο, αν βοηθηθεί γνωστικά από κάποιους ενήλικες ή συνομήλικούς του και εσωτερικεύσει τα αντίστοιχα νοήματα.

Μία άλλη, πολύ σημαντική στη θεωρία του Vygotsky, έννοια είναι αυτή του Πλαισίου Στήριξης (scaffolding)¹⁰ ή "Πλαισίου Στηρίγματος" όπως αναφέρεται από άλλους¹¹ ή "σκαλωσιάς". Η έννοια αυτή περιέχει όλα αυτά τα οποία ο εκπαιδευτικός προσφέρει στο μαθητή για να το στηρίξει και να τον "οπλίσει" με τρόπο τέτοιο που αυτός να καταστεί ικανός να προχωρήσει με σιγουριά πέρα από το σημείο στο οποίο βρίσκεται. Συνδυάζεται δε με το μοντέλο της "γνωστικής μαθητείας", που αναφέρεται στην εσωτερίκευση, εκ μέρους του μαθητή, μοντέλων εργασίας που του παρέχονται και εργαλείων που επινοεί, μέσα από αυθεντικές δραστηριότητες. Ο δάσκαλος λοιπόν δεν είναι αυτός που απλά παρέχει στο μαθητή ένα πλούσιο μαθησιακό περιβάλλον, βοηθώντας τον να αυτοαναπτυχθεί (Piaget), αλλά ενεργός διαμεσολαβητής των κοινωνικών και πολιτισμικών νοημάτων που διαπραγματεύεται με το μαθητή του και τον βοηθά να εσωτερικεύσει όλα αυτά που τον βοηθούν να αναπτυχθεί¹⁰.

1.1.5 Προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών

Από τα μέσα της δεκαετίας του '70 και μετά, κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση παίζουν οι ιδέες (ideas, conceptions, representations) που έχουν τα παιδιά για τα φυσικά φαινόμενα πριν καν τα διδαχθούν στο σχολείο¹². Τα παιδιά αλληλεπιδρούν με το φυσικό και κοινωνικό τους περιβάλλον, με αποτέλεσμα να προσέρχονται στην εκπαιδευτική διαδικασία με μια σειρά διαμορφωμένων ιδεών για τα φυσικά φαινόμενα.

Για τον Bachelard η κατανόηση του φυσικού κόσμου από την ανθρώπινη σκέψη και η διαμόρφωση αυτού που ονομάζει επιστημονικό πνεύμα, επιτυγχάνεται μέσα από την «επιστημολογική ρήξη» που συνοδεύει κάθε γνήσια επιστημονική πράξη και που συστηματικά παρεμποδίζεται από το αντίστοιχο «επιστημολογικό εμπόδιο». Οτιδήποτε φράζει το δρόμο στην αναδόμηση του «επιστημονικού πνεύματος» χαρακτηρίζεται από τον Bachelard ως «γνωστικό εμπόδιο» και είναι ένα εμπόδιο που θέτει η ίδια η σκέψη στη θεμελίωση της επιστημονικής σκέψης.

Οι παιδαγωγικές προεκτάσεις των αντιλήψεων του Bachelard είναι σαφείς. «Συχνά μου έκανε εντύπωση το γεγονός ότι οι δάσκαλοι δεν καταλαβαίνουν ότι κάποιος δεν καταλαβαίνει. Δεν έχουν πάρει υπόψη τους ότι ο νέος έρχεται στο μάθημα με ήδη διαμορφωμένες εμπειρικές γνώσεις. Το ζήτημα γι' αυτόν δεν είναι να αποκτήσει μια μόρφωση προσανατολισμένη στην εμπειρία, αλλά να την αλλάξει, να βγάλει από τη μέση τα εμπόδια που η καθημερινή ζωή έχει ήδη συσσωρεύσει»¹³.

Ο Ausubel αναφέρει στο τέλος της δεκαετίας του 60 ότι «Ο μοναδικός πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη μάθηση είναι ότι ο μαθητής γνωρίζει. Εξακρίβωσέ το και δίδαξε ανάλογα»¹⁴. Προϋπάρχουσα γνώση κατά τον Ausubel δεν είναι απαραίτητα οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα.

Υπάρχει επίσης και η άποψη ότι οι ιδέες των μαθητών ίσως να έχουν ως έναυσμα την εσωτερική δομή του εγκεφάλου και δεν είναι απλώς και μόνο αποτέλεσμα μαθήσεως. Η ιδέα αυτή προέρχεται από την εξελικτική επιστημολογία η οποία ισχυρίζεται ότι οι δομές του εγκεφάλου μας έχουν εξελιχθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στις καθημερινές ανάγκες¹⁵.

Οι ιδέες που έχουν τα παιδιά για τα φυσικά φαινόμενα πριν καν τα διδαχτούν στο σχολείο, και που πολλές φορές επηρεάζονται ελάχιστα από την παραδοσιακή ή την πειραματική διδασκαλία¹⁶, παίζουν κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση. Οι ιδέες αυτές των μαθητών, που σχετίζονται με την εμπειρική προσέγγιση του φυσικού κόσμου, είναι κατά κανόνα διαφορετικές από τις επικρατούσες απόψεις και ονομάζονται *εναλλακτικές ιδέες*¹⁷ ή *εναλλακτικές δομές*¹⁸ ή *παρανοήσεις*¹⁹.

1.1.6 Χαρακτηριστικά εναλλακτικών ιδεών

Η ίδια η διδασκαλία μπορεί να αποτελέσει πηγή εναλλακτικών αντιλήψεων, είτε λόγω κακής πληροφόρησης από τον διδάσκοντα ή τα σχολικά εγχειρίδια, είτε από την παρανόηση βασικών εννοιών¹⁵.

Στο βιβλίο «Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες»²⁰ αναφέρονται τα κάτωθι *Χαρακτηριστικά των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών*. Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη των εκπαιδευτικών κατά το σχεδιασμό της διδασκαλίας.

1. Οι μαθητές τις μεταφέρουν μαζί τους πριν έρθουν στο σχολείο.
2. Είναι βιωματικές (σχετίζονται με τις εμπειρίες των μαθητών).
3. Δεν είναι συμβατές με τις επιστημονικές έννοιες.

4. Χαρακτηρίζονται από παγκοσμιότητα (είναι ανεξάρτητες από κοινωνικο-οικονομικούς παράγοντες και είναι παρόμοιες σε άτομα από διαφορετικές κοινωνικές ομάδες και χώρες).
5. Είναι λανθάνουσες (υποσυνείδητες).
6. Μπορεί να προέρχονται από σύγχυση των εννοιών (οι μαθητές συχνά συγχέουν τις έννοιες ή χρησιμοποιούν μια «έννοια- ομπρέλα» που περιλαμβάνει αρκετά μεγάλη ποικιλία εννοιών).
7. Προϋποθέτουν εμφανείς αλλαγές (οι μαθητές προσπαθούν να εξηγήσουν φαινόμενα που χαρακτηρίζονται από έντονες αλλαγές).
8. Προκύπτουν επειδή χρησιμοποιούνται αιτιατοί συλλογισμοί.
9. Παρουσιάζουν συνοχή (οι μαθητές δεν είναι πρόθυμοι να τις εγκαταλείψουν, βασίζονται στην «κοινή λογική»).
10. Βασική αιτία αποτελεί και η καθημερινή γλώσσα και η αλλαγή της σημασίας των λέξεων (π.χ. η έννοια της δύναμης στην καθημερινή γλώσσα έχει άλλη σημασία από την έννοια της δύναμης στην μηχανική Φυσική).
11. Οι μαθητές έχουν μια ανθρωποκεντρική στάση απέναντι στα φυσικά φαινόμενα (χρησιμοποιούν τις ανθρώπινες αισθήσεις ως βασικό μέσο ερμηνείας).
12. Ορισμένες φορές συνηθίζεται να δίνονται ανθρωπόμορφα χαρακτηριστικά σε φυσικές οντότητες (π.χ. άτομο ή μόριο), γεγονός που αποπροσανατολίζει τους μαθητές και τους κάνει να πιστεύουν πως οι οντότητες αυτές είναι έμψυχες.
13. Εξαρτώνται από το πλαίσιο και τον τύπο της ερώτησης (π.χ. άλλη απάντηση θα δώσει ο μαθητής στην τάξη του αν τον ρωτήσει ο δάσκαλός του, και άλλη στο σπίτι αν τον ρωτήσει ο πατέρας του).
14. Παρουσιάζουν ομοιότητες με ιδέες που καταγράφηκαν στην ιστορία (π.χ. η θεωρία της ενσωμάτωσης της δύναμης από τον Αριστοτέλη).

Η τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, δηλαδή η εννοιολογική αλλαγή, δεν είναι εύκολη υπόθεση. Αν και αποτελεί τον κεντρικό στόχο της διδασκαλίας, δεν είναι βέβαιο ότι θα επιτευχθεί. Αφού μελέτησαν τη σχετική διεθνή βιβλιογραφία, οι Scott, Asoko, Driver & Emberton²¹ κάνουν τις εξής επισημάνσεις,

- ✓ Δεν υπάρχει μόνον μια διδακτική μέθοδος για να διδάξει κανείς μια συγκεκριμένη περιοχή της επιστήμης.

- ✓ Η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες δεν σημαίνει απλά και μόνον την οργάνωση των εννοιών σε μια νέα δομή, αλλά την επαναδιαπραγμάτευση των εννοιών στο σύνολό τους.
- ✓ Η διδασκαλία πρέπει να περιλαμβάνει την ανάπτυξη και χρήση επιστημονικών επιχειρημάτων, με τέτοιο τρόπο ώστε με τη στήριξη εμπειρικών ενδείξεων οι μαθητές να προχωρούν παραπέρα, χτίζοντας μια νέα ματιά για τον κόσμο, όπως αυτή υιοθετείται από τους επιστήμονες.
- ✓ Η διδασκαλία πρέπει να λαμβάνει υπόψη ότι οι συζητήσεις στην τάξη και οι πειραματικές δραστηριότητες θα ερμηνευθούν διαφορετικά από τους μαθητές σε σύγκριση με τις αρχικές προθέσεις των εκπαιδευτικών.

Πολλά από αυτά που αναφέρονται στις έρευνες που παρατίθενται, είναι κοινός τόπος μέσα στην σχολική τάξη. Πολλές φορές υπάρχει η αντίληψη ότι αφού κατά τη διδασκαλία αναδείχθηκαν οι έννοιες του μαθήματος, οι μαθητές τις έχουν κατανοήσει. Όμως η αξιολόγηση δεν το διαπιστώνει. Τουλάχιστον μια μειοψηφία μαθητών, στην καλύτερη περίπτωση, έχει άλλη αντίληψη για τις έννοιες της αντίστοιχης διδασκαλίας.

Επίσης η ίδια διδασκαλία σε διαφορετικά τμήματα έχει διαφορετικά αποτελέσματα. Το συμπέρασμα είναι ότι η αναδόμηση των ιδεών των μαθητών, το πέρασμα από την «αλήθεια των μαθητών» στην «αλήθεια της επικρατούσας άποψης της επιστήμης» είναι πολύ δύσκολη υπόθεση. Δεν υπάρχουν «μαγικές συνταγές» και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.

1.1.7 Εννοιολογική αλλαγή

Είναι πιο δύσκολο να διασπάσεις μια προκατάληψη από (το να διασπάσεις) ένα άτομο .

Albert Einstein

Η διαδικασία της μετάβασης των μαθητών από τις αρχικές τους ιδέες στις επιστημονικές ιδέες ονομάζεται **εννοιολογική αλλαγή**. Να φτάσει δηλαδή ο μαθητής να μοιράζεται, σε κάποιο επίπεδο, τις επικρατούσες θεωρίες της επιστήμης²². Η Βοσνιάδου²³ υποστηρίζει ότι, η εννοιολογική αλλαγή είναι μια διαδικασία η οποία ενεργοποιεί τους εκπαιδευόμενους στο να συνθέσουν νοητικά μοντέλα, ξεκινώντας από τα υπάρχοντα επεξηγηματικά πλαίσια. Αυτή είναι μια βαθμιαία διαδικασία η οποία μπορεί να αποτελέσει μια προώθηση της προόδου των νοητικών τους μοντέλων. Ο Duit²⁴ αναφέρει ότι, οι εννοιολογικές δομές που είχαν οι μαθητές πριν τη διδασκαλία, πρέπει ριζικά να αναδομηθούν,

για να επιτρέψουν την κατανόηση της επιδιωκόμενης γνώσης, δηλαδή την κατάκτηση των επιστημονικών εννοιών. Για να πετύχει το στόχο αυτό ο καθηγητής, δεν αρκεί να γνωρίζει τη «σωστή» γνώση, πρέπει να γνωρίζει και τις σχετικές παρανοήσεις των μαθητών. Δεν αρκεί να διδάσκει «σωστά» τη νέα γνώση, πρέπει να μπορεί να τροποποιεί τις παρανοήσεις των μαθητών¹⁶. Τα προαναφερόμενα αποκτούν μεγαλύτερη σημασία αφού οι έρευνες δείχνουν ότι οι φοιτητές κρατούν τις γνώσεις τους από το Λύκειο και δεν τις αλλάζουν ούτε και μετά το τρίτο έτος των σπουδών τους²⁵.

Όπως αναφέρεται στο βιβλίο της Χαλκιά «Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες»²⁰ οι Posner et al.²⁶ μελέτησαν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες μπορεί να συμβεί ριζοσπαστική αλλαγή στον τρόπο σκέψης ενός επιστημονικού πεδίου. Όπως π.χ. συνέβη κατά τη μετάβαση από το γεωκεντρικό σύστημα στο ηλιοκεντρικό σύστημα. Κάτι ανάλογο θεώρησαν ότι συμβαίνει όταν επιτυγχάνεται εννοιολογική αλλαγή σε έναν μαθητή. Οι διάφορες έρευνες τους οδήγησαν να προτείνουν τέσσερις συνθήκες για να συμβεί ριζοσπαστική αλλαγή.

α) Η υπάρχουσα ιδέα δεν πρέπει να ικανοποιεί τον μαθητή, δηλαδή ο μαθητής θα πρέπει να αισθάνεται δυσαρέσκεια με την τρέχουσα ιδέα του, διότι δεν του είναι πια λειτουργική.

β) Η νέα ιδέα πρέπει να είναι κατανοητή, δηλαδή ο μαθητής θα πρέπει να βρίσκει τη νέα ιδέα λογική και μη αντιφατική, να καταλαβαίνει πλήρως το νόημά της και να μπορεί να την περιγράψει με δικά του λόγια.

γ) Η νέα ιδέα πρέπει να είναι πειστική, δηλαδή ο μαθητής θα πρέπει όχι μόνο να καταλαβαίνει το νόημα μιας έννοιας, αλλά η καινούρια ιδέα να ταιριάζει με άλλες ιδέες ή έννοιες που ο μαθητής ήδη γνωρίζει και να τον πείθει ότι περιγράφει καλά τον κόσμο και μπορεί να τον βοηθήσει να λύσει κάποιο πρόβλημα.

δ) Η καινούρια ιδέα πρέπει να είναι γόνιμη, δηλαδή ο μαθητής όχι απλά να καταλαβαίνει το νόημα μιας έννοιας και να την θεωρεί λογική και πειστική, αλλά να την θεωρεί και χρήσιμη για να επιλύει προβλήματα ή να εξηγεί διάφορα φαινόμενα / διαδικασίες με καλύτερο τρόπο.

Κατά τους Posner et al.²⁶ οι παραπάνω συνθήκες συμβαίνουν ιεραρχικά. Δηλαδή αν ο μαθητής αισθανθεί δυσαρέσκεια με μια προηγούμενη ιδέα του και μια νέα ιδέα του προσφερθεί (μέσω διδασκαλίας), η οποία είναι κατανοητή, πειστική και γόνιμη, τότε μπορεί να ακολουθήσει αφομοίωση της νέας έννοιας.

Μια άλλη παράμετρος που φέρνει δυσκολίες στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι το γεγονός ότι οι μαθητές δεν έχουν συνείδηση των ιδεών τους για έννοιες και φαινόμενα του φυσικού κόσμου. Η εννοιολογική αλλαγή των μαθητών μέσω συνειδητοποίησης μπορεί να ξεκινήσει από εσωτερικές ασυνέπειες ανάμεσα στις τρέχουσες θεωρητικές αντιλήψεις τους και από ασυνέπειες μεταξύ τρεχουσών θεωριών και των δεδομένων που συναντούν. Επίσης μπορεί να ξεκινήσει από τη συνειδητοποίηση της συνθετότητας των τρεχουσών αντιλήψεων τους ή της μη επάρκειας της τρέχουσας θεωρίας να εξηγήσει τα δεδομένα²⁰.

Αρχικά οι έρευνες σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για διάφορα φυσικά φαινόμενα δημιούργησαν την εντύπωση ότι η εννοιολογική αλλαγή είναι βασικά μια επαναστατική διαδικασία, όπου οι νέες ιδέες αντικαθιστούν τις αρχικές και όχι μια εξελικτική και βαθμιαία διαδικασία, όπου υπάρχει η δυνατότητα να υπάρχουν ταυτόχρονα διαφορετικές απόψεις και οι απόψεις αυτές να χρησιμοποιούνται εναλλακτικά, ανάλογα με το πλαίσιο στο οποίο καλούνται να λειτουργήσουν²⁷.

Ο Ausubel κάνει διάκριση μεταξύ της γνώσης με κατανόηση (meaningful learning) και της αποστήθισης (rote learning). Για τον Ausubel, η παραγωγική μάθηση είναι η μη αυθαίρετη, ανεξάρτητη και πραγματική ενσωμάτωση των νέων ιδεών στη γνωσιακή δομή του μαθητή.

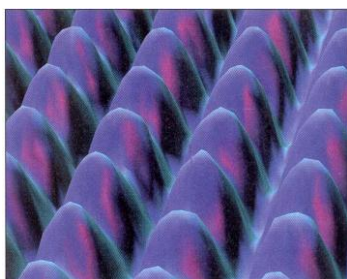
Ο ίδιος θέτει τρία κριτήρια που πρέπει να πληρούνται για την κατάκτηση της προαναφερθείσας μάθησης:

- α) Το υλικό που στοχεύουμε να μάθει ο μαθητής θα πρέπει να έχει ένα εν δυνάμει νόημα.
- β) Ο μαθητής θα πρέπει ήδη να κατέχει τις προαπαιτούμενες σχετικές έννοιες, ώστε να μπορέσει να εγγράψει τις νέες ιδέες στις ήδη υπάρχουσες.
- γ) Ο μαθητής θα πρέπει να ενσωματώσει τη νέα γνώση με έναν μη αυθαίρετο και μη φωτογραφικό τρόπο στην υπάρχουσα γνωσιακή δομή του.

Εάν μία ή περισσότερες από αυτές τις προϋποθέσεις δεν πληρούνται, τότε αντί για την ουσιαστική μάθηση θα προκύψει η αποστήθιση¹⁴. Η ύπαρξη εναλλακτικών ιδεών των μαθητών συνδέεται με το δεύτερο κριτήριο και δυσκολεύουν την επίτευξή του. Πρέπει να υπογραμμιστεί η πιθανότητα να επανέλθει η παλιά ιδέα του μαθητή, διότι δεν ξεχνιέται. Σε όλη αυτή τη διαδικασία ο μαθητής και όχι ο εκπαιδευτικός, είναι εκείνος που αποφασίζει με την εννοιολογική θέση (status) – την ιεραρχική θέση που κατέχουν οι διάφορες έννοιες - για την οποιαδήποτε εννοιολογική αλλαγή^{26,28}.

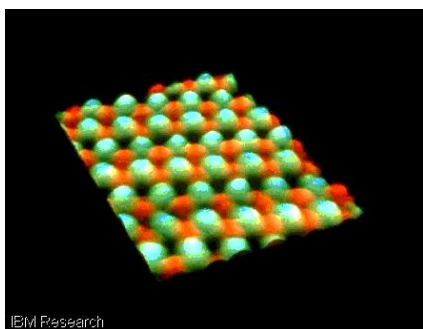
1.2.1 Ιστορική αναδρομή-Σύγχρονη άποψη για τη δομή του ατόμου

Η ύλη αποτελείται από άτομα. Τα περισσότερα άτομα έχουν διάμετρο 1×10^{-10} - 5×10^{-10} m ή 1-5 Å (Ångström). Για αυτό το λόγο και η απόδειξη ύπαρξης των ατόμων ήταν έμμεση. Στη δεκαετία του 1980 αναπτύχθηκε μια τεχνική, η σαρωτική μικροσκοπία σήραγγας, scanning tunneling microscopy (STM), με τη βοήθεια της οποίας έχουμε οπτικοποιήσεις ατομικής παρουσίας μεμονωμένων ατόμων σε επιφάνειες στερεών. (εικόνες 1,2)



Εικόνα 1: Οπτικοποίηση ατόμων νικελίου (Ni).

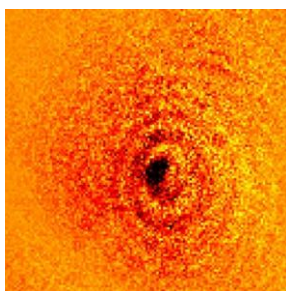
Οι λόφοι που εμφανίζονται δείχνουν την παρουσία των ατόμων νικελίου στην επιφάνεια ενός κρυστάλλου νικελίου (εικόνα ληφθείσα με σαρωτικό μικροσκόπιο σήραγγας, STM). Ανακτημένο από <http://slideplayer.gr/slide/2884647/>



Εικόνα 2: Οπτικοποίηση ατόμων γερμανίου (Ge).

Άτομα Γερμανίου (Ge) στην επιφάνεια ενός κρυστάλλου Γερμανίου (εικόνα ληφθείσα με σαρωτικό μικροσκόπιο σήραγγας, STM). (Επίσης να σημειωθεί ότι τα χρώματα που εμφανίζονται είναι ψεύτικα και έχουν προστεθεί από τον υπολογιστή του STM για την καλύτερη απεικόνιση των ατόμων). Σχολικό εγχειρίδιο Χημείας Α΄ Λυκείου. Ανακτημένο από <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL111/482/3167,12763/>

Με τη χρησιμοποίηση Laser, οι επιστήμονες φωτογραφίζουν τη λεγόμενη ατομική «σκιά» (εικόνα 3). Η ατομική «σκιά» (Atom's Shadow) προκύπτει όταν ιόν Υtterβίου (Yb) καθώς φωτίζεται με Laser ορισμένου μήκους κύματος δημιουργεί σκιά που ανιχνεύεται από υπερευαίσθητο μικροσκόπιο²⁹.



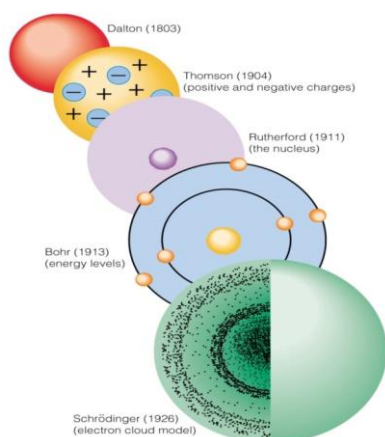
Εικόνα 3: Φωτογραφία ατομικής «σκιάς» με τη χρησιμοποίηση Laser.

Ανακτημένο από <http://news.nationalgeographic.com/news/2012/07/120710-first-picture-atom-shadow-photograph-science-nature-smallest/>

Η άποψη του Feynman³⁰ συνοψίζει με τον καλύτερο τρόπο το πλαίσιο του αντικείμενου που διαπραγματεύεται η εργασία:

«Επειδή η «ατομική» συμπεριφορά είναι εντελώς διαφορετική από αυτή της καθημερινής εμπειρίας, είναι και ιδιαίτερα δύσκολο να εξοικειωθεί κανείς μαζί της, μοιάζει παράξενη και μυστηριώδης σε όλους, τόσο στους αρχάριους όσο και στους πεπειραμένους φυσικούς. Ακόμη και ειδικοί δεν την έχουν κατανοήσει στο βαθμό που θα ήθελαν - γεγονός απόλυτα φυσιολογικό, εφόσον η άμεση εμπειρία, αλλά και η ανθρώπινη διαίσθηση, σχετίζονται με αντικείμενα μεγαλύτερου μεγέθους. Γνωρίζουμε πώς συμπεριφέρονται τα μεγάλα αντικείμενα, αλλά τα πράγματα σε μικρή κλίμακα απλώς δεν δρουν με τον ίδιο τρόπο. Επομένως, θα μάθουμε γι' αυτά μ' έναν αφηρημένο ή επινοητικό τρόπο, και όχι σχετίζοντάς τα με την άμεση εμπειρία μας.»

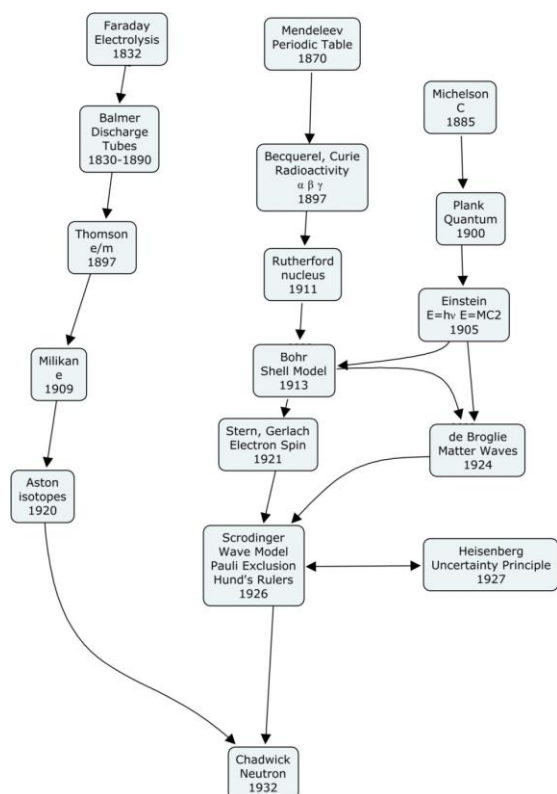
Από το 1800 έως σήμερα οι επιστήμονες έχουν προτείνει διάφορα μοντέλα για το άτομο. (εικόνα 4)



Εικόνα 4: Χρονολογική σειρά ατομικών μοντέλων.

Ανακτημένο από http://timerime.com/es/linea_de_tiempo/2117049/avances+del+modelo+atomico

Στην εικόνα 5 παριστάνεται διάγραμμα ροής των πιο σπουδαίων θεωρητικών και πειραματικών επιτευγμάτων γύρω από τη σύγχρονη ατομική θεωρία. (Ποιος, Τι, Πότε)

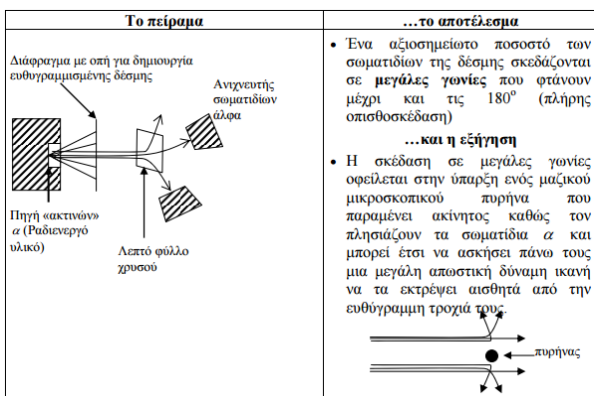


Εικόνα 5: Διάγραμμα ροής των πιο σπουδαίων θεωρητικών και πειραματικών επιτευγμάτων γύρω από τη σύγχρονη ατομική θεωρία³¹.

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα (1897-1911), το ατομικό μοντέλο του Thomson είχε καταφέρει να επικρατήσει. Το συγκεκριμένο μοντέλο δεν παρουσίαζε προβλήματα ευστάθειας (τα αρνητικά σωματίδια ισορροπούσαν σε συμμετρικές διατάξεις μέσα στο θετικό ζελέ υπό την επίδραση των ηλεκτρικών έλξεων και των αμοιβαίων απώσεων τους)³².

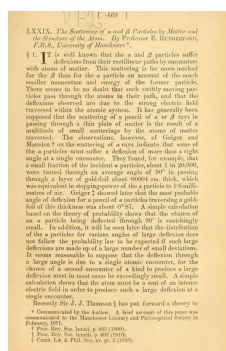
Ο Rutherford μαζί με τους μαθητές του Hans Geiger και Ernest Marsden, το 1908 διηύθνε μια σειρά πειραμάτων στα οποία βομβάρδιζε ένα φύλλο χρυσού με θετικά φορτισμένα σωματίδια α που εκπέμπονταν από ραδιενεργό υλικό (εικόνα 6). Σήμερα είναι γνωστό ότι τα σωματίδια α είναι πυρήνες Ηλίου (${}^4\text{He}^{2+}$). Τα περισσότερα από τα σωματίδια α περνούσαν ανεμπόδιστα μέσα από το φύλλο, δείχνοντας ότι στο εσωτερικό του φύλλου υπήρχε ένας, σχεδόν κενός χώρος, παρά μια διάταξη συμπαγών ατόμων. Παρόλα αυτά μερικά σωματίδια α αναπηδούσαν προς τα πίσω, υποδεικνύοντας έτσι την παρουσία και κάποιων συμπαγών μερών της ύλης πάνω στα οποία ανακλώνται τα σωματίδια. Τα συμπαγή αυτά μέρη δημιουργούσαν ένα ισχυρότερο ηλεκτρικό πεδίο, αφού έκανε τα σωματίδια α να ανακλώνται είτε να εκτρέπονται. Μέχρι το 1911, ο Rutherford είχε συγκεντρώσει αρκετά

δεδομένα ώστε να ανακοινώσει την θεωρία του σχετικά με τον πυρήνα τον ατόμου και την αιτία της μεγάλης εκτροπής των σωματιδίων α . Σύμφωνα με την θεωρία αυτή, όλη σχεδόν η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη σε έναν μικροσκοπικό, θετικώς φορτισμένο, πυρήνα (του οποίου η διάμετρος, όπως ξέρουμε σήμερα, είναι μόλις το 1/100.000 της διαμέτρου του ατόμου). Έξω από τον πυρήνα περιέχονται τόσα ηλεκτρόνια (που το καθένα φέρει μια μονάδα αρνητικού φορτίου), ώστε το φορτίο του πυρήνα να εξουδετερώνεται και το άτομο στο σύνολό του να εμφανίζεται ηλεκτρικά ουδέτερο. Τα ηλεκτρόνια, που έχουν πολύ μικρότερη μάζα, στρέφονται γύρω από τον πυρήνα. Η συγκέντρωση της μεγαλύτερης μάζας του ατόμου σε ένα πολύ μικρό πυρήνα, έκανε το πλανητικό μοντέλο του ατόμου να μοιάζει ακόμα περισσότερο με το ηλιακό σύστημα. Ο Rutherford έστειλε το χειρόγραφο στο οποίο περιγράφεται η εργασία αυτή στο Philosophical Magazine, τον Απρίλιο του 1911. (εικόνα 7)



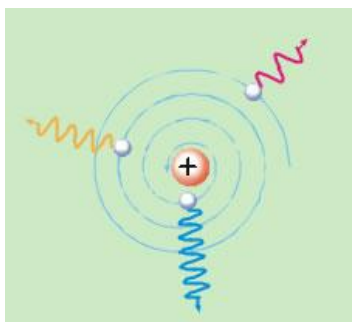
Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση του πειράματος που αποκάλυψε τη δομή του ατόμου. (Παράρτημα V)

Ανακτημένο από <http://gate.iesl.forth.gr/~kafesaki/Modern-Physics/traxanas-short-notes/Rutherford.pdf>



Εικόνα 7: Η δημοσίευση του Rutherford, *The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom*, στο περιοδικό Philosophical Magazine, τον Απρίλιο του 1911. (Παράρτημα V)

Το μοντέλο του Rutherford είχε δυο βασικές αδυναμίες. Η πρώτη ήταν ότι δεν ακτινοβολεί συνεχώς το άτομο. Η δεύτερη αδυναμία είναι η εξής: από τον κλασικό ηλεκτρομαγνητισμό είναι γνωστό ότι τα επιταχυνόμενα ηλεκτρικά φορτία εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, δηλαδή χάνουν ενέργεια. Στο μοντέλο του Rutherford τα ηλεκτρόνια κινούνται σε τροχιές, επομένως υπόκεινται σε κεντρομόλο επιτάχυνση, δηλαδή θα έπρεπε το ηλεκτρόνιο του ατόμου να ακτινοβολεί ενέργεια. Η ενέργεια του ηλεκτρονίου θα πρέπει να μειώνεται συνεχώς. Επομένως θα πρέπει να κινείται σε σπειροειδή τροχιά με διαρκώς μειούμενη ακτίνα και με διαρκώς μεταβαλλόμενη συχνότητα, μέχρις ότου πέσει στον πυρήνα. (εικόνα 8)



Εικόνα 8: Σχηματική αναπαράσταση της «πτώσης» του ηλεκτρονίου στον πυρήνα λόγω απώλειας ενέργειας στο μοντέλο του Rutherford.

Εικόνα από το σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής Γενικής Παιδείας Γ Λυκείου. Ανακτημένο από <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C107/483/3168,12797/>

Ο Bohr το 1913 προτείνει τη θεωρία του η οποία εξηγεί αξιωματικά τόσο την ευστάθεια του ατόμου του υδρογόνου (H) όσο και τα φασματοσκοπικά δεδομένα. Η θεωρία του Bohr ξεκίνησε από τη σύνθεση της αρχικής κβαντικής θεωρίας του Planck, της θεωρίας των φωτονίων του Einstein και του μοντέλου του ατόμου του Rutherford για να εξηγήσει τη σχέση του Balmer. Το μοντέλο του Bohr ήταν σαφώς έξω από τα όρια που επέτρεπε η Κλασική Φυσική. Το εν λόγω μοντέλο εφαρμόζεται με επιτυχία στα ισοηλεκτρονικά με το υδρογόνο άτομα, όπως είναι το He^+ και το Li^{2+} . Ωστόσο δεν ερμηνεύει ικανοποιητικά τα φάσματα των πιο πολύπλοκων ατόμων και ιόντων³³.

Οι συνθήκες της θεωρίας του Bohr σε ό,τι αφορά την εφαρμογή της στο άτομο του υδρογόνου είναι οι εξής:

α) Το ηλεκτρόνιο περιφέρεται υπό την επίδραση της δύναμης Coulomb σε κυκλικές τροχιές γύρω από το πρωτόνιο (πυρήνας).

β) Μόνο μερικές τροχιές επιτρέπονται. Στις τροχιές αυτές το ηλεκτρόνιο δεν ακτινοβολεί. Επομένως η ενέργειά του είναι σταθερή. Η κίνηση του ηλεκτρονίου μπορεί να περιγραφεί με την κλασική μηχανική³³.

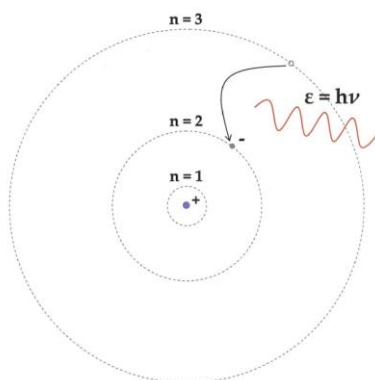
γ) Το ηλεκτρόνιο απορροφά/εκπέμπει ακτινοβολία μόνον όταν μεταβαίνει από μια επιτρεπτή τροχιά σε μία άλλη επιτρεπτή, υψηλότερης/χαμηλότερης ενέργειας. Η μετάβαση αυτή δεν μπορεί να ερμηνευθεί με τους νόμους της Κλασικής Φυσικής. Όταν το ηλεκτρόνιο μεταπηδήσει από μία επιτρεπόμενη τροχιά σε άλλη μεγαλύτερης/μικρότερης ενέργειας, τότε απορροφάται/εκπέμπεται ένα φωτόνιο με ενέργεια ίση με τη διαφορά μεταξύ της αρχικής (E_a) και της τελικής (E_t) του ενέργειας. Η συχνότητα (ν) του εκπεμπόμενου φωτονίου (εικόνα 9) συνδέεται με την μεταβολή της ενέργειας του ατόμου, σύμφωνα με τη σχέση Plank-Einstein:

$$\Delta E = E_t - E_a = h \nu$$

δ) Οι επιτρεπτές τροχιές του ηλεκτρονίου καθορίζονται από μια πρόσθετη κβαντική συνθήκη, η οποία ορίζει ότι επιτρεπτές είναι μόνο οι τροχιές εκείνες στις οποίες η στροφορμή του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του $\hbar = h/2\pi$, της σταθεράς του Plank (h) διαιρεμένη με το 2π , δηλαδή³³.

$$mvr = n\hbar,$$

m = η μάζα του ηλεκτρονίου, v = η ταχύτητα του ηλεκτρονίου, r = η ακτίνα της τροχιάς του ηλεκτρονίου, $n = 1, 2, 3 \dots$ ($\hbar = h/2\pi$),



Εικόνα 9: Το ατομικό μοντέλο Bohr για το άτομο του υδρογόνου (H).

(ϵ =ενέργεια φωτονίου = ΔE) Ανακτημένο από: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Bohr_model_3.jpg

Σωματίδιο-Κύμα: Η Κλασική Φυσική αναγνωρίζει δυο διακριτές φυσικές οντότητες, τα σωματίδια και τα πεδία (ηλεκτρομαγνητικό - βαρύτητας). Τα σωματίδια έχουν καθαρά σωματιδιακή συμπεριφορά³². Ένα σωματίδιο είναι εντοπισμένο και αδιαίρετο ενώ ένα κύμα είναι εκτεταμένο και διαιρετό. Με την υπόθεση του Einstein για τα φωτόνια, η διάκριση σωματίδιο ή κύμα φαίνεται να καταρρέει. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που στα πλαίσια της Κλασικής Φυσικής έχει αποκλειστικά κυματικό χαρακτήρα, αποκτά ταυτόχρονα και σωματιδιακό³¹. Ο Louis Victor de Broglie το 1923, στην διδακτορική του διατριβή, διατύπωσε το αξίωμα ότι, αφού τα φωτόνια δείχνουν χαρακτηριστικές ιδιότητες σωματιδίων και κυμάτων, γιατί να μην συμβαίνει το ίδιο με όλες τις μορφές της ύλης, γιατί, δηλαδή, και τα σωματίδια να μην συμπεριφέρονται ως κύματα³³;

Η ιδέα όταν διατυπώθηκε ήταν επαναστατική και δεν στηριζόταν σε πειράματα. Σύμφωνα λοιπόν με τον *de Broglie*, τα ηλεκτρόνια μπορεί να έχουν διττή υπόσταση, είναι δηλαδή και σωματίδια αλλά και κύματα. Ο Louis de Broglie διατύπωσε την ιδέα ότι:

Τα σωματίδια ορμής p ($p = mv$) συμπεριφέρονται επίσης και ως κύματα και έχουν μήκος κύματος λ .

Το κατά *de Broglie* μήκος κύματος ισούται με

$$\lambda = h/p = h/mv$$

όπου p είναι η ορμή m η μάζα και v η ταχύτητα του ηλεκτρονίου.

Οι Clinton Davisson και Lester Germer εργαζόμενοι στα εργαστήρια Bell, το 1925, πριν να μάθουν κάτι σχετικό με την εργασία του Louis de Broglie, ανακάλυψαν ότι η ένταση μιας δέσμης ηλεκτρονίων που σκεδάζονταν από ένα δείγμα νικελίου ήταν εξαρτημένη από τη γωνία σκεδάσεως. Αυτό βέβαια ήταν αναπάντεχο γιατί συμπεριφερόταν η δέσμη των ηλεκτρονίων όμοια με μια δέσμη ακτίνων-X. Αργότερα, το 1927, δούλεψαν με καθαρούς κρυστάλλους και τότε κατάλαβαν ότι είχαν αποδείξει πειστικά τη διάσημη σχέση του Louis de Broglie.

Αρχή της Απροδιοριστίας: Ο Werner Heisenberg εισήγαγε το 1927 την έννοια του αδυνάτου ταυτόχρονης μέτρησης της θέσης και της ορμής ενός σωματίου με απείρως καλή ακρίβεια, δηλαδή την έννοια της απροδιοριστίας, η οποία ορίζει³³:

Εάν μετρούμε τη θέση ενός σωματίου με σφάλμα Δx και ταυτόχρονα μετρούμε την ορμή ενός σωματίου με σφάλμα Δp , τότε το γινόμενο των δύο σφαλμάτων δεν μπορεί να είναι μικρότερο από έναν αριθμό της τάξης του \hbar ($\hbar = h/2\pi$), δηλαδή

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$$

Άρα είναι αδύνατη η ταυτόχρονη ακριβής μέτρησης της θέσης και της ορμής ενός σωματιδίου.

Επίσης υπάρχει όριο στην ακρίβεια που μπορούμε να μετρήσουμε την ενέργεια E ενός συστήματος, αν το σύστημα παραμένει σε μια δεδομένη ενεργειακή κατάσταση για χρόνο Δt .

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$$

Το φυσικό νόημα της αρχής της απροσδιοριστίας μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: «Όσο πιο αργά μεταβάλλεται ένα φυσικό σύστημα (Δt μεγάλο), τόσο πιο καλά καθορισμένη είναι η ενέργειά του (ΔE μικρό).» Και αντίστροφα: «Όσο πιο γρήγορος είναι ο ρυθμός μεταβολής του (Δt μικρό), τόσο πιο μεγάλη είναι η αβεβαιότητα στην ενέργειά του ³² (ΔE μεγάλο)».

Εξίσωση Schrödinger: Ο Schrödinger επιχείρησε να εξηγήσει την «κίνηση» ενός ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου (H) κυματικά. Την αφορμή έδωσε ο Louis de Broglie όταν ανέπτυξε την ιδέα ότι ο κυματοσωματιδιακός δυϊσμός του φωτός μπορούσε να επεκταθεί και στα υλικά σωματίδια.

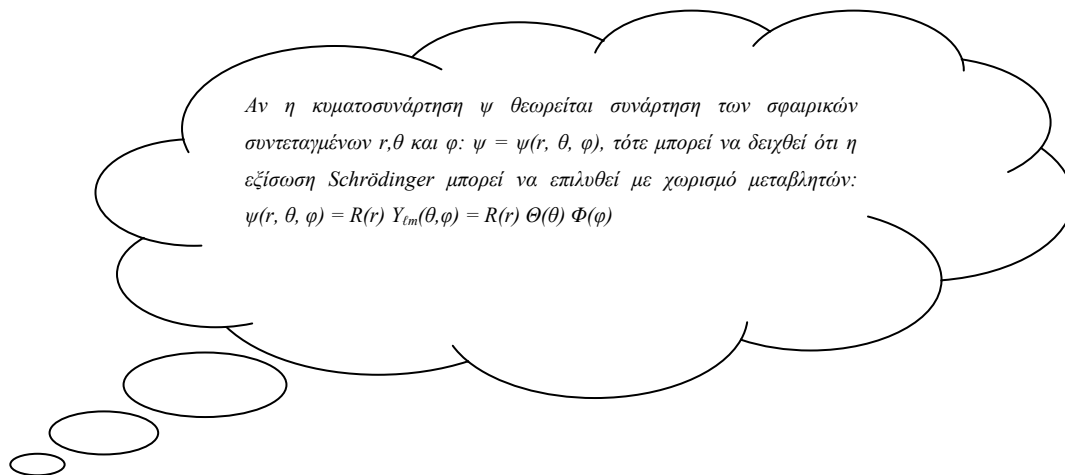
Ο Schrödinger το 1926 δημοσίευσε μια σειρά εργασιών με τον γενικό τίτλο "Η κβάντωση ως πρόβλημα ιδιοτιμών", στις οποίες έθετε σε γερά θεμέλια τη μυστηριώδη μέχρι τότε θεωρία της κυματομηχανικής. Η σημασία της κυματικής εξίσωσης του Schrödinger στην κβαντική μηχανική είναι παρόμοια με τη σημασία των νόμων του Νεύτωνα στην Κλασική Μηχανική. Η εξίσωση του Schrödinger έχει εφαρμοστεί με μεγάλη επιτυχία στο άτομο του υδρογόνου ³³.

Όταν υπάρξει δεύτερο ηλεκτρόνιο, τότε εκτός από την επίδραση του πεδίου Coulomb του πυρήνα υπάρχει και η επίδραση του πεδίου από το άλλο ηλεκτρόνιο. Έτσι οι λύσεις της εξίσωσης του Schrödinger ακολουθούν προσεγγιστικές μεθόδους. Επίσης γίνεται αποδεκτό ότι τα ηλεκτρόνια των πολυηλεκτρονιακών ατόμων καταλαμβάνουν διαδοχικά υδρογονοειδή τροχιακά πράγμα που ισοδυναμεί με την παραδοχή ότι η τελική μορφή του ηλεκτρονικού νέφους προκύπτει με κατάλληλη επικάλυψη ηλεκτρονικών νεφών υδρογονοειδών ιόντων.

Η τρισδιάστατη εξίσωση Schrödinger γράφεται ³²

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -(\hbar^2/2m) \nabla^2 \Psi + V(r) \Psi,$$

όπου $\nabla^2 = \partial^2/\partial^2 X + \partial^2/\partial^2 Y + \partial^2/\partial^2 Z$, ∇^2 είναι ο τελεστής Laplace ή ανάδελα στο τετράγωνο, $V(r)$ το Δυναμικό του πεδίου, Ψ η κυματοσυνάρτηση.



Στη Χημεία, για την κυματοσυνάρτηση ψ επικρατεί ο όρος **τροχιακό**. Τα ατομικά τροχιακά δεν έχουν φυσική σημασία, είναι οι λύσεις της εξίσωσης του Schrödinger, και «υπάρχουν» ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι ηλεκτρονίου.

Ο Schrödinger πίστευε ότι η κυματοσυνάρτηση θα μπορούσε να οδηγήσει σε παλιές κλασικές έννοιες. Αν υποθεθεί ότι η κυματοσυνάρτηση Ψ αντιστοιχεί σε μια μετρήσιμη φυσική διαταραχή, τότε το σωματίδιο (η μάζα ή το φορτίο του), βρίσκεται διάχυτο μέσα στον όγκο της κυματικής διαταραχής με μια πυκνότητα κατανομής κατά πάσα πιθανότητα ανάλογη με την «ένταση» $|\Psi^2|$ του «υλικού πεδίου». Όμως μια τέτοια «κλασικού τύπου» ερμηνεία των υλικών κυμάτων έρχεται σε πλήρη αντίθεση με το πειραματικό γεγονός ότι τα σωματίδια διατηρούν τη σωματιδιακή τους υπόσταση και ανιχνεύονται πάντα σαν ακέραιες ποσότητες και αδιαίρετες μονάδες³².

Ο Max Born διατυπώνει το 1926 την λεγόμενη «στατιστική ερμηνεία». Σύμφωνα με την στατιστική ερμηνεία:

«Η κυματοσυνάρτηση δεν αντιπροσωπεύει ένα φυσικά παρατηρήσιμο «κλασικό» κύμα αλλά ένα «κύμα πιθανότητας». Το τετράγωνο της απόλυτης τιμής της κυματοσυνάρτησης μας δίνει την πυκνότητα πιθανότητας να βρούμε το σωματίδιο σε μια περιοχή του χώρου»³². Άρα,

Φυσική σημασία έχει το $|\Psi^2|$, το οποίο φανερώνει την πιθανότητα ανά μονάδα όγκου (ή πυκνότητα πιθανότητας) ότι θα ανιχνευθεί ένα σωματίδιο σε κάποιο σημείο.

Εάν το σώμα είναι υποχρεωμένο να κινείται κατά μήκος του άξονα x , τότε η πιθανότητα ότι βρίσκεται στο διάστημα dx ισούται με $|\Psi|^2 dx$.

Άρα θα πρέπει να ισχύει ότι το άθροισμα όλων αυτών των πιθανοτήτων σε όλα τα x ισούται με 1. Δηλαδή

$$\int |\Psi|^2 dx = 1.$$

Αυτή ονομάζεται συνθήκη κανονικοποίησης.

Εάν μετρήσουμε τη θέση x του σωματίου πολλές φορές και υπολογίσουμε τον μέσο όρο θα βρούμε αυτό που ονομάζεται αναμενόμενη ή μέση τιμή της θέσης x . Αυτή ορίζεται ως

$$\langle x \rangle = \int X \cdot |\Psi|^2 dx$$

Κβαντικοί αριθμοί: Σε κάθε ατομικό τροχιακό (AT) αντιστοιχεί μια τριάδα κβαντικών αριθμών n , ℓ , m_ℓ και αντίστροφα. Οι κβαντικοί αριθμοί δεν εισάγονται αυθαίρετα αλλά προκύπτουν ως απαίτηση κάθε παραδεκτής λύσης (τροχιακού), της εξίσωσης του Schrödinger για το άτομο του υδρογόνου.

Ο κβαντικός αριθμός n ονομάζεται κύριος κβαντικός αριθμός. και παίρνει ακέραιες τιμές $1, 2, 3, \dots, n$. Όσο μεγαλώνει ο κύριος κβαντικός αριθμός, τόσο μεγαλώνει η ενέργεια των τροχιακών που περιλαμβάνει, μεγαλώνει το «μέγεθος» (και η πολυπλοκότητα) του τροχιακού και μικραίνει η έλξη ηλεκτρονίου και πυρήνα.

Ο κβαντικός αριθμός ℓ ονομάζεται δευτερεύων ή αζιμουθιακός κβαντικός αριθμός. Παίρνει ακέραιες τιμές $0, 1, 2, \dots, n-1$. Ο 2ος κβαντικός αριθμός (ℓ), συνδέεται με την στροφορμή, καθορίζει την μορφή των ηλεκτρονικών νεφών. Για τις διάφορες τιμές του κβαντικού αριθμού (ℓ) συμβολίζουμε τους υποφλοιούς / υποστιβάδες με γράμματα ως εξής:

τιμή δευτερεύοντα κβαντικού αριθμού (ℓ)	0	1	2	3	4
συμβολισμός υποφλοιού	s	p	d	f	g

Ο κβαντικός αριθμός m_ℓ ονομάζεται μαγνητικός κβαντικός αριθμός (m_ℓ) και παίρνει ακέραιες τιμές $-\ell \dots 0 \dots +\ell$. Καθορίζει τον προσανατολισμό του τροχιακού.

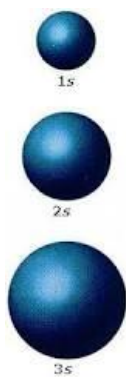
Το 1921 οι Stern και Gerlach απόδειξαν πειραματικά το φαινόμενο της κβάντωσης της κατεύθυνσης (space quantization)³³. Στο πείραμά τους παρήγαγαν μια δέσμη ουδέτερων ατόμων αργύρου (Ag), την οποία κατηύθυναν έτσι ώστε να περάσει μέσα από ένα ανομοιογενές μαγνητικό πεδίο. Τότε διαπίστωσαν ότι η δέσμη χωρίζεται σε δυο συνιστώσες. Το 1925 οι Goudsmit και Uhlenbeck διατύπωσαν την άποψη ότι το ηλεκτρόνιο, εκτός από την τροχιακή στροφορμή του, διαθέτει και μια ιδιοστροφορμή, ή spin, με δύο μόνο δυνατές τιμές προβολής σε κάποιο άξονα³⁴. Η ιδιοστροφορμή του ηλεκτρονίου συνδέεται με έναν τέταρτο κβαντικό αριθμό.

Η εξίσωση Schrödinger δεν περιλαμβάνει την ιδιοπεριστροφή του ηλεκτρονίου αφού το κύμα, που ο Schrödinger θεωρούσε ότι ήταν το ηλεκτρόνιο, δεν έχει ιδιοπεριστροφή. Χρησιμοποιείται όμως και ένας 4^{ος} κβαντικός αριθμός, ο οποίος ονομάζεται μαγνητικός κβαντικός αριθμός του spin (m_s) και δεν χαρακτηρίζει το τροχιακό αλλά το ηλεκτρόνιο. Ο m_s παίρνει τιμές $+\frac{1}{2}$ ή $-\frac{1}{2}$ και σχετίζεται με το μαγνητικό πεδίο του ηλεκτρονίου λόγω της ιδιοπεριστροφής του.

Σε ένα φυσικό σύστημα όπως αυτό του ατόμου του υδρογόνου, το ηλεκτρόνιο του θα κατανέμεται όπως δείχνει η πιο απλή κυματοσυνάρτηση που είναι εκείνη που περιγράφει την κατάσταση 1s ($n = 1, \ell = 0, m_\ell = 0$) και συμβολίζεται $\Psi_{1s}(r)$: $\Psi_{1s}(r) = (1/(\pi r_0)^{1/2}) e^{-r/r_0}$. Όπου r_0 είναι η ακτίνα του Bohr, η οποία ισούται με $r_0 = \hbar^2/(mke^2) = 0,0529$ nm,

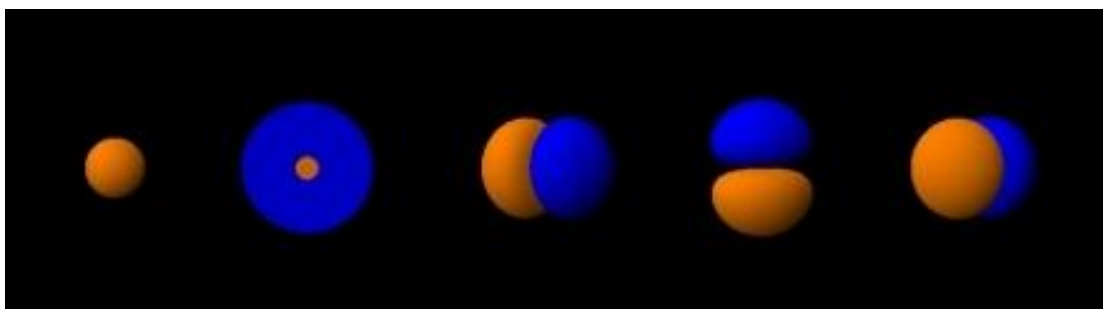
m η μάζα του ηλεκτρονίου, e το φορτίο του ηλεκτρονίου, k η σταθερά του Coulomb.

Η $\Psi_{1s}(r)$ εξαρτάται μόνο από την ακτινική απόσταση r , άρα έχει σφαιρική συμμετρία (εικόνα 7). Αυτό ισχύει για όλες τις καταστάσεις s ($\ell = 0$). Όταν όμως ο δευτερεύων κβαντικός αριθμός ℓ λαμβάνει μη μηδενικές τιμές, η κυματοσυνάρτηση εξαρτάται και από άλλες μεταβλητές.



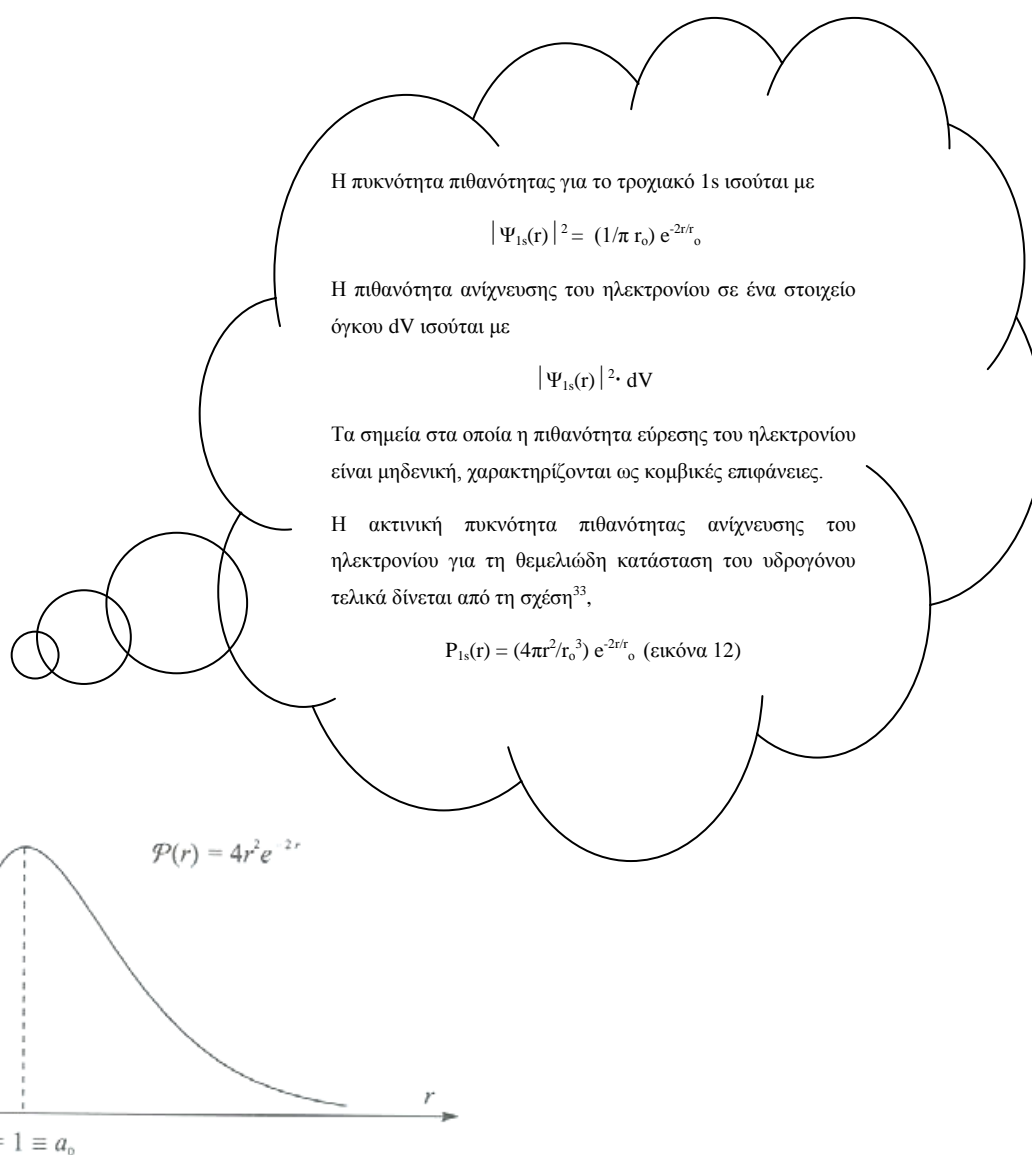
Εικόνα 10: Απεικόνιση s τροχιακών με οριακές καμπύλες και σχετικά μεγέθη των 1s, 2s, 3s τροχιακών.

Σχολικό Εγχειρίδιο Χημείας Γ Λυκείου Θετικής κατεύθυνσης. Ανακτημένο από <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C135/128/933,3416/>



Εικόνα 11: Απεικόνιση της μορφής των ατομικών τροχιακών 1s, 2s, 2p_x, 2p_y και 2p_z για το άτομο του υδρογόνου (H).

https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_orbital#/media/File:Neon_orbitals.JPG

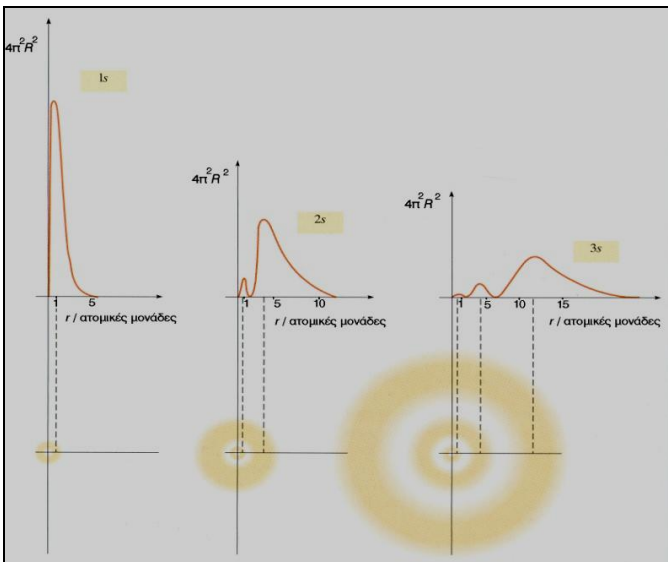


Εικόνα 12: Η συνάρτηση ακτινικής κατανομής πιθανότητας στη θεμελιώδη κατάσταση του ατόμου του υδρογόνου³³

Για τους κβαντικούς αριθμούς $n = 2$, $\ell = 0$, $m_\ell = 0$ η κυματοσυνάρτηση είναι,

$$\Psi_{2s}(r) = 1/(4(2\pi)^{1/2}) \cdot (1/r_0)^{3/2} \cdot (2-r/r_0) \cdot e^{-2r/r_0}$$

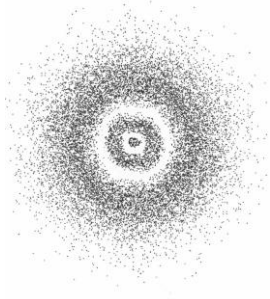
Η $\Psi_{2s}(r)$ εξαρτάται μόνο από την ακτινική απόσταση r και παρουσιάζει σφαιρική συμμετρία. Η σημαντική διαφορά από το $1s$ είναι η κομβική επιφάνεια που θα εμφανιστεί όταν το $r/r_0 = 2$.



Εικόνα 13: Γραφική παράσταση της συνάρτησης ακτινικής πιθανότητας $4\pi r^2 R^2$ για τα τροχιακά $1s$, $2s$ και $3s$ και σχηματική παρουσίαση της αντίστοιχης κατανομής της ηλεκτρονιακής πυκνότητας.

(με τις λευκές περιοχές απεικονίζονται οι κομβικές επιφάνειες). Ανακτημένο από <http://slideplayer.gr/slide/2429419/>

Από τα σχήματα των ατομικών τροχιακών, αλλά και από τις μαθηματικές εκφράσεις, είναι φανερό ότι υπάρχουν επιφάνειες όπου το Ψ^2 μηδενίζεται, πάνω στις οποίες δηλαδή είναι αδύνατο να βρεθεί το ηλεκτρόνιο. Οι επιφάνειες αυτές, που είναι ανάλογες με τα σημεία μηδενικού πλάτους ($\Psi = 0$) ενός στάσιμου κύματος, λέγονται κομβικές επιφάνειες.



Εικόνα 14: Θέσεις εμφάνισης των ηλεκτρονίων στις διάφορες επιτρεπόμενες περιοχές, όπως τις σημείωσε ο ηλεκτρονικός υπολογιστής προσθετικά για κάποιο χρονικό διάστημα.

Ανακτημένο από <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/3rd/contributions/35.pdf> Η μετακλασική φυσική (και) στην εκπαιδευτική διαδικασία – Μια απόπειρα / πρόταση / εφαρμογή επαναπροσέγγισης της εκπαιδευτικής προσομοίωσης και οπτικοποίησης του μικροκόσμου, Γ.Θ. Καλκάνης.

Συνοψίζοντας τα προηγούμενα,

- ✓ Το άτομο αποτελείται από έναν πυρήνα και ηλεκτρόνια καταναμημένα γύρω από τον πυρήνα.
- ✓ Το ηλεκτρόνιο έχει κυματικές ιδιότητες, όπως το φως, με μήκος κύματος $\lambda=h/p$ (h , η σταθερά του Planck - p , η ορμή του).
- ✓ Δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε ταυτόχρονα με ακρίβεια τη θέση και την ταχύτητα των ηλεκτρονίων στο άτομο.
- ✓ Η πρόταση για συγκεκριμένη τροχιά του ηλεκτρονίου δεν έχει έννοια.
- ✓ Μπορεί όμως να προσδιοριστεί με ακρίβεια η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο σε ορισμένες συντεταγμένες.
- ✓ Υπάρχει μια μαθηματική εξίσωση, η εξίσωση Schrödinger, που μπορεί να δώσει πληροφορίες για την κατανομή της ηλεκτρονιακής πυκνότητας. Η εξίσωση συνδέει τους τρεις κβαντικούς αριθμούς (n , ℓ , m_ℓ) με τη μορφή της ηλεκτρονιακής διαμόρφωσης και την ενέργεια (θα δούμε σε επόμενη σελίδα τέτοια σχήματα).
- ✓ Τα ατομικά τροχιακά δεν έχουν φυσική σημασία, είναι οι λύσεις της εξίσωσης του Schrödinger. Το Ψ^2 , δηλαδή η πυκνότητα της πιθανότητας, εκφράζει την πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο σε κάποιο σημείο του χώρου.
- ✓ Είναι δυνατόν να υπολογιστεί αν η κατανομή της ηλεκτρονικής πυκνότητας είναι σφαιρική (κατανομή σε s-τροχιακά) ή θα είναι προσανατολισμένη ως προς κάποιο άξονα (κατανομή σε p-τροχιακά).

1.2.2 Αναφορές στα σχολικά εγχειρίδια για τη δομή της ύλης

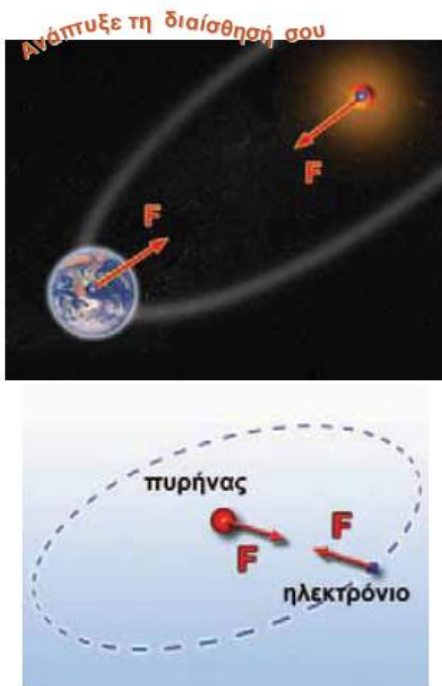
Οι μαθητές, κατά τη διδασκαλία του μαθήματος «Φυσικά Δημοτικού ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ» στην Ε΄ και στην ΣΤ΄ Δημοτικού, καθώς και κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των μαθημάτων Χημείας και Φυσικής στις τάξεις του Γυμνασίου, επιδιώκεται να γνωρίσουν και να εμβαθύνουν στον μικρόκοσμο.

Δημοτικό: Επιδιώκεται να συμπεράνουν, οι μαθητές, ότι τα υλικά σώματα έχουν κοινές χαρακτηριστικές ιδιότητες (μάζα, όγκο, πυκνότητα). Να σχηματίσουν μια πρώτη αντίληψη ότι οι μακροσκοπικές ιδιότητες της ύλης μπορούν να περιγραφούν με ενιαίο τρόπο, με αναφορά στο μοριακό ή ατομικό επίπεδο. Να αποδίδουν τη μεγάλη ποικιλία των υλικών σωμάτων στην ιδιότητα των ατόμων να συνδυάζονται με διαφορετικούς τρόπους ώστε να δίνουν διαφορετικά είδη μορίων. Να περιγράψουν με ενιαίο τρόπο τα ηλεκτρικά φαινόμενα, αναφερόμενοι στη δομή των ατόμων.

Χημεία Γυμνασίου: Επιδιώκεται να συνδέουν τα χημικά φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω τους με οντότητες και έννοιες του μικρόκοσμου.

Φυσική Γυμνασίου: Επιδιώκεται να χρησιμοποιούν το μοντέλο της δομής της ύλης για την ερμηνεία όλων των ηλεκτρικών φαινομένων, να αναγνωρίζουν τη δομή του πυρήνα, να συνδέουν την ισχύ της αλληλεπίδρασης μεταξύ των συστατικών του πυρήνα με την τάξη μεγέθους της πυρηνικής ενέργειας.

Τα αναλυτικά προγράμματα στοχεύουν: από τη μία οι μαθητές να γνωρίσουν τη δομή του ατόμου και από την άλλη να παρουσιάσουν τα ατομικά μοντέλα των Rutherford και Bohr. Βέβαια δεν αναλύονται οι διαφορές των δύο μοντέλων, αλλά ομαδοποιούνται στην έννοια του πλανητικού μοντέλου. Οι μαθητές, μην έχοντας προϋπάρχουσες «εικόνες» για το τι «συμβαίνει» στον μικρόκοσμο, εύκολα πείθονται για τη μεταφορά της αναλογίας των πλανητικών συστημάτων στον μικρόκοσμο. Μάλιστα μια έκφραση πρόκληση από τη μεριά του εκπαιδευτικού είναι «βλέπετε ότι όπως ακριβώς οι πλανήτες γυρίζουν γύρω από τον ήλιο έτσι και τα ηλεκτρόνια γυρίζουν γύρω από τον πυρήνα». Το σχολικό εγχειρίδιο³⁵ της Φυσικής της Γ΄ Γυμνασίου προτρέπει τους μαθητές να αναπτύξουν την διαίσθησή τους δείχνοντάς τους τις κάτωθι εικόνες,



Εικόνα 15: Το Πλανητικό μοντέλο σε αναλογία με το ατομικό μοντέλο, σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής Γ΄ Γυμνασίου.
Ανακτημένο από <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-C201/296/2071,7278/>

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι μαθητές, όπως και οι επιστήμονες παλαιότερα, το θεωρούν απόλυτα φυσιολογικό. Ένας μαθητής, σε παλαιότερη χρονιά από την έρευνα, είπε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας «Μου φαίνεται πολύ λογικό, ο μακρόκοσμος είναι ένας μεγάλος μικρόκοσμος».

Αναλυτικά υπάρχουν οι επόμενες αναφορές στα σχολικά εγχειρίδια.

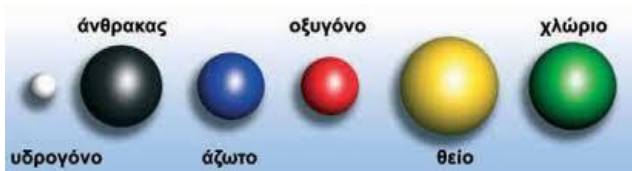
Το σχολικό εγχειρίδιο «Φυσικά Δημοτικού ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ» της Ε΄ Δημοτικού ξεκινάει με το κεφάλαιο «ΥΛΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ» με αναφορά στη δομή της ύλης. Δίνει τον ορισμό για το μόριο, ότι αποτελείται από άτομα, μιλάει για στοιχεία και χημικές ενώσεις και περιγράφει σε μικροσκοπικό επίπεδο τις τρεις φυσικές καταστάσεις της ύλης. Δημιουργεί παρανοήσεις αναφέροντας «Η ζάχαρη είναι γλυκιά. Και το μόριο της ζάχαρης είναι γλυκό»³⁶. Για πρώτη φορά οι μαθητές πληροφορούνται ότι «Αλλά και τα άτομα αποτελούνται από ακόμη μικρότερα σωματίδια –σε αυτό ο Δημόκριτος δεν είχε δίκιο– τα πρωτόνια και τα νετρόνια, που αποτελούν τον πυρήνα του ατόμου, και τα ηλεκτρόνια, που περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα.»³⁶ Επίσης το σχολικό εγχειρίδιο διεισδύει και στον κόσμο των κουάρκ «Τα πρωτόνια και τα νετρόνια αποτελούνται και αυτά από μικρότερα σωματίδια, τα κουάρκ.»³⁶ Γίνεται μια προσπάθεια του σχολικού βιβλίου να διεισδύσει στον μικρόκοσμο, η περιστροφή των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα είναι η πρώτη πληροφορία που δίνεται στους μαθητές για την κίνηση των ηλεκτρονίων.

Στην ΣΤ΄ Δημοτικού οι μαθητές, σύμφωνα με το σχολικό εγχειρίδιο «Φυσικά Δημοτικού ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ» στο κεφάλαιο «ΕΝΕΡΓΕΙΑ» πληροφορούνται ότι *«Κινητική και δυναμική ενέργεια έχουν τα μεγάλα σώματα, τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια αλλά και τα μικρά σωματίδια του μικρόκοσμου, τα ηλεκτρόνια και τα κουάρκ, τα πρωτόνια, τα νετρόνια, οι πυρήνες, τα άτομα και τα μόρια, επειδή και κινούνται και δυνάμεις ασκούνται σε αυτά»*³⁷.

Στην Α΄ Γυμνασίου στο σχολικό εγχειρίδιο «Η Φυσική με Πειράματα» στο Παράρτημα «Ο μικρόκοσμος συγκροτεί και εξηγεί το Μακρόκοσμο» αναφέρεται *«Τα μεγαλύτερα από αυτά, τα μόρια, συγκροτούνται με τη σειρά τους από ένα ή περισσότερα άτομα, στα οποία υπάρχει ένας πυρήνας και γύρω του μικρότερα σωματίδια, τα ηλεκτρόνια»*³⁸. Σε αυτό το σημείο είναι αναγκαίες δύο παρατηρήσεις. Πρώτη παρατήρηση είναι ότι το συγκεκριμένο παράρτημα είναι εκτός διδακτέας ύλης. Δεύτερη παρατήρηση είναι ότι οι μαθητές που συμμετέχουν στην έρευνα, όταν ήταν στη σχολική τάξη της Α΄ Γυμνασίου (2012-2013) στο ωρολόγιο πρόγραμμα της Α΄ Γυμνασίου δεν συμπεριλαμβανόταν το μάθημα της Φυσικής. Το μάθημα της Φυσικής Α Γυμνασίου περιλαμβάνεται στο ωρολόγιο πρόγραμμα της Α΄ Γυμνασίου από το διδακτικό έτος 2013-2014. Χημεία δεν διδάσκεται στην Α΄ Γυμνασίου.

Στη Β΄ Γυμνασίου και στο μάθημα της Χημείας ο μαθητής εισέρχεται στο μικρόκοσμο. Το σχολικό εγχειρίδιο «Χημεία» της Β΄ Γυμνασίου στην Ενότητα 2.8 «Άτομα και μόρια» αναφέρονται η άποψη του Δημόκριτου για τη δομή της ύλης, τι είναι το άτομο, τι είναι το μόριο των χημικών στοιχείων και ενώσεων καθώς και ο ορισμός του ατομικού και του μαζικού αριθμού (σελ. 58-59). *«Κάθε στοιχείο αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια τα άτομα. Όλα τα άτομα ενός στοιχείου είναι όμοια μεταξύ τους. Όταν διαφορετικά άτομα ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζουν χημικές ενώσεις»*³⁹.

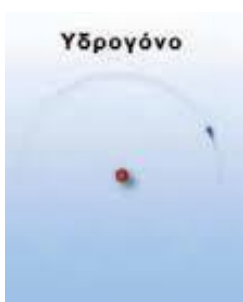
Στο σχολικό εγχειρίδιο της Χημείας της Β΄ Γυμνασίου, στην ενότητα 2.8 «Άτομα και Μόρια» παρουσιάζονται ορισμένα προσομοιώματα ατόμων, όπως φαίνεται στην εικόνα 16. Το σχολικό εγχειρίδιο αναφέρει *«Με τι μοιάζουν όμως τα άτομα; Αυτή είναι μια δύσκολη ερώτηση, γιατί κανείς δεν τα έχει δει με τα μάτια του. Σύμφωνα με τη θεωρία του Ντάλτον, τα άτομα μοιάζουν με μικρές σφαίρες. Η άποψη αυτή ενισχύεται από σύγχρονα ευρήματα, γι' αυτό παριστάνουμε τα άτομα με σφαιρίδια. Στο επίπεδο τα παριστάνουμε με απλούς κύκλους. Τα σφαιρίδια και οι κύκλοι ονομάζονται προσομοιώματα ατόμων»*³⁹.



Εικόνα 16: Προσομοιώματα ατόμων, σχολικό εγχειρίδιο Χημείας Β΄ Γυμνασίου.

Ανακτημένο από <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-B202/219/1998,5040/>

Το σχολικό εγχειρίδιο της Χημείας της Β΄ Γυμνασίου, στην αμέσως επόμενη ενότητα 1.9 «Υποατομικά Σωματίδια-Ιόντα», παρουσιάζει τις εικόνες (17,18), υponoώντας το Πλανητικό Μοντέλο.



Εικόνα 17: Τα υποατομικά σωματίδια στο άτομο υδρογόνου, σχολικό εγχειρίδιο Χημείας Β΄ Γυμνασίου.

Ανακτημένο από <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-B202/219/1998,5041/>



Εικόνα 18: Τα υποατομικά σωματίδια στα άτομο ηλίου σχολικό εγχειρίδιο Χημείας Β΄ Γυμνασίου.

Ανακτημένο από <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-B202/219/1998,5041/>

Στο σχολικό εγχειρίδιο της Χημείας της Β΄ Γυμνασίου, στην ενότητα 2.9 «Υποατομικά σωματίδια-Ιόντα» αναφέρεται αναλυτικά στα υποατομικά σωματίδια και στη δομή του ατόμου, χαρακτηριστικά αναφέρει στη σελ 62,

«Η επιστημονική κοινότητα της εποχής αποδέχτηκε ότι το άτομο είναι ένα σύστημα, που αποτελείται από τα εξής «υποατομικά σωματίδια»:

Τα πρωτόνια (p). Κάθε πρωτόνιο είναι ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο με μία μονάδα θετικού ηλεκτρικού φορτίου (στοιχειώδες θετικό φορτίο).

Τα νετρόνια (n). Κάθε νετρόνιο είναι ένα ηλεκτρικά ουδέτερο σωματίδιο. Η μάζα του είναι σχεδόν όση και η μάζα του πρωτονίου.

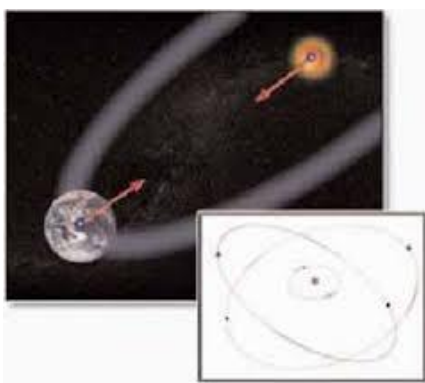
Τα ηλεκτρόνια (e). Κάθε ηλεκτρόνιο είναι ένα αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο με φορτίο αντίθετο του πρωτονίου (μία μονάδα αρνητικού ηλεκτρικού φορτίου: στοιχειώδες αρνητικό φορτίο). Το ηλεκτρόνιο έχει 1.836 φορές μικρότερη μάζα από το πρωτόνιο ή το νετρόνιο»³⁹.

Και συνεχίζει για τη δομή του ατόμου

«Όλη σχεδόν η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη στο κέντρο του, που ονομάζεται πυρήνας. Ο πυρήνας καταλαμβάνει ένα ελάχιστο τμήμα του ατόμου. Αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια. Λόγω των πρωτονίων που περιέχει, ο πυρήνας είναι θετικά φορτισμένος. Αναρωτιέσαι τι υπάρχει έξω από τον πυρήνα; Κενό και περιφερόμενα ηλεκτρόνια!»³⁹

Στη συνέχεια, το σχολικό εγχειρίδιο, αναφέρεται στον ορισμό του Ατομικού αριθμού (Z) και του Μαζικού αριθμού (A).

Στο σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής της Β΄ Γυμνασίου «ΦΥΣΙΚΗ» στην ενότητα 3.6 «Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας» γίνεται συσχέτιση της κίνησης της Γης γύρω από τον Ήλιο με την κίνηση του ηλεκτρονίου στο άτομο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται «**Αντίστοιχα, ένα ηλεκτρόνιο περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα εξαιτίας της ελκτικής δύναμης που ασκείται σε αυτό από τον πυρήνα**»⁴⁰ και παραθέτει και σχετική εικόνα 19.



Εικόνα 19: Απεικόνιση αναλογίας Πλανητικού Συστήματος - Ατομικού Μοντέλου στο σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής Β΄ Γυμνασίου.

Ανακτημένο από <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-B200/530/3510,14397/>

Στο σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής Β΄ Γυμνασίου αναφέρεται για την εικόνα 19 «*Η δύναμη που ασκεί ο πυρήνας στο ηλεκτρόνιο προκαλεί την κίνησή του γύρω απ' αυτόν. Η βαρυτική έλξη που ασκεί ο ήλιος στη γη, προκαλεί την περιφορά της γύρω του*».

Στο μάθημα της Χημείας της Γ΄ Γυμνασίου για πρώτη φορά γίνεται αναφορά στον Περιοδικό Πίνακα και την ταξινόμηση των στοιχείων της ύλης. «*Οι ιδιότητες των στοιχείων μεταβάλλονται περιοδικά με τον ατομικό τους αριθμό*»⁴¹.

Το σχολικό εγχειρίδιο του μαθήματος της Φυσικής της Γ΄ Γυμνασίου στην ενότητα 1 «*Ηλεκτρισμός*», στην παράγραφο 1.3 «*Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου*» κάνει αναφορά στη δομή του ατόμου. Χαρακτηριστικά αναφέρει «*Κάθε άτομο αποτελείται από έναν πυρήνα γύρω από τον οποίο περιφέρονται τα ηλεκτρόνια*»³⁵. Το βιβλίο παρουσιάζει την εικόνα 15 στο πλανητικό μοντέλο του ατόμου, χωρίς να τους αφήνει ελάχιστο περιθώριο αμφισβήτησής του.

Το σχολικό εγχειρίδιο, Φυσική Γ΄ Γυμνασίου, αναφέρει τα εξής κάτω από την εικόνα 15, «*Πλανητικό σύστημα και άτομο. Είδαμε στη Β΄ τάξη ότι η αδράνεια είναι ιδιότητα της ύλης και μέτρο της αδράνειας είναι η μάζα. Ο ήλιος και η γη έχουν μάζα. Αλληλεπιδρούν με βαρυτικές δυνάμεις. Τα ηλεκτρόνια και ο πυρήνας έχουν ηλεκτρικό φορτίο. Αλληλεπιδρούν με ηλεκτρικές δυνάμεις. Πολλές φορές λέμε ότι το άτομο μοιάζει με το πλανητικό μας σύστημα.*»

Επίσης παρέχει αναλυτικές πληροφορίες για τη δομή του ατόμου. Αναλυτικά το σχολικό εγχειρίδιο στην ενότητα «*Ηλεκτρισμός*» στην παράγραφο 1.3 «*Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου*» αναφέρει:

«*1. Κάθε άτομο αποτελείται από έναν πυρήνα γύρω από τον οποίο περιφέρονται τα ηλεκτρόνια. Ο πυρήνας και τα ηλεκτρόνια είναι φορτισμένα σωματίδια. Ο πυρήνας έχει θετικό φορτίο, ενώ κάθε ηλεκτρόνιο αρνητικό. Έτσι ο πυρήνας έλκει κάθε ηλεκτρόνιο, ενώ τα ηλεκτρόνια απωθούνται μεταξύ τους.*

2. Όλα τα ηλεκτρόνια είναι όμοια. Έχουν την ίδια μάζα και το ίδιο ηλεκτρικό φορτίο.

3. Οι πυρήνες είναι σύνθετα σωματίδια (εικόνα 1.12). Αποτελούνται από πρωτόνια και νετρόνια. Το πρωτόνιο και το νετρόνιο έχουν σχεδόν ίσες μάζες. Όμως το πρωτόνιο είναι θετικά φορτισμένο, ενώ το νετρόνιο δεν έχει φορτίο, δηλαδή είναι ηλεκτρικά ουδέτερο. Όλα τα πρωτόνια είναι πανομοιότυπα. Έχουν την ίδια μάζα και το ίδιο φορτίο.

4. Το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν αντίθετα φορτία ακριβώς ίδιου όμως μεγέθους: το φορτίο του πρωτονίου είναι $+1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, ενώ του ηλεκτρονίου είναι $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Τα φορτία του πρωτονίου και του ηλεκτρονίου είναι τα πιο μικρά φορτία που έχουν παρατηρηθεί ελεύθερα στη φύση»³⁵.

Στην Α΄ Λυκείου γίνεται αναφορά στα ατομικά πρότυπα (Δημόκριτος, Dalton, Rutherford, Bohr, Sommerfield) αναφέρεται για πρώτη φορά σε σχολικό εγχειρίδιο ότι «**Σύγχρονες αντιλήψεις για τη δομή των ατόμων: το ηλεκτρόνιο συμπεριφέρεται ως κύμα, συνεπώς δεν μπορούμε με ακρίβεια να γνωρίζουμε την τροχιά που διαγράφει. Εισαγωγή της έννοιας του ατομικού τροχιακού, του χώρου γύρω από τον πυρήνα όπου έχει μεγάλη πιθανότητα να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο**»⁴². Υπάρχει και αντίστοιχη εικόνα στην οποία παριστάνεται το νέφος ηλεκτρονίων.

Στο σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής Γενικής Παιδείας της Γ΄ λυκείου (2014-2015) αναφέρεται «Το πρότυπο του Rutherford ονομάζεται και **πλανητικό μοντέλο** του ατόμου, γιατί αποτελεί μικρογραφία του ηλιακού πλανητικού συστήματος. Αποτελεί ένα μεγάλο βήμα, που πλησιάζει στην εικόνα του ατόμου όπως τη γνωρίζουμε σήμερα»⁴³, το ίδιο βιβλίο, περιλαμβάνει μέχρι και το μοντέλο του Bohr. Γίνεται μόνο η αναφορά ότι από το 1920 έχει αναπτυχθεί μια νέα θεωρία, της κβαντομηχανικής, για να αντιμετωπίσει τις αδυναμίες του μοντέλου του Bohr.

Τα σχολικά εγχειρίδια της Χημείας, σε όλες τις τάξεις απαιτούν από τους μαθητές να σκέφτονται με σωματιδιακούς όρους. Ο μικρόκοσμος είναι ο χώρος δράσης της Χημείας και γι' αυτό πάντα υπάρχουν, σε όλη την ύλη που διδάσκεται στους μαθητές, αναφορές σωματιδιακών μοντέλων για τη φύση της ύλης. Στη Β΄ Λυκείου οι μαθητές έρχονται σε επαφή με την Οργανική Χημεία και στη Γ΄ Λυκείου δεν διδάσκεται Χημεία στα μαθήματα Γενικής Παιδείας παρά μόνο στη Θετική Κατεύθυνση όπου γίνεται η πρώτη ουσιαστική επαφή των μαθητών με τη σύγχρονη θεώρηση της επιστήμης για το άτομο.

1.3.1 Επισκόπηση ερευνών- Σχετικές εναλλακτικές ιδέες

Ο νομπελίστας φυσικός Richard P. Feynman (1977) εξαιρεί τη σημασία της ατομικής υπόθεσης. Χαρακτηριστικά έχει γράψει «*Αν συνέβαινε μια βιβλική καταστροφή ώστε να χανόταν όλη η επιστημονική γνώση και απέμενε μια πρόταση για να μεταβιβαστεί στις επερχόμενες γενεές, ποια διατύπωση θα εμπεριείχε τις περισσότερες πληροφορίες με τις λιγότερες λέξεις; Πιστεύω θα ήταν η ατομική υπόθεση (ή ατομική πραγματικότητα ή όπως αλλιώς θέλετε να την ονομάσετε), πως όλα τα πράγματα αποτελούνται από άτομα, δηλαδή μικρά σωματίδια που κινούνται αδιάκοπα στο χώρο και τα οποία έλκονται όταν η μεταξύ τους απόσταση είναι μικρή, ενώ απωθούνται όταν προσπαθούμε να τα φέρουμε κοντά. Όπως θα δείτε σε αυτή την πρόταση και μόνο συγκεντρώνεται τεράστια ποσότητα πληροφορίας σχετικά με τον κόσμο, αρκεί να ενεργοποιήσουμε λίγο τη σκέψη μας και τη φαντασία μας*»³⁰. Τις τελευταίες δεκαετίες στο χώρο της εκπαιδευτικής έρευνας, είναι πολλοί αυτοί, που χαρακτηρίζουν το σωματιδιακό πρότυπο ένα πολύτιμο εργαλείο για τους μαθητές και αναζητούν τον καλύτερο και αποδοτικότερο τρόπο διδασκαλίας του στους μαθητές από όλο και μικρότερη ηλικία. Στη βιβλιογραφία διατυπώνεται η θέση ότι η κατανόηση της σωματιδιακής δομής της ύλης είναι εξέχουσα σημασίας για τους μαθητές προκειμένου να προσεγγίσουν όλους τους τομείς των φυσικών επιστημών⁴⁴. Υποστηρίζεται ότι το σωματιδιακό μοντέλο βοηθά τους μαθητές να προσεγγίσουν τα φαινόμενα για τα οποία δεν έχουν εποπτεία όπως αυτά που σχετίζονται με τα αόρατα αέρια⁴⁵. Έρευνες δείχνουν ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόηση σωματιδιακών ιδεών, πολύ περισσότερο όταν είναι γνωστό ότι τα παιδιά αναπτύσσουν πριν τη διδασκαλία νοήματα και αντιλήψεις για τα μόρια, άτομα⁴⁶ κ.λπ.

Διάφορες έρευνες, σχετικές με τη διδασκαλία της κβαντομηχανικής⁴⁷, έχουν δείξει ότι οι μαθητές της δευτεροβάθμιας (αλλά ακόμα και της τριτοβάθμιας) εκπαίδευσης βρίσκουν τις αντίστοιχες έννοιες δύσκολες και πολύ αφηρημένες. Η δυσκολία αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές στην κλασική μηχανική έχουν μάθει να δημιουργούν αναπαραστάσεις και να σχηματίζουν εικόνες προκειμένου να αντιλαμβάνονται τις διάφορες ιδέες, ενώ η Κβαντική Μηχανική απαιτεί ένα υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης⁴⁸.

Στην πλειονότητα των σχετικών ερευνών⁴⁹ καταδεικνύεται ότι οι διδασκόμενοι που φαίνεται να έχουν εσωτερικεύσει την ιδέα του μεταξύ των σωματιδίων κενού χώρου, είναι λιγότεροι από τους μισούς. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι οι μαθητές, όχι μόνο έχουν αναπτύξει απόψεις για την ύλη και τις μεταμορφώσεις της πριν έρθουν στο σχολείο, οι οποίες διαφέρουν αρκετά από τις επιστημονικά αποδεκτές, αλλά ότι αυτές οι απόψεις είναι ιδιαίτερα «επίμονες» και ανθεκτικές στη

διδασκαλία^{50,51}. Οι μαθητές, ακόμη και όταν έχουν διδαχθεί αναλυτικά τα σχετικά κεφάλαια στα μαθήματα της Χημείας και της Φυσικής, συγγέουν όχι μόνο τις έννοιες σωματίδιο, άτομο, μόριο, αλλά και πυρήνας, πρωτόνιο, νετρόνιο και ηλεκτρόνιο, όπως και τις σχέσεις μεταξύ τους⁵². Η περιγραφική έρευνα των νοητικών μοντέλων για τα άτομα, σε μαθητές ηλικίας 14 – 16 ετών, έδειξε ότι οι περισσότεροι προτιμούν μοντέλα που τα απεικονίζουν σαν ξεχωριστές, διακεκριμένες δομές. Αυτό το συμπέρασμα προκύπτει από το γεγονός ότι προτιμούν το ατομικό μοντέλο που μοιάζει με το ηλιακό σύστημα και θεωρούν τις ηλεκτρονιακές στοιβάδες και τα ηλεκτρονιακά νέφη ως πλήρεις ή ημιστερεές δομές⁵³. Ακόμη και φοιτητές περιγράφουν το άτομο ως σφαίρα ή σύμφωνα με το πλανητικό μοντέλο ανατρέχοντας στην Κλασική Φυσική και θεωρώντας ότι έχει συγκεκριμένο μέγεθος⁵⁴.

Οι μαθητές αλλά και οι φοιτητές που έχουν διδαχθεί Χημεία σε προχωρημένο επίπεδο δεν μπορούν να περιγράψουν την συμπεριφορά των ηλεκτρονίων, θεωρούν ότι τα ηλεκτρόνια που «βρίσκονται» σε p τροχιακά διαγράφουν τροχιά σχήματος του αριθμού οκτώ. Οι εικόνες αυτές έρχονται σε πλήρη αντίθεση με τη κβαντική θεώρηση του ατόμου σύμφωνα με την οποία υπάρχει πάντα μια μικρή πιθανότητα να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο οποιουδήποτε ατόμου σε πολύ μεγάλη απόσταση από τον πυρήνα και επομένως το μέγεθος του ατόμου δεν είναι καθορισμένο. Στην τελευταία τάξη του Λυκείου αλλά και στα πρώτα πανεπιστημιακά έτη οι περισσότεροι αναπαριστούν τα τροχιακά σαν επίπεδες ολότητες, ενώ η ιδέα μιας πιθανοτικής απεικόνισης στο χώρο των τριών διαστάσεων τους διαφεύγει⁵⁵.

Οι μαθητές στο Δημοτικό και το Γυμνάσιο θεωρούν τα ηλεκτρόνια σαν στερεά και στατικά αντί για κινούμενα προς κάθε κατεύθυνση, ενώ μεταξύ των μαθητών του Λυκείου αλλά και των φοιτητών πριν αρχίσουν το μάθημα της Κβαντομηχανικής το μηχανιστικό μοντέλο των γρήγορα κινούμενων ηλεκτρονίων σε καθορισμένες τροχιές είναι κυρίαρχο⁵⁶. Στα ηλεκτρόνια αποδίδονται ιδιότητες κλασικών αντικειμένων, όμοιων με αυτά που συλλαμβάνουν οι ανθρώπινες αισθήσεις.

Ένα άτομο συχνά περιγράφεται σαν στρογγυλό, στερεό και ασυμπίεστο^{53,57} και ορίζεται ως «μπάλα» ή «σφαίρα». Λιγότεροι από τους μισούς μαθητές τελειώνοντας το Γυμνάσιο έχουν κατανοήσει επαρκώς ότι ένα άτομο αποτελείται από πυρήνα και ηλεκτρόνια καθώς και την ηλεκτρονιακή δομή του^{53,57}. Επομένως, το άτομο δεν περιγράφεται σύμφωνα με κάποια επιστημονική θεωρία και δεν φαίνεται να έχει κατανοηθεί ότι οι αισθήσεις μας δεν είναι δυνατόν να μας δώσουν πληροφορίες για την μορφή του. Δεν διαθέτουν δηλαδή νοητική εικόνα για τα δομικά συστατικά της ύλης, ώστε να μπορούν να περιγράψουν πώς είναι δομημένα, ποιες είναι οι ιδιότητές τους και ποιες οι μεταξύ τους διαφορές. Οι μαθητές δεν θεωρούν τα άτομα ως οντότητες ενός

μοντέλου που ερμηνεύει τις μακροσκοπικές ιδιότητες της ύλης, ως αναδυόμενες ιδιότητες του συνόλου των οντοτήτων (τις οποίες από μόνα τους δεν τις έχουν), αλλά θεωρούν ότι τα άτομα είναι τα πιο μικρά κομμάτια στα οποία το μακροσκοπικό αντικείμενο μπορεί να υποδιαιρεθεί διατηρώντας ταυτόχρονα τα χαρακτηριστικά του, π.χ. θεωρούν ότι τα άτομα είναι ψυχρά ή ζεστά αν το αντικείμενο είναι ψυχρό ή θερμό. Οι Albanese & Vicentini⁵⁸ θεωρούν ότι οι μαθητές δέχονται το άτομο σαν το τμήμα της ύλης που δεν μπορεί να διαιρεθεί σε μικρότερα τμήματα. Διαθέτουν δηλαδή οι μαθητές μια προσωπική θεωρία σύμφωνη με αυτή των επιστημόνων του 19^{ου} αιώνα.

Σπάνια οι μαθητές αναφέρονται στην έννοια του ατομικού μοντέλου, ενώ πολλοί φαίνεται να συγχέουν το ατομικό μοντέλο με την πραγματικότητα^{54,59}. Ακόμη και οι φοιτητές όταν υιοθετούν κάποιο από τα μοντέλα του ατόμου, δεν μπορούν να το χρησιμοποιήσουν για να ερμηνεύσουν κάποιο φυσικό φαινόμενο²⁵. Η έννοια του ατομικού μοντέλου ως επιστημονικού εργαλείου, που μπορεί να ανασκευαστεί ή να καταργηθεί στο μέλλον, δεν φαίνεται να έχει οικοδομηθεί στους μαθητές αλλά και στους φοιτητές. Η σχέση της ηλεκτρονιακής δομής του ατόμου ενός στοιχείου και η θέση του στον περιοδικό πίνακα δεν φαίνεται να είναι ξεκάθαρη για τους μαθητές⁶⁰. Δέχονται επίσης ότι τα ηλεκτρόνια είναι κατανεμημένα σε ζευγάρια γύρω από τον πυρήνα, επηρεασμένοι από τους τύπους κατά Lewis, που χρησιμοποιούνται για την ερμηνεία των χημικών δεσμών⁵⁴. Επομένως, οι μαθητές και οι φοιτητές για να περιγράψουν το άτομο ανακαλούν εικόνες του μακρόκοσμου με τις οποίες έχουν εξοικειωθεί, ενώ συχνά συγχέουν τα δομικά συστατικά της ύλης (σωματίδια) με τα δομικά συστατικά της έμβιας ύλης (κύτταρο). Η οπτικοποίηση και οι ιδιότητες του ατόμου ταυτίζονται με την πραγματικότητα, χωρίς να γίνεται οποιαδήποτε αναφορά στα ατομικά μοντέλα και τις θεωρίες από τις οποίες προκύπτουν.

Αναδεικνύεται, έτσι, η δυσκολία των μαθητών να κατανοήσουν την δομή της ύλης και την οργάνωση του μικρόκοσμου γενικότερα, ώστε να μπορούν να ερμηνεύσουν και τις διαφορετικές μακροσκοπικές ιδιότητες των υλικών. Από τις μέχρι τώρα έρευνες διαπιστώνεται ότι το σημαντικότερο εμπόδιο στην κατανόηση των αρχών που διέπουν τον κβαντικό κόσμο είναι η κλασική προσέγγισή του από τους μαθητές, αλλά πολλές φορές και από τα βιβλία. Από διαφορετικές μελέτες αναδεικνύονται πολλές νοητικές παραστάσεις των διδασκομένων, διαφορετικές από αυτές που συμφωνούν με τις επιστημονικές θεωρίες.

Σύμφωνα με τους Fletcher and Johnston²⁵, σε έρευνα που διεξήγαγαν σε 231 φοιτητές του Φυσικού τμήματος του Πανεπιστημίου του Σύδνεϋ μετά την ολοκλήρωση του πρώτου έτους των σπουδών τους, οι φοιτητές αναφέρονται στα ενεργειακά επίπεδα χρησιμοποιώντας τις έννοιες της τροχιάς ή της στοιβάδας ή μόνο μαθηματικές σχέσεις και παραδείγματα που διδάχτηκαν χωρίς να

προχωρούν στην εφαρμογή των γνώσεών τους σε καινούριες καταστάσεις. Η πλειοψηφία των φοιτητών, αναφέρεται στο ίδιο άρθρο, διατηρεί τις αρχικές αντιλήψεις από τις σπουδές τους στην Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Δυσκολεύονται να κατανοήσουν την συμβολική αναπαράσταση της ηλεκτρονιακής δομής, αλλά και την σημασία της για την κβαντική θεώρηση του ατόμου, ενώ μπορούν εύκολα να την αναπαράγουν στηριγμένοι σε μνημονικούς κανόνες^{55,61}. Ενώ έχουν διδαχθεί την αρχή του de Broglie, επιμένουν στην έννοια της τροχιάς και θεωρούν ότι το ηλεκτρόνιο ακολουθεί μια διαδρομή κατά μήκος της τροχιάς με μορφή κύματος²⁵. Συχνά οι μαθητές (Λυκείου) δεν κατανοούν τον πιθανολογικό χαρακτήρα των τροχιακών, αντιλαμβάνονται ότι τα τροχιακά αναπαριστούν ένα καλά καθορισμένο και περιχαρακωμένο χώρο⁵⁵, (119 μαθητές Γ΄ Λυκείου, Ιωάννινα) ή θεωρώντας την πιθανότητα να βρεθεί κάπου το ηλεκτρόνιο σαν υποκειμενική έλλειψη γνώσης⁶². Μετά την διδασκαλία με παραδοσιακό τρόπο στοιχείων της κβαντομηχανικής θεωρίας, ακόμη και στην περίπτωση που δέχονται την κυματοσωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου περιγράφουν το άτομο με τον κλασικό τρόπο σκέψης⁵⁵, και γενικότερα εφαρμόζουν ιδέες της Κλασικής Φυσικής στα κβαντικά φαινόμενα. Δεν μπορούν να απαλλαγούν από ένα πλανητικό ατομικό μοντέλο ακόμη και στις περιπτώσεις που η διδασκαλία στο πανεπιστήμιο δεν περιλαμβάνει το μοντέλο του Bohr και έχουν διδαχθεί την έννοια του τροχιακού με παραδοσιακό τρόπο ή έχουν χρησιμοποιήσει H/Y.

Έχοντας διδαχθεί οι μαθητές την αρχή της αβεβαιότητας και την έννοια της Κυματοσυνάρτησης ψ καταλήγουν σε ένα μοντέλο όπου τα ηλεκτρόνια βρίσκονται σε τροχιές πιο διευρυμένες. Αλλά και στην περίπτωση που έχουν αποδεχτεί και φαίνεται να έχουν κατανοήσει το ατομικό μοντέλο με το ηλεκτρόνιο ως νέφος φορτίου, στο τέλος ξαναγυρίζουν στο μοντέλο ενός στατικού ατόμου όπου τα ηλεκτρόνια είναι κυρίως διατεταγμένα σε συγκεκριμένες στοιβάδες⁶². Ο μεταφορικός λόγος, οι όροι που χρησιμοποιούν οι διδάσκοντες, «ηλεκτρονιακό νέφος» ή «ηλεκτρονιακές στοιβάδες», φαίνεται να προκαλούν στο μυαλό των μαθητών την δημιουργία διαφορετικών μοντέλων⁵³. Οι μαθητές, αλλά και οι φοιτητές κρατούν στο μυαλό τους την εικόνα του ηλεκτρονιακού νέφους σαν μια μήτρα όπου τα ηλεκτρόνια είναι εμφυτευμένα, όπως τα σταγονίδια του νερού σε ένα σύννεφο. Αυτό το μοντέλο μοιάζει πολύ με την αντίληψη ότι η ύλη είναι συνεχής με τα άτομα εμφυτευμένα στη βασική ουσία⁵³. **Ακόμη και φοιτητές των χημικών τμημάτων**, δεν φαίνεται να έχουν τη δυνατότητα αναπαράστασης των ατόμων και των μορίων αλλά και όταν διαθέτουν κάποια είναι διαφορετική από τη θεωρούμενη επιστημονικά ορθή. Οι συγγραφείς διδακτικών εγχειριδίων αναμιγνύουν τη Σύγχρονη με την Κλασική Φυσική Θεωρία και αντιμετωπίζουν το ηλεκτρόνιο μόνο σαν σωματίδιο ακόμη και όταν αναφέρουν την κυματοσωματιδιακή του φύση.

Από τα αποτελέσματα των ερευνών που αναφέρονται πιο πάνω, φαίνεται ότι όμοιες νοητικές παραστάσεις έχουν καταγραφεί για μαθητές και φοιτητές ανεξάρτητα από το επίπεδο διδασκαλίας των σχετικών θεμάτων. Αναδεικνύονται δηλαδή όμοιες δυσκολίες στην κατανόηση της κβαντικής θεώρησης του ατόμου ακόμη και όταν έχουν διδαχθεί τον προχωρημένο μαθηματικό φορμαλισμό που απαιτείται για την περιγραφή των βασικών εννοιών και αρχών. Διαθέτουν οι διδασκόμενοι προϋπάρχουσες νοητικές παραστάσεις για πολλές από τις εμπλεκόμενες έννοιες, τις σχέσεις μεταξύ τους και τις αρχές που διέπουν την Κβαντική Θεωρία, όπως το τροχιακό, το ενεργειακό επίπεδο, την πιθανότητα ανίχνευσης του ηλεκτρονίου σε συγκεκριμένο χώρο, την ηλεκτρονιακή κατανομή του ατόμου, την μη ύπαρξη συγκεκριμένης τροχιάς του ηλεκτρονίου, το spin του ηλεκτρονίου, την κυματοσωματιδιακή του φύση, την αρχή της αβεβαιότητας.

Επιπλέον, σε συνάρτηση με όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω, οι διδασκόμενοι σε διαφορετικές εκπαιδευτικές βαθμίδες δεν φαίνεται να διαθέτουν νοητική εικόνα για το άτομο σύμφωνα με την Κβαντική Θεωρία στο χώρο των τριών διαστάσεων, δεδομένου ότι οι περιγραφές τους, ακόμη και όταν είναι επιστημονικά αποδεκτές, αναφέρονται μεμονωμένα σε συγκεκριμένες έννοιες όπως το τροχιακό ή το ηλεκτρονιακό νέφος. Όμως και οι ερωτήσεις, που διατυπώνουν οι διδάσκοντες ασχολούνται αποσπασματικά με την μορφή των γραφικών παραστάσεων των τροχιακών και των ηλεκτρονιακών νεφών στο χώρο, χωρίς να τις συνδέουν με την οπτικοποίηση του ατόμου συνολικά. Είναι σημαντικό να λέγεται στους μαθητές ως ποιο σημείο είμαστε επιστημονικά σίγουροι και επί πλέον ότι η θεωρία που έχουμε σήμερα δεν έχει διαψευστεί ενώ μας βοηθά να ερμηνεύσουμε πλήθος πειραμάτων. Όλα τα στοιχεία δείχνουν ότι τα συγκεκριμένα γνωστικά αντικείμενα «αντιστέκονται στη διδασκαλία μας», οι αναπαραστάσεις των μαθητών για τον μικρόκοσμο και τα φαινόμενά του δεν φαίνεται να μοιάζουν με τα προτεινόμενα από την επιστήμη. Σε έρευνα που διεξήχθη σε πρωτοετείς φοιτητές των τμημάτων Χημείας, Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών και Επιστήμης και Τεχνολογίας των Υλικών καθώς και σε δευτεροετείς φοιτητές του τμήματος Χημείας στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων αναφέρεται ότι το 72% των πρωτοετών φοιτητών καθώς και το 30% των δευτεροετών φοιτητών εμμένει στο πρότυπο του Bohr⁵⁵.

Θέματα που αφορούν στον μικρόκοσμο αποτελούν διδακτικά αντικείμενα που δυσκολεύουν τους μαθητές, όπως έδειξαν οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα. Οι μαθητές θεωρούν τον μικρόκοσμο σαν εντελώς ομοιόμορφο με τον μακρόκοσμο, εκτός από τον παράγοντα της κλίμακας. Συχνά επίσης δέχονται ότι η ύλη είναι συνεχής χωρίς κενά μεταξύ των σωματιδίων⁵⁸.

1.3.2 Αναγκαιότητα μιας νέας προσέγγισης διδασκαλίας

Στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών της εκπαίδευσης διαπιστώνεται μια υστέρηση ενημέρωσης σχετικά με τα σύγχρονα επιτεύγματα της μετακλασικής Φυσικής (σχετικιστική, κβαντική). Μια συνιστώσα αυτής της υστέρησης είναι και η δυσκολία εποπτείας των μικροσκοπικών δομών και διαδικασιών που προτείνονται από τις θεωρίες που έχουμε σήμερα για αυτά τα φαινόμενα⁶³. Μια άλλη συνιστώσα είναι αυτή που αναδύεται από τις αντιθέσεις που προκύπτουν και προκαλούν την ανθρώπινη σκέψη, δηλαδή, πιθανοκρατική έναντι αιτιοκρατικής λειτουργίας του μικρόκοσμου, η δυική (σωματίδιο, κύμα) αντιμετώπιση έναντι της παραδοσιακής αντίληψης της τροχιάς και της ύπαρξης των σωματιδίων, η αβεβαιότητα – απροσδιοριστία έναντι της απόλυτης βεβαιότητας. Ο μικρόκοσμος στο Γυμνάσιο παρουσιάζεται με τις γνώσεις της Φυσικής του 19^{ου} αιώνα. Ενώ στα βιβλία της Χημείας γίνεται μια παρουσίαση των συστατικών του μικρόκοσμου αφήνοντας ανοικτά όλα τα ενδεχόμενα στη σκέψη των μαθητών. Στο βιβλίο Φυσικής της Γ΄ Γυμνασίου το «πλανητικό μοντέλο» (εικόνα 15) απεικονίζεται δίπλα ακριβώς στο πραγματικό πλανητικό μοντέλο.

Είναι φανερό από την εικόνα 15 ότι το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών επιχειρεί να προσεγγίσει τον μικρόκοσμο με τη βοήθεια των άμεσων εμπειριών των μαθητών από τον μακρόκοσμο. Ένας «μαγικός κόσμος» που «κρύβεται» στους μαθητές προσεγγίζεται διδακτικά με τη μέθοδο των αναλογιών χρησιμοποιώντας την πολύ καλά τεκμηριωμένη εικόνα του μακρόκοσμου.

Κεντρικός σκοπός της παρούσας προτεινόμενης διδασκαλίας είναι η διάκριση τόσο των φαινομένων του μικρόκοσμου από τον μακρόκοσμο όσο και των φυσικών νόμων που τα διέπουν.

Στην κοινότητα κυρίως των διδασκόντων τη Χημεία και των ερευνητών της Διδακτικής τίθεται συχνά το ερώτημα για το αν πρέπει να διδάσκονται στοιχεία Κβαντικής Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και στα πρώτα πανεπιστημιακά έτη και η απάντηση είναι συχνά αρνητική διότι πρυτανεύει ο φαινομενολογικός χαρακτήρας της Χημείας από τη μια πλευρά και από την άλλη προβάλλουν οι δυσκολίες κατανόησης μιας θεωρίας που απαιτεί υψηλό επίπεδο αφαιρετικής ικανότητας εκ μέρους των διδασκόμενων⁵⁵. Στον αντίποδα πάλι, αρκετά συχνά υποστηρίζεται η άποψη ότι πρέπει να συμπεριληφθεί στα αναλυτικά προγράμματα της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, διότι οι συνέπειες των εφαρμογών της αφορούν την τεχνολογική επανάσταση του 20^{ου} αιώνα⁶⁴.

Η παρούσα εργασία υποστηρίζει τη δεύτερη άποψη. Η επιστημονική γνώση πρέπει να «φτάνει» στους μαθητές. Η δικαιολογημένη, έως ένα βαθμό, άποψη ότι «αυτά είναι δύσκολα», δεν μπορεί να σταματάει την επιστημονική γνώση 100 χρόνια πίσω. Σήμερα διατίθενται

πλήθος λογισμικών, εικόνες από ηλεκτρονικά μικροσκόπια, προγράμματα προσομοιώσεων, δηλαδή υπάρχουν πολλά εργαλεία για να μπορούν να γίνονται τα προηγούμενα θέματα διδακτικώς λιγότερο «δύσκολα». Η εργασία θεωρεί ότι πρέπει να διερευνηθεί η δυνατότητα οι μαθητές στο επίπεδο του Γυμνασίου να διδαχθούν τη σύγχρονη επιστημονική θεώρηση για το άτομο και να αξιολογηθούν τα αποτελέσματά της. Σε ένα παράλληλο επίπεδο, πέρα από το γνωστικό, η ιστορική εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης με την αναφορά στους λαμπρούς επιστήμονες οι οποίοι συνέβαλαν σ' αυτήν θα λειτουργήσει στο μυαλό των μαθητών σαν φωτεινός φάρος με σκοπό να τους εμπνεύσει και να τους καθοδηγήσει.

1.3.3 Πρόταση διδασκαλίας

Η παρούσα προσέγγιση διδασκαλίας, η οποία εφαρμόστηκε σε μαθητές του 5^{ου} Γυμνασίου Νίκαιας, στηρίζεται σε όλες τις προηγούμενες αναφορές από τη διεθνή βιβλιογραφία. Η πρότασή μας λαμβάνει υπόψη της τους κάτωθι άξονες.

- α) Οι μαθητές έχουν προϋπάρχουσες απόψεις σχετικά με έννοιες όπως το άτομο, το μόριο, το κενό.
- β) Η ιστορική εξέλιξη της επιστήμης πρέπει να αποτελέσει συνιστώσα της διδασκαλίας.
- γ) Θα πρέπει να επέλθει «ρήξη» με το πλανητικό μοντέλο του Rutherford, η «ρήξη» δε σημαίνει καθόλου ότι θα υποβαθμιστεί ο σημαντικότερος ρόλος που επιτέλεσε στην επιστήμη και στη διδασκαλία, αλλά έχει έρθει η ώρα να πάρει τη θέση του δίπλα στο πρότυπο του Thomson (σταφιδόψωμο) ως μοντέλα που έχουν πια ιστορική –φιλοσοφική αξία και θα δείχνουν πάντα πώς ανοίγονται οι δρόμοι της επιστήμης.
- δ) Ακολουθήθηκε η κατά Johnstone τριεπίπεδη διδασκαλία της Χημείας, μακροσκοπική, συμβολική, υπομικροσκοπική.
- ε) Η διδασκαλία υποστηρίζεται με εκπαιδευτικό λογισμικό, με αναλογίες από το μακρόκοσμο των φαινομένων του μικρόκοσμου. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δίνεται σε δύσκολες έννοιες, όπως η ύπαρξη κενού στον μικρόκοσμο. Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν την άποψη ότι η χρήση των οπτικοποιήσεων με την αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (ΤΠΕ) βελτιώνει την κατανόηση των εννοιών που συνδέονται με την κβαντική θεώρηση του ατόμου, διότι διαφορετικά είναι δύσκολο να δημιουργηθούν τρισδιάστατες οπτικές αναπαραστάσεις του ατόμου σύμφωνα με την κβαντική του θεώρηση⁶⁵. Επομένως είναι φανερή η ανάγκη για τη σχεδίαση και ανάπτυξη ολοκληρωμένων πληροφορικών εκπαιδευτικών περιβαλλόντων με κύριο

στόχο την επιστημονικά αποδεκτή σήμερα οπτικοποίηση της δομής της ύλης, για την υποστήριξη της κατανόησης μεγεθών και φαινομένων⁶⁶.

στ) Ενιαία παρουσίαση της διδασκαλίας του ατόμου στα μαθήματα Χημείας και Φυσικής. Επειδή η γνώση δεν περικλείεται μέσα στα όρια των επίσημα καθορισμένων επιστημών, προτείνεται να δημιουργηθεί μια ουσιαστική σύνδεση μεταξύ της διδασκαλίας της Φυσικής και της Χημείας και να υπογραμμισθεί ιδιαίτερα το γεγονός ότι η κβαντική θεώρηση του ατόμου δίνει τη δυνατότητα ερμηνείας φυσικών και χημικών φαινομένων⁶⁷.

Με βάση τους παραπάνω άξονες είναι φανερό ότι η διδασκαλία του ατόμου στο Γυμνάσιο δεν μπορεί να εξαντληθεί σε ένα ή δύο μαθήματα αλλά θα είναι μια αργή διαδικασία η οποία θα πρέπει να ξεκινήσει στο δεύτερο τρίμηνο της Β΄ Γυμνασίου και θα συνεχιστεί και στη Γ΄ Γυμνασίου. Οι μαθητές θα πρέπει να αντιληφθούν τα φαινόμενα του μικρόκοσμου και να τα συνδέσουν με πολλά φαινόμενα του μακρόκοσμου .

«Με το πρότυπο του ατόμου θελήσαμε να απεικονίσουμε την πραγματικότητα. Πρόκειται για υπερβολή, γιατί δεν υπάρχει δυνατότητα ν' απεικονιστούν οι λεπτομέρειες και πολύ περισσότερο η πραγματικότητα.» (Heisenberg)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

2.1 Αντικείμενο-Σχεδιασμός έρευνας

Οι βιβλιογραφικές έρευνες, οι οποίες αναφέρθηκαν στο θεωρητικό μέρος της εργασίας, αναδεικνύουν ότι το «πλανητικό» μοντέλο είναι το κυρίαρχο μοντέλο για τον μικρόκοσμο στους μαθητές των ανώτερων βαθμίδων εκπαίδευσης, ακόμη και στους φοιτητές. Η σύγχρονη άποψη της επιστήμης για το άτομο δεν αποτελεί διδακτέα ύλη στο Γυμνάσιο. Το γεγονός ότι οι μαθητές έχουν εναλλακτικές ιδέες για τη σωματιδιακή δομή της ύλης δεν αντιμετωπίζεται με την άρνηση της διδασκαλίας της, αλλά με τη συστηματική διδασκαλία εννοιών και διαδικασιών που θα βοηθήσουν τους μαθητές να μετακινηθούν προς το επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο σταδιακά και σε βάθος χρόνου⁶⁸. Όπως πιστοποιείται από πλήθος ερευνητών, οι επιστημονικές απόψεις που διατυπώθηκαν τον 20^ο αιώνα ελάχιστα αναφέρονται στη σχολική ύλη.

Η έρευνα που παρουσιάζεται στην εργασία έχει ως υπόβαθρο τον παραπάνω προβληματισμό. Επιχειρείται να διερευνηθεί η δυνατότητα εισαγωγής επιστημονικών εννοιών, οι οποίες προκύπτουν από τη σύγχρονη άποψη της επιστήμης για το άτομο, σε μαθητές Γυμνασίου. Στη παρούσα προσέγγιση τέθηκαν τα ερωτήματα της έρευνας, σχεδιάστηκε το ερωτηματολόγιο της έρευνας ως εργαλείο αφενός προσδιορισμού των ιδεών που προϋπάρχουν στους μαθητές και αφετέρου αξιολόγησης της διδακτικής παρέμβασης. Καθορίστηκε η ερευνητική διαδικασία, σχεδιάστηκε η διδακτική παρέμβαση και εφαρμόστηκε σε δείγμα μαθητών. Για το δείγμα των μαθητών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της «βολικής» δειγματοληψίας^{69,70}. Δημιουργήθηκαν δύο ομάδες, η ομάδα ελέγχου και η πειραματική ομάδα. Στο τέλος έγινε η ανάλυση των δεδομένων με σκοπό να εξαχθούν τα συμπεράσματα της έρευνας.

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα στατιστικής επεξεργασίας IBM SPSS⁶⁹ 22.

Ιδιαίτερα πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα:

- ✓ Σχεδιάστηκε ερωτηματολόγιο και πραγματοποιήθηκε έρευνα μέσω ερωτηματολογίου στη Β΄ Γυμνασίου για να ανιχνευτούν προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών για το άτομο.

- ✓ Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε διδασκαλία, σε τμήματα μαθητών της Γ΄ Γυμνασίου (πειραματικά τμήματα), η οποία επιχειρεί να οικοδομήσει στους μαθητές τις έννοιες της σύγχρονης επιστήμης για το άτομο. Στα τμήματα ελέγχου πραγματοποιήθηκε η διδασκαλία σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών.
- ✓ Ακολούθησε η φάση της αξιολόγησης μέσω του ίδιου ερωτηματολογίου με σκοπό να ερευνηθεί,

α) αν επιτεύχθηκε στους μαθητές εννοιολογική αλλαγή σε έννοιες που τους παρουσιάστηκαν και αυτοί διέθεταν άλλη αντίληψη στην καταγραφή των αποτελεσμάτων στη Β΄ Γυμνασίου.

β) αν εμπεδώθηκαν νέες έννοιες που περιείχε η διδασκαλία και οι μαθητές δεν διέθεταν προϋπάρχουσα γνώση.

Παράλληλα μέσω ερωτηματολογίου προς τους εκπαιδευτικούς επιχειρήθηκε να ανιχνευθεί, αν συναινούν να υποστηρίξουν μέσω της διδασκαλίας τους τις σύγχρονες απόψεις της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας για την ατομική θεωρία.

2.1.1 Τα ερωτήματα της έρευνας

Η προτεινόμενη προσέγγιση επιχειρεί να απαντήσει στα κάτωθι ερωτήματα:

α) Οι μαθητές, σε επίπεδο Γυμνασίου, είναι δυνατόν να διδάσκονται τις σύγχρονες απόψεις της επιστήμης για το άτομο;

β) Με την αιτιολογία ότι η σύγχρονη θεώρηση του ατόμου είναι δυσνόητη, είναι διδακτικά επιτρεπτό οι μαθητές να διδάσκονται το λεγόμενο πλανητικό μοντέλο ως να είναι μια πραγματικότητα αποδεκτή από την επιστήμη;

γ) Για αρκετές παρανοήσεις των μαθητών αλλά και των φοιτητών, σχετικά με το άτομο, μήπως ευθύνεται και το περιεχόμενο της διδασκαλίας στο Γυμνάσιο; Αν διδάσκεται στο Γυμνάσιο το πλανητικό μοντέλο, μήπως είναι φυσικό να «ριζώνει» μέσα στο μυαλό τους και να εμφανίζεται ως παρανόηση;

Στα μέλη της εκπαιδευτικής κοινότητας αναπτύσσεται έντονος προβληματισμός σχετικά με τα προηγούμενα ερωτήματα. Διατυπώνεται και η άποψη ότι η σύγχρονη θεώρηση του ατόμου καλό θα είναι να διδαχθεί από το επίπεδο του Λυκείου και πάνω.

Η πρόταση της εργασίας είναι να διδαχθεί στους μαθητές, από το επίπεδο του Γυμνασίου, μια

πρώτη προσέγγιση για τη σύγχρονη θεώρηση του ατόμου. Βέβαια δεν θα γίνει αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό που απαιτείται αλλά μόνο στις έννοιες που αναδύονται, όπως ατομικά τροχιακά, πιθανοτική θέση του ηλεκτρονίου, κυματοσωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου.

Στόχοι εργασίας

- ✓ Θα ερευνηθεί η δυνατότητα της κατανόησης των θεωρητικών επιτευγμάτων της επιστήμης του 20ου αιώνα για το άτομο από μαθητές Γυμνασίου.
- ✓ Θα ερευνηθεί εάν μέσω της διδασκαλίας που προτείνουμε επιτυγχάνεται να μην αναπτυχθούν στους μαθητές βασικές παρανοήσεις για το άτομο, παρανοήσεις που διαπιστώνεται ότι έχουν μαθητές, φοιτητές αλλά και εκπαιδευτικοί από αντίστοιχες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί^{71,72}.

Γνωστικοί στόχοι

- ✓ Οι μαθητές να διακρίνουν ότι στη δομή της ύλης υπάρχουν άτομα και μόρια.
- ✓ Να αναγνωρίζουν την ύπαρξη κενού χώρου στο εσωτερικό των ατόμων και της ύλης γενικότερα.
- ✓ Να περιγράφουν τη δομή του ατόμου ως ένα σχηματισμό στον οποίο συμμετέχουν πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια.
- ✓ Να αναφέρουν τη φύση των δυνάμεων (ηλεκτρικές, σύμφωνα με το σχολικό βιβλίο της Φυσικής της Γ΄ Γυμνασίου) που δέχεται το ηλεκτρόνιο στο άτομο.
- ✓ Να επιλέγουν ή να σχεδιάζουν την απεικόνιση του «νέφους ηλεκτρονίων» στο εσωτερικό του ατόμου.
- ✓ Να διασαφηνίζουν την κυματοσωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου.
- ✓ Να εκφράζουν την αρχή της αβεβαιότητας.
- ✓ Να δηλώνουν την ύπαρξη ενεργειακών καταστάσεων στο άτομο.
- ✓ Να προτείνουν την ανάγκη συγκεκριμένης «Διεύθυνσης» των ηλεκτρονίων στο άτομο.(Σε αυτό το σημείο υπονοούνται οι κβαντικοί αριθμοί).

2.1.2 Μεθοδολογία διδασκαλίας που ακολουθήθηκε

Η μέθοδος διδασκαλίας που ακολουθήθηκε στηρίχθηκε σε διδακτικό σενάριο, αξιοποιώντας την μέθοδο της ανακάλυψης με καθοδήγηση από τον διδάσκοντα, με στοιχεία εποικοδομητισμού. Τέθηκε το γνωστικό αντικείμενο, δηλαδή η σύγχρονη άποψη της επιστήμης για το άτομο, καθορίστηκαν οι εκπαιδευτικοί στόχοι, έγινε συγγραφή ερωτηματολογίου, δημιουργήθηκε πρωτότυπο ηλεκτρονικό υλικό παρουσίασης με ταυτόχρονη αξιοποίηση φύλλων εργασίας. Η διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης ήταν δύο διδακτικές ώρες, όχι συνεχόμενες. Στη διάρκεια της διδασκαλίας:

- ✓ Ο διδάσκων επιχείρησε να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών. Οι μαθητές, από τις πρώτες διαφάνειες παρακολουθούσαν εντυπωσιακές εικόνες και ο διδάσκων με ερωτήσεις προσπάθησε να τους προσανατολίσει στο γνωστικό αντικείμενο στο οποίο αναφέρονται.
- ✓ Σε όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας προτρέπονται οι μαθητές να διατυπώνουν είτε προφορικά, είτε γραπτά στο φύλλο εργασίας, τις απόψεις τους και τις υποθέσεις τους σχετικά με το θέμα που παρακολουθούν. Στους μαθητές τίθενται ερωτήσεις με σκοπό τον προβληματισμό τους και την ανάδειξη ιδεών τους σχετικά με το προς μελέτη γνωστικό θέμα. Οι ερωτήσεις συγκεντρώθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν, σε συνεργασία με τους μαθητές.
- ✓ Ο διδάσκων αξιοποίησε εκπαιδευτική δραστηριότητα με σκοπό να προσεγγίσουν οι μαθητές φαινόμενα του μικρόκοσμου με αναλογίες από τον μακρόκομο.
- ✓ Επιχειρήθηκε δημιουργία γνωστικής αποσταθεροποίησης και αναδόμηση των αντιλήψεων των μαθητών. Οι μαθητές, συνεχώς καλούνται να ελέγξουν τις αντιλήψεις τους, με σκοπό να τις επεκτείνουν, να τις αντικαταστήσουν ή να αναπτύξουν νέες αντιλήψεις.
- ✓ Στο τέλος κάθε διδακτικής ώρας ο εκπαιδευτικός έθεσε στους μαθητές ερωτήσεις για να ελέγξει το επίπεδο κατανόησης της νέας γνώσης.
- ✓ Η διδακτική ώρα τελείωσε με ανακεφαλαίωση των συμπερασμάτων του μαθήματος. Επιχειρήθηκε οι μαθητές να συγκρίνουν τη νέα γνώση με την αρχική (αρχικές αντιλήψεις) για τα γνωστικά αντικείμενα που διδάχθηκαν.

2.1.3 Το ερωτηματολόγιο της έρευνας

Ως βασικό εργαλείο της έρευνας χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο. Το ερωτηματολόγιο αποτελεί ένα μέσο συλλογής δεδομένων, στο οποίο το υποκείμενο της έρευνας καλείται να απαντήσει γραπτώς σε μια σειρά από προσχεδιασμένες ερωτήσεις για κάποιο θέμα.

Ανάλογα με τη μορφή της διατύπωσης, οι ερωτήσεις αναμένουν λιγότερο ή περισσότερο συγκεκριμένες απαντήσεις (κλειστές ή αντικειμενικού τύπου ερωτήσεις και ανοικτές ερωτήσεις). Στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου ο ερωτώμενος καλείται να εκθέσει τις απόψεις του. Οι ερωτήσεις κλειστού τύπου συνοδεύονται από εναλλακτικές και εκ των προτέρων δομημένες απαντήσεις, από τις οποίες ο ερωτώμενος επιλέγει εκείνη που τον αντιπροσωπεύει καλύτερα.

Το ερωτηματολόγιο, το οποίο κατασκευάστηκε για την έρευνα, αποτελείται από ερωτήσεις κλειστού τύπου. Για τη σύνταξη του ερωτηματολογίου λήφθηκε υπόψη η σχετική βιβλιογραφία η οποία αναφέρεται στις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών, καθώς και οι γνωστικοί στόχοι της έρευνας. Το ερωτηματολόγιο ελέγχθηκε ως προς την εννοιολογική αλλά και τη φραστική του ορθότητα από εκπαιδευτικούς της τριτοβάθμιας καθώς και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης οι οποίοι προέβησαν σε χρήσιμες παρατηρήσεις οι οποίες ενσωματώθηκαν στην τελική του μορφή που βρίσκεται στο παράρτημα της παρούσας εργασίας.

Το ερωτηματολόγιο δόθηκε στους μαθητές της Β΄ Γυμνασίου που δεν είχαν διδαχθεί έννοιες σχετικές με το γνωστικό αντικείμενο της έρευνας, ώστε να ελεγχθούν οι προϋπάρχουσες ιδέες. Το ίδιο ερωτηματολόγιο δόθηκε 15 ημέρες μετά τη διδακτική παρέμβαση σε όλους τους μαθητές τόσο της πειραματικής όσο και της ομάδας ελέγχου (οι οποίοι ήταν πλέον) στη Γ΄ Γυμνασίου.

Οι ερωτήσεις συνολικά είναι 19 και χωρίζονται σε δεκατρείς ερωτήσεις (1-13) Σωστού-Λάθους και έξι ερωτήσεις(14-19) τετραπλής επιλογής. Στις ερωτήσεις 14, 19 των πολλαπλών επιλογών δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να σχεδιάσουν τη δική τους άποψη / ιδέα.

Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου κατηγοριοποιούνται σε θεματικές υποενότητες .

1^η Υποενότητα: Έλεγχος θεμελιωδών γνώσεων για τη δομή της ύλης, περιλαμβάνονται οι ερωτήσεις 1,2,11,13.

2^η Υποενότητα: Έλεγχος θεμελιωδών γνώσεων για τη δομή του ατόμου, περιλαμβάνονται οι ερωτήσεις 3,5,7,14.

3^η Υποενότητα: Έλεγχος γνώσεων σχετικά με τα πρότυπα Πλανητικό-Bohr για το άτομο, περιλαμβάνονται οι ερωτήσεις 4,8.

4^η Υποενότητα: Έλεγχος γνώσεων σχετικά με τη σύγχρονη θεώρηση για το άτομο, περιλαμβάνονται οι ερωτήσεις 6,9,10,12,15,16,17,18,19.

Επίσης κατηγοριοποιούνται ανά γνωστικό στόχο:

Οι ερωτήσεις 7,11,13 οι οποίες αναφέρονται στην έννοια του κενού χώρου μέσα στα άτομα και την ύλη γενικά καθώς και στην ομοιογένεια της ύλης.

Οι ερωτήσεις 4,9,15,17 αναφέρονται στην κβαντομηχανική θεώρηση της κατάστασης του ηλεκτρονίου σε σχέση με τον πυρήνα.

Η ερώτηση 18 αναφέρεται στην κυματοσωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου.

Η ερώτηση 19 αναφέρεται στην αναγκαιότητα «Διεύθυνσης» των ηλεκτρονίων στο άτομο. (κβαντικοί αριθμοί)

Οι ερωτήσεις 6,12,16 ελέγχουν την έννοια της αβεβαιότητας.

Οι ερωτήσεις 1,2 ελέγχουν το γνωστικό επίπεδο των ερωτώμενων για τη δομή της ύλης.

Οι ερωτήσεις 3,5,14 ελέγχουν αν οι ερωτώμενοι γνωρίζουν ότι το άτομο έχει δομή και ποια δομή έχει.

Η ερώτηση 8 ελέγχει τη γνώση των ερωτώμενων για τη φύση των δυνάμεων στο εσωτερικό του ατόμου.

Η ερώτηση 10 ελέγχει τη γνώση των ερωτώμενων για τις ενεργειακές καταστάσεις των ηλεκτρονίων.

Επί πλέον παρακάτω αναπτύσσεται η τεκμηρίωση της κάθε ερώτησης, με βάση το θεωρητικό υπόβαθρο των μαθητών και τον αντίστοιχο γνωστικό στόχο.

Τεκμηρίωση των ερωτήσεων

1. Η ύλη είναι συνεχής, δηλαδή δεν αποτελείται από δομικές μονάδες, όπως είναι τα μόρια, τα άτομα, τα ιόντα κ.λπ.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην παράγραφο 1.2.2 οι μαθητές έχουν διδαχθεί από την Πέμπτη Δημοτικού κάποια στοιχεία για τη δομή της ύλης. Το σχολικό εγχειρίδιο «Φυσικά» της Ε' Δημοτικού κάνει αναφορά στην ετυμολογία της λέξης άτομο, τους εισάγει την έννοια του μορίου, κάνει αναφορά στα ηλεκτρόνια και στα κουάρκ. Στο σχολικό εγχειρίδιο της Χημείας Β' Γυμνασίου αναφέρεται ότι «η ύλη αποτελείται από άτομα». Αναφέρεται επίσης, ότι ο Λεύκιππος και ο μαθητής του ο Δημόκριτος είχαν διατυπώσει την άποψη ότι «η ύλη αποτελείται από άτομα καικενό χώρο».

Οι καθημερινές εικόνες των αντικειμένων του υλικού κόσμου δεν προϊδεάζουν για την ύπαρξη δομικών μονάδων. Πολλές έρευνες αναφέρουν ότι οι μαθητές θεωρούν την ύλη συνεχή. Είναι σημαντικό να ανιχνευθούν οι προϋπάρχουσες ιδέες των ερωτώμενων στο συγκεκριμένο ζήτημα.

2. *Όταν τα άτομα ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζουν μόρια.*

Για την έννοια του μορίου, οι μαθητές, από την Ε΄ Δημοτικού έχουν διδαχθεί ότι:

«Η ύλη αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια, τόσο μικρά που δισεκατομμύρια από αυτά χωρούν στο κεφάλι μιας καρφίτσας. Αν μπορούσαμε να τεμαχίσουμε ένα υλικό σώμα στα πιο μικρά κομμάτια του, τα οποία όμως διατηρούν τις ιδιότητές του, θα φτάναμε στα μόριά του. Μικραίνοντας ένα δισεκατομμύριο περίπου φορές και παρατηρώντας προσεκτικά, θα ανακαλύπταμε επίσης ότι και τα μόρια αποτελούνται από μικρότερα σωματίδια ύλης, που ονομάζουμε άτομα.»

Στο σχολικό εγχειρίδιο Χημείας Β΄ Γυμνασίου αναφέρεται, *«Τα άτομα ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν πιο σύνθετα σωματίδια, τα μόρια»*. Οι έννοιες άτομα-μόρια είναι καθοριστικής σημασίας στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για τη δομή της ύλης. Με την ερώτηση 2 ελέγχεται αν οι μαθητές στη Β΄ Γυμνασίου έχουν εμπεδώσει τη βασική γνώση ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα.

3. *Τα άτομα των χημικών στοιχείων δεν έχουν εσωτερική δομή.*

Όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία στο θεωρητικό τμήμα της εργασίας (Παρ. 1.3.1), ένα άτομο συχνά περιγράφεται σαν στρογγυλό, στερεό και ασυμπύεστο^{53,57} και ορίζεται ως «μπάλα» ή «σφαίρα».

Οι πληροφορίες που έχουν οι μαθητές ήδη, στην Ε΄ Δημοτικού είναι: *«Αλλά και τα άτομα αποτελούνται από ακόμη μικρότερα σωματίδια –σε αυτό ο Δημόκριτος δεν είχε δίκιο– τα πρωτόνια και τα νετρόνια, που αποτελούν τον πυρήνα του ατόμου, και τα ηλεκτρόνια, που περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια αποτελούνται και αυτά από μικρότερα σωματίδια, τα κουάρκ. Σήμερα θεωρούμε τα ηλεκτρόνια και τα κουάρκ θεμελιώδη ή αλλιώς στοιχειώδη σωματίδια από τα οποία αποτελείται η ύλη σε όλες τις μορφές της. Είναι εκπληκτικό αλλά πραγματικό! Το τεράστιο πλήθος των διαφορετικών υλικών σωμάτων αποτελείται από 3 μόνο διαφορετικά σωματίδια ύλης, τα ηλεκτρόνια και δύο διαφορετικά κουάρκ.»*

Στο σχολικό εγχειρίδιο της Χημείας Β΄ Γυμνασίου υπάρχει η αναφορά *«Το άτομο είναι ένα σύστημα, που αποτελείται από τα εξής «υποατομικά σωματίδια»»* και τα αναφέρει αναλυτικά, χωρίς όμως να γίνεται αναφορά στα κουάρκ. Το σχολικό εγχειρίδιο της Χημείας της Β΄ Γυμνασίου παρομοιάζει τα άτομα με σφαίρες όπως αναφέρεται αναλυτικά στο θεωρητικό τμήμα της εργασίας. Ο στόχος της ερώτησης είναι να ανιχνεύσει αν πράγματι οι ερωτώμενοι θεωρούν τα άτομα ως

συμπαγείς μονάδες με σφαιρικά χαρακτηριστικά δομής είτε τα θεωρούν ως συστήματα με εσωτερική δομή.

4. Το κάθε ηλεκτρόνιο στο άτομο περιστρέφεται γύρω από τον πυρήνα σε μια τροχιά.

Το σχολικό εγχειρίδιο Φυσικά της Ε Δημοτικού αναφέρεται σε «ηλεκτρόνια, που περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα». Το σχολικό βιβλίο της Χημείας Β΄ Γυμνασίου αναφέρει για περιφερόμενα ηλεκτρόνια και παρουσιάζει τις εικόνες 17,18 (θεωρητικό μέρος) αναφερόμενο στα υποατομικά σωματίδια. Το σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής Β΄ Γυμνασίου παρομοιάζει την κίνηση του ηλεκτρονίου σε σχέση με τον πυρήνα σαν την κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο όπως απεικονίζεται στην εικόνα 19 (θεωρητικό μέρος).

Οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με την έννοια της τροχιάς. Η τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι το παράδειγμα του σχολικού εγχειριδίου της Φυσικής της Γ΄ Γυμνασίου (εικόνα 15, θεωρητικό μέρος) για να παρομοιάσει την τροχιά του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα του ατόμου. Άρα ο συνδυασμός της πληροφορίας που τους δίνεται από την Ε΄ Δημοτικού σε συνδυασμό με την πληροφορία μέσα από τις εικόνες του βιβλίου της Χημείας της Β΄ Γυμνασίου τους οδηγεί να απαντήσουν Σωστό στην ερώτηση.

Ο σκοπός της ερώτησης είναι να ελέγξει αν οι μαθητές επιλέγουν την κυκλική τροχιά για την κίνηση του ηλεκτρονίου στο άτομο και κυρίως αν η άποψη αυτή διαφοροποιείται μετά τη διδασκαλία στις δύο ομάδες μαθητών της έρευνας στο Γυμνάσιο. Έμμεσα ελέγχει αν οι μαθητές έχουν οικοδομήσει το σύγχρονο μοντέλο του ατόμου, με την έννοια ότι δεν θα επιλέξουν την κυκλική τροχιά αν έχουν εμπεδώσει την εικόνα στην οποία το ηλεκτρόνιο παριστάνεται ως «νέφος» ηλεκτρονίου.

5. Τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια συγκροτούν τον πυρήνα του ατόμου.

Τα σχολικά εγχειρίδια «Φυσικά» της Ε Δημοτικού, Χημείας Β΄ Γυμνασίου και Φυσικής Γ΄ Γυμνασίου παρέχουν στους μαθητές την πληροφορία ότι ο πυρήνας του ατόμου αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια, όπως αναλυτικά αναφέρεται στο θεωρητικό μέρος της εργασίας. Μέσω της παραπάνω πρότασης ελέγχεται αν οι μαθητές έχουν συγκρατήσει την παραπάνω πληροφορία. Η γνώση των σωματιδίων που αποτελούν τον πυρήνα καθώς και το ότι το ηλεκτρόνιο είναι εκτός του πυρήνα αποτελεί θεμελιώδη γνώση.

6. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη θέση του ηλεκτρονίου στο άτομο, διότι είναι πολύ μικρό και κινείται με μεγάλη ταχύτητα.

Δεν υπάρχει γνωστικό υπόβαθρο για το συγκεκριμένο θέμα. Στην κλασική έννοια της τροχιάς ενός σωματιδίου, η θέση του σωματιδίου είναι γνωστή κάθε χρονική στιγμή. Η πρόταση για συγκεκριμένη τροχιά του ηλεκτρονίου δεν έχει έννοια. Δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε ταυτόχρονα με ακρίβεια τη θέση και την ταχύτητα των ηλεκτρονίων μέσα στο άτομο. Η συγκεκριμένη ερώτηση ελέγχει αν οι ερωτώμενοι αναγνωρίζουν την πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο σε ορισμένες συντεταγμένες. Με την ερώτηση αυτή θα ελεγχθεί η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στους μαθητές των 2 ομάδων της έρευνας στη Γ΄ Γυμνασίου.

7. Στο εσωτερικό των ατόμων των χημικών στοιχείων υπάρχει κενός χώρος.

Αναφορά για την ύπαρξη κενού χώρου μέσα στα άτομα υπάρχει στο σχολικό εγχειρίδιο της Χημείας της Β΄ Γυμνασίου, αναφέρεται ότι «Αναρωτιέσαι τι υπάρχει έξω από τον πυρήνα; Κενό και περιφερόμενα ηλεκτρόνια!»

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ένα άτομο συχνά περιγράφεται σαν στρογγυλό, στερεό και ασυμπίεστο^{53,57}. Στην πλειονότητα των σχετικών ερευνών⁴⁹ καταδεικνύεται ότι οι διδασκόμενοι που φαίνεται να έχουν εσωτερικεύσει την ιδέα του μεταξύ των σωματιδίων κενού χώρου, είναι λιγότεροι από τους μισούς. Με την συγκεκριμένη ερώτηση ελέγχεται αν οι μαθητές Γυμνασίου που συμμετέχουν στην έρευνα αντιλαμβάνονται το κενό στον χώρο του ατόμου.

8. Τα ηλεκτρόνια έλκονται από τον πυρήνα του ατόμου λόγω ηλεκτρικών δυνάμεων.

Στη Ε΄ Δημοτικού, οι μαθητές έχουν διδαχθεί το είδος των φορτίων του πρωτονίου και του ηλεκτρονίου καθώς και ότι τα ετερόνυμα έλκονται. Στο σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής Β΄ Γυμνασίου αναφέρεται «Αντίστοιχα, ένα ηλεκτρόνιο περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα εξαιτίας της ελκτικής δύναμης που ασκείται σε αυτό από τον πυρήνα».

Στο σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής Γ΄ Γυμνασίου αναφέρεται «Ο πυρήνας και τα ηλεκτρόνια είναι φορτισμένα σωματίδια: Ο πυρήνας έχει θετικό φορτίο, ενώ κάθε ηλεκτρόνιο αρνητικό. Έτσι ο πυρήνας έλκει κάθε ηλεκτρόνιο, ενώ τα ηλεκτρόνια απωθούνται μεταξύ τους.»

Το είδος των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στον πυρήνα των ατόμων και τα ηλεκτρόνια αποτελεί θεμελιώδη γνώση. Μέσω της ερώτησης 8 ελέγχεται αν αναγνωρίζουν την ηλεκτρική δύναμη ως την θεμελιώδη δύναμη που συγκροτεί το άτομο. Στην ερώτηση 8 χρησιμοποιείται η ορολογία του σχολικού εγχειριδίου της Φυσικής της Γ΄ Γυμνασίου δηλαδή «ηλεκτρική» δύναμη.

9. Το ηλεκτρόνιο απέχει από τον πυρήνα συνεχώς την ίδια απόσταση αφού περιστρέφεται σε συγκεκριμένη κυκλική τροχιά.

Οι Νταλαούτη Π.& Τσαπαρλής Γ. (2004) αναφέρουν «Η χρήση τροχιών σε εξήγηση φαινομένων καθιστά δύσκολη την εννοιολογική αλλαγή»⁷³. Στο ίδιο άρθρο αναφέρεται ότι το 41% των μαθητών της Στ' Δημοτικού, όταν τους επιδεικνύονται διάφορα μοντέλα για το άτομο, προτιμούν μοντέλα με πυρήνες και ηλεκτρόνια σε τροχιές. Σε έρευνες ανάμεσα σε φοιτητές οι οποίοι δεν έχουν διδαχθεί Κβαντομηχανική, το μηχανιστικό μοντέλο των γρήγορα κινούμενων ηλεκτρονίων σε καθορισμένες τροχιές είναι κυρίαρχο⁵⁶. Με την συγκεκριμένη πρόταση ελέγχεται αν οι μαθητές στο Γυμνάσιο έχουν πληροφοριακά – εξωσχολικά δημιουργήσει την άποψη ότι η «κίνηση» του ηλεκτρονίου σχετίζεται με την έννοια της κυκλικής τροχιάς. Η ερώτηση αυτή είναι σημαντική για να ελεγχθεί η διατήρηση της έννοια της τροχιάς μετά τη διδασκαλία, στους συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα της Γ' Γυμνασίου. Επί πλέον η ερώτηση αυτή είναι σχετική/διασταυρώνεται με την ερώτηση 4, οπότε μπορεί να ελεγχθεί αν ο ερωτώμενος απάντησε τυχαία.

10. Το ηλεκτρόνιο μπορεί να έχει μόνο συγκεκριμένες τιμές ενέργειας στο άτομο.

Στα σχολικά εγχειρίδια είτε του Δημοτικού είτε του Γυμνασίου δεν γίνεται αναφορά στις τιμές της ενέργειας των ηλεκτρονίων στο άτομο. Η διδακτική παρέμβαση θέτει ως γνωστικό στόχο οι μαθητές να δηλώνουν την ύπαρξη ενεργειακών καταστάσεων στο άτομο. Με την παραπάνω πρόταση θα ελεγχθεί ο συγκεκριμένος γνωστικός στόχος.

11. Μέσα στην ύλη οι δομικές μονάδες αφήνουν κενό χώρο μεταξύ τους.

Αναφέρεται στο σχολικό εγχειρίδιο της Χημείας Β' Γυμνασίου, ότι «ο Λεύκιππος και ο μαθητής του ο Δημόκριτος είχαν διατυπώσει την άποψη ότι η ύλη αποτελείται από άτομα καικενό χώρο». Από ό,τι έχουμε αναφέρει στις δύο προηγούμενες προτάσεις τα βιβλία της Ε' Δημοτικού και της Β' Γυμνασίου περιέχουν την προαπαιτούμενη γνώση.

Η ερώτηση 6 είναι σχετική με την 7. Οι μαθητές θεωρούν τον μικρόκοσμο ως εντελώς ομοιόμορφο με τον μακρόκοσμο, εκτός από τον παράγοντα της κλίμακας. Συχνά επίσης δέχονται ότι η ύλη είναι συνεχής χωρίς κενά μεταξύ των σωματιδίων⁵⁸. Τα αισθητήρια όργανα δημιουργούν την αίσθηση συμπαγών αντικειμένων, χωρίς κενά. Με τη παραπάνω πρόταση ελέγχεται αν μέσω της διδακτικής παρέμβαση οι μαθητές θα κατακτήσουν την έννοια του κενού ανάμεσα στις δομικές μονάδες της ύλης.

12. Ένα Radar μπορεί να γνωρίζει με ακρίβεια τη θέση του αεροπλάνου καθώς και την ταχύτητά του. Είναι δυνατόν να κατασκευάσουμε ένα αντίστοιχο Radar για τα ηλεκτρόνια σε ένα άτομο και να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη θέση τους και την ταχύτητά τους μέσα στο χώρο του ατόμου.

Στην παραπάνω ερώτηση χρησιμοποιείται ένα παράδειγμα αναλογίας. Συγκρίνεται η ικανότητα προσδιορισμού της θέσης ενός αεροπλάνου από συσκευή Radar σε σχέση με την ικανότητα προσδιορισμού της ακριβούς θέσης ενός ηλεκτρονίου.

Στους γνωστικούς στόχους της διδακτικής παρέμβασης ήταν οι μαθητές να είναι σε θέση να εκφράζουν την αρχή της αβεβαιότητας. Με την παραπάνω πρόταση ελέγχεται η επίτευξη του συγκεκριμένου γνωστικού στόχου από τους μαθητές.

13. Ο Ιούλιος Βερν φαντάστηκε το «ταξίδι στο κέντρο της Γης». Εμείς αν γίνουμε πάρα πολύ μικροί και φανταστούμε ένα «ταξίδι στο εσωτερικό της ύλης», τότε θα συναντούσαμε περιοχές με κάποια «εμπόδια» (υψηλή πυκνότητα ύλης) και περιοχές όπου μπορούμε να κάνουμε κάποια βήματα χωρίς «εμπόδια» (μικρή πυκνότητα ύλης).

Τα σωματιδιακά μοντέλα των μαθητών, με βάση τις βιβλιογραφικές αναφορές στο θεωρητικό μέρος, απέχουν από τα αντίστοιχα των επιστημονικών θεωριών (άτομα, μόρια). Οι περιγραφές ή οι εξηγήσεις με τη χρήση σωματιδιακών μοντέλων είναι ολιγάριθμες σε σχέση με τις μακροσκοπικές και εμφανίζονται κυρίως μετά τη διδασκαλία. Οι μαθητές δεν έχουν την άποψη ότι η μακροσκοπική ύλη έχει προέλθει από τη συνένωση σωματιδίων. Επίσης πιστεύουν ότι τα σωματίδια είναι ενταγμένα σε συνεχή ύλη όπως οι σταφίδες στο σταφιδόψωμο, χωρίς να αναπτύσσονται μεταξύ τους ελκτικές δυνάμεις⁷⁴. Η ερώτηση 13 ελέγχει αν οι μαθητές θεωρούν ότι η ύλη είναι συνεχής ή αναγνωρίζουν ανομοιογένεια στο εσωτερικό της.

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

14. Το άτομο αποτελείται από

- a) Πρωτόνια*
- b) Ηλεκτρόνια*
- c) Πρωτόνια – Νετρόνια - Ηλεκτρόνια*
- d) Δεν αποτελείται από σωματίδια αφού το άτομο είναι μια συμπαγής δομή ύλης.*

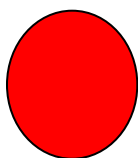
Οι μαθητές στην Ε΄ Δημοτικού πληροφορούνται για τη δομή του ατόμου, στο σχολικό εγχειρίδιο «Φυσικά Δημοτικού ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ» αναφέρεται *«Αλλά και τα άτομα αποτελούνται από ακόμη μικρότερα σωματίδια –σε αυτό ο Δημόκριτος δεν είχε δίκιο– τα πρωτόνια και τα νετρόνια, που αποτελούν τον πυρήνα του ατόμου, και τα ηλεκτρόνια, που περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα.*

Στην Β΄ Γυμνασίου στο σχολικό εγχειρίδιο της Χημείας αναφέρεται «Ο πυρήνας καταλαμβάνει ένα ελάχιστο τμήμα του ατόμου. Αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια. Λόγω των πρωτονίων που περιέχει, ο πυρήνας είναι θετικά φορτισμένος. Αναρωτιέσαι τι υπάρχει έξω από τον πυρήνα; Κενό και περιφερόμενα ηλεκτρόνια!»

Οι ερωτώμενοι έχουν το γνωστικό υπόβαθρο για την συγκεκριμένη ερώτηση. Σε έρευνες όμως που έχουν πραγματοποιηθεί διαπιστώνεται από τη βιβλιογραφία ότι λιγότεροι από τους μισούς μαθητές τελειώνοντας το Γυμνάσιο έχουν κατανοήσει επαρκώς ότι ένα άτομο αποτελείται από πυρήνα και ηλεκτρόνια καθώς και την ηλεκτρονιακή δομή του⁵³. Με τη παραπάνω πρόταση ελέγχεται η γνώση των μαθητών σχετικά με τα υποατομικά σωματίδια.

15. Στην προσπάθειά τους οι επιστήμονες να εξηγήσουν διάφορα φαινόμενα που σχετίζονται με την ύπαρξη της ύλης χρησιμοποίησαν την έννοια «άτομο». Ποιο σκίτσο νομίζετε ότι ταιριάζει στην εικόνα που έχουμε για το άτομο;

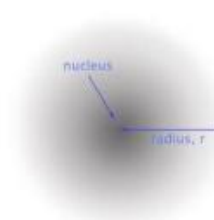
a)



b)



c)



d) αν κανένα δεν ταιριάζει με το «δικό σας» άτομο, σχεδιάστε το.

Στο σχολικό εγχειρίδιο της Χημείας της Β΄ Γυμνασίου παρουσιάζονται ορισμένα προσομοιώματα ατόμων (εικόνες 16,17,18 θεωρητικό μέρος). Τα άτομα παρουσιάζονται είτε ως συμπαγείς οντότητες (εικόνα16) είτε ως πλανητικό μοντέλο (εικόνες 17,18).

Οι εικόνες που παρουσιάζονται στην ερώτηση 15 εμφανίζουν το άτομο είτε ως συμπαγή οντότητα, είτε ως πλανητικό μοντέλο, είτε σύμφωνα με την κβαντομηχανική έννοια του ατόμου. Ακόμη δίνεται η δυνατότητα στους ερωτώμενους να ζωγραφίσουν το δικό τους άτομο. Οι βιβλιογραφικές έρευνες, οι οποίες αναπτύσσονται στο θεωρητικό μέρος της εργασίας, αναφέρουν ότι όταν ζητείται από τους μαθητές ή τους φοιτητές να σχεδιάσουν είτε να επιλέξουν ανάμεσα σε απεικονίσεις διαφόρων μοντέλων για το άτομο, διαπιστώνονται παρανοήσεις. Η παραπάνω ερώτηση πολλαπλής επιλογής ελέγχει ποια είναι η εικόνα που έχει ο κάθε μαθητής χωρίς τη διδακτική παρέμβαση, καθώς και το αποτέλεσμα μετά από αυτή σχετικά με την επιλογή του μοντέλου του ατόμου.

16. Η Διευθύντρια του σχολείου αναζητεί τη Μαρία Αναγνώστου, μαθήτρια του Β₁. Κοιτάζει το πρόγραμμα του σχολείου και βλέπει ότι το Β₁ αυτή την ώρα βρίσκεται στο εργαστήριο Χημείας. Όμως είναι πιθανό :

- A. Η Μαρία να βρίσκεται στο εργαστήριο.
- B. Η Μαρία να βρίσκεται στην αίθουσα του Β₁.
- Γ. Η Μαρία να βρίσκεται στο κυλικείο του σχολείου.
- Δ. Η Μαρία να βρίσκεται στο σπίτι της άρρωστη.

Ποιο από τα παραπάνω πιστεύεις ότι συμβαίνει

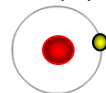
- a) Όλα είναι απίθανα.
- b) Όλα τα παραπάνω είναι πιθανά.
- c) Πιθανότερα είναι τα Α και Γ.
- d) Πιθανότερο είναι το Δ.

Η πιθανοκρατούμενη φύση της κατάστασης του ηλεκτρονίου στο άτομο δεν αποτελεί διδακτικό αντικείμενο στα αναλυτικά προγράμματα του Δημοτικού και του Γυμνασίου.

Οι κβαντομηχανικές έννοιες για τους μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης θεωρούνται δύσκολες και πολύ αφηρημένες⁴⁷. Μαθητές αλλά και φοιτητές δεν κατανοούν τα τροχιακά, αντιλαμβανόμενοι ότι τα τροχιακά αναπαριστούν ένα καλά καθορισμένο και περιχαρακωμένο χώρο⁵⁵ ή θεωρούν την πιθανότητα να βρεθεί κάπου το ηλεκτρόνιο σαν υποκειμενική έλλειψη γνώσης⁶². Στην συγκεκριμένη ερώτηση πολλαπλής επιλογής οι ερωτώμενοι καλούνται να απαντήσουν σε ένα παράδειγμα που τους εισάγει στην έννοια της πιθανότητας. Ο γνωστικός στόχος της ερώτησης είναι να διερευνηθεί η ικανότητα των μαθητών χρησιμοποιώντας παραδείγματα της καθημερινής ζωής να επεξεργάζονται την έννοια της πιθανότητας.

17. Τι γνωρίζετε για το ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο,

- a) Βρίσκεται στην περιοχή εξωτερικά του πυρήνα και είναι ακίνητο.
- b) Κινείται σε κυκλικές τροχιές, με κέντρο τον πυρήνα, (σαν την κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο).



- c) Κινείται στην περιοχή εξωτερικά του πυρήνα και τόσο γρήγορα που είναι καλλίτερα να το παριστάνουμε ως νέφος.



- d) Βρίσκεται μέσα στον πυρήνα.

Στη συγκεκριμένη ερώτηση πολλαπλής επιλογής ζητείται η άποψη των μαθητών για τη «συμπεριφορά» του ηλεκτρονίου μέσα στο άτομο και όχι μόνο τη μορφή της συνολικής εικόνας του ατόμου που ζητείται στην ερώτηση 15. Η κυκλική κίνηση του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα είναι μια καταγεγραμμένη παρανόηση σε πολλές εκπαιδευτικές έρευνες όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία. Η συγκεκριμένη ερώτηση ελέγχει το γνωστικό στόχο αν οι ερωτώμενοι επιλέγουν τη νεφελώδη απεικόνιση του ηλεκτρονίου στο εσωτερικό του ατόμου.

18. Το ηλεκτρόνιο συμπεριφέρεται ως:

- a) Σωματίδιο
- b) Κύμα
- c) Άλλοτε ως σωματίδιο και άλλοτε ως κύμα
- d) Ούτε ως σωματίδιο ούτε ως κύμα

Σε όλα τα σχολικά εγχειρίδια είτε του Δημοτικού είτε του Γυμνασίου τα ηλεκτρόνια αναφέρονται ως σωματίδια, χαρακτηριστικά αναφέρεται ανά τάξη,

Ε΄ Δημοτικού: «*Αλλά και τα άτομα αποτελούνται από ακόμη μικρότερα σωματίδια – σε αυτό ο Δημόκριτος δεν είχε δίκιο – τα πρωτόνια και τα νετρόνια, που αποτελούν τον πυρήνα του ατόμου, και τα ηλεκτρόνια, που περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα.*»

Στ΄ Δημοτικού: «*...μικρά σωματίδια του μικρόκοσμου, τα ηλεκτρόνια και τα κουάρκ, τα πρωτόνια,...*».

Α΄ Γυμνασίου: «*...πάρχει ένας πυρήνας και γύρω του μικρότερα σωματίδια, τα ηλεκτρόνια.*».

Β΄ Γυμνασίου: «*Κάθε ηλεκτρόνιο είναι ένα αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο*».

Γ΄ Γυμνασίου: «*Ο πυρήνας και τα ηλεκτρόνια είναι φορτισμένα σωματίδια.*».

Στα ηλεκτρόνια αποδίδονται ιδιότητες κλασικών αντικειμένων, όμοιων με αυτά που συλλαμβάνουν οι αισθήσεις μας. Η κυματοσωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου θεωρείται «δύσκολη» έννοια. Η παραπάνω ερώτηση πολλαπλής επιλογής ελέγχει αν επιτυγχάνεται ο γνωστικός στόχος για την αναγνώριση της κυματοσωματιδιακής φύσης του ηλεκτρονίου στους μαθητές της πειραματικής ομάδας. Προφανώς οι μαθητές της ομάδας ελέγχου θα απαντήσουν το (α) γιατί είναι το μόνο δεδομένο που έχουν.

19. Ένας συμμαθητής σας δίνει πρόσκληση για το πάρτι που θα κάνει . Ανοίγοντας την πρόσκληση διαβάζετε,

Οδός :Κωνσταντινουπόλεως

Αριθμός: 15

Διαμέρισμα: 4

Αν σκεφτείτε ότι ένα άτομο «κατοικείται» από ηλεκτρόνια ποιο από τα παρακάτω πιστεύετε ότι ισχύει

- a) Όλα τα ηλεκτρόνια μπορεί να βρίσκονται στην ίδια απόσταση από τον πυρήνα.*
- b) Το κάθε ηλεκτρόνιο μπορεί να έχει μια ξεχωριστή «διεύθυνση» γιατί βρίσκεται σε διαφορετική απόσταση από τον πυρήνα.*
- c) Το ηλεκτρόνιο βρίσκεται μέσα στον πυρήνα.*
- d) Αν δεν σας ταιριάζει τίποτα από τα παραπάνω δώστε μια δική σας άποψη.*

Το ηλεκτρόνιο στο χώρο του ατόμου χαρακτηρίζεται από τέσσερις κβαντικούς αριθμούς. Μέσω της διδακτικής παρέμβασης επιδιώκεται οι μαθητές να προτείνουν την ανάγκη το ηλεκτρόνιο να έχει μια «διεύθυνση». Η «διεύθυνση» του ηλεκτρονίου συνδέεται με την τετράδα των κβαντικών αριθμών και όχι με συγκεκριμένη θέση ή «κίνηση» του ηλεκτρονίου. Με την παραπάνω ερώτηση πολλαπλής επιλογής ελέγχεται αν επιτυγχάνεται ο συγκεκριμένος γνωστικός στόχος στην πειραματική ομάδα και πως αντιμετωπίζεται από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου.

2.2 Εφαρμογή

2.2.1 Το δείγμα της έρευνας

Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές του 5^{ου} Γυμνασίου Νίκαιας, οι οποίοι φοιτούσαν σε τέσσερα (4) τμήματα της Β΄ Γυμνασίου (B1-B4) κατά τη σχολική χρονιά 2013-2014 και στη συνέχεια στα τμήματα Γ1-Γ4 στη Γ΄ Γυμνασίου κατά τη σχολική χρονιά 2014-2015. Τα τμήματα αντιστοιχούσαν στην ίδια σύνθεση μαθητών, δηλαδή οι μαθητές του B1 (2013-2014) είναι οι ίδιοι με τους μαθητές του Γ1 (2014-2015) και αντίστοιχα συμβαίνει για τα τμήματα B2-Γ2, B3-Γ3, B4-Γ4. Το πλήθος των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα αναλυτικά αναφέρονται στον Πίνακα 1:

Πίνακας 1: Αριθμός μαθητών ανά τμήμα της Β΄ Γυμνασίου (2013-2014) και της Γ΄ Γυμνασίου (2014-2015).

Τμήμα	Αριθμός Μαθητών	Τμήμα	Αριθμός Μαθητών
B1	17	Γ1	19
B2	17	Γ2	17
B3	20	Γ3	20
B4	16	Γ4	17
Σύνολο μαθητών Β΄ Γυμνασίου (2013-2014)	70	Σύνολο μαθητών Γ΄ Γυμνασίου (2014-2015)	73

Η δειγματοληψία ήταν ανεξάρτητη της σχολικής επίδοσης, του μορφωτικού επιπέδου των γονέων, της κοινωνικής προέλευσης, καθώς οι υποθέσεις μας δεν έγιναν στη βάση τέτοιου τύπου διαφοροποιήσεων. Επίσης οι υποθέσεις μας δεν λαμβάνουν υπόψη τη διαφορά του φύλου. Μοναδικό κριτήριο αποτέλεσε η προθυμία συμμετοχής στην έρευνα. Οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα ανήκουν από τους λεγόμενους «πολύ αδύνατους» έως τους λεγόμενους «πολύ καλούς» στην ορολογία των εκπαιδευτικών κατά τις συνεδριάσεις του συλλόγων διδασκόντων για τον καθορισμό των επιδόσεων των μαθητών.

2.2.2 Η ερευνητική διαδικασία

Στους μαθητές των τμημάτων B1-B4, κατά το σχολικό έτος 2013-2014, δόθηκε το ερωτηματολόγιο της έρευνας και πραγματοποιήθηκε η συλλογή των αποτελεσμάτων. Στόχος ήταν να ερευνηθούν οι προϋπάρχουσες γνώσεις των ερωτώμενων. Οι μαθητές και των τεσσάρων τμημάτων δεν είχαν διδαχθεί έννοιες της ατομικής θεωρίας, εκτός από τις σποραδικά αναφερόμενες στα διάφορα σχολικά εγχειρίδια. Συγκεκριμένα η ενότητα 2.8 «Άτομα και μόρια» κάνει αναφορά την ατομική θεωρία του Δημόκριτου και του Dalton, εισάγει αναπαραστάσεις ατόμων και μορίων, εξηγεί τη διάσπαση του νερού με βάση την ατομική θεωρία, διαχωρίζει την έννοια του χημικού στοιχείου από την έννοια της χημικής ένωσης. Η ενότητα 2.9 «Υποατομικά σωματίδια - Ιόντα» αναφέρεται στη δομή του πυρήνα και του ατόμου, εισάγει τις έννοιες του Ατομικού και του

Μαζικού αριθμού, καθώς και την έννοια του ιόντος. Παρουσιάζεται σε εικόνα το άτομο του υδρογόνου με το ηλεκτρόνιο να κινείται σε κυκλική τροχιά γύρω από τον πυρήνα.

Άρα οι προϋπάρχουσες γενικότερες γνώσεις των μαθητών για το άτομο αντιστοιχούν στις γνώσεις που τους παρέχονται από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών της Ε΄ και της ΣΤ΄ Δημοτικού. Πολλές έννοιες που περιέχονται στο ερωτηματολόγιο δεν τους έχουν διδαχθεί και ο διδάσκων τους ζητεί να απαντήσουν διαισθητικά.

Αφού συμπληρώθηκαν τα ερωτηματολόγια ακολούθησε η διδασκαλία των ενοτήτων 2.8 και 2.9. Στα τμήματα Β1 και Β2 η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα. Στα τμήματα Β3 και Β4 η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα αλλά έγιναν οι εξής παρεμβάσεις:

- ✓ Το σχολικό βιβλίο στην ενότητα 2.8 αναπαριστά τα άτομα με χρωματιστές συμπαγείς σφαίρες. Αναφέρθηκε ότι τα άτομα δεν είναι συμπαγείς σφαίρες και δεν έχουν χρώμα.
- ✓ Επίσης αναφέρθηκε ότι τα μεγέθη των παρουσιαζόμενων σφαιρών δεν ανταποκρίνονται σε πραγματικές διαστάσεις και ότι μόνο οι μεταξύ τους αναλογίες είναι σωστές, δηλαδή το άτομο του υδρογόνου έχει μικρότερες διαστάσεις από το άτομο του οξυγόνου, όπως φαίνεται και στις σφαίρες.
- ✓ Στην ενότητα 2.9 οι μαθητές ενημερώνονται ότι οι δύο εικόνες που αναπαριστούν το ηλεκτρόνιο, στο άτομο του υδρογόνου, να κινείται κυκλικά γύρω από τον πυρήνα δεν ανταποκρίνονται στην σημερινή επιστημονική θεώρηση και γίνεται μια αναφορά στην πιθανοκρατούμενη θέση του ηλεκτρονίου στο άτομο.

Στη Γ΄ Γυμνασίου, στα τμήματα Γ1 και Γ2, που αποτελούν την ομάδα ελέγχου, η διδασκαλία πραγματοποιείται σύμφωνα με το σχολικό εγχειρίδιο. Στα τμήματα Γ3, Γ4, που αποτελούν την πειραματική ομάδα, πραγματοποιείται διδακτική παρέμβαση δύο διδακτικών ωρών, σε διαφορετικές ημέρες.

Σε χρονικό διάστημα 15 ημερών μετά τη διδασκαλία δόθηκε, στους μαθητές τόσο των πειραματικών τμημάτων, όσο και των τμημάτων ελέγχου το ερωτηματολόγιο της έρευνας. Ακολούθησε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς την επίτευξη των στόχων της έρευνας και των γνωστικών στόχων και παρουσιάζονται σε επόμενες παραγράφους.

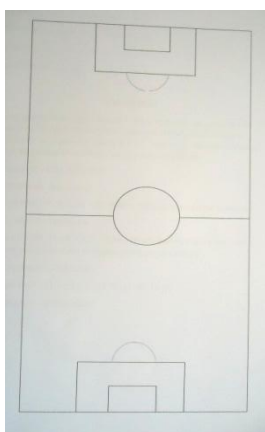
2.2.3 Η διδακτική παρέμβαση

Η διδακτική παρέμβαση συνίσταται σε διδασκαλία 2 ωρών, σε διαφορετικές ημέρες, αναφέρεται στη δομή του ατόμου, με διδακτικό υλικό που δεν στηρίζεται στο σχολικό βιβλίο. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας φύλλα εργασίας τα οποία τα συμπλήρωσαν και τα παρέδωσαν στον διδάσκοντα. **Δεν τους δόθηκε άλλο γραπτό υλικό ως εργασία εξωσχολική και δεν τους ζητήθηκε να μελετήσουν οτιδήποτε.** Στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών της Χημείας και της Φυσικής αναφέρονται ως διδακτικοί στόχοι για τους μαθητές:

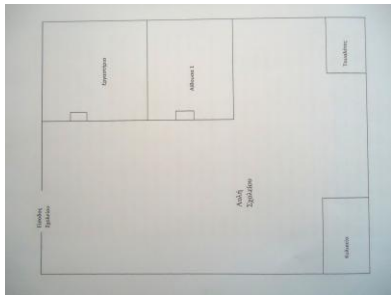
- ✓ Να χρησιμοποιούν το μοντέλο της δομής της ύλης για την ερμηνεία όλων των ηλεκτρικών φαινομένων.
- ✓ Να αναγνωρίζουν τη δομή του πυρήνα.
- ✓ Να συνδέουν τα χημικά φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω τους με οντότητες και έννοιες του μικρόκοσμου.

Οι στόχοι αυτοί ελήφθησαν υπόψη στο σχεδιασμό της διδακτικής παρέμβασης.

Για την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης παρήχθη διδακτικό υλικό, σε μορφή παρουσίασης με PowerPoint 2007. Στα πλαίσια της διδασκαλίας πραγματοποιήθηκαν επιπλέον δυο εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Στην πρώτη ζητήθηκε από τα αγόρια να σχεδιάσουν με το στυλό τους, με μία τελεία, τη θέση του τερματοφύλακα μίας ομάδας ποδοσφαίρου ανά πέντε λεπτά πάνω σε ένα σχεδιάγραμμα ποδοσφαιρικού γηπέδου (εικόνα 20). Στην δεύτερη ζητήθηκε από τα κορίτσια να επιλέξουν, σε ποια θέση βρίσκονται στο σχολείο κάθε 10 λεπτά και να γράψουν την αντίστοιχη ώρα στο αντίστοιχο σημείο του σχεδιαγράμματος (εικόνα 21).



Εικόνα 20: Σχεδιάγραμμα ποδοσφαιρικού γηπέδου.



Εικόνα 21: Σχεδιάγραμμα κάτοψης σχολικού κτιρίου.

Ο στόχος των δραστηριοτήτων ήταν να αναπαράγει κάθε μαθητής τη δική του κατανομή πιθανότητας όσον αφορά τη θέση στην οποία μπορεί να βρίσκεται σε κάποιο περιορισμένο χώρο, για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η αναλογία με τον ενεργειακό περιορισμό του ηλεκτρονίου στο άτομο και της ηλεκτρονιακής κατανομής για κάποιο χρονικό διάστημα είναι προφανής.

Το υλικό της διδακτικής παρέμβασης είχε ως συνιστώσες,

1. Τους γνωστικούς στόχους της εργασίας,
2. Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου που δόθηκε στους μαθητές της Β΄ τάξης,
3. Τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών με βάση τη βιβλιογραφία,

Η διδακτική παρέμβαση στηρίχτηκε στην βιβλιογραφία σε σχέση με μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία εννοιών της κβαντομηχανικής σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.^{31,75,76}

Η συνισταμένη διδασκαλία πρέπει να περιλαμβάνει την ανάπτυξη και χρήση επιστημονικών επιχειρημάτων, με τέτοιο τρόπο ώστε με τη στήριξη εμπειρικών ενδείξεων οι μαθητές να προχωρούν παραπέρα, χτίζοντας μια νέα ματιά για τον κόσμο, όπως αυτή υιοθετείται από τους επιστήμονες²⁰.

Το αρχείο παρουσίασης περιλαμβάνει 45 διαφάνειες. Την πρώτη διδακτική ώρα παρουσιάστηκαν οι πρώτες 23 και στη δεύτερη διδακτική ώρα οι επόμενες 22 διαφάνειες. Οι μαθητές ταυτόχρονα με την παρουσίαση συμπλήρωναν φύλλο εργασίας (1^ο και 2^ο φύλλο εργασίας, παράρτημα).

Σε κάθε διδακτική ώρα επιχειρείται να διδαχθούν περισσότερες από μια έννοιες και περισσότερα από ένα γνωστικά αντικείμενα. Επομένως οι διάφορες φάσεις της διδασκαλίας, όπως προσανατολισμός, ανάδειξη ιδεών, γνωστική σύγκρουση κ.λπ. που αφορούν όλα τα γνωστικά αντικείμενα επαναλαμβάνονται στη διδασκαλία ανά γνωστικό αντικείμενο. Μόνο οι πρώτες

διαφάνειες έχουν πιο αυστηρό προσανατολισμό να προκαλέσουν το ενδιαφέρον των μαθητών.

Πρώτη Διδακτική ώρα

Στη διάρκεια της πρώτης διδακτικής ώρας, με βάση τη σειρά παρουσίασης των διαφανειών στους μαθητές/τριες, η διδακτική παρέμβαση επιχειρεί:

1^η διαφάνεια: Τίτλος «Η δομή του ατόμου».

2^η - 7^η διαφάνειες: Επιδιώκεται η κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών (φάση προσανατολισμού), παρουσιάζοντας στους μαθητές την εικόνα ενός «συμπαγούς» Γαλαξία και στη συνέχεια εισχωρώντας με εικόνες σε επιμέρους τμήμα του Γαλαξία. Γνωστικός στόχος η αναγνώριση της ύπαρξης κενού χώρου. Δείχνοντάς τους το κενό χώρο ανάμεσα στη Γη και στη Σελήνη τους ζητείται η διατύπωση υποθέσεων και επιδιώκεται γνωστική σύγκρουση έτσι ώστε να μπορεί να γίνει μεταφορά της αναλογίας στο εσωτερικό της ύλης.

8^η - 10^η διαφάνειες: Αξιοποιώντας την εικόνα ενός μολυβιού και στη συνέχεια την εικόνα της ατομικής δομής του γραφίτη προκαλείται συζήτηση και προβληματισμός σε σχέση με τη «δομή» του γραφίτη που περιέχεται στο μολύβι. Στο φύλλο εργασίας ζητείται από τους μαθητές να γράψουν αν συμφωνούν στην ύπαρξη κενού χώρου στο εσωτερικό του μολυβιού.

11^η - 14^η διαφάνειες: Αξιοποιείται η εικόνα της στερεοχημικής διάταξης του μορίου του νερού, συγκρίνεται με την εικόνα ενός ποτηριού με νερό, δίνεται η εικόνα της στερεοχημικής διάταξης του πάγου και διατυπώνεται το συμπέρασμα για τη δομή του νερού σε υγρή κατάσταση με γενίκευση στην ύπαρξη κενού χώρου στη δομή της ύλης. Οι συγκεκριμένες διαφάνειες λειτουργούν ως επανάληψη σε βασικές γνώσεις για τη δομή της ύλης που διαθέτουν οι μαθητές και αναφέρονται στο γνωστικό στόχο της διάκρισης της δομής της ύλης δηλαδή ότι αποτελείται από άτομα και μόρια.

15^η - 19^η διαφάνειες: Γίνεται αναφορά στην ιστορική ροή των ατομικών μοντέλων (Dalton έως Bohr). Οι διδασκόμενοι, παρακολουθώντας τη διαφάνεια 17, πληροφορούνται για την ύπαρξη ηλεκτρικών δυνάμεων ανάμεσα στα ηλεκτρόνια και τον πυρήνα. Η διαφάνεια 17 στοχεύει να μπορούν οι μαθητές να αναφέρουν τη φύση των δυνάμεων που δέχεται το ηλεκτρόνιο στο άτομο.

20^η διαφάνεια: Επιχειρείται η αποδόμηση του πλανητικού μοντέλου, σε αντίθεση με την επιμονή του σχολικού βιβλίου στο συγκεκριμένο ατομικό μοντέλο. Διδακτικός στόχος της διαφάνειας 20 είναι η δημιουργία γνωστικής σύγκρουσης και αναδόμηση των αντιλήψεων των διδασκόμενων για το άτομο.

21^η - 23^η διαφάνειες: Γίνεται αναφορά στα υποατομικά σωματίδια και στη σύσταση του πυρήνα.

Επιχειρείται μέσω των συγκεκριμένων διαφανειών οι μαθητές να μπορούν να περιγράψουν την δομή του ατόμου ως ένα σχηματισμό που αποτελείται από πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια.

Ακολούθησε δεύτερη διδακτική ώρα σε επόμενη ημέρα.

Δεύτερη διδακτική ώρα:

Στην αρχή της δεύτερης διδακτικής ώρας έγινε πολύ σύντομη επανάληψη. Ακολούθως παρουσιάστηκε το διδακτικό υλικό των επόμενων διαφανειών.

24^η - 32^η διαφάνειες: Εισάγεται η έννοια της πιθανοκρατικής συμπεριφοράς του ηλεκτρονίου στο χώρο του ατόμου. Χωρίζοντας τους μαθητές σε αγόρια - κορίτσια πραγματοποιείται εκπαιδευτική δραστηριότητα επιχειρώντας να αναγνωρίσουν την πιθανότητα σε διαδικασίες καθημερινής πρακτικής, αξιοποιούνται εικόνες από αντίστοιχα λογισμικά. Έχουν τεθεί ως γνωστικοί στόχοι οι μαθητές, αφενός να σχεδιάζουν «νέφος ηλεκτρονίων» στο εσωτερικό του ατόμου και αφετέρου να εκφράζουν την αρχή της αβεβαιότητας. Οι συγκεκριμένες διαφάνειες, όπως επίσης και η εκπαιδευτική δραστηριότητα, επιχειρούν την υλοποίησή τους.

33^η - 34^η διαφάνειες: Γίνεται αναφορά στις μάζες των υποατομικών σωματιδίων και στη σύγκριση των μαζών.

35^η - 36^η διαφάνειες: Γίνεται αναφορά στη ποσότητα και στο είδος των ηλεκτρικών φορτίων των υποατομικών σωματιδίων. Οι διαφάνειες 33-36 παρέχουν βασικές πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των υποατομικών σωματιδίων.

37^η - 39^η διαφάνειες: Εισάγεται η έννοια της κυματοσωματιδιακής συμπεριφοράς του ηλεκτρονίου. Επιχειρείται να επιτευχθεί ο αντίστοιχος γνωστικός στόχος.

40^η - 41^η διαφάνειες: Εισάγεται η αρχή αβεβαιότητας του Heisenberg. Οι μαθητές παρακολουθούν σε βίντεο την κίνηση των πτερυγίων ενός ανεμιστήρα οροφής. Όσο γρηγορότερα περιστρέφονται τόσο υπάρχει αβεβαιότητα ως προς την ακριβή τους θέση. Η έκφραση της αρχής της αβεβαιότητας, εκ' μέρους των μαθητών, αποτελεί στόχο της παρούσας εργασίας και οι συγκεκριμένες διαφάνειες στοχεύουν στην επίτευξή του.

42^η - 44^η διαφάνειες: Οι μαθητές «προσκαλούνται» σε ένα πάρτι και προκύπτει η αναγκαιότητα να τους δοθούν αναλυτικά στοιχεία για τη διεύθυνση που θα πραγματοποιηθεί το πάρτι. Επιχειρείται με τη διδακτική μέθοδο της αναλογίας να γίνει εισαγωγή της αναγκαιότητας συγκεκριμένων παραμέτρων για να οριστεί η κατάσταση ενός ηλεκτρονίου στο άτομο. Στόχος είναι οι διδασκόμενοι να είναι σε θέση να προτείνουν την ανάγκη συγκεκριμένης «Διεύθυνσης» των ηλεκτρονίων στο

άτομο.

Στην διαφάνεια 44 επιχειρείται οι μαθητές να μπορούν να δηλώσουν την ύπαρξη ενεργειακών καταστάσεων στο άτομο.

45^η διαφάνεια: Τελική.

Οι μαθητές από την αρχή της 1ης και της 2ης διδακτικής ώρας είχαν ο καθένας φύλλο εργασίας το οποίο συμπλήρωναν ταυτόχρονα με την παρουσίαση του μαθήματος. Τα φύλλα εργασίας έχουν ερωτήσεις και δραστηριότητες που εξυπηρετούν τους γνωστικούς στόχους. Μέσω των φύλλων εργασίας επιχειρήθηκε να γίνει διατύπωση παρατηρήσεων, καταγραφή συμπερασμάτων, γενίκευση αποτελεσμάτων και αξιολόγηση των γνωστικών στόχων που τέθηκαν.

Η διδακτική παρέμβαση επιδίωξε την εισαγωγή των προηγούμενων εννοιών χωρίς κανένα μαθηματικό φορμαλισμό. Τα φύλλα εργασίας, ένα για κάθε μάθημα, θεωρούνται αναπόσπαστο και αναγκαίο τμήμα της διδασκαλίας για την επίτευξη των επιδιωκόμενων γνωστικών στόχων. Στους μαθητές δεν δόθηκαν σημειώσεις ή οδηγίες για περαιτέρω μελέτη. Με αυτή τη μεθοδολογία, οι απαντήσεις των μαθητών της πειραματικής ομάδας στο ερωτηματολόγιο, δεκαπέντε ημέρες μετά τη διδακτική παρέμβαση, στηρίζονταν μόνον στις έννοιες που εμπεδώθηκαν, καθώς δεν υπήρχε άλλος τρόπος (εκτός αν κατέφευγαν σε εξωσχολικές πηγές- διαδίκτυο) να τις ανανεώσουν.

2.3 Αποτελέσματα-Συζήτηση

2.3.1 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου στη Β΄ τάξη

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το ερωτηματολόγιο δόθηκε για συμπλήρωση στους μαθητές της Β΄ Γυμνασίου κατά το σχολικό έτος 2013-2014 με σκοπό την ανίχνευση προϋπάρχουσας γνώσης και την ανάδειξη εννοιολογικών παρανοήσεων. Η δομή και το περιεχόμενο της διδακτικής παρέμβασης πήρε υπόψη τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα. Στον Πίνακα 2 αναφέρονται τα ποσοστά των μαθητών της Β΄ Γυμνασίου που έδωσαν την αναμενόμενη απάντηση που χαρακτηρίζεται ως «Σωστή». Αυτό δεν πρέπει να συγχέεται με το αν η πρόταση της ερώτησης είναι Σωστή ή Λάθος, π.χ. η πρόταση της 1ης ερώτησης είναι λανθασμένη, ο πίνακας αναφέρει το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά δηλαδή ότι η πρόταση – ερώτηση είναι Λάθος.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ποσοστών σωστών απαντήσεων του ερωτηματολογίου που δόθηκε στη Β' Γυμνασίου.

<p>Ερώτηση 1: Η ύλη είναι συνεχής, δηλαδή δεν αποτελείται από δομικές μονάδες, όπως είναι τα μόρια, τα άτομα, τα ιόντα κ.λπ. (Α)</p>	<p>Οι μαθητές σε ποσοστό 76% θεωρούν ως λάθος ότι η ύλη δεν αποτελείται από δομικές μονάδες.</p>
<p>Ερώτηση 2: Όταν τα άτομα ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζουν μόρια. (Σ)</p>	<p>Το ποσοστό των μαθητών που θεωρούν ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα είναι 80%.</p>
<p>Ερώτηση 3: Τα άτομα των χημικών στοιχείων δεν έχουν εσωτερική δομή.(Α)</p>	<p>Το 70% των ερωτώμενων αναγνωρίζει εσωτερική δομή στα άτομα των χημικών στοιχείων.</p>
<p>Ερώτηση 4: Το κάθε ηλεκτρόνιο περιστρέφεται γύρω από τον πυρήνα σε μια τροχιά.(Α)</p>	<p>Το ποσοστό των μαθητών το οποίο δίνει επιστημονικά σωστή απάντηση είναι 33%.</p>
<p>Ερώτηση 5: Τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια συγκροτούν τον πυρήνα του ατόμου.(Α)</p>	<p>Η επιστημονικά σωστή απάντηση επιλέγεται από το 37% των ερωτώμενων.</p>
<p>Ερώτηση 6: Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη θέση του ηλεκτρονίου στο άτομο, διότι είναι πολύ μικρό και κινείται με μεγάλη ταχύτητα. (Σ)</p>	<p>Το 69% των ερωτώμενων δίνει επιστημονικά σωστή απάντηση.</p>
<p>Ερώτηση 7: Στο εσωτερικό των ατόμων των χημικών στοιχείων υπάρχει κενός χώρος. (Σ)</p>	<p>Η επιστημονικά σωστή απάντηση επιλέγεται από το 11% των ερωτώμενων.</p>
<p>Ερώτηση 8: Τα ηλεκτρόνια έλκονται από τον πυρήνα του ατόμου λόγω ηλεκτρικών δυνάμεων. (Σ)</p>	<p>Η επιστημονικά σωστή απάντηση επιλέγεται από το 74% των ερωτώμενων.</p>

<p>Ερώτηση 9: Το ηλεκτρόνιο απέχει από τον πυρήνα συνεχώς την ίδια απόσταση αφού περιστρέφεται σε συγκεκριμένη κυκλική τροχιά. (Λ)</p>	<p>Οι ερωτώμενοι επιλέγουν την επιστημονικά σωστή απάντηση σε ποσοστό 31%.</p>
<p>Ερώτηση 10: Το ηλεκτρόνιο μπορεί να έχει μόνο συγκεκριμένες τιμές ενέργειας στο άτομο. (Σ)</p>	<p>Οι μαθητές σε ποσοστό 53% επιλέγουν την επιστημονικά σωστή απάντηση</p>
<p>Ερώτηση 11: Μέσα στην ύλη οι δομικές μονάδες αφήνουν κενό χώρο μεταξύ τους. (Σ)</p>	<p>Το 40% των ερωτώμενων επιλέγει την επιστημονικά σωστή απάντηση</p>
<p>Ερώτηση 12: Ένα Radar μπορεί να γνωρίζει με ακρίβεια τη θέση του αεροπλάνου καθώς και την ταχύτητά του. Είναι δυνατόν να κατασκευάσουμε ένα αντίστοιχο Radar για τα ηλεκτρόνια σε ένα άτομο και να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη θέση τους και την ταχύτητά τους μέσα στο χώρο του ατόμου.(Λ)</p>	<p>Το 69% των ερωτώμενων επιλέγει την επιστημονικά σωστή απάντηση</p>
<p>Ερώτηση 13: Ο Ιούλιος Βερν φαντάστηκε το «ταξίδι στο κέντρο της Γης». Εμείς αν γίνουμε πάρα πολύ μικροί και φανταστούμε ένα « ταξίδι στο εσωτερικό της ύλης », τότε θα συναντούσαμε περιοχές με κάποια «εμπόδια» (υψηλή πυκνότητα ύλης) και περιοχές όπου μπορούμε να κάνουμε κάποια βήματα χωρίς «εμπόδια» (μικρή πυκνότητα ύλης). (Σ)</p>	<p>Το 81% των ερωτώμενων επιλέγουν την επιστημονικά σωστή απάντηση</p>
<p>Ερώτηση 14: Το άτομο αποτελείται από</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Πρωτόνια b) Ηλεκτρόνια c) Πρωτόνια-Νετρόνια-Ηλεκτρόνια (Σ) <p>Δεν αποτελείται από σωματίδια αφού το άτομο είναι μια συμπαγής δομή ύλης.</p>	<p>Οι μαθητές σε ποσοστό 73% επιλέγουν την επιστημονικά σωστή απάντηση</p>
<p>Ερώτηση 15: Στην προσπάθειά τους οι επιστήμονες να εξηγήσουν διάφορα φαινόμενα που σχετίζονται με την ύπαρξη της ύλης χρησιμοποίησαν την έννοια « άτομο » . Ποιο σκίτσο νομίζετε ότι ταιριάζει στην εικόνα που έχουμε για το άτομο.....</p>	<p>Το 10% των μαθητών επιλέγει την σωστή επιστημονικά απάντηση.</p>

<p>Ερώτηση 16: Η Διευθύντρια του σχολείου αναζητεί τη Μαρία Αναγνώστου, μαθήτρια του Β1. Κοιτάζει το πρόγραμμα του σχολείου και βλέπει ότι το Β1 αυτή την ώρα βρίσκεται στο εργαστήριο Χημείας. Όμως είναι πιθανό :.....</p>	<p>Το 63% των μαθητών επιλέγει την σωστή επιστημονικά απάντηση.</p>
<p>Ερώτηση 17: Τι γνωρίζετε για το ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο, a) Βρίσκεται στην περιοχή εξωτερικά του πυρήνα και είναι ακίνητο.....</p>	<p>Το 17% των μαθητών επιλέγει την σωστή επιστημονικά απάντηση.</p>
<p>Ερώτηση 18: Το ηλεκτρόνιο συμπεριφέρεται ως: a) Σωματίδιο b) Κύμα c) Άλλοτε ως σωματίδιο και άλλοτε ως κύμα (Σ) d) Ούτε ως σωματίδιο ούτε ως κύμα</p>	<p>Το 14% των μαθητών επιλέγει την σωστή επιστημονικά απάντηση.</p>
<p>Ερώτηση 19: Ένας συμμαθητής σας δίνει πρόσκληση για το πάρτι που θα κάνει. Ανοίγοντας τη πρόσκληση διαβάζετε, Οδός :Κωνσταντινουπόλεως Αριθμός: 15 Διαμέρισμα : 4 Αν σκεφτείτε ότι ένα άτομο «κατοικείται» από ηλεκτρόνια ποιο από τα παρακάτω πιστεύετε ότι ισχύει.....</p>	<p>Το 59% των μαθητών επιλέγει την σωστή επιστημονικά απάντηση.</p>

2.3.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων Γ΄ Γυμνασίου ανά ερώτηση

Τα τμήματα Γ1, Γ2 (Γ1,2) αποτελούν τα τμήματα ελέγχου ενώ τα τμήματα Γ3, Γ4 (Γ3,4) αποτελούν τα πειραματικά τμήματα.

Σε κάθε ερώτηση στην ένδειξη «ΣΩΣΤΗ» αναφέρεται το πλήθος ή το ποσοστό % των μαθητών/τριων που απάντησε επιτυχώς, δηλαδή έδωσε την αναμενόμενη απάντηση. Η ένδειξη «ΛΑΘΟΣ» αναφέρεται στο πλήθος ή στο ποσοστό % των μαθητών που απάντησε μη επιστημονικά σωστά.

Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου, που δόθηκε στη Γ΄ Τάξη, ελέγχθηκαν ως προς την αξιοπιστία τους χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα στατιστικής επεξεργασίας IBM SPSS⁶⁹ 22. Συγκεκριμένα η τιμή του δείκτη αξιοπιστίας Guttman Split Half Coefficient είναι 0,766 με αποδεκτή τιμή μεγαλύτερη από 0,700.

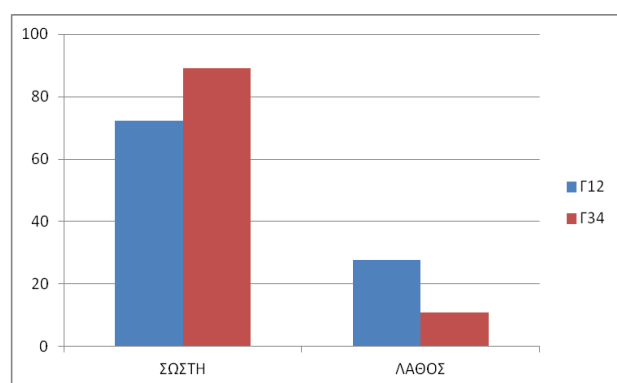
Χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία της επαγωγικής στατιστικής διότι από κάποιο δείγμα δεδομένων γίνεται προσπάθεια να εξαχθούν συμπεράσματα για ολόκληρο τον πληθυσμό. Δημιουργήθηκε η μεταβλητή Score, με ανώτατη τιμή 1, για τη συνολική σύγκριση των αποτελεσμάτων ανάμεσα στα πειραματικά και τα τμήματα ελέγχου. Η τιμή Score στα τμήματα ελέγχου είναι $0,58 \pm 0,10$ ενώ στα πειραματικά τμήματα είναι $0,81 \pm 0,16$. Δηλαδή τα πειραματικά τμήματα είχαν πολύ καλύτερη απόδοση σε σχέση με τις αναμενόμενες ορθές απαντήσεις. ($t = -7,52$, $df = 73$, $p = 0 < 0,001$)

Προκειμένου να ελεγχθούν οι υποθέσεις μιας έρευνας, χρειάζεται να διαμορφωθούν δύο εκδοχές: Η μηδενική υπόθεση H_0 (null hypothesis) και η εναλλακτική υπόθεση H_1 (alternative hypothesis). Η μηδενική υπόθεση αποτελεί την υπόθεση που ο ερευνητής θα ελέγξει. Ονομάζεται επίσης και «υπόθεση της μη διαφοράς» (hypothesis of no difference) και εκφράζεται με την προσδοκία ότι θα απορριφθεί ως λανθασμένη. Εάν η μηδενική υπόθεση που κάναμε για τον υπό μελέτη πληθυσμό ήταν αληθής, ποια θα ήταν η πιθανότητα να παίρναμε δεδομένα για το δείγμα σαν αυτά που πραγματικά πήραμε ή άλλα δεδομένα που θα είναι ακόμα πιο σύμφωνα με τη μηδενική υπόθεση⁶⁹; Η πιθανότητα που περιγράψαμε παραπάνω υπολογίζεται από το στατιστικό έλεγχο και ονομάζεται τιμή p (p-value). Το επιτρεπτό όριο με το οποίο συγκρίνεται η τιμή p ονομάζεται επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (statistical significance level) και καθορίζεται από τον ερευνητή. Το επίπεδο σημαντικότητας είναι ουσιαστικά η πιθανότητα λανθασμένης απόρριψης της αρχικής (μηδενικής) υπόθεσης⁶⁹. Η πιο συνηθισμένη τιμή είναι 5% (ή 0.05) ενώ άλλες τιμές που χρησιμοποιούνται είναι 1% (ή 0.01) και 10% (ή 0.10) για περισσότερο «αυστηρούς» και «χαλαρούς» ελέγχους, αντιστοίχως.

Στην παρούσα εργασία η μηδενική υπόθεση είναι ότι δεν εμφανίζονται διαφορές ανάμεσα στα αποτελέσματα των Πειραματικών τμημάτων και των τμημάτων Ελέγχου.

Το df χαρακτηρίζει τους βαθμούς ελευθερίας.

Ερώτηση 1: Η ύλη είναι συνεχής, δηλαδή δεν αποτελείται από δομικές μονάδες, όπως είναι τα μόρια, τα άτομα, τα ιόντα κλπ. (1)



Διάγραμμα 1: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 1^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Μέσω της ερώτησης 1 αξιολογείται αν οι μαθητές είναι σε θέση να διακρίνουν ότι στη δομή της ύλης υπάρχουν άτομα και μόρια. Διαφάνειες παρουσίασης 11-14.

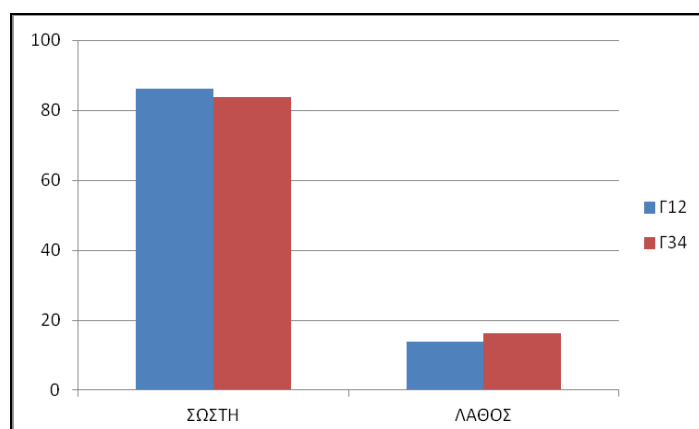
Το 89,2% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 72,2% της ομάδας ελέγχου. Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά στην ερώτηση και από τις δύο ομάδες δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά (δείκτης $p > 0,05$ στο SPSS).

Στο σύνολο των ίδιων μαθητών, όταν φοιτούσαν στη Β' Γυμνασίου, επιστημονικά σωστά απάντησε το 76% των ερωτώμενων. Η διδακτική παρέμβαση μειώνει το ποσοστό των μαθητών, στην πειραματική ομάδα, που δίνουν επιστημονικά λάθος απάντηση συγκρινόμενο με τη Β' Γυμνασίου και την ομάδα ελέγχου.

Στη βιβλιογραφία διατυπώνεται η θέση ότι η κατανόηση της σωματιδιακής δομής της ύλης είναι εξέχουσας σημασίας για τους μαθητές προκειμένου να προσεγγίσουν όλους τους τομείς των Φυσικών Επιστημών⁴⁴. Έρευνες δείχνουν ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόηση

σωματιδιακών ιδεών, πολύ περισσότερο όταν είναι γνωστό ότι τα παιδιά αναπτύσσουν πριν τη διδασκαλία νοήματα και αντιλήψεις για τα μόρια, άτομα⁴⁶ κ.λπ. Στη παρούσα έρευνα διαπιστώνεται ότι η έννοια της «μη συνέχειας» της ύλης έχει οικοδομηθεί στους μαθητές τόσο των πειραματικών τμημάτων όσο και των τμημάτων ελέγχου. Αυτό αποτελεί μια καλή αφετηρία, καθώς το αντίθετο αποτέλεσμα θα σήμαινε ότι θα έπρεπε να δοθεί χρόνος για την διδασκαλία της «ασυνέχειας – σωματιδιακής υπόστασης της ύλης» στα πλαίσια του Αναλυτικού Προγράμματος.

Ερώτηση 2: Όταν τα άτομα ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζουν μόρια. (Σ)



Διάγραμμα 2: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 2^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

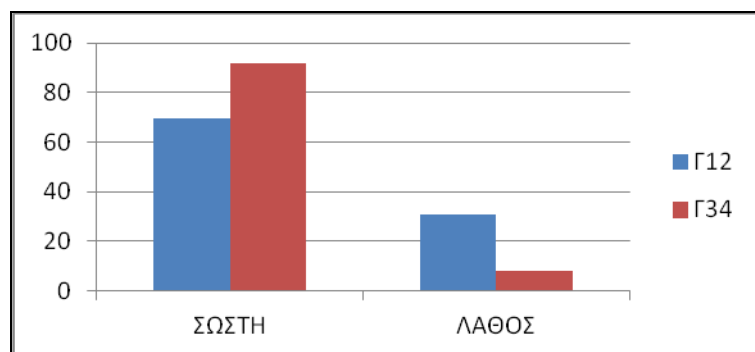
Η ερώτηση 2 αξιολογεί αν οι μαθητές γνωρίζουν ότι τα μόρια των χημικών ενώσεων αποτελούνται από άτομα χημικών στοιχείων.

Το 83,8% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 86,1% της ομάδας ελέγχου. Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά στην ερώτηση και από τις δύο ομάδες δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($p > 0,05$)

Όπως έχει αναφερθεί ήδη από τη Ε' Δημοτικού γίνεται διδασκαλία των μορίων. Επίσης στο αναλυτικό πρόγραμμα της Χημείας της Β' Γυμνασίου και στο σχολικό εγχειρίδιο, περιλαμβάνεται η διδασκαλία του σχηματισμού των μορίων από άτομα. Έτσι το υψηλό ποσοστό των σωστών απαντήσεων είναι αναμενόμενο και η κανονική διδασκαλία επιτυγχάνει τους γνωστικούς στόχους, τόσο στην ομάδα ελέγχου όσο και στην πειραματική ομάδα και δεν χρειάζεται επανάληψη του

συγκεκριμένου γνωστικού αντικειμένου. Τούτο εξάλλου φαίνεται και από το σύνολο των σωστών απαντήσεων στη Β΄ Γυμνασίου το οποίο ήταν της ίδιας τάξης μεγέθους. Συνεπώς η άποψη ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα έχει εμπεδωθεί στους ερωτηθέντες.

Ερώτηση 3: Τα άτομα των χημικών στοιχείων δεν έχουν εσωτερική δομή. (Α)

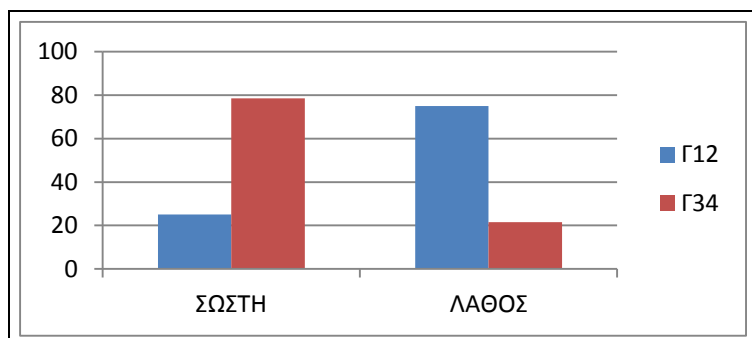


Διάγραμμα 3: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 3^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Η ερώτηση 3 επιχειρεί να διαπιστώσει αν οι ερωτώμενοι διακρίνουν την ύπαρξη εσωτερικής δομής στο άτομο των χημικών στοιχείων. Στην παρουσίαση αντιστοιχούν οι διαφάνειες 21-23. Το 91,9% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 69,4% της ομάδας ελέγχου και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική καθώς οι συντελεστές του SPSS είναι $\chi^2 = 5,932$, $df = 1$, $p = 0,015 < 0,05$.

Η οικοδόμηση της εσωτερικής δομής στα άτομα αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την διδασκαλία των εννοιών που θα εισαχθούν στη διδακτική παρέμβαση. Αν συγκριθεί το ποσοστό σωστών απαντήσεων της Β΄ Γυμνασίου (70%) αναδεικνύεται η επιμονή της εναλλακτικής ιδέας του «συμπαγούς» ατόμου στους μαθητές των τμημάτων ελέγχου. Αυτό το γεγονός υποδεικνύει την αναγκαιότητα της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης, δεδομένου ότι οι μαθητές ξέρουν ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα, ότι η ύλη αποτελείται από μόρια, άτομα κ.λπ. αλλά ένα αρκετό ποσοστό μαθητών δεν ξέρει, δεν συνειδητοποιεί, δεν θέλει να ξέρει ότι το άτομο έχει κάποια εσωτερική δομή, είναι κάπως φτιαγμένο.

Ερώτηση 4: Το κάθε ηλεκτρόνιο περιστρέφεται γύρω από τον πυρήνα σε μια τροχιά. (Α)



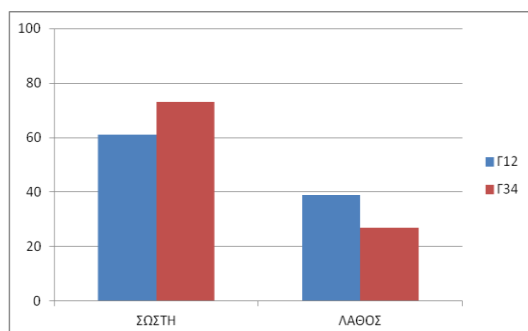
Διάγραμμα 4: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 4^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Μέσω της ερώτησης 4 επιχειρείται οι μαθητές να διερωτηθούν για τη συμπεριφορά των ηλεκτρονίων στο εσωτερικό του ατόμου. Στην πειραματική ομάδα η ερώτηση διερευνήθηκε στις διαφάνειες παρουσίασης 24-32.

Το 78,4% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 25% της ομάδας ελέγχου και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική ($\chi^2 = 20,831$, $df = 1$, $p = 0,000 < 0,05$).

Το πλανητικό μοντέλο του ατόμου αλλά και η καθορισμένη κυκλική τροχιά του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα αναδεικνύεται σε μεγάλο ποσοστό, 75%, στους μαθητές των τμημάτων ελέγχου. Σε έρευνα⁵⁵ που διεξήχθη σε πρωτοετείς φοιτητές των τμημάτων Χημείας, Βιολογικών εφαρμογών και Τεχνολογιών και Επιστήμης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων αναφέρεται ότι το 72% των πρωτοετών φοιτητών εμμένει στο πλανητικό πρότυπο του Bohr. Το ερωτηματολόγιο της Β' Γυμνασίου εμφάνισε ποσοστό λάθος απαντήσεων 70%. Άρα το Πλανητικό Μοντέλο οικοδομείται από τη διδασκαλία στο Δημοτικό, ανιχνεύεται ως το κύριο ατομικό μοντέλο στο Γυμνάσιο και μπορεί παραμένει ως το κύριο Ατομικό μοντέλο και στο πρώτο Πανεπιστημιακό έτος σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές (θεωρητικό μέρος). Αντιθέτως το 78,4% των μαθητών των πειραματικών τμημάτων φαίνεται να δέχθηκε την κατάργηση της έννοιας της κυκλικής τροχιάς του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα. Το πλανητικό μοντέλο δεν ταυτίζεται πλέον με το ατομικό μοντέλο. Η αποδόμηση του πλανητικού μοντέλου ήταν στους στόχους του σχεδιασμού της διδακτικής παρέμβασης. Τα αποτελέσματα αυτής της ερώτησης είναι ιδιαιτέρως ενθαρρυντικά.

Ερώτηση 5: Τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια συγκροτούν τον πυρήνα του ατόμου. (Α)



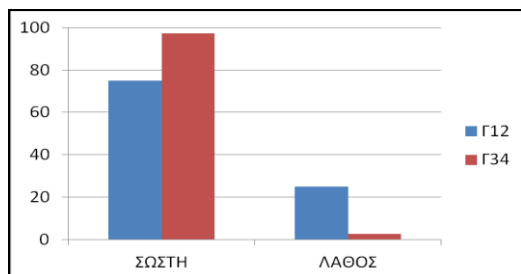
Διάγραμμα 5: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 5^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Η ερώτηση 5 προσπαθεί να διαπιστώσει αν οι μαθητές ξεχωρίζουν τον πυρήνα του ατόμου από το άτομο, καθώς και αν γνωρίζουν τα σωματίδια που συγκροτούν τον πυρήνα του ατόμου. Οι διαφάνειες που αντιστοιχούν στην παρουσίαση είναι οι 21-23.

Το 73% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 61,1% της ομάδας ελέγχου. Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά στην ερώτηση και από τις δύο ομάδες δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($p > 0,05$), ενώ το ποσοστό σωστών απαντήσεων στη Β' Γυμνασίου ήταν μόνο 37%.

Η πλειοψηφία των μαθητών/τριών τόσο των πειραματικών τμημάτων όσο και των τμημάτων ελέγχου απάντησε σωστά στην ερώτηση, δεν είναι όμως επαρκές για μια τόσο θεμελιώδη γνώση. Φαίνεται ότι υπήρξε σύγχυση της «έννοιας» του πυρήνα με την «έννοια» του ατόμου. Επόμενη διδακτική παρέμβαση θα πρέπει να επιμείνει στο συγκεκριμένο γνωστικό θέμα.

Ερώτηση 6: Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη θέση του ηλεκτρονίου στο άτομο, διότι είναι πολύ μικρό και κινείται με μεγάλη ταχύτητα. (Σ)



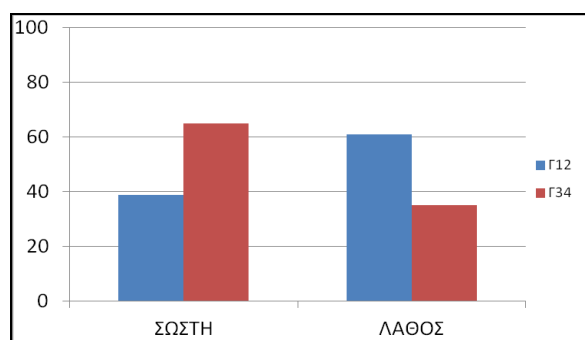
Διάγραμμα 6: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 6^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Η ερώτηση 6 επιχειρεί την «εισαγωγή» των μαθητών στο προβληματισμό της θέσης των επιστημόνων σε σχέση με τον μικρόκοσμο. Σχετίζεται με την αρχή της αβεβαιότητας. Στην παρουσίαση αντιστοιχούν οι διαφάνειες 40-41.

Το 97,3% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 75% της ομάδας ελέγχου και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική $\chi^2 = 7,673$, $df = 1$, $p = 0,006 < 0,05$. Είναι αξιοσημείωτο το υψηλό ποσοστό σωστής απάντησης και στην ομάδα ελέγχου, αλλά ακόμη και στη Β΄ Γυμνασίου (69%). Αυτά τα ποσοστά, σε μαθητές αυτής της ηλικίας, που δεν έχουν παρά εξωσχολικές γενικές πληροφορίες για το ηλεκτρόνιο μέσα στο άτομο, ενθαρρύνουν στο να επιχειρηθεί η αξιοποίηση της ευαισθησίας και της φαντασίας των παιδιών για δημιουργικές προσεγγίσεις.

Οι μαθητές των πειραματικών τμημάτων σε πάρα πολύ μεγάλο ποσοστό θυμούνται από την παρουσίαση ότι δεν είναι δυνατόν να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη θέση του ηλεκτρονίου στο άτομο. Η κλασική έννοια της τροχιάς του ηλεκτρονίου επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης του ηλεκτρονίου. Οι ερωτηθέντες, διακρίνοντας την αβεβαιότητα στην κίνηση του ηλεκτρονίου, πραγματοποιούν ένα εννοιολογικό βήμα προς τις απόψεις της σύγχρονης επιστήμης για το άτομο.

Ερώτηση 7: Στο εσωτερικό των ατόμων των χημικών στοιχείων υπάρχει κενός χώρος. (Σ)



Διάγραμμα 7: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 7^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

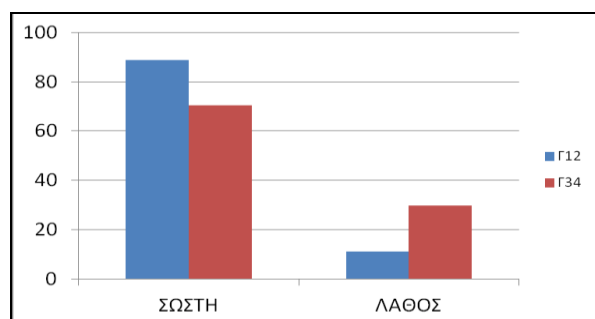
Γνωστικός στόχος της ερώτησης 7 είναι να διακρίνουν την ύπαρξη κενού χώρου στο εσωτερικό των ατόμων.

Το 64,9% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 38,9% της ομάδας ελέγχου και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική $\chi^2 = 4,933$, $df = 1$, $p = 0,026 < 0,05$.

Στους μαθητές της Β΄ Γυμνασίου υπήρξαν μόνο 11% σωστές απαντήσεις, αν και το βιβλίο της Χημείας τους παρείχε την αντίστοιχη πληροφορία. Φαίνεται ότι αν δεν τονιστεί η ύπαρξη κενού στη διάρκεια του μαθήματος, οι μαθητές δεν το συγκρατούν ως γνώση. Στην ομάδα ελέγχου, Γ΄ Γυμνασίου, το ποσοστό υπερτριπλασιάζεται αλλά παραμένει σε χαμηλά επίπεδα. Αυτό πιθανόν οφείλεται στο ότι το σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής στη Γ΄ Γυμνασίου επανέρχεται στο πλανητικό μοντέλο του ατόμου, παρουσιάζει εικόνες του και διατυπώνει σε κείμενο το ότι τα ηλεκτρόνια γυρίζουν γύρω από τον πυρήνα. Δηλαδή οι μαθητές, νοητικά πιο ώριμοι από τη Β΄ Γυμνασίου, έχουν αρκετή πληροφόρηση για να συνάγουν την ύπαρξη κενού χώρου στο εσωτερικό του ατόμου, και τα καταφέρνουν καλύτερα από τη Β΄ Γυμνασίου.

Οι μαθητές των πειραματικών τμημάτων τα κατάφεραν πολύ καλύτερα από την ομάδα ελέγχου, όχι όμως ικανοποιητικά, αφού περίπου 4 στους 10 μαθητές συνεχίζουν και δεν αναγνωρίζουν την έννοια του κενού χώρου στο εσωτερικό του ατόμου. Στα συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου καλύτερα αποτελέσματα συντέλεσε η διδακτική παρέμβαση η οποία επιχείρησε με αναλογίες από τον μακρόκοσμο να μεταφέρει την έννοια του κενού χώρου στον μικρόκοσμο. Αν συγκρίνουμε τα αποτελέσματα των ερωτήσεων 3,7 διαπιστώνουμε ότι υπάρχει και ένα ποσοστό μαθητών (8,9%) το οποίο δεν αναγνωρίζει ούτε δομή στο άτομο ούτε την ύπαρξη κενού χώρου.

Ερώτηση 8: Τα ηλεκτρόνια έλκονται από τον πυρήνα του ατόμου λόγω ηλεκτρικών δυνάμεων. (Σ)



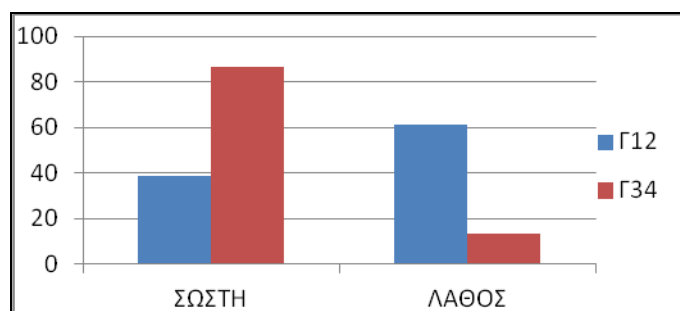
Διάγραμμα 8: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 8ης ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Οι μαθητές, μέσω της διδακτικής παρέμβαση, πρέπει να είναι σε θέση να αναφέρουν τη φύση των δυνάμεων που δέχεται το ηλεκτρόνιο στο άτομο.

Το 70,3% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 88,9% της ομάδας ελέγχου και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική $\chi^2 = 3,874$, $df = 1$, $p = 0,049 < 0,05$. Τα τμήματα ελέγχου παρουσίασαν καλύτερο αποτέλεσμα από τα πειραματικά τμήματα ενώ θα αναμέναμε το αντίθετο μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Τα πειραματικά τμήματα καθώς και τα τμήματα ελέγχου έχουν διδαχθεί την ελκτική δύναμη ανάμεσα στα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια και στους θετικά φορτισμένους πυρήνες. Ίσως όμως επειδή τα τμήματα ελέγχου δέχονται τη σταθερή τροχιά του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα, το πλανητικό σύστημα, αποδέχονται την ελκτική δύναμη ως φυσικό επακόλουθο της σταθερής κίνησης. Από την άλλη πλευρά στα πειραματικά τμήματα επειδή έχει αποδομηθεί η έννοια της τροχιάς, οι μαθητές δεν προβληματίζονται για τον ρόλο της ελκτικής δύναμης. Αν ισχύει η παραπάνω σκέψη θα πρέπει η διδακτική παρέμβαση να επιμείνει στον ρόλο της ελκτικής δύναμης ανάμεσα στον πυρήνα και στο ηλεκτρόνιο του ατόμου. Δηλαδή με πιο σαφή τρόπο να ειπωθεί ότι αφού ο πυρήνας έχει θετικό φορτίο και το ηλεκτρόνιο αρνητικό, ανεξάρτητα από την κατάσταση του ηλεκτρονίου στο εσωτερικό του ατόμου, η ελκτική δύναμη μεταξύ τους συμβάλει στη σταθερότητα του ατομικού συγκροτήματος.

Ερώτηση 9: Το ηλεκτρόνιο απέχει από τον πυρήνα συνεχώς την ίδια απόσταση αφού περιστρέφεται σε συγκεκριμένη κυκλική τροχιά. (Α)



Διάγραμμα 9: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 9ης ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

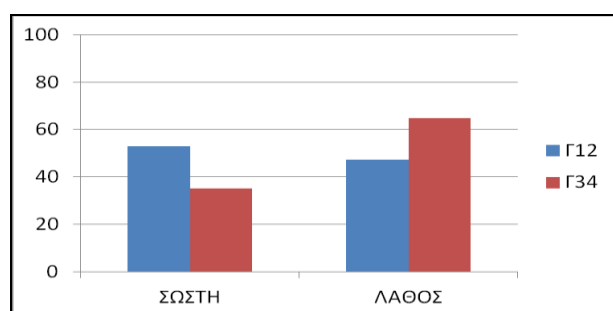
Οι διαφάνειες 24-32 επιχειρούν, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας, να γνωρίσουν την άποψη της επιστήμης για την κατάσταση του ηλεκτρονίου στο άτομο, δηλαδή το «νέφος» ηλεκτρονίου και όχι μια καθορισμένη τροχιά. Μέσω αυτής της ερώτησης ελέγχεται έμμεσα αν οι μαθητές αποδέχονται το «νέφος» ηλεκτρονίου. Όσοι το αποδέχονται θα απαντήσουν αρνητικά ενώ όσοι επιμένουν στη καθορισμένη τροχιά θα απαντήσουν καταφατικά.

Το 86,5% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 38,9% της ομάδας ελέγχου και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική $\chi^2 = 17,737$, $df = 1$, $p = 0,000 < 0,05$.

Αν συγκρίνουμε τα αποτελέσματα της ερώτησης 9 με τα αποτελέσματα της ερώτησης 4, οι δυο ερωτήσεις ελέγχουν τον ίδιο γνωστικό στόχο, θα παρατηρήσουμε ότι τα αποτελέσματα και στις δύο ερωτήσεις εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων όπως είναι λογικό. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας εμφανίζουν εδώ καλύτερο ποσοστό σωστών απαντήσεων απ' ότι στην ερώτηση 4, δείχνοντας να είναι πιο σίγουροι για την 9 αφού είναι η επανάληψη της 4.

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ερώτησης επιβεβαιώνει ότι οι μαθητές των πειραματικών τμημάτων έχουν αποδομήσει σε μεγάλο ποσοστό, 86,5%, το πλανητικό μοντέλο. Ενώ οι μαθητές των τμημάτων ελέγχου σε ποσοστό 61,9 %, όπως αναμένεται, απαντούν με βάση το Πλανητικό Μοντέλο και την καθορισμένη τροχιά του ηλεκτρονίου. Προφανώς υπάρχει διαφορά από τις απαντήσεις της Β' Γυμνασίου (ποσοστό σωστών απαντήσεων 31%) όπου δεν υπήρχε καμία πληροφόρηση για την εσωτερική δομή του ατόμου και προφανώς ούτε για την συμπεριφορά του ηλεκτρονίου.

Ερώτηση 10: Το ηλεκτρόνιο μπορεί να έχει μόνο συγκεκριμένες τιμές ενέργειας στο άτομο. (Σ)



Διάγραμμα 10: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 10^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

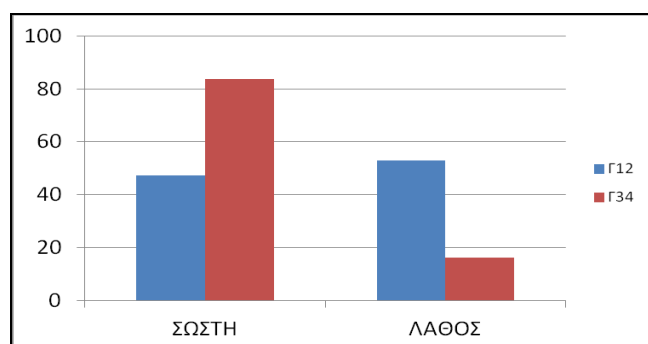
Μέσω της συγκεκριμένης ερώτησης διαπιστώνεται αν οι μαθητές διακρίνουν τη δυνατότητα να υπάρχουν στο άτομο ενεργειακές καταστάσεις. Η αντίστοιχη διαφάνεια της παρουσίασης είναι η 44.

Το 35,1% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 52,8% της ομάδας ελέγχου. Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά στην ερώτηση και από τις δύο ομάδες δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($p > 0,05$). Είναι αξιοσημείωτο ότι στη Β' Γυμνασίου το ποσοστό σωστών απαντήσεων ήταν 53%. Η ερώτηση έμμεσα συνδέεται με την ερώτηση 8, αφού η ενέργεια του ηλεκτρονίου οφείλεται και στις ελκτικές δυνάμεις με τον πυρήνα.

Οι απαντήσεις της συγκεκριμένης ερώτησης από τους μαθητές των πειραματικών τμημάτων και των τμημάτων ελέγχου φανερώνουν ένα τρωτό σημείο της διδακτικής παρέμβασης, η αποδοχή από

τους μαθητές της πειραματικής ομάδας της έννοιας της νεφελώδους ηλεκτρονιακής κατανομής οδηγεί στη σκέψη/συμπέρασμα της αντίστοιχα νεφελώδους κατανομής της ενέργειας, καθώς δεν τονίζεται παρά σε μία μόνο διαφάνεια η αυξομείωση της ηλεκτρονιακής πυκνότητας και η αύξηση της ενέργειας με την απομάκρυνση από τον πυρήνα. Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου έχοντας δεδομένες τις σταθερές τροχιές του ηλεκτρονίου μέσα στο άτομο, είναι πιο εύκολο να οδηγηθούν στη σκέψη/συμπέρασμα της αντιστοίχισης με συγκεκριμένες τιμές ενέργειας. Επόμενη διδακτική παρέμβαση θα πρέπει να επεκταθεί περισσότερο στις ενεργειακές καταστάσεις με περισσότερες διαφάνειες στην παρουσίαση.

Ερώτηση 11: Μέσα στην ύλη οι δομικές μονάδες αφήνουν κενό χώρο μεταξύ τους. (Σ)



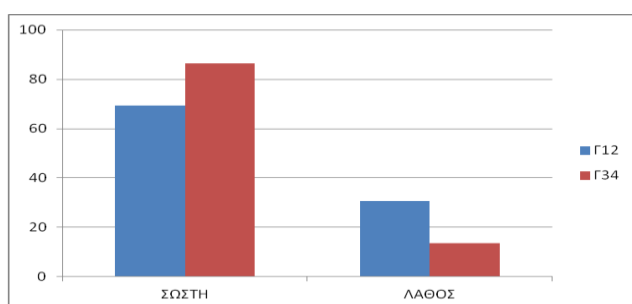
Διάγραμμα 11: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 11^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Η ερώτηση έχει ως γνωστικό στόχο οι μαθητές να αναγνωρίζουν την ύπαρξη κενού χώρου στο εσωτερικό της ύλης. Οι διαφάνειες 8-14 αναφέρονται στον συγκεκριμένο γνωστικό στόχο.

Το 83,8% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 47,2% της ομάδας ελέγχου και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική $\chi^2 = 10,832$, $df = 1$, $p = 0,001 < 0,05$. Στη Β' Γυμνασίου το ποσοστό των σωστών απαντήσεων είναι 40%, άρα υπερδιπλασιάζεται το ποσοστό των σωστών απαντήσεων στους μαθητές της πειραματικής ομάδας, οι οποίοι παρακολούθησαν τη διδακτική παρέμβαση. Ενώ η ομάδα ελέγχου, η οποία παρακολούθησε την κλασική διδασκαλία, παρουσιάζει ελαφρώς υψηλότερο ποσοστό. Αν και τα σχολικά εγχειρίδια της Β', Γ' Γυμνασίου δεν αναφέρουν την ύπαρξη κενού χώρου στο εσωτερικό της ύλης οι μαθητές (Β' Γυμνασίου, ομάδα ελέγχου Γ' Γυμνασίου) εμφανίζουν περίπου τα ίδια ποσοστά και όχι ιδιαιτέρως χαμηλά. Ίσως οι μαθητές όταν εννοούν κενό χώρο μέσα στην ύλη συμπεριλαμβάνουν και τον αέρα.

Στην πειραματική ομάδα υπήρξε πληροφόρηση μέσω των διαφανειών για την ύπαρξη κενού χώρου στο εσωτερικό της ύλης. Τα αποτελέσματα των μαθητών των πειραματικών τμημάτων δείχνουν ότι θυμούνται σε ικανοποιητικό ποσοστό την πληροφορία αυτή, οπότε μπορεί να θεωρηθεί ότι η διδακτική παρέμβαση επιτυγχάνει τον γνωστικό στόχο.

Ερώτηση 12: Ένα Radar μπορεί να γνωρίζει με ακρίβεια τη θέση του αεροπλάνου καθώς και την ταχύτητά του. Είναι δυνατόν να κατασκευάσουμε ένα αντίστοιχο Radar για τα ηλεκτρόνια σε ένα άτομο και να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη θέση τους και την ταχύτητά τους μέσα στο χώρο του ατόμου. (Α)



Διάγραμμα 12: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 12^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

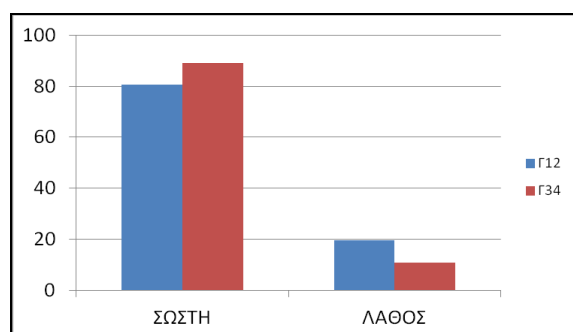
Η ερώτηση 12 όπως και η ερώτηση 6 αξιολογεί τη δυνατότητα των μαθητών να προσεγγίσουν την αρχή της αβεβαιότητας η οποία έχει εφαρμογή στον μικρόκοσμο. Οι διαφάνειες με αριθμούς 40, 41 διαπραγματεύονται την αρχή της αβεβαιότητας.

Το 86,5% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 69,4% της ομάδας ελέγχου. Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά στην ερώτηση και από τις δύο ομάδες δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($p > 0,05$). Το αντίστοιχο ποσοστό στη Β' Γυμνασίου είναι 69%, δηλαδή παραπλήσιο με το ποσοστό της ομάδας ελέγχου. Άρα οι μαθητές παρακολουθώντας τη κλασική διδασκαλία δεν φαίνεται να αλλάζουν άποψη. Το ποσοστό των μαθητών της πειραματικής ομάδας υπερτερεί σαφώς μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Στα πειραματικά τμήματα καθώς και στα τμήματα ελέγχου οι μαθητές αναγνωρίζουν την μη δυνατότητα ταυτόχρονης μέτρησης της θέσης και της ταχύτητας των ηλεκτρονίων. Στη διάρκεια της διδασκαλίας, στα πειραματικά τμήματα, υπήρξε διδακτική παρέμβαση στο συγκεκριμένο θέμα (διαφάνειες 40-41) όχι όμως στα τμήματα ελέγχου. Το ποσοστό σωστών απαντήσεων των πειραματικών τμημάτων είναι υψηλότερο από την ομάδα ελέγχου. Το επίσης υψηλό ποσοστό της

ομάδας ελέγχου θα μπορούσε να αποδοθεί στο ότι οι μαθητές αυτής της ομάδας, θεωρώντας ότι το ηλεκτρόνιο είναι πολύ μικρό «αποφάσισαν» ότι δεν θα ήταν δυνατή, από τεχνική άποψη, η δημιουργία ενός Radar κατάλληλου μεγέθους με αυξημένη διακριτική ικανότητα. Προφανώς φαίνεται να έχει διαφορετικό νόημα η έκφραση «με ακρίβεια» για τις δύο ομάδες καθώς η ομάδα Γ3,4 έχει διαφορετικά δεδομένα μετά τη διδακτική παρέμβαση, είναι περισσότερο υποψιασμένη για το νόημα της έκφρασης.

Ερώτηση 13: *Ο Ιούλιος Βερν φαντάστηκε το «ταξίδι στο κέντρο της Γης». Εμείς αν γίνουμε πάρα πολύ μικροί και φανταστούμε ένα «ταξίδι στο εσωτερικό της ύλης» τότε θα συναντούσαμε περιοχές με κάποια «εμπόδια» (υψηλή πυκνότητα ύλης) και περιοχές όπου μπορούμε να κάνουμε κάποια βήματα χωρίς «εμπόδια» (μικρή πυκνότητα ύλης). (Σ)*



Διάγραμμα 13: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 13^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Στην ερώτηση 13 ελέγχεται ποια είναι η άποψη-εικόνα των μαθητών για το εσωτερικό της ύλης. Έχουν την εικόνα μιας συμπαγούς δομής της ύλης ή διακρίνουν ανομοιογένεια. Οι αντίστοιχες διαφάνειες της παρουσίασης είναι οι 8-14.

Το 89,2% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 80,6% της ομάδας ελέγχου. Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά στην ερώτηση και από τις δύο ομάδες δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($p > 0,05$). Το αντίστοιχο ποσοστό στη Β' Γυμνασίου είναι 81%, ίδιο σχεδόν με το ποσοστό της ομάδας ελέγχου. Οι μαθητές διατηρούν την ίδια άποψη από τη Β' στη Γ' Γυμνασίου διδασκόμενοι το σημερινό αναλυτικό πρόγραμμα.

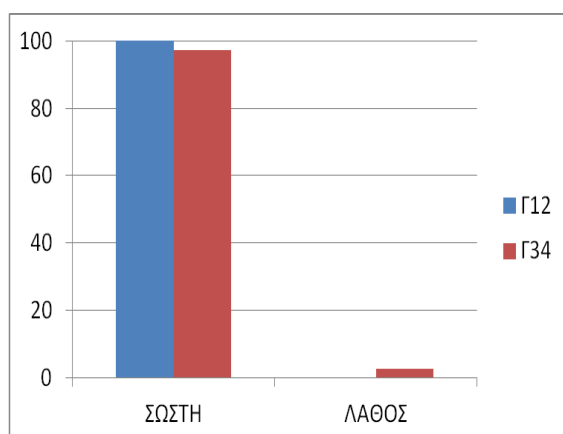
Στα πειραματικά τμήματα καθώς και στα τμήματα ελέγχου, οι μαθητές αναγνωρίζουν την ανομοιογένεια στο εσωτερικό της ύλης. Οι ερωτώμενοι της ομάδας ελέγχου στις ερωτήσεις 7,11 δεν αναγνωρίζουν την ύπαρξη κενού στον μικρόκοσμο σε ποσοστό 61,1% και 52,8%. Εμφανίζουν όμως υψηλά ποσοστά ορθής απάντησης όσον αφορά το μη συμπαγές της ύλης. Φαίνεται ότι η ύπαρξη κενού χώρου, με την έννοια ότι δεν υπάρχει τίποτα, δυσκολεύει τους μαθητές και δεν γίνεται

αντιληπτή στα πλαίσια της διδασκαλίας των τωρινών σχολικών βιβλίων είτε της Β΄ είτε της Γ΄ Γυμνασίου. Η ανομοιογένεια είναι μια έννοια η οποία έχει αναλογίες στον μακρόκοσμο π.χ. μέσα σε μια σχολική τάξη υπάρχει ανομοιογένεια στο πώς κάθονται οι μαθητές, αλλά ανάμεσά τους κάτι υπάρχει, οπότε φαίνεται να είναι πιο «εύκολη» έννοια για τους μαθητές. Ενώ οι ερωτώμενοι της πειραματικής ομάδας εμφανίζουν υψηλά ποσοστά ορθής απάντησης και στις τρεις ερωτήσεις. Η προτεινόμενη διδασκαλία φαίνεται να πετυχαίνει να αποδέχονται οι μαθητές, της πειραματικής ομάδας, ότι ανάμεσα στην ανομοιογενή δομή της ύλης υπάρχει κενός χώρος.

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Ερώτηση 14: Το άτομο αποτελείται από

- a) Πρωτόνια
- b) Ηλεκτρόνια
- c) Πρωτόνια-Νετρόνια-Ηλεκτρόνια (Σ)
- d) Δεν αποτελείται από σωματίδια αφού το άτομο είναι μια συμπαγής δομή ύλης.



Διάγραμμα 14: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 14^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

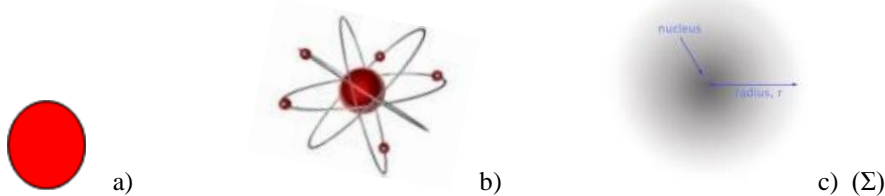
Το άτομο των χημικών στοιχείων αποτελείται από πυρήνα (πρωτόνια - νετρόνια) και ηλεκτρόνια. Δεν έχει νόημα οι μαθητές να χρησιμοποιούν την έννοια του ατόμου χωρίς να γνωρίζουν τα υποατομικά σωματίδια. Η ερώτηση 14 ελέγχει αν όντως οι μαθητές έχουν γνώση των υποατομικών σωματιδίων. Οι διαφάνειες της παρουσίασης είναι οι 21-23.

Το 97,3% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 100% της ομάδας ελέγχου. Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά στην ερώτηση και από τις δύο ομάδες δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($p > 0,05$).

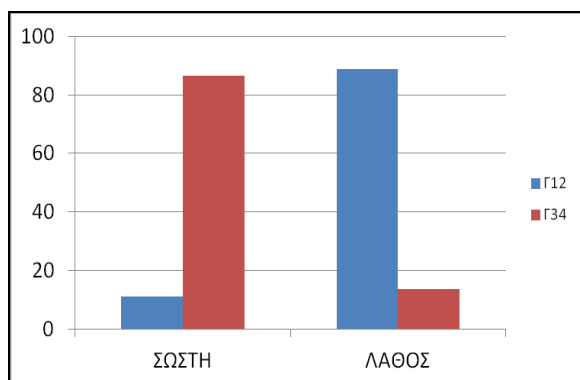
Όλοι οι μαθητές αναγνωρίζουν τα υποατομικά σωματίδια. Οι μαθητές έχουν διδαχθεί τη δομή του ατόμου ήδη από την Ε΄ Δημοτικού, η οποία επαναλαμβάνεται στο Γυμνάσιο. Μπορεί να θεωρηθεί ότι επόμενη διδακτική παρέμβαση μπορεί να αφιερώσει λιγότερο μέρος της στο συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο.

Στη Β΄ Γυμνασίου το αντίστοιχο ποσοστό είναι 73%, όχι ικανοποιητικό για τόσο θεμελιώδη γνώση σχετικά με το άτομο. Στη Γ΄ Γυμνασίου φαίνεται όλοι σχεδόν οι μαθητές να είναι σε θέση να ανακαλέσουν στη μνήμη τους τα υποατομικά σωματίδια, είτε ανήκουν στην ομάδα ελέγχου είτε στην πειραματική. Να σημειωθεί όμως, όπως διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα της ερώτησης 5, ότι γνώση των υποατομικών σωματιδίων δεν συνεπάγεται και γνώση της ακριβούς δομής του ατόμου. Μπορεί οι μαθητές να αναγνωρίζουν ότι το άτομο περιέχει πρωτόνια, νετρόνια, ηλεκτρόνια, αλλά το ποια σωματίδια περιέχει ο πυρήνας το γνωρίζει το 73% της πειραματικής ομάδας και το 61% της ομάδας ελέγχου. Άρα χρειάζεται η διδακτική παρέμβαση να επιμείνει στην ακριβή δομή του ατόμου με έμφαση στη δομή του πυρήνα.

Ερώτηση 15: Στην προσπάθειά τους οι επιστήμονες να εξηγήσουν διάφορα φαινόμενα που σχετίζονται με την ύπαρξη της ύλης χρησιμοποίησαν την έννοια «άτομο». Ποιο σκίτσο νομίζετε ότι ταιριάζει στην εικόνα που έχουμε για το άτομο.



d) αν κανένα δεν ταιριάζει με το «δικό σας» άτομο σχεδιάστε το. (Σ)

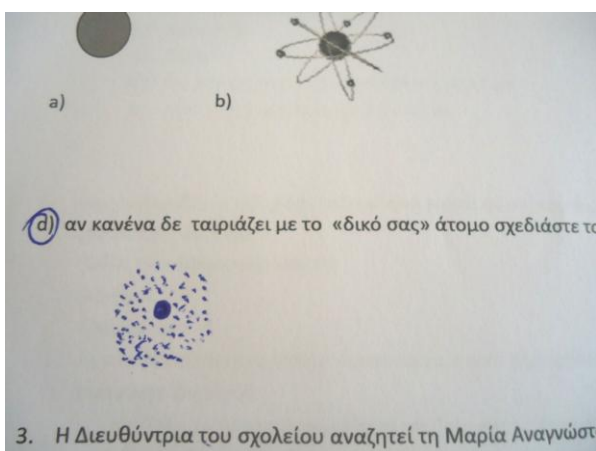


Διάγραμμα 15: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 15^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Η ερώτηση 15 ελέγχει την «εικόνα» που έχουν οι μαθητές για την κατάσταση του ηλεκτρονίου στο άτομο. Οι αντίστοιχες διαφάνειες είναι οι 40-41.

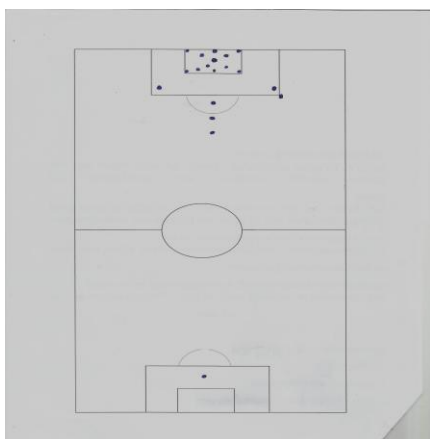
Το 86,5% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 11,1% της ομάδας ελέγχου και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική $\chi^2 = 41,475$, $df = 1$, $p = 0,000 < 0,05$.

Το πλανητικό μοντέλο ή το μοντέλο του συμπαγούς ατόμου δεν επιλέγεται από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας μετά την διδακτική παρέμβαση. Η εικόνα του σύγχρονου μοντέλου για το άτομο φαίνεται να οικοδομείται στους μαθητές αυτής της ομάδας. Ενδιαφέρον έχει το σχήμα που απεικονίζεται στην εικόνα 22 που σχεδιάστηκε από μαθητή επιλέγοντας την αντίστοιχη επιλογή.

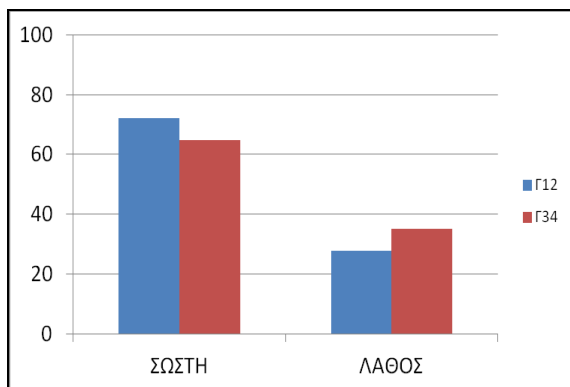


Εικόνα 22: Σχήμα ατόμου όπως το σχεδίασε μαθητής επιλέγοντας την επιλογή d.

Η εικόνα 22 θυμίζει σχέδια των μαθητών στην αντίστοιχη δραστηριότητα, στην οποία ζητήθηκε από τα αγόρια να σχεδιάσουν τη θέση ενός τερματοφύλακα στο γήπεδο ανά 5 λεπτά (εικόνα 23), και στα κορίτσια τη θέση τους στο σχολικό κτίριο ανά 10 λεπτά (εικόνα 24).



Εικόνα 23: Σχέδιο μαθητή από εκπαιδευτική δραστηριότητα.



Διάγραμμα 16: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 16^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Η ερώτηση 16 ελέγχει αν οι μαθητές αντιλαμβάνονται την έννοια της πιθανότητας σε δραστηριότητες της καθημερινότητας. Αν το αντιλαμβάνονται δημιουργούνται οι προϋποθέσεις να σκέφτονται με όρους πιθανότητας για τα φαινόμενα του μικρόκοσμου.

Το 64,9% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 72,2% της ομάδας ελέγχου. Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά στην ερώτηση και από τις δύο ομάδες δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($p > 0,05$).

Μια λεπτομερέστερη ανάλυση αναδεικνύει ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας από τις λανθασμένες απαντήσεις επιλέγουν σε μεγαλύτερο ποσοστό την απάντηση (α), δηλαδή θεωρούν απίθανα όλα τα συμβάντα. Ίσως η διατύπωση της απάντησης (α) ερμηνεύτηκε από τους μαθητές ότι είναι απίθανο να συμβαίνουν όλα μαζί ταυτόχρονα και για αυτό το λόγο είχαμε τις λάθος απαντήσεις από τους μαθητές της συγκεκριμένης ομάδας οι οποίοι είχαν παρακολουθήσει τη διδασκαλία για τις πιθανότητες στη κατάσταση του ηλεκτρονίου. Είναι θετικό το γεγονός ότι επιλέγεται σε πολύ μικρά ποσοστά από τους μαθητές των πειραματικών τμημάτων η απάντηση (d) την οποία επιλέγουν σε μεγαλύτερα ποσοστά οι μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Συμπεραίνετε ότι στα πειραματικά τμήματα, καθώς και στα τμήματα ελέγχου, ο γνωστικός στόχος επιτυγχάνεται σε ικανοποιητικό ποσοστό. Αυτό το εύρημα είναι ιδιαίτερα σημαντικό γιατί μπορεί να αποτελέσει τη βάση για τη διδασκαλία της πιθανοκρατούμενης άποψης για το ηλεκτρόνιο μέσα στο άτομο χρησιμοποιώντας σωστά αναλογίες. Αποδεικνύει ότι οι μαθητές αυτής της ηλικίας είναι επιδεκτικοί ακόμη και θεωρούμενων «δύσκολων» εννοιών εάν δοθούν με κατάλληλα οργανωμένο πρόγραμμα διδασκαλίας.

Ερώτηση 17: Τι γνωρίζετε για το ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο,

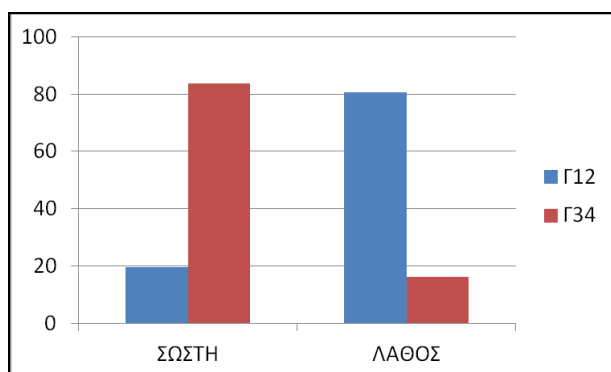
- a) Βρίσκεται στην περιοχή εξωτερικά του πυρήνα και είναι ακίνητο.
b) Κινείται σε κυκλικές τροχιές, με κέντρο τον πυρήνα, (σαν την κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο).



- c) Κινείται στην περιοχή εξωτερικά του πυρήνα και τόσο γρήγορα που είναι καλλίτερα να το παριστάνουμε ως νέφος. (Σ)



- d) Βρίσκεται μέσα στον πυρήνα.



Διάγραμμα 17: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 17^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Η ερώτηση επιχειρεί να διαπιστώσει το πώς οι μαθητές αντιλαμβάνονται την κίνηση του ηλεκτρονίου στο εσωτερικό του ατόμου. Οι επιλογές που τους δίνονται είναι ένα ηλεκτρόνιο που δεν κινείται, ένα ηλεκτρόνιο που κινείται σε κυκλική τροχιά, ένα «νέφος» ηλεκτρονίου και ένα ηλεκτρόνιο που βρίσκεται στον πυρήνα.

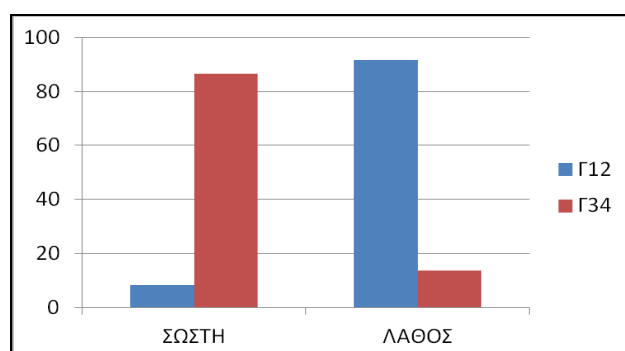
Το 83,8% των μαθητών της πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση συγκριτικά με το 19,4% της ομάδας ελέγχου και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική $\chi^2 = 30,264$, $df = 1$, $p = 0,000 < 0,05$.

Οι μαθητές των τμημάτων ελέγχου δεν το επέλεγον σε ποσοστό 80,6%. Αναμενόμενο αποτέλεσμα αφού στη διδακτέα ύλη είτε της Β' Γυμνασίου είτε της Γ' Γυμνασίου δεν περιλαμβάνεται ως γνωστικό αντικείμενο η σύγχρονη άποψη της επιστήμης για την κατάσταση του ηλεκτρονίου στο εσωτερικό του ατόμου. Μάλιστα είναι μη αναμενόμενο το ποσοστό των μαθητών

της ομάδας ελέγχου (19,4%) που απάντησαν σωστά. Είτε διέθεταν εξωσχολική γνώση, ίσως από το διαδίκτυο, είτε απάντησαν τυχαία. Το ποσοστό των μαθητών της Β΄ Γυμνασίου που απάντησαν σωστά είναι 17%, το οποίο θα πρέπει να αποδοθεί και αυτό σε εξωσχολική πληροφόρηση ή σε τυχαίο γεγονός. Ενώ οι μαθητές της πειραματικής ομάδας παρακολουθώντας τη διδασκαλία πληροφορήθηκαν τη σημερινή άποψη της επιστήμης για τη κατάσταση του ηλεκτρονίου στο άτομο. Φαίνεται να είναι μια γνώση που τη συγκράτησαν. Εκτός της ερώτησης 17 τον ίδιο γνωστικό στόχο τον ελέγχουν οι ερωτήσεις 4,9,15. Στις ερωτήσεις αυτές εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα των ερωτηθέντων των πειραματικών τμημάτων. Αν συνυπολογιστούν τα αποτελέσματα των τεσσάρων ερωτήσεων, το αποτέλεσμα κρίνεται θετικό ως προς την επίτευξη του συγκεκριμένου γνωστικού στόχου.

Ερώτηση 18: Το ηλεκτρόνιο συμπεριφέρεται ως:

- a) Σωματίδιο
- b) Κύμα
- c) Άλλοτε ως σωματίδιο και άλλοτε ως κύμα (Σ)
- d) Ούτε ως σωματίδιο ούτε ως κύμα



Διάγραμμα 18: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 18^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ΄ Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Η ερώτηση 18 ελέγχει την άποψη των μαθητών για τη συμπεριφορά του ηλεκτρονίου. Στη διδακτική παρέμβαση τονίζεται η κυματοσωματιδιακή κατάσταση του ηλεκτρονίου σε αντίθεση με τα σχολικά βιβλία του Γυμνασίου στα οποία το ηλεκτρόνιο αναφέρεται μόνο ως σωματίδιο. Οι αντίστοιχες διαφάνειες της παρουσίασης είναι οι 37-39.

Συγκρινόμενα τα αποτελέσματα ανάμεσα στους ερωτηθέντες των πειραματικών τμημάτων και των τμημάτων ελέγχου υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, $\chi^2 = 44,655$, $df = 1$, $p = 0,000 < 0,05$.

Ο κυματοσωματιδιακός δυισμός του ηλεκτρονίου αποτελεί βασική έννοια της σύγχρονης άποψης της επιστήμης για το άτομο. Τα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης στα πειραματικά τμήματα είναι ιδιαίτερος ικανοποιητικά. Οι μαθητές θυμούνται τη παρέμβαση για τη κυματοσωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου σε ποσοστό 86,5%. Ενώ οι μαθητές των τμημάτων ελέγχου, δεν έχουν δεδομένα για τη κυματοσωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου οπότε το ποσοστό των σωστών απαντήσεων είναι μόλις 8,3%. Το συγκεκριμένο ποσοστό θα πρέπει να αποδοθεί σε τυχαίες απαντήσεις είτε σε εξωσχολική πληροφόρηση. Η πλειοψηφία (61,1%) των μαθητών της ομάδας ελέγχου επιλέγουν ότι το ηλεκτρόνιο είναι σωματίδιο, αναμενόμενη απάντηση με βάση τις πληροφορίες των σχολικών βιβλίων. Αλλά το 27,7% επιλέγει την απάντηση d, για αυτούς τους μαθητές το ηλεκτρόνιο φαίνεται να είναι κάτι αδιόρατο και δεν μπορούν να του δώσουν ούτε σωματιδιακή υπόσταση.

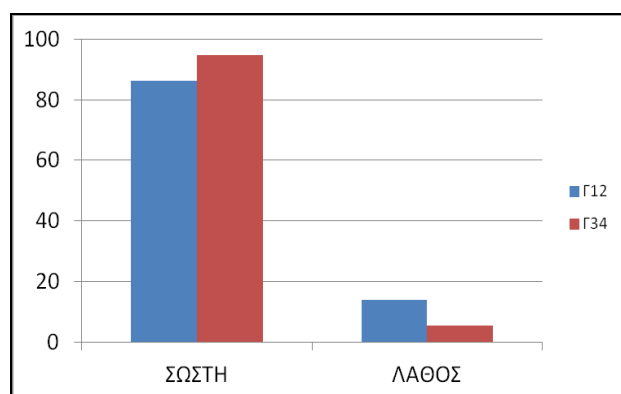
Ερώτηση 19: Ένας συμμαθητής σας δίνει πρόσκληση για το πάρτι που θα κάνει . Ανοίγοντας την πρόσκληση διαβάζετε, Οδός :Κωνσταντινουπόλεως

Αριθμός: 15

Διαμέρισμα: 4

Αν σκεφτείτε ότι ένα άτομο «κατοικείται» από ηλεκτρόνια ποιο από τα παρακάτω πιστεύετε ότι ισχύει

- Όλα τα ηλεκτρόνια μπορεί να βρίσκονται στην ίδια απόσταση από τον πυρήνα.
- Το κάθε ηλεκτρόνιο μπορεί να έχει μια ξεχωριστή «διεύθυνση» γιατί βρίσκεται σε διαφορετική απόσταση από τον πυρήνα. (Σ)
- Το ηλεκτρόνιο βρίσκεται μέσα στον πυρήνα.
- Αν δεν σας ταιριάζει τίποτα από τα παραπάνω δώστε μια δική σας άποψη. (Σ)



Διάγραμμα 19: Ποσοστό σωστών - λανθασμένων απαντήσεων 19^{ης} ερώτησης των τμημάτων Γ' Γυμνασίου της ομάδας ελέγχου (Γ1,2) και της πειραματικής ομάδας (Γ3,4).

Γνωστικό στόχο της ερώτησης 19 αποτελεί η άποψη των μαθητών σε σχέση με τη δυνατότητα συγκεκριμένης «Διεύθυνσης» των ηλεκτρονίων στο άτομο. Το 94,6% των μαθητών της

πειραματικής ομάδας απάντησε σωστά στην ερώτηση αλλά και το 86,1% της ομάδας ελέγχου. Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά στην ερώτηση και από τις δύο ομάδες δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($p > 0,05$). Το αντίστοιχο ποσοστό σωστών απαντήσεων στη Β΄ Γυμνασίου είναι 59%. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας παρακολούθησαν τις διαφάνειες 42, 43. Οι διαφάνειες παρουσίαζαν μια υποθετική πρόσκληση για ένα πάρτι και αναδείκνυαν την αναγκαιότητα να καθοριστεί με ακρίβεια η διεύθυνση. Η δυνατότητα της αναλογίας από την καθημερινότητα στον μικρόκοσμο ειπώθηκε από τον διδάσκοντα. Φαίνεται ότι οι μαθητές το συγκράτησαν. Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου δεν είχαν αντίστοιχη πληροφόρηση, όμως φαίνεται να επιλέγουν τη σωστή απάντηση σε υψηλό ποσοστό. Η πιο πιθανή εξήγηση, που μπορεί να δοθεί στα πλαίσια αυτής της εργασίας, είναι ότι οι μαθητές «ταύτιζαν» από μόνοι τους το ηλεκτρόνιο με τον συμμαθητή τους επειδή αναγράφεται στην ερώτηση ότι «ένα άτομο «κατοικείται» από ηλεκτρόνια». Το θέμα της αξιοποίησης των αναλογιών για τη διδασκαλία της ατομικής δομής αναπτύσσεται στη διεθνή βιβλιογραφία⁷⁵ και τα αποτελέσματα της ομάδας ελέγχου δείχνουν ότι οι μαθητές δείχνουν έτοιμοι σκεφτούν με όρους αναλογιών.

2.4 Ανάλυση αποτελεσμάτων ερωτηματολογίου Εκπαιδευτικών

Στα πλαίσια της εργασίας διερευνήθηκαν μέσω ερωτηματολογίου οι απόψεις εκπαιδευτικών σε σχέση με την προτεινόμενη διδασκαλία. Το δείγμα των εκπαιδευτικών (10) είναι μικρό, για αυτό και δεν μπορούν να γενικευτούν συμπεράσματα. Τα αποτελέσματα φανερώνουν μια τάση αποδοχής ή όχι της διδασκαλίας κάποιων εννοιών, ενώ εκφράζουν έναν προβληματισμό για τη δυσκολία που ενδεχομένως να παρουσιαστεί στη διδασκαλία τέτοιων / των «δύσκολων» εννοιών.

Ερωτηματολόγιο

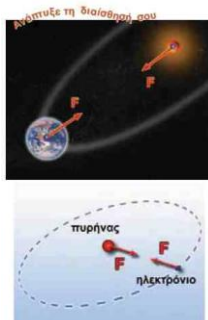
1. *Η διδασκαλία της ατομικής θεωρίας, στο Γυμνάσιο, εισάγεται στο μάθημα της Χημείας στη Β΄ Γυμνασίου. Οι μαθητές διδάσκονται τα υποατομικά σωματίδια χωρίς ιστορική αναφορά στα ατομικά μοντέλα (Δημόκριτος, Thomson, Rutherford...). Αν εσείς συμμετείχατε στη συγγραφή νέου βιβλίου της Χημείας της Β΄ Γυμνασίου τότε θα θεωρούσατε:*
 - a) *Αναγκαία την ιστορική αναφορά στα ατομικά μοντέλα.*
 - b) *Ότι δεν υπάρχει λόγος να αναφέρουμε στους μαθητές την ιστορική εξέλιξη των ιδεών μας για το άτομο.*
 - c) *Ότι είναι καλή ιδέα αλλά επειδή πρόκειται για μαθητές που πρώτη φορά διδάσκονται Χημεία στο Γυμνάσιο ίσως η αναφορά στα ατομικά μοντέλα τους κουράσει ή και τους μπερδέψει.*
 - d) *(Αν δεν σας καλύπτει καμία προηγούμενη απάντηση γράψτε τη δική σας απάντηση)*

Πίνακας 3: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-1^{ης} ερώτησης.

Απάντηση	a	b	c	d
Αριθμός Εκπαιδευτικών που την επέλεξαν	7	0	2	1

Η πλειοψηφία των ερωτώμενων εκπαιδευτικών συμφωνεί ότι είναι αναγκαία η ιστορική αναφορά στα μοντέλα του ατόμου. Ακόμη και οι εκπαιδευτικοί που δεν την θεωρούν αναγκαία συμφωνούν στην εισαγωγή της στην διδακτέα ύλη, αρκεί να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να μην δημιουργήσει διδακτικές δυσκολίες. Αυτό το αποτέλεσμα συμφωνεί με την δομή της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης.

2. Στο βιβλίο Φυσικής της Γ' Γυμνασίου αναφέρεται «Σπουδαίοι φυσικοί των αρχών του 20ού αιώνα όπως ο Νεοζηλανδός Έρνεστ Ράδερφορντ (Ernest Rutherford) και ο Δανός Νήλς Μπορ (Niels Bohr) κατέληξαν στην περιγραφή του ατόμου μέσω ενός προτύπου (εικόνα 1.11)» (η αρίθμηση αναφέρεται στο σχολικό βιβλίο).



Εικόνα 1.11: Πλανητικό σύστημα και άτομο

Πολλές εκπαιδευτικές έρευνες δείχνουν ότι μαθητές αλλά και φοιτητές επιμένουν στο πλανητικό μοντέλο του ατόμου ακόμα και αν έχουν διδαχθεί τη κβαντική θεώρηση για το άτομο. Εσείς πιστεύετε ότι:

- a) Το πλανητικό μοντέλο του ατόμου, όπως παρουσιάζεται στο βιβλίο Φυσικής της Γ' Γυμνασίου, είναι στη σωστή κατεύθυνση διότι οι μαθητές πρέπει να αποκτήσουν μια εικόνα του ατόμου ακόμη και αν αυτή σήμερα δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.
- b) Δεν θα πρέπει να εισάγουμε στους μαθητές μας εικόνες και έννοιες οι οποίες γνωρίζουμε ότι δεν ανταποκρίνονται στη σημερινή επιστημονική γνώση, διότι αυτές οι εικόνες και έννοιες αποτυπώνονται στο μυαλό των μαθητών και τους δημιουργούν εννοιολογικές παρανοήσεις.

- c) Θα πρέπει να αναφέρουμε στους μαθητές το πλανητικό μοντέλο αλλά ταυτόχρονα να τους αναφέρουμε ότι πρόκειται για ένα ιστορικό πια μοντέλο το οποίο έχει αντικατασταθεί από σύγχρονα. Με αυτό τον τρόπο θα αποφύγουμε να δημιουργηθούν στους μαθητές εννοιολογικές παρανοήσεις.
- d) (Αν δεν σας καλύπτει καμία προηγούμενη απάντηση γράψτε τη δική σας απάντηση)

Πίνακας 4: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-2^{ης} ερώτησης.

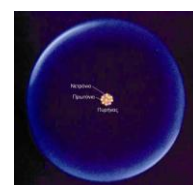
Απάντηση	a	b	c	d
Αριθμός Εκπαιδευτικών που την επέλεξαν	0	0	10	0

Όλοι οι ερωτώμενοι εκπαιδευτικοί στην συγκεκριμένη ερώτηση επιλέγουν την ίδια απάντηση. Αν και το δείγμα των ερωτώμενων εκπαιδευτικών είναι μικρό, το αποτέλεσμα είναι ενδεικτικό και αποκτάει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Φαίνεται να υπάρχει η συναίνεση, τουλάχιστον των ερωτηθέντων εκπαιδευτικών, της διδακτικής παρέμβασης σε αυτό το σημείο, αφού η εφαρμοσθείσα διδακτική παρέμβαση αναφέρει το πλανητικό μοντέλο, αλλά ταυτόχρονα το αποδομεί. Μετά και τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρ. 2.3 σχετικά με το ότι αποδομήθηκε στην πειραματική ομάδα το πλανητικό μοντέλο, συνάγεται ότι υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις για την αποδοχή από την εκπαιδευτική κοινότητα αυτού του τρόπου παρουσίασης των ατομικών μοντέλων.

3. Στο βιβλίο της Χημείας της Α Λυκείου υπάρχει η παρακάτω εικόνα για το άτομο.

Πιστεύετε ότι:

- a) Οι μαθητές θα μπορέσουν εύκολα να αντικαταστήσουν το πλανητικό μοντέλο του ατόμου από το νέο μοντέλο που τους παρουσιάζεται.
- b) Αν οι μαθητές στο Γυμνάσιο είχαν διδαχθεί μια εισαγωγή στη κβαντομηχανική θεώρηση του ατόμου θα είχαμε καλύτερα διδακτικά αποτελέσματα και θα ήμασταν σύμφωνοι με τη σπειροειδή εξέλιξη της διδακτέας ύλης.
- c) Αν στο Γυμνάσιο δεν διδάσκονταν το πλανητικό μοντέλο δεν θα είχαμε αναντιστοιχία. Οπότε οι μαθητές θα έπρεπε να έχουν την πρώτη τους επαφή με τη δομή του ατόμου μόνο στο Λύκειο.
- d) (Αν δεν σας καλύπτει καμία προηγούμενη απάντηση γράψτε τη δική σας απάντηση)



Πίνακας 5: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-3^{ης} ερώτησης.

Απάντηση	a	b	c	d
Αριθμός Εκπαιδευτικών που την επέλεξαν	4	0	6	0

Στη συγκεκριμένη ερώτηση διαπιστώνεται ότι οι εκπαιδευτικοί περίπου «μοιράζονται» ανάμεσα σε δύο απόψεις. Η μια άποψη θεωρεί ότι η προηγηθείσα διδασκαλία του Πλανητικού μοντέλου δεν θα δημιουργήσει πρόβλημα στην αφομοίωση του κβαντομηχανικού μοντέλου, η συγκεκριμένη άποψη βέβαια είναι διαφορετική από αυτήν που αναγράφεται στη διεθνή βιβλιογραφία⁵⁵, σύμφωνα με την οποία θεωρείται ότι η διδασκαλία του πλανητικού μοντέλου δημιουργεί παρανοήσεις στους μαθητές. Η άλλη άποψη αποδέχεται οι μαθητές να έχουν την πρώτη τους επαφή για τη δομή του ατόμου στο Λύκειο. Οι δυο απόψεις έχουν πιθανόν έναν κοινό παρανομαστή, οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι οι σύγχρονες έννοιες για το άτομο είναι δύσκολες για το επίπεδο του Γυμνασίου και έτσι εξηγείται το ότι δεν επιλέγεται από τους εκπαιδευτικούς η απάντηση b, η οποία προτείνει μια εισαγωγή της κβαντομηχανικής θεώρησης στο επίπεδο του Γυμνασίου. Στο συγκεκριμένο δείγμα εκπαιδευτικών δεν υπάρχει η συναίνεση για την εισαγωγή στο Γυμνάσιο κβαντομηχανικών εννοιών η οποία κρίνεται απαραίτητη. Ίσως οι εκπαιδευτικοί πρέπει να γίνουν γνώστες του πώς ακριβώς επιχειρείται να εισαχθούν οι προτεινόμενες έννοιες και των αποτελεσμάτων της παρούσας πρότασης για να ενθαρρυνθούν να την επιχειρήσουν.

4. Το ηλεκτρόνιο, στο Γυμνάσιο, διδάσκεται ως ένα υποατομικό σωματίδιο, με αρνητικό φορτίο. Από το 1924 γνωρίζουμε για την κυματοσωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου. Η δική σας γνώμη είναι ότι:

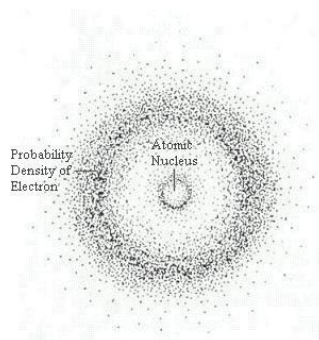
- Να συνεχίσουμε να παρουσιάζουμε το ηλεκτρόνιο μόνο ως σωματίδιο, αφού αν προσπαθήσουμε κάτι διαφορετικό οι μαθητές δεν θα μπορέσουν να το κατανοήσουν.
- Καλό θα ήταν να παρουσιαστεί και η κυματική φύση του ηλεκτρονίου, αλλά αμφιβάλλω ότι είναι κάτι που μπορεί να διδαχθεί με τρόπο κατανοητό στο Γυμνάσιο.
- Είναι απαραίτητο να παρουσιάσουμε για το ηλεκτρόνιο και την κυματική του διάσταση αφού πολλές τεχνολογικές εφαρμογές την αξιοποιούν. Ως εκπαιδευτικοί οφείλουμε να εφαρμόσουμε τις κατάλληλες τεχνικές έτσι ώστε οι μαθητές μας να κατανοήσουν την κυματοσωματιδιακή διάσταση του ηλεκτρονίου.
- (Αν δεν σας καλύπτει καμία προηγούμενη απάντηση γράψτε τη δική σας απάντηση)

Πίνακας 6: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-4^{ης} ερώτησης.

Απάντηση	a	b	c	d
Αριθμός Εκπαιδευτικών που την επέλεξαν	2	4	2	2

Οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι συζητούν το να παρουσιαστεί η κυματική φύση του ηλεκτρονίου στο Γυμνάσιο είναι οι επτά στους δέκα (λαμβάνοντας υπόψη και μια επιλογή στις d απάντησης), αλλά οι τέσσερις θεωρούν ότι ίσως δεν είναι κατανοητό. Άρα μια διδακτική παρέμβαση θα πρέπει να το παρουσιάζει με κατανοητό τρόπο. Στα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης της εργασίας φαίνεται ότι έχουμε πολύ θετικά αποτελέσματα στον συγκεκριμένο γνωστικό στόχο. Τρεις εκπαιδευτικοί πιστεύουν (λαμβάνοντας υπόψη και μια επιλογή στις d απάντησης) ότι πρέπει να διδάσκεται στο Γυμνάσιο μόνο η σωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου.

5. *Ας υποθέσουμε ότι σε ένα σχολικό εγχειρίδιο της Χημείας της Β' Γυμνασίου, υπάρχει η παρακάτω εικόνα, για το άτομο, στο αντίστοιχο κεφάλαιο.*



Εσείς πιστεύετε ότι:

- Δεν πρέπει να εμφανίζονται τέτοιες εικόνες στο επίπεδο του Γυμνασίου διότι οι μαθητές δεν μπορούν να τις κατανοήσουν.*
- Είναι μια καλή προσπάθεια να εισάγουμε στους μαθητές εικόνες από τη κβαντική θεωρία για το άτομο αλλά θα μπορέσουν να το κατανοήσουν;*
- Θα πρέπει να υπάρχουν εικόνες του ατόμου σύμφωνες με τη κβαντική θεωρία και η κατανόηση τους από τους μαθητές είναι δυνατή αρκεί να χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα διδακτικά εργαλεία.*
- (Αν δεν σας καλύπτει καμία προηγούμενη απάντηση γράψτε τη δική σας απάντηση)*

Πίνακας 7: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-5^{ης} ερώτησης.

Απάντηση	α	β	γ	δ
Αριθμός Εκπαιδευτικών που την επέλεξαν	3	4	2	1

Έξι εκπαιδευτικοί συμφωνούν ότι η εμφάνιση τέτοιων εικόνων για το άτομο είναι δυνατόν να εισαχθούν στη διδασκαλία. Βέβαια τίθεται, από τέσσερις εκπαιδευτικούς, ο προβληματισμός αν οι μαθητές θα το κατανοήσουν. Τα αποτελέσματα της εργασίας δείχνουν ότι κατανοείται από τους μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου η συγκεκριμένη εικόνα. Τέσσερις εκπαιδευτικοί διαφωνούν με την εισαγωγή τέτοιων εικόνων στο επίπεδο του Γυμνασίου.

6. Υπάρχει η άποψη ότι θα μπορούσαμε να εισαγάγουμε στους μαθητές στο επίπεδο του Γυμνασίου τις κβαντομηχανικές έννοιες, χωρίς να γίνεται αναφορά σε μαθηματικά μοντέλα, αξιοποιώντας ως διδακτικά εργαλεία λογισμικά, προσομοιώσεις, εικόνες από ηλεκτρονικά μικροσκόπια, αναλογίες που προτείνονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Η δική σας γνώμη είναι ότι:

- α) Στο επίπεδο του Γυμνασίου δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να γίνεται αναφορά στις κβαντομηχανικές έννοιες, διότι είναι πολύ δυσνόητες και οι μαθητές δεν θα καταφέρουν να τις αφομοιώσουν.
- β) Οι κβαντομηχανικές έννοιες είναι δύσκολες, ταυτόχρονα όμως, η κβαντομηχανική κοντεύει να κλείσει τα 100 χρόνια και πολλές τεχνολογικές εφαρμογές στηρίζονται στη σύγχρονη άποψη για το άτομο. Ίσως είναι εφικτό να γίνει μια εισαγωγή με όσο γίνεται πιο απλό και κατανοητό τρόπο.
- γ) Είναι αναγκαία μια εισαγωγή στο κβαντομηχανικό μοντέλο του ατόμου. Οι μαθητές μας θα πρέπει να γίνουν μέτοχοι των γνώσεων του 20^{ου} αιώνα για το άτομο. Άρα η υποχρέωσή μας είναι να αντλήσουμε όλα τα εργαλεία από τη διεθνή βιβλιογραφία και να παρουσιάσουμε στους μαθητές τις έννοιες με τρόπο κατανοητό και αποτελεσματικό.
- δ) (Αν δεν σας καλύπτει καμία προηγούμενη απάντηση γράψτε τη δική σας απάντηση)

Πίνακας 8: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-6^{ης} ερώτησης.

Απάντηση	α	β	γ	δ
Αριθμός Εκπαιδευτικών που την επέλεξαν	1	6	2	1

Οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι θεωρούν εφικτή ή ακόμη και αναγκαία την εισαγωγή κβαντομηχανικών εννοιών στο Γυμνάσιο είναι οκτώ στους δέκα. Ένας την αρνείται κατηγορηματικά και ένας (d επιλογή) την αρνείται θέτοντας το θέμα του μικρού αριθμού διδακτικών εβδομαδιαίων ωρών για το μάθημα της Χημείας. Είναι θετικό ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών δέχεται την εισαγωγή της σύγχρονης άποψης για το άτομο στο Γυμνάσιο.

7. Αν υποθέσουμε ότι συμφωνούμε στην άποψη να γίνει εισαγωγή της σύγχρονης κβαντικής θεώρησης για το άτομο στο επίπεδο του Γυμνασίου, τότε πιστεύετε ότι:

- a) Οι εκπαιδευτικοί ειδικότητας ΠΕ04 στο Γυμνάσιο κατέχουν πλήρως τη κβαντική θεώρηση για το άτομο και δεν θα αντιμετωπίσουν δυσκολίες.
- b) Οι εκπαιδευτικοί ειδικότητας ΠΕ04 στο Γυμνάσιο έχουν σε ένα ποσοστό και οι ίδιοι παρανοήσεις γύρω από τη κβαντική θεώρηση του ατόμου, οπότε θα αντιμετωπίσουν δυσκολίες στη διδασκαλία.
- c) Οι παρανοήσεις που πιθανόν έχουν οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν το μάθημα είναι ένας ακόμη λόγος που πιστεύω ότι δεν θα πρέπει να γίνει εισαγωγή της κβαντικής θεωρίας για το άτομο στο Γυμνάσιο και θα διαφωνήσω με την ύπαρξη της ερώτησης.
- d) (Αν δεν σας καλύπτει καμία προηγούμενη απάντηση γράψτε τη δική σας απάντηση)

Πίνακας 9: Αποτελέσματα απαντήσεων εκπαιδευτικών-7^{ης} ερώτησης.

Απάντηση	a	b	c	d
Αριθμός Εκπαιδευτικών που την επέλεξαν	3	7	0	0

Η πλειοψηφία των ερωτώμενων εκπαιδευτικών πιστεύει ότι οι εκπαιδευτικοί έχουν σε ένα ποσοστό και οι ίδιοι παρανοήσεις γύρω από τη κβαντική θεώρηση του ατόμου, οπότε θα αντιμετωπίσουν δυσκολίες στη διδασκαλία. Η οποιαδήποτε προσπάθεια εισαγωγής κβαντομηχανικών εννοιών στο επίπεδο του Γυμνασίου θα πρέπει να λάβει υπόψη της την παραπάνω διαπίστωση. Αν οι εκπαιδευτικοί προβληματίζονται στο αν κατέχουν το διδακτικό αντικείμενο, δύσκολα θα συναινέσουν στην εφαρμογή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Συμπεράσματα-Προτάσεις

3.1 Αποτίμηση διδακτικής παρέμβασης

Στο σημείο αυτό παρατίθεται η αποτίμηση της διδακτικής παρέμβασης η οποία προκύπτει από την προηγηθείσα στο κεφάλαιο 2 ανάλυση των αποτελεσμάτων του ερωτηματολογίου της Γ΄ Γυμνασίου ανά ερώτηση.

Στην αποτίμηση συμπεριλαμβάνονται τόσο εκείνα τα συμπεράσματα τα οποία εξάγονται από την ανάλυση για κάθε γνωστικό στόχο, όσο και τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν από τον διαχωρισμό εννοιών της διδασκαλίας.

Οι ερωτήσεις 1,2 ελέγχουν το γνωστικό επίπεδο των ερωτώμενων για τη δομή της ύλης. Οι δύο ερωτήσεις δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά. Η πλειοψηφία των ερωτώμενων και στις δυο ομάδες (πειραματική – ελέγχου) δίνει ορθή επιστημονικά απάντηση. Το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών του Δημοτικού και της Β΄ Γυμνασίου παρέχει στους μαθητές το γνωστικό επίπεδο για τη δομή της ύλης. Αυτό φαίνεται και από τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων στη Β΄ Γυμνασίου, αφού και εκεί υπήρχαν περίπου τα ίδια ποσοστά σωστής απάντησης. Η διδακτική παρέμβαση θα μπορούσε να αφαιρέσει διαφάνειες για το συγκεκριμένο θέμα και να αξιοποιήσει το χρόνο για τα θέματα που παρουσιάζουν δυσκολίες.

Οι ερωτήσεις 3,5,14 ελέγχουν αν οι ερωτώμενοι περιγράφουν το άτομο ως ένα σχηματισμό με δομή και ποια δομή έχει. Στατιστικά σημαντική διαφορά εμφανίζει η ερώτηση 3 ενώ οι ερωτήσεις 5,14 δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

Οι μαθητές και των δύο ομάδων (πειραματικής – ελέγχου) διακρίνουν τα πρωτόνια, νετρόνια, ηλεκτρόνια ως συστατικά της δομής του ατόμου και σε μικρότερα ποσοστά ότι ο πυρήνας δομείται από πρωτόνια - νετρόνια. Οι μαθητές γνωρίζουν από το Δημοτικό τα υποατομικά σωματίδια και φαίνεται ότι αποτελεί πληροφορία την οποία συγκρατούν στο Γυμνάσιο. Είτε με το κλασικό μάθημα είτε με την διδακτική παρέμβαση τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά. Επίσης εμφανίζεται βελτίωση στα ποσοστά σωστής απάντησης σε σχέση με τα αποτελέσματα της Β΄ Γυμνασίου η οποία οφείλεται στο ότι στη Γ΄ Γυμνασίου γίνεται ξανά αναφορά στα υποατομικά σωματίδια οπότε οι μαθητές τα έχουν πρόσφατα. Όταν τίθεται η ερώτηση 3, για τη δομή του ατόμου, χωρίς αναφορά σε συγκεκριμένα σωματίδια έχουμε υψηλά ποσοστά ορθής απάντησης μόνο από τους ερωτηθέντες της πειραματικής ομάδας. Οι μαθητές αυτής της ομάδας, μετά τη διδακτική παρέμβαση, διακρίνουν δομή στο άτομο σε υψηλό ποσοστό (91,9 %) διότι ήταν κάτι που με έμφαση παρουσιάζεται στις

διαφάνειες, ενώ στη κλασική διδασκαλία δεν αναφέρεται αναλυτικά. Η διδασκαλία επιχειρεί να διεισδύσει από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο επισημαίνοντας συνεχώς την ύπαρξη δομής στα αντικείμενα, επίσης πληροφορεί τους μαθητές για την ύπαρξη δομής στο άτομο. Οι μαθητές φαίνεται να έχουν συγκρατήσει την παραπάνω πληροφορία.

Η έννοια του κενού δεν είναι μια εύκολη υπόθεση για τους μαθητές. Αυτό το συμπέρασμα τεκμηριώνεται με τη σχετική βιβλιογραφία στο θεωρητικό μέρος της εργασίας και για αυτό το λόγο τέθηκε ο γνωστικός στόχος οι μαθητές να αναγνωρίζουν την ύπαρξη κενού χώρου στο εσωτερικό των ατόμων αλλά και της ύλης γενικότερα. Κάνοντας αποτίμηση των ερωτήσεων 7,11 διαπιστώνεται ότι όντως για τους μαθητές της ομάδας ελέγχου η έννοια του κενού χώρου δεν είναι εύκολη υπόθεση. Τα σχολικά εγχειρίδια είτε στο Δημοτικό είτε στο Γυμνάσιο δεν επικεντρώνονται με έμφαση στην ύπαρξη κενού, με αποτέλεσμα οι μαθητές να μην καταφέρνουν να απαντήσουν σωστά στις αντίστοιχες ερωτήσεις. Αντιθέτως οι μαθητές της πειραματικής ομάδας εμφανίζουν πολύ καλά ποσοστά σωστής απάντησης και θα αποδοθεί στη διδακτική παρέμβαση, η οποία παρέχει αρκετές πληροφορίες, με έμφαση και σε εικόνες, για την εμπέδωση του κενού στο εσωτερικό είτε του ατόμου είτε της ύλης γενικότερα. Η ερώτηση 13, η οποία είναι διατυπωμένη με φαντασία και κατά κάποιο τρόπο «ταξιδεύει» τα παιδιά στο εσωτερικό της ύλης απαντήθηκε και από τις δύο ομάδες με υψηλά ποσοστά. Η ερώτηση θέτει το θέμα της ομοιογένειας στο εσωτερικό της ύλης και οι μαθητές ανταποκρίνονται στην ερώτηση. Άρα οι μαθητές της ομάδας ελέγχου δέχονται την ανομοιογένεια στο εσωτερικό της ύλης αλλά όχι το κενό, ενώ οι μαθητές της πειραματικής ομάδας έχουν εμπέδωση και την έννοια του κενού λόγω της διδακτικής παρέμβασης.

Η κατάσταση του ηλεκτρονίου στο εσωτερικό του ατόμου αποτελεί ένα δυσεπίλυτο διδακτικό πρόβλημα. Οι βιβλιογραφικές έρευνες το αναδεικνύουν, επομένως τέθηκε ως γνωστικός στόχος οι μαθητές, όταν τους ζητηθεί, να επιλέγουν ή να σχεδιάζουν την εικόνα ενός «νέφους» ηλεκτρονίων. Οι ερωτήσεις 4,9,15,17 ελέγχουν τον προαναφερόμενο γνωστικό στόχο. Είναι αξιοσημείωτο ότι και οι τέσσερις ερωτήσεις εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας φαίνεται ότι έχουν αποδομήσει το πλανητικό μοντέλο, δεν συμφωνούν ότι το ηλεκτρόνιο κινείται σε τροχιά και επιλέγουν είτε σχεδιάζουν «νέφος» ηλεκτρονίου. Επίσης είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το ποσοστό που εμφανίζουν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου στο πλανητικό μοντέλο είναι της ίδιας τάξης (70%) με το ποσοστό που αναφέρεται στη βιβλιογραφία⁵⁵. Το ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα αποδίδεται στον σχεδιασμό της διδακτικής παρέμβασης η οποία επιχείρησε να θέσει με ιδιαίτερη βαρύτητα το θέμα του «νέφους» ηλεκτρονίων. Επίσης επέδρασε σημαντικά και η εκπαιδευτική δραστηριότητα που πραγματοποίησαν

οι μαθητές. Φαίνεται ότι αν και δεν υπήρξε κανένα γραπτό κείμενο για να μελετήσουν οι μαθητές μετά το πέρας της διδασκαλίας, το «νέφος» ηλεκτρονίων τους έμεινε ως γνώση. Μάλιστα πρέπει να έπαιξε ρόλο και το «νέφος» από μόνο του με την έννοια ότι τους εντυπωσίασε κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης και το συγκράτησαν. Μια δύσκολη έννοια φαίνεται ότι εμπεδώθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό.

Το ηλεκτρόνιο σε όσα σχολικά εγχειρίδια αναφέρεται συνοδεύεται με τον χαρακτηρισμό «σωματίδιο». Η εργασία επιχείρησε να θέσει την κυματοσωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου οπότε συμπεριέλαβε στους γνωστικούς στόχους την διασαφήνιση της κυματοσωματιδιακής φύσης του ηλεκτρονίου. Η ερώτηση 18 αναφέρεται στη φύση του ηλεκτρονίου. Οι δυο ομάδες (πειραματική-ελέγχου) απαντάνε με διαφορετικό τρόπο. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας επιλέγουν την κυματοσωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου σε αντίθεση με την ομάδα ελέγχου. Αναμενόμενο το αποτέλεσμα διότι στην κλασική διδασκαλία δεν αναφέρεται τίποτα άλλο εκτός της λέξης σωματίδιο. Η διδακτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε δηλώνει καθαρά την κυματοσωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου και οι μαθητές φαίνεται να ανταποκρίνονται. Άρα μερικές έννοιες πρέπει απλώς να συμπεριληφθούν στα σχολικά εγχειρίδια διότι οι μαθητές είναι έτοιμοι όχι μόνο να ακούσουν νέα γνώση αλλά και να τη συγκρατήσουν ακόμη και χωρίς διάβασμα στο σπίτι.

Ο μικρόκοσμος είναι ένας κόσμος που δεν προσεγγίζεται από τις αισθήσεις μας, η προσεκτική χρησιμοποίηση αναλογιών αποτελεί ένα χρήσιμο και αποδοτικό διδακτικό εργαλείο. Η ερώτηση 19 επιχειρεί μέσω αναλογιών^{76,77} να οδηγήσει τους μαθητές να θεωρούν αναγκαίο τα ηλεκτρόνια να χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένη «διεύθυνση». Ενδιαφέρον συμπέρασμα αποτελεί το γεγονός ότι όλοι οι μαθητές και των δυο ομάδων ανταποκρίθηκαν στην ερώτηση. Άρα οι μαθητές δίνουν ορθή επιστημονικά απάντηση εφόσον ο μικρόκοσμος προσεγγιστεί με παραδείγματα της καθημερινότητάς. Η διδακτική παρέμβαση προσθέτει μόνο ένα μικρό ποσοστό στα αποτελέσματα. Οι μαθητές της Β΄ Γυμνασίου απαντάνε σωστά στην πλειοψηφία τους στην αντίστοιχη ερώτηση με χαμηλότερα όμως ποσοστά από τη Γ΄ Γυμνασίου. Άρα επιδρά και ο παράγοντας της νοητικής ωρίμανσης. Τα παραπάνω οδηγούν στην διαπίστωση ότι η χρησιμοποίηση αναλογιών έχει πολύ καλά αποτελέσματα στην εμπέδωση εννοιών του μικρόκοσμου, επιδρώντας θετικά και ο παράγοντας της νοητικής ωρίμανσης.

Το ερωτηματολόγιο αξιοποιεί τις αναλογίες και στην ερώτηση 16 η οποία ελέγχει αν οι ερωτώμενοι διακρίνουν την έννοια της πιθανότητας σε αναλογίες της καθημερινής ζωής. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η πλειοψηφία των ερωτώμενων διακρίνει την έννοια της πιθανότητας σε φαινόμενα της καθημερινής ζωής, είτε ανήκουν στην πειραματική ομάδα είτε στην ομάδα ελέγχου.

Όπως επίσης το ίδιο διαπιστώνεται και για τα αποτελέσματα της Β΄ Γυμνασίου στην ίδια ερώτηση Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα ενισχύει την άποψη ότι η προσέγγιση του μικρόκοσμου με αναλογίες της καθημερινής ζωής αποφέρει διδακτικά αποτελέσματα.

Οι ερωτήσεις 6,12 ελέγχουν την έννοια της αβεβαιότητας ως προς τη θέση και την ταχύτητα του ηλεκτρονίου. Τα αποτελέσματα της ερώτησης 6 παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά με κερδισμένους τους μαθητές της πειραματικής ομάδας. Αναμενόμενο αποτέλεσμα αφού η διδακτική παρέμβαση δίνει τις ανάλογες πληροφορίες στους μαθητές, πληροφορίες που δεν διαθέτουν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου μιας και το σχολικό εγχειρίδιο δεν διαπραγματεύεται το αντίστοιχο θέμα. Η ερώτηση 12 δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά και οι μαθητές της ομάδας ελέγχου έχουν ικανοποιητικό ποσοστό σωστών απαντήσεων, εμφανίζουν μάλιστα σχεδόν ίδιο ποσοστό με τους μαθητές της Β΄ Γυμνασίου. Η ερώτηση αξιοποιεί φαντασία και αναλογίες από την καθημερινή ζωή. Επιβεβαιώνεται ότι όταν τίθενται σε μαθητές ερωτήματα, μέσω αναλογίας, προσεγγίζουν την επιστημονική άποψη σε ικανοποιητικό βαθμό, ακόμη και αν δεν έχουν ιδιαίτερη πληροφόρηση μέσα από τη διδασκαλία.

Ένας γνωστικός στόχος που δεν υπήρχαν τα επιθυμητά αποτελέσματα ήταν η ικανότητα των μαθητών να αναφέρουν τη φύση των δυνάμεων που δέχεται το ηλεκτρόνιο στο άτομο. Τα αποτελέσματα της ερώτησης 8, η οποία αξιολογούσε τον προαναφερόμενο γνωστικό στόχο, φανερώνουν ότι οι μαθητές της ομάδας ελέγχου, με στατιστικά σημαντική διαφορά, απάντησαν με καλύτερα ποσοστά από την πειραματική ομάδα. Αυτό πιθανόν να εξηγείται υπό την έννοια ότι η διδακτική παρέμβαση επιχειρώντας να εμβαθύνει σε έννοιες της σύγχρονης επιστήμης για το άτομο, όπως η «νεφελώδης» ηλεκτρονιακή κατανομή, ο κυματοσωματιδιακός χαρακτήρας του ηλεκτρονίου, η έννοια της πιθανοκρατούμενης κατάστασής του, δεν εξήγησε με αποτελεσματικό τουλάχιστον τρόπο, στους μαθητές ότι αν και τα ηλεκτρόνια είναι πια κυματοσωματίδια εξακολουθούν και δέχονται ηλεκτρική δύναμη από τον πυρήνα. Ενώ η ομάδα ελέγχου, γνωρίζοντας μόνο τη σωματιδιακή φύση του ηλεκτρονίου και αγνοώντας τις υπόλοιπες έννοιες, δεν είχε πρόβλημα να διακρίνει την φύση της ηλεκτρικής δύναμης ανάμεσα στο ηλεκτρόνιο και στον πυρήνα.

Η ερώτηση 10 ελέγχει τη γνώση των ερωτώμενων για ενεργειακές καταστάσεις των ηλεκτρονίων. Τα αποτελέσματα ανάμεσα στους μαθητές της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά. Τα ποσοστά της επιστημονικά ορθής απάντησης δεν είναι ικανοποιητικά. Στους μαθητές της ομάδας ελέγχου είναι αναμενόμενο αφού η διδασκαλία δεν περιλάμβανε αντίστοιχο γνωστικό στόχο. Στους μαθητές της πειραματικής ομάδας υπήρχε μόνο μια

διαφάνεια (44) και κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας υπήρχε λεκτική μόνο αναφορά από τον διδάσκοντα. Επόμενη διδακτική παρέμβαση θα πρέπει να επικεντρώσει στον συγκεκριμένο γνωστικό στόχο με περισσότερο χρόνο και δραστηριότητες.

Εκτός από τις απαντήσεις στις οποίες η πειραματική ομάδα έχει σαφές προβάδισμα, λόγω των πληροφοριών που δόθηκαν στη διδακτική παρέμβαση, οι υπόλοιπες απαντήσεις είναι χρήσιμες γιατί δίνουν μια εικόνα-άποψη για το είδος των εννοιών που μπορούν να εισαχθούν σε αυτό το εκπαιδευτικό επίπεδο.

Τα ποσοστά σωστών απαντήσεων της ομάδας ελέγχου είναι υψηλά στις ίδιες ερωτήσεις που είναι υψηλά και στη Β΄ Γυμνασίου. Θα μπορούσε λοιπόν να συμπεράνει κανείς ότι οι αντίστοιχες έννοιες είναι προσιτές στα παιδιά αυτής της ηλικίας, είτε είναι πλέον κατακτημένη γνώση.

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται μερικές έννοιες.

Πίνακας 10: Διαχωρισμός μερικών εννοιών που ελέγχθηκαν από το ερωτηματολόγιο της έρευνας.

		παρατηρήσεις
Βασικές έννοιες	<ul style="list-style-type: none"> - Η ύλη αποτελείται από άτομα, μόρια κ.λπ. (ερ. 1) - Τα μόρια αποτελούνται από άτομα (ερ. 2) - Τα άτομα έχουν εσωτερική δομή (ερ. 3) - Τα άτομα αποτελούνται από ηλεκτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια (ερ. 14) - Τα ηλεκτρόνια έλκονται από τον πυρήνα (ερ. 8) 	Βελτίωση από B → Γ1,2 λόγω του κλασικού μαθήματος
Έννοιες λογικής	<ul style="list-style-type: none"> - το ηλεκτρόνιο στο άτομο, είναι πολύ μικρό και κινείται με μεγάλη ταχύτητα και δεν μπορούμε να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη θέση του (ερ. 6) - δεν μπορεί να φτιαχτεί Radar προσδιορισμού θέσης – ταχύτητας ηλεκτρονίου (ερ. 12) - η ύλη έχει διαφοροποιημένη πυκνότητα στο εσωτερικό της (ερ. 13) - αντιμετώπιση της έννοιας της πιθανότητας θέσης (ερ. 16) 	Βελτίωση από B → Γ1,2 Η διατύπωση των ερωτήσεων 12 και 13 ενεργοποίησε τη φαντασία των παιδιών
Πιο προχωρημένες έννοιες	<ul style="list-style-type: none"> - το ηλεκτρόνιο μπορεί να έχει μόνον ορισμένες τιμές ενέργειας μέσα στο άτομο (ερ. 10) - το ηλεκτρόνιο μπορεί να έχει «διεύθυνση» μέσα στο άτομο, δηλαδή δεν βρίσκονται όλα τα ηλεκτρόνια ενός ατόμου στην ίδια απόσταση από τον πυρήνα (ερ. 9) - δεν μπορεί να φτιαχτεί Radar προσδιορισμού θέσης – ταχύτητας ηλεκτρονίου (ερ. 12) - προσέγγιση της πιθανότητας θέσης (ερ. 16) 	Βελτίωση από B → Γ1,2 πιθανότατα λόγω της διδασκαλίας του πλανητικού μοντέλου

Οι βασικές έννοιες έχουν τα υψηλότερα ποσοστά και μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι πλέον κατακτημένη γνώση.

Πολύ ικανοποιητικά είναι τα ποσοστά των «εννοιών λογικής», γεγονός που υποστηρίζει την αρχική τοποθέτηση ότι οι αντίστοιχες έννοιες είναι προσιτές στα παιδιά αυτής της ηλικίας και ενθαρρύνει την επιμονή - επανάληψη του μεγαλύτερου μέρους της διδακτικής παρέμβασης που επιχειρήθηκε.

Η έννοια της ενέργειας του ηλεκτρονίου μέσα στο άτομο φαίνεται να είναι η δυσκολότερα προσεγγιζόμενη, καθώς έχει τα χαμηλότερα ποσοστά σε όλες τις ομάδες. Τα ποσοστά σωστών απαντήσεων στις «πιο προχωρημένες έννοιες» αυξάνονται στην Γ1,2 (σε σχέση με τη Β΄ Γυμνασίου) γεγονός που μπορεί να θεωρηθεί σημαντικό, καθώς πρόκειται για έννοιες που δεν είναι καθόλου οικείες στους μαθητές αυτού του εκπαιδευτικού επιπέδου.

Φαίνεται από τις ερωτήσεις που απαντήθηκαν σε μεγάλα ποσοστά αν και δεν ήταν εύκολες (όπως οι ερωτ. 12, 13, 16, 19) ότι αν η διδακτική παρέμβαση στοχεύσει στη φαντασία, και την ευαισθησία των παιδιών, αποτελεί πρόκληση να προσεγγιστούν ακόμη και δύσκολες έννοιες.

3.2 Γενικά Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα, μπορούν να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας.

Το πρώτο ερώτημα αφορούσε στο αν οι μαθητές σε επίπεδο Γυμνασίου είναι δυνατόν να διδάσκονται απόψεις της σύγχρονης επιστήμης για το άτομο. Όπως αναφέρθηκε σε προγενέστερη παράγραφο (1.3.1) υπάρχουν απόψεις οι οποίες υποστηρίζουν ότι είναι ένα δύσκολο εγχείρημα διότι απαιτεί υψηλό επίπεδο αφαιρετικής ικανότητας εκ μέρους των διδασκομένων⁵⁵. Υπάρχουν όμως και απόψεις οι οποίες υποστηρίζουν ότι πρέπει να συμπεριληφθεί, η διδασκαλία της σύγχρονης άποψης για το άτομο, στα αναλυτικά προγράμματα της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, διότι οι συνέπειες των εφαρμογών της αφορούν την τεχνολογική επανάσταση του 20^{ου} αιώνα⁶⁴. Το ερώτημα απαντάται με θετικό τρόπο στην εργασία, διότι τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά για αρκετές «δύσκολες» έννοιες. Η έννοια του κενού χώρου μέσα στα άτομα και την ύλη γενικά, η έννοια της διττής φύσης του ηλεκτρονίου, το νεφελώδες της ηλεκτρονιακής κατανομής, η αρχή της αβεβαιότητας, φαίνεται να εμπεδώθηκαν από τους μαθητές μετά τη διδακτική παρέμβαση. Οι ερωτώμενοι της πειραματικής

ομάδας απαντάνε έχοντας ως βάση τις σύγχρονες έννοιες της επιστήμης για το άτομο, σε αντίθεση με την ομάδα ελέγχου όπου οι μαθητές παρακολούθησαν την κλασική διδασκαλία.

Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα αφορά αν είναι επιτρεπτό οι μαθητές να διδάσκονται το λεγόμενο πλανητικό μοντέλο ως να είναι μια πραγματικότητα αποδεκτή από την επιστήμη. Έρευνες⁵⁵ δείχνουν ότι το πλανητικό μοντέλο «ριζώνει» στους μαθητές. Αναμενόμενο αποτέλεσμα αφού αυτό έχουν διδαχθεί. Η εργασία επιχείρησε την αποδόμηση του πλανητικού και παρουσίασε το σύγχρονο μοντέλο. Τα αποτελέσματα θεωρούνται ικανοποιητικά. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας σε όλες τις σχετικές ερωτήσεις απαντάνε, σε υψηλά ποσοστά, με βάση το σύγχρονο ατομικό μοντέλο και όχι το πλανητικό. ενώ οι μαθητές της ομάδας ελέγχου ανακαλούν στις απαντήσεις τους το πλανητικό μοντέλο. Θα πρέπει λοιπόν η διδασκαλία στο Γυμνάσιο να κάνει ένα «βήμα» μπροστά και οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με το σύγχρονο μοντέλο για το άτομο.

Το τρίτο ερευνητικό ερώτημα είναι αν το περιεχόμενο της διδασκαλίας στο Γυμνάσιο ευθύνεται για αρκετές παρανοήσεις των μαθητών αλλά και των φοιτητών σε σχέση με το άτομο. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν σημαντική βελτίωση στις απαντήσεις των μαθητών της πειραματικής ομάδας σε σχέση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου αλλά και σε σχέση με τους ίδιους μαθητές όταν φοιτούσαν στη Β΄ Γυμνασίου. Τα σχολικά εγχειρίδια Χημείας-Φυσικής του Γυμνασίου, συμβάλλουν στη δημιουργία παρανοήσεων, αφού προσεγγίζουν το άτομο με όρους κλασσικούς, σε αντίθεση με την προτεινόμενη διδασκαλία ή οποία έχει ως κεντρικό κορμό τις σύγχρονες απόψεις.

Τα παιδιά αυτής της ηλικίας έχουν την τάση να είναι δεκτικά «προχωρημένης» πληροφόρησης και συνεπώς ενθαρρύνουν προς την κατεύθυνση μιας ουσιαστικής αλλαγής στο τρόπο που το σχολικό εγχειρίδιο τους αντιμετωπίζει. Δείχνουν ότι χρειάζονται «δουλεμένη» διδασκαλία, φαντασία και παραλληλισμό με τη σύγχρονη πραγματικότητα.

Συμπερασματικά, διαφαίνεται ότι η πρόταση διδασκαλίας της σύγχρονης άποψης της επιστήμης για το άτομο, βελτιώνει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών της πειραματικής ομάδας στο ερωτηματολόγιο, οι οποίοι φαίνεται να μπορούν να κατακτήσουν τις νέες έννοιες με τις οποίες άλλωστε έρχονται σε επαφή πρώτη φορά και το σημαντικότερο ίσως είναι ότι τις κατακτούν χωρίς να είναι απαραίτητο το επιπλέον εξωσχολικό διάβασμα ή η εξωσχολική εργασία.

3.3 Προτάσεις για επόμενες έρευνες

Επόμενες έρευνες που πιθανόν να διεξαχθούν για να ερευνηθούν την δυνατότητα εισαγωγής της σύγχρονης άποψης της Επιστήμης για το άτομο στο επίπεδο του Γυμνασίου, θα πρέπει να εστιάσουν ιδιαίτερα στους γνωστικούς στόχους της εργασίας που δεν είχαν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στη διόρθωση της διδακτικής παρέμβασης στα γνωστικά αντικείμενα που αναφέρθηκαν στην αποτίμηση της διδακτικής παρέμβασης. Να δοθεί περισσότερος χρόνος και σε άλλες εκπαιδευτικές δραστηριότητες, πέραν της μίας που περιελάμβανε η τωρινή εργασία.

Το δείγμα της συγκεκριμένης έρευνας έγινε με τη μέθοδο της βολικής δειγματοληψίας λόγω του ενός διδάσκοντα. Επόμενη έρευνα θα πρέπει να συμπεριλάβει περισσότερους διδάσκοντες, τυχαίο δείγμα μαθητών από διαφορετικά σχολεία έτσι ώστε να μπορεί να γίνει γενίκευση στον πληθυσμό της έρευνας, δηλαδή στους μαθητές του Γυμνασίου. Επόμενη έρευνα θα μπορούσε να έχει στοιχεία για αγόρια και κορίτσια έτσι ώστε να διερευνηθεί αν το φύλο έχει σχέση με τα αποτελέσματα της διδασκαλίας. Επόμενος ερευνητής θα μπορούσε να εκτιμήσει συνολικά τους γνωστικούς στόχους σε σχέση με τον χρόνο της διδασκαλίας. Επίσης θα μπορούσε να εκτιμήσει και την τάξη που θα πραγματοποιήσει τη διδακτική παρέμβαση, δηλαδή θα μπορούσε να ερευνηθεί η δυνατότητα η διδασκαλία να πραγματοποιηθεί στη Β΄ Γυμνασίου. Η συγκεκριμένη εργασία επέλεξε τη Γ΄ Γυμνασίου διότι έπρεπε να ελέγξει τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών στη Β΄ Γυμνασίου. Επόμενη έρευνα θα μπορούσε να διεξαχθεί στη Β΄ Γυμνασίου.

Επίσης η χρήση και η σύνθεση του ερωτηματολογίου μπορεί να είναι διαφορετική ώστε να καταγραφεί (κατά το δυνατόν) η άποψη των ερωτώμενων, η αιτιολόγηση της επιλογής τους. Η συνέντευξη είναι καλύτερο μέσο καταγραφής δεν είναι όμως σίγουρο αν θα αποδώσει σε αυτή την ηλικία, τα παιδιά παίζουν και θα απαντήσουν τυχαία ή δεν θα απαντήσουν. Ένα ερωτηματολόγιο με ένα β΄ μέρος για κάθε ερώτηση Σ / Λ, όπου θα υπάρχει δυνατότητα να αιτιολογήσουν την απάντησή τους θα ήταν καλύτερο.

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στους εκπαιδευτικούς ήταν σε πολύ μικρό τυχαίο δείγμα, χωρίς να μπορούν να εξαχθούν τεκμηριωμένα αποτελέσματα. Επόμενη έρευνα θα πρέπει να επιλέξει μεγαλύτερο πλήθος εκπαιδευτικών για την εξαγωγή τεκμηριωμένων αποτελεσμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Kuhn T.S., Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων. επιμέλεια Β. Κάλφας. μετάφραση Γ. Γεωργακόπουλος, Β. Κάλφας. επιμέλεια σειράς Κ. Γαβρόγλου, Γ. Γκουνταρούλης. 9η έκδ. Αθήνα: *Σύγχρονα Θέματα*, 1997.
2. Scott, P., Asoko, H., & Leach, J. Student conceptions and conceptual learning in science. *Handbook of research on science education*, 2007, 31-56.
3. Duit, R., & Treagust, D. F. 1.1 Learning in Science-From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond. *BJ Fraser & K. G. Tobin (Eds.), International Handbook of Science Education*, 1998, 3-25.
4. Bliss J. Η σημασία του Piaget για την έρευνα σχετικά με τις αντιλήψεις των παιδιών. *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου (επιμέλεια Β. Κουλαϊδής)*, Εκδόσεις Gutenberg Κεφ 2^ο, 1994, 71-113.
5. Μπαλκίζας Ν. Σύγχρονες θεωρίες μάθησης και εργαλεία ΤΠΕ. Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών στη χρήση και αξιοποίηση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία, 2011, ανακτήθηκε, 2014, από <http://users.sch.gr/nikbalki/>
6. Shunk H. D., Θεωρίες Μάθησης. Μια εκπαιδευτική προσέγγιση. Αθήνα: *Μεταίχμιο*, 2010.
7. Τριλιανός, Α. Μεθοδολογία της Σύγχρονης Διδασκαλίας. Καινοτόμες επιστημονικές προσεγγίσεις στη διδακτική πράξη. *Τόμος Α' και Β', 3η έκδοση*. Αθήνα: Αθανάσιος Τριλιανός, 2004, 17.
8. Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 1976, 89-100.
9. Bruner, J.S., In search of pedagogy: The selected Works of Jerome S. Bruner, Vol. 1., London, New York: *Routledge*, 2006.
10. Ράπτης Α., Ράπτη Α. Μάθηση και Διδασκαλία στην Εποχή της Πληροφορίας. Ολική Προσέγγιση, Αθήνα, 2007, 109-116.
11. Κόμης Β. Εισαγωγή στις Εκπαιδευτικές Εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών, *εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών*, Αθήνα, 2004, σελ. 97.
12. Κόκκοτας Β. Π. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, Αθήνα, 1998.
13. Ντίνος Ε Ανίχνευση και μελέτη των βιοματικών νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών σε σχέση με τη σωματιδιακή φύση της ύλης, *μεταπτυχιακή εργασία*, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα,

ανακτήθηκε, 2014, από

<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1562/1/Διπλωματική%20εργασία.pdf>

14. Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. Teaching science for understanding: A human constructivist view. *Academic Press*, 2005.

15. Duit, R. Students' conceptual frameworks: Consequences for learning science. *The psychology of learning science*, 75(6), 1991, 649-72.

16. Ψύλλος, Δ., Κουμαράς, Π. & Καριώτογλου, Π. Εποικοδόμηση της γνώσης στην τάξη με συνέρευνα δασκάλου και μαθητή. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 70, 1993, 34-42.

17. Gilbert, J. & Swift, D. Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69, 1985, 681-696.

18. Driver, R., & Easley, J. Pupils and Paradigms: a Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, 5, 1978, 61-84.

19. Novak, J. *Learning Science and the Science of Learning*. *Studies in Science Education*, 15, 1988, 77-101.

20. Χαλκιά, Κ. Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες : Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις, 1η έκδ., *Εκδόσεις Πατάκη*, Αθήνα, 2010.

21. Scott, P. Asoko, H., Driver, R., & Emberton, J. Working from children's ideas: Planning and teaching a chemistry topic from a constructivist perspective. *The content of science*, 2012, 201-220.

22. Millar, R., Constructive criticisms. *International Journal of Sciences Education*, 11(5), 1989, 587-596.

23. Βοσνιάδου Σ. Η εννοιολογική αλλαγή στην παιδική ηλικία: παραδείγματα από το χώρο της Αστρονομίας, *Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου*, επιμ. Β. Κουλαϊδής, εκδ. Gutenberg, Αθήνα, 2002.

24. Duit R. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 2003, 671-688.

25. Fletcher, P., & Johnston, I. Quantum mechanics: exploring conceptual change. *In Papers presented at the annual meeting National Association for Research in Science Teaching March*, 1999, 28.

26. Posner G.J., Strike K.A., Hewson P.W. & Gertzog W.A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 1982, 211-227.
27. Sinatra, G. M. Motivational, social, and contextual aspects of conceptual change: A commentary. In *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 187-197). Springer Netherlands, 2002, 187-197.
28. Hewson, P.W. A conceptual learning approach to learning in science. *European Journal of Science Education*, 3, 1981, 383-396.
29. Streed, E. W., Jechow, A., Norton, B. G., & Kielpinski, D. Absorption imaging of a single atom. *Nature communications*, 3, 2012,933.
30. Feynman, R. P., Έξι εύκολα κομμάτια, *Κάτοπτρο*, 1998, 38-39, 165.
31. Leary, J. J., & Kippeny, T. C. A framework for presenting the modern atom. *Journal of Chemical Education*, 76(9), 1999, 1217-1218
32. Τραχανάς, Σ., Κβαντομηχανική Ι Θεμελιώδεις Αρχές- Μονοδιάστατα Προβλήματα, *Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης*, Ηράκλειο, 1989.
33. Serway, R. *PHYSICS For Scientists & Engineers with Modern Physics*, Third edition 1990
34. Τραχανάς, Σ., Κβαντομηχανική ΙΙ Θεμελιώδεις Αρχές- Μονοδιάστατα Προβλήματα, *Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης*, Ηράκλειο, 1989.
35. Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπασιμίπα Α. ΦΥΣΙΚΗ Γ΄ Γυμνασίου, *Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων*, Αθήνα, 2013.
36. Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α. & Καλκάνης, Γ. «Φυσικά» Ε΄ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, *Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων*, Αθήνα, 2013.
37. Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α. & Καλκάνης, Γ. «Φυσικά» ΣΤ΄ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, *Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων*, Αθήνα, 2013.
38. Καλκάνης, Γ., Γκικοπούλου, Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπασιμίπα, Α., Μιτζήθρας, Κ., Καπόγιαννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ. & Πολίτης, Σ. Η Φυσική με Πειράματα Α΄ Γυμνασίου, *Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων*, Αθήνα, 2013.

39. Αβραμιώτης Σ., Αγγελόπουλος Β., Καπελώνης Γ., Σινιγάλιας Π., Σπαντίδης Δ., Τρικαλίτη Α. & Φίλος Γ. ΧΗΜΕΙΑ Β΄ Γυμνασίου, *Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, 2013.*
40. Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ, & Παπασιμπα Α. ΦΥΣΙΚΗ Β΄ Γυμνασίου, *Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, 2013.*
41. Θεοδωρόπουλος, Π., Παπαθεοφάνους, Π., Σιδέρη, Φ. ΧΗΜΕΙΑ Γ΄ Γυμνασίου, *Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, 2013.*
42. Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π. & Κάλλης Α. ΧΗΜΕΙΑ Α΄ Λυκείου, *Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, 2013.*
43. Γεωργακάκος Π., Σκαλωμένος Α., Σφαρνάς Ν. & Χριστακόπουλος Ι. ΦΥΣΙΚΗ Γενικής Παιδείας Γ΄ Τάξης Γενικού Λυκείου, *Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, 2013.*
44. Bouwma-Gearhart, J., Stewart, J., & Brown, K. Student Misapplication of a Gas-like Model to Explain Particle Movement in Heated Solids: Implications for curriculum and instruction towards students' creation and revision of accurate explanatory models. *International Journal of Science Education*, 31(9), 2009, 1157-1174.
45. Papageorgiou, G., Grammatikopoulou, M., Jonhson, P.M. Should we Teach Primary Pupils about Chemical Change? *International Journal of Science Education*, 32[12], 2010, 1647-1664.
46. Maskill, R., Cachapuz, A.F.C. & Koulaïdis, V. Young pupils ideas about the microscopic nature in tree different European countries, *International Journal of Science Education*, 19, 1997, 631-645.
47. Kocakulah, M. S., & Kural, M. *Investigation of conceptual change about double-slit interference in secondary school physics. International Journal of Environmental and Science Education*, 5(4), 2010, 435-460.
48. Johnston, I. D., Crawford, K., & Fletcher, P. R. Student difficulties in learning quantum mechanics. *International Journal of Science Education*, 20(4), 1998, 427-446.
49. Driver, R., Rushworth, P., Squires, A., & Wood-Robinson, V. (Eds.). Making sense of secondary science: Research into children's ideas. *Routledge*, 2013.
50. Gayle, N. A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International journal of science education*, 23 (7), 2001, 707-730.

51. Calik, M. & Ayas, A. A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of research in science teaching*, 42 (6), 2005, 638-667.
52. Coll, R. K. and Treagust, D. F. Learners' Mental Models of Metallic Bonding: A Cross-Age Study. *Science Education*, 87, 2003, 685-707.
53. Harrison, A. and Treagust, D., Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80, 1996, 509-534.
54. Cokelez, A. and Dumon, A., Atom and molecule: upper secondary school French students' representations in long-term memory. *Chemical Education Research and Practice (C.E.R.P.)*, 6, 2005, 119-135.
55. Tsaparlis, G., & Papaphotis, G. Quantum-chemical concepts: Are they suitable for secondary students?. *Chemistry Education Research and Practice*, 3(2), 2002, 129-144.
56. Harrison, A. G., & Treagust, D. F. Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 2000, 352-381.
57. Griffiths K. A. & Preston R. K. Grade -12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 1992, 611 – 628.
58. Albanese, A., & Vicentini, M. Why do we believe that an atom is colourless? Reflections about the teaching of the particle model. *Science & Education*, 6(3), 1997, 251-261.
59. Unal, R., & Zollman, D. Students' description of an atom: a phenomenographic analysis, 1999. ανακτήθηκε , 2014, από <http://www.phys.ksu.edu/perg/papers/vqm/AtomModels.PDF>
60. MacKinnon, G. R. Students' Understanding of Orbitals: A Survey, 1999. Ανακτήθηκε , 2014, από <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED433248.pdf>
61. Κοντογεωργίου Α. Ποιες αντιλήψεις για τα ατομικά μοντέλα έχουν διαμορφώσει οι μαθητές στο τέλος της Γ' Λυκείου, *πρακτικά 12ου επιμορφωτικού σεμιναρίου της Ένωσης Ελλήνων Χημικών, Διδακτική της Χημείας στην Δευτεροβάθμια εκπαίδευση*, Θεσσαλονίκη, 2003, 26 – 28.
62. Petri, J. and Niedderer, H. A learning pathway in High - school level quantumatomic physics. *International Journal of Science Education*, 20, 1998, 1075 – 1088.

63. Kalkanis, G., Dimitriadis, P., Papatsimpa, L., Tsakonas, P., Hatzidaki, P., Stavrou, D., & Tsaogogeorga, A. A research (and appeal) for a radical reform of the content, the instructional approach and the supporting technology of science education: From relativistic/probabilistic microkosmos to the mechanistic/almost certain macrokosmos-The case of science teachers. *In Third International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)*, Thessaloniki, Greece, 2001.
64. Dimopoulos, V., & Kalkanis, G. Simulating Quantum States of the Atom of Hydrogen: A simulation program for non-physics major's students. *In Proceedings of the fifth International ESERA Conference on Contribution of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*, 2005, 548-552.
65. Dori, Y. J., & Barak, M. Virtual and physical molecular modeling: Fostering model perception and spatial understanding. *Journal of Educational Technology & Society*, 4(1), 2001, 61-74.
66. Mikropoulos, T. A., & Bellou, J. The unique features of educational virtual environments. *Proceedings e-society*, 2006, 122-128.
67. Κοντογεωργίου Α., Μικρόπουλος Τ. Κβαντικό άτομο: Συγκλίνει η διδακτική προσέγγισή του από το φυσικό και το χημικό; *Στα πρακτικά του 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Φυσικής: Εξελίξεις, τάσεις, επιτεύγματα και διδακτική της Φυσικής*, τόμος Α', 2004, 93-99.
68. Ιμβριώτη Δ. Το μοντέλο του μικρόκοσμου ως ενοποιητικό και ερμηνευτικό στοιχείο των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση: λογισμικό και αξιολόγηση. *Διδακτορική Διατριβή*, Αθήνα, 2006.
69. Μαυρικάκη, Ε. Μεθοδολογία εκπαιδευτικής Έρευνας -Στατιστική. Ανακτήθηκε, 2015, από <http://eclass.uoa.gr/courses/PRIMEDU132/>
70. Cohen, L. & Manion, L. Μεθοδολογία εκπαιδευτικής Έρευνας, *Έκφραση*, Αθήνα, 1997.
71. Nakiboglu, C. Instructional misconceptions of Turkish prospective chemistry teachers about atomic orbitals and hybridization. *Chemistry Education Research and Practice*, 4(2), 2003, 171-188.
72. Papageorgiou G. and Sakka D. Primary school teachers' views on fundamental chemical concepts. *Chemistry Education Research and Practice*, 2, 2000, 237-247.
73. Νταλαούτη Π., Τσαπαρλής Γ. Επιδιώκοντας την αποφυγή προσκόλλησης στο ατομικό μοντέλο του Bohr: Διδασκαλία ενός κβαντομηχανικού μοντέλου του ατόμου στο Δημοτικό Σχολείο.⁴⁰

Πανελλήνιο Συνέδριο για την Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Αθήνα, 2004, 50-58.

74. Βλάχος, Ι.Α. Εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας της σωματιδιακής δομής της ύλης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, *Διδακτορική Διατριβή*, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 1999, ανακτήθηκε, 2015, από <http://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/12327>

75. Eilks, I. Experiences and Reflections about Teaching Atomic Structure in a Jigsaw Classroom in Lower Secondary School Chemistry Lessons. *Journal of Chemical Education*, 82(2), 2005, 313.

76. Goh, N. K., Chia, L. S., & Tan, D. Some Analogies for Teaching Atomic Structure at the High School Level. *Journal of Chemical Education*, 71, 1994, 733.

77. Liguori, L. The Chocolate Shop and Atomic Orbitals: A New Atomic Model Created by High School Students To Teach Elementary Students. *Journal of Chemical Education*, 91(10), 2014, 1742-1744.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακας 1: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου Β' τάξης, επί συνόλου 70 μαθητών.

Αριθμός ερώτησης	Αριθμός μαθητών που απάντησαν επιστημονικά Σωστά	Ποσοστό (%) μαθητών που απάντησαν επιστημονικά Σωστά
1η	53	76
2η	56	80
3η	49	70
4η	23	33
5η	26	37
6η	48	69
7η	8	11
8η	52	74
9η	22	31
10η	37	53
11η	28	40
12η	48	69
13η	57	81
14η	51	73
15η	7	10
16η	44	63
17η	12	17
18η	10	14
19η	41	59

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου Γ΄ τάξης.

Αριθμός ερώτησης	Τμήμα	ΣΩΣΤΗ (αριθμός μαθητών)	ΛΑΘΟΣ (αριθμός μαθητών)	Σύνολο μαθητών	ΣΩΣΤΗ (%)	ΛΑΘΟΣ (%)
1 ^η	Γ12	26	10	36	72,2	27,8
	Γ34	33	4	37	89,2	10,8
2 ^η	Γ12	31	5	36	86,1	13,9
	Γ34	31	6	37	83,8	16,2
3 ^η	Γ12	25	11	36	69,4	30,6
	Γ34	34	3	37	91,9	8,1
4 ^η	Γ12	9	27	36	25	75
	Γ34	29	8	37	78,4	21,6
5 ^η	Γ12	22	14	36	61,1	38,9
	Γ34	27	10	37	73	27
6 ^η	Γ12	27	9	36	75	25
	Γ34	36	1	37	97,3	2,7
7 ^η	Γ12	14	22	36	38,9	61,1
	Γ34	24	13	37	64,9	35,1
8 ^η	Γ12	32	4	36	88,9	11,1
	Γ34	26	11	37	70,3	29,7
9 ^η	Γ12	14	22	36	38,9	61,1
	Γ34	32	5	37	86,5	13,5
10 ^η	Γ12	19	17	36	52,8	47,2
	Γ34	13	24	37	35,1	64,9

11 ^η	Γ12	17	19	36	47,2	52,8
	Γ34	31	6	37	83,8	16,2
12 ^η	Γ12	25	11	36	69,4	30,6
	Γ34	32	5	37	86,5	13,5

13 ^η	Γ12	29	7	36	80,6	19,4
	Γ34	33	4	37	89,2	10,8
14 ^η	Γ12	36	0	36	86,1	13,9
	Γ34	36	1	37	100	0
15 ^η	Γ12	4	32	36	11,1	88,9
	Γ34	32	5	37	86,5	13,5
16 ^η	Γ12	26	10	36	72,2	27,8
	Γ34	24	13	37	64,9	35,1
17 ^η	Γ12	7	29	36	19,4	80,6
	Γ34	31	6	37	83,8	16,2
18 ^η	Γ12	3	33	36	8,3	91,7
	Γ34	32	5	37	86,5	13,5
19 ^η	Γ12	31	5	36	86,1	13,9
	Γ34	35	2	37	94,6	5,4

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π
1^ο Φύλλο Εργασίας

Όνομα:.....
Επώνυμο:.....
Τμήμα:.....
Ημερομηνία:.....

Ερώτηση 1

(Διαφάνεια 2) Τι βλέπετε στη διαφάνεια 2 ;

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

Ερώτηση 2

(Διαφάνεια 2) Είναι συμπαγές αυτό που βλέπετε ή υπάρχει κενό, δηλαδή χώρος που δεν υπάρχει ύλη;

.....
.....

Ερώτηση 3

(Διαφάνεια 3) Έχει κάποια σχέση η προηγούμενη εικόνα με αυτή που βλέπετε τώρα;

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

Ερώτηση 4

(Διαφάνεια 4) Στην εικόνα που βλέπετε, το μαύρο χρώμα ανάμεσα στη Γη και στη Σελήνη αντιστοιχεί σε ύλη ή σε κενό χώρο;

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

Ερώτηση 5

Αφού παρακολουθήσατε και τη διαφάνεια 6 θα συμφωνούσατε στην άποψη ότι στο σύμπαν κυριαρχεί το κενό;.....

Ερώτηση 6

(Διαφάνεια 8) Το μολύβι είναι συμπαγές κατά τη γνώμη σας;.....

Ερώτηση 7

(Διαφάνεια 9) Η εικόνα της διαφάνειας 9 έχει σχέση με το μολύβι;

.....

Ερώτηση 8

(Διαφάνεια 10) Θα συμφωνούσατε με την άποψη ότι αν και το μολύβι δίνει την αίσθηση του συμπαγούς τελικά έχει μέσα του αρκετό χώρο κενό;

Ερώτηση 9

(Διαφάνεια 16) Να αντιστοιχίσετε τα ονόματα των επιστημόνων με τα μοντέλα που πρότειναν για το άτομο.

Dalton	Σταφιδόψωμο
Thomson	Συμπαγής Σφαίρες

Ερώτηση 10

(Διαφάνεια 17) Να συμπληρώσετε με τις κατάλληλες λέξεις τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν.

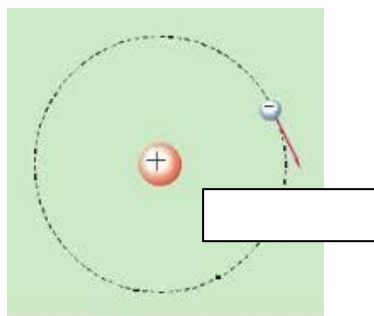
Η άποψη του Rutherford για το άτομο ονομάζεται μοντέλο.

Τα αρνητικά (-) φορτισμένακινούνται γύρω από τον θετικά (+) φορτισμένο όπως οι πλανήτες γύρω από τον ήλιο.

Ανάμεσα στα ηλεκτρόνια και στον πυρήνα έχουμε την εμφάνιση ελκτικών δυνάμεων.

Ερώτηση 11

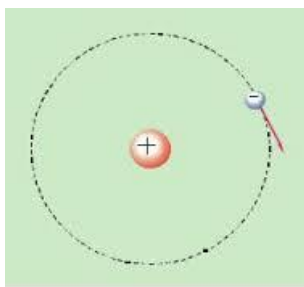
(Διαφάνεια 19) Να βάλετε στη σωστή θέση τις λέξεις πυρήνας και ηλεκτρόνιο στα αντίστοιχα κουτάκια στο σχήμα που ακολουθεί.



Ερώτηση 12

(Διαφάνεια 20)

Βάλτε X σε ότι νομίζετε ότι δεν ισχύει στην παρακάτω εικόνα του ατόμου.



Τα άτομα έχουν πυρήνα;.....

Τα ηλεκτρόνια κινούνται σε κυκλικές τροχιές;.....

Ερώτηση 13

(Διαφάνεια 21) Συμπληρώστε τα κενά.

Στον πυρήνα του ατόμου υπάρχουν τα θετικά φορτισμένα (p^+)

και τα ουδέτερα (n)

Άρα ο πυρήνας είναι φορτισμένος.

Ερώτηση 14

Συμπληρώστε το κενό.

Επειδή ο πυρήνας είναι θετικά φορτισμένος και το ηλεκτρόνιο αρνητικά φορτισμένο μεταξύ τους αναπτύσσονται ελκτικέςδυνάμεις.

2^ο Φύλλο Εργασίας

Όνομα:.....

Επώνυμο:.....

Τμήμα:.....

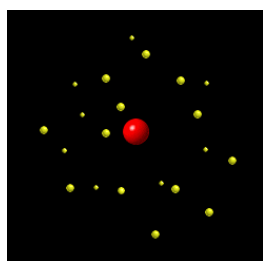
Ημερομηνία:.....

Ερώτηση 1

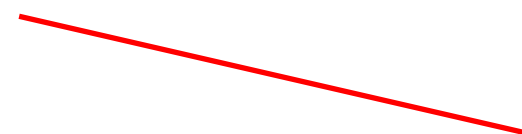
(Διαφάνεια 24) Είναι δυνατόν να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη θέση του ηλεκτρονίου μέσα στο άτομο ;
.....
.....

Ερώτηση 2

(Διαφάνεια 25) Η μία γραμμή « δείχνει » τον πυρήνα και η άλλη γραμμή « δείχνει » την πιθανή θέση ενός ηλεκτρονίου.
Να κυκλώσετε αυτό που « δείχνει » η κάθε γραμμή.



Πυρήνας ή
πιθανή θέση ηλεκτρονίου

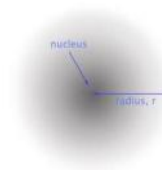
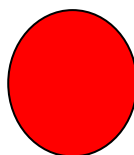
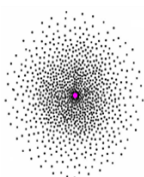


Πυρήνας ή
πιθανή θέση ηλεκτρονίου

Ερώτηση 3

(Διαφάνειες 29-32)

Να βάλετε ένα Ν σε δύο εικόνες που σήμερα πιστεύουμε ότι ισχύουν για το άτομο, στις υπόλοιπες δύο να βάλετε ένα Χ.



Ερώτηση 4

(Διαφάνειες 33-36)

Να εκτιμήσετε ποιες προτάσεις είναι επιστημονικά σωστές και ποιες λάθος.

Η μάζα του πρωτονίου είναι ίση με τη μάζα του ηλεκτρονίου.

Η μάζα του πρωτονίου είναι ίση με τη μάζα του νετρονίου.

Η μάζα του πρωτονίου είναι πολύ μεγαλύτερη από τη μάζα του ηλεκτρονίου.

Το νετρόνιο είναι φορτισμένο σωματίδιο.

Το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν ίσα και αντίθετα φορτία.

Ερώτηση 5

(Διαφάνειες 37-39)

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση, το ηλεκτρόνιο έχει συμπεριφορά

α) σωματιδίου β) κύματος γ) άλλοτε σωματιδίου και άλλοτε κύματος.

Ερώτηση 6

(Διαφάνεια 40)

Είναι δυνατόν να υπολογίσουμε με ακρίβεια ταυτόχρονα τη θέση και τη ταχύτητα του ηλεκτρονίου μέσα στο άτομο;
ΝΑΙ ή ΟΧΙ ;

Ερώτηση 7

(Διαφάνειες 42-43)

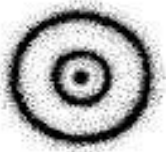
Ένας συμμαθητής σας ισχυρίζεται ότι, αν γινόσατε πάρα πάρα πολύ μικροί σε μέγεθος και θέλατε να συναντήσετε ένα ηλεκτρόνιο θα είχατε κάποιο πρόβλημα. Ενώ δηλαδή το κάθε ηλεκτρόνιο μέσα στο άτομο έχει μια δική του «Διεύθυνση», η οποία κατά κύριο λόγο καθορίζει την απόστασή του από τον πυρήνα, δεν είμαστε βέβαιοι ότι θα το συναντήσουμε. Διότι υπάρχει πιθανότητα να βρεθεί και σε άλλη θέση.

Συμφωνείτε ή Διαφωνείτε με την παραπάνω άποψη;

Ερώτηση 8

(Διαφάνεια 44)

Σημειώστε με βελάκια τις **πιθανότερες θέσεις** ενός ηλεκτρονίου μέσα στο άτομο, ανάλογα με τις τιμές ενέργειας που έχει.



Οι πιθανότερες θέσεις ηλεκτρονίου, **μικρής ενέργειας**

Οι πιθανότερες θέσεις ηλεκτρονίου, **μεγαλύτερης ενέργειας**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Ερωτηματολόγιο

Τμήμα :

Ημερομηνία:

Η κάθε πρόταση που ακολουθεί είναι Σωστή ή Λάθος. Τοποθετήστε το σύμβολο X στο κουτάκι με το Σωστό ή Λάθος ανάλογα με τη δική σας γνώμη.

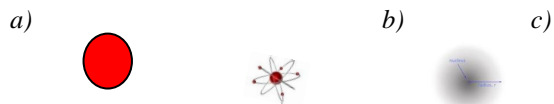
1. Η ύλη είναι συνεχής, δηλαδή δεν αποτελείται από δομικές μονάδες, όπως είναι τα μόρια, τα άτομα, τα ιόντα κ.λπ.
2. Όταν τα άτομα ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζουν μόρια.
3. Τα άτομα των χημικών στοιχείων δεν έχουν εσωτερική δομή.
4. Το κάθε ηλεκτρόνιο στο άτομο περιστρέφεται γύρω από τον πυρήνα σε μια τροχιά.
5. Τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια συγκροτούν τον πυρήνα του ατόμου.
6. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη θέση του ηλεκτρονίου στο άτομο, διότι είναι πολύ μικρό και κινείται με μεγάλη ταχύτητα.
7. Στο εσωτερικό των ατόμων των χημικών στοιχείων υπάρχει κενός χώρος.
8. Τα ηλεκτρόνια έλκονται από τον πυρήνα του ατόμου λόγω ηλεκτρικών δυνάμεων .
9. Το ηλεκτρόνιο απέχει από τον πυρήνα συνεχώς την ίδια απόσταση αφού περιστρέφεται σε συγκεκριμένη κυκλική τροχιά.
10. Το ηλεκτρόνιο μπορεί να έχει μόνο συγκεκριμένες τιμές ενέργειας στο άτομο.
11. Μέσα στην ύλη οι δομικές μονάδες αφήνουν κενό χώρο μεταξύ τους.
12. Ένα Radar μπορεί να γνωρίζει με ακρίβεια τη θέση του αεροπλάνου καθώς και την ταχύτητά του. Είναι δυνατόν να κατασκευάσουμε ένα αντίστοιχο Radar για τα ηλεκτρόνια σε ένα άτομο και να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη θέση τους και την ταχύτητά τους μέσα στο χώρο του ατόμου.
13. Ο Ιούλιος Βερν φαντάστηκε το «ταξίδι στο κέντρο της Γης» . Εμείς αν γίνουμε πάρα πολύ μικροί και φανταστούμε ένα «ταξίδι στο εσωτερικό της ύλης» τότε θα συναντούσαμε περιοχές με κάποια «εμπόδια» (υψηλή πυκνότητα ύλης) και περιοχές όπου μπορούμε να κάνουμε κάποια βήματα χωρίς «εμπόδια» (μικρή πυκνότητα ύλης).

Στις παρακάτω προτάσεις να κυκλώσετε τη σωστή απάντηση.

14. Το άτομο αποτελείται από

- a) Πρωτόνια
- b) Ηλεκτρόνια
- c) Πρωτόνια –Νετρόνια - Ηλεκτρόνια
- d) Δεν αποτελείται από σωματίδια αφού το άτομο είναι μια συμπαγής δομή ύλης.

15. Στην προσπάθειά τους οι επιστήμονες να εξηγήσουν διάφορα φαινόμενα που σχετίζονται με την ύπαρξη της ύλης χρησιμοποίησαν την έννοια «άτομο». Ποιο σκίτσο νομίζετε ότι ταιριάζει στην εικόνα που έχουμε για το άτομο



d) αν κανένα δεν ταιριάζει με το «δικό σας» άτομο σχεδιάστε το.

16. Η Διευθύντρια του σχολείου αναζητεί τη Μαρία Αναγνώστου, μαθήτρια του Β1. Κοιτάζει το πρόγραμμα του σχολείου και βλέπει ότι το Β1 αυτή την ώρα βρίσκεται στο εργαστήριο Χημείας. Όμως είναι πιθανό :

- A. Η Μαρία να βρίσκεται στο εργαστήριο.
- B. Η Μαρία να βρίσκεται στην αίθουσα του Β1.
- Γ. Η Μαρία να βρίσκεται στο κυλικείο του σχολείου.
- Δ. Η Μαρία να βρίσκεται στο σπίτι της άρρωστη.

Ποιο από τα παραπάνω πιστεύεις ότι συμβαίνει

- a) Όλα είναι απίθανα.
- b) Όλα τα παραπάνω είναι πιθανά.
- c) Πιθανότερα είναι τα Α και Γ.
- d) Πιθανότερο είναι το Δ.

17. Τι γνωρίζετε για το ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο,

- a) Βρίσκεται στην περιοχή εξωτερικά του πυρήνα και είναι ακίνητο.
- b) Κινείται σε κυκλικές τροχιές, με κέντρο τον πυρήνα, (σαν την κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο).



c) Κινείται στην περιοχή εξωτερικά του πυρήνα και τόσο γρήγορα που είναι καλύτερα να το παριστάνουμε ως νέφος.

d) Βρίσκεται μέσα στον πυρήνα.



18. Το ηλεκτρόνιο συμπεριφέρεται ως:

- a) Σωματίδιο
- b) Κύμα
- c) Άλλοτε ως σωματίδιο και άλλοτε ως κύμα
- d) Ούτε ως σωματίδιο ούτε ως κύμα

19. Ένας συμμαθητής σας δίνει πρόσκληση για το πάρτι που θα κάνει . Ανοίγοντας την πρόσκληση διαβάζετε,

Οδός: Κωνσταντινουπόλεως

Αριθμός: 15

Διαμέρισμα: 4

Αν σκεφτείτε ότι ένα άτομο «κατοικείται» από ηλεκτρόνια ποιο από τα παρακάτω πιστεύετε ότι ισχύει

- a) όλα τα ηλεκτρόνια μπορεί να βρίσκονται στην ίδια απόσταση από τον πυρήνα.
- b) το κάθε ηλεκτρόνιο μπορεί να έχει μια ξεχωριστή «διεύθυνση» γιατί βρίσκεται σε διαφορετική απόσταση από τον πυρήνα.
- c) το ηλεκτρόνιο βρίσκεται μέσα στον πυρήνα.
- d) αν δεν σας ταιριάζει τίποτα από τα παραπάνω δώστε μια δική σας άποψη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

Ψηφιακό υλικό διδακτικής παρέμβασης

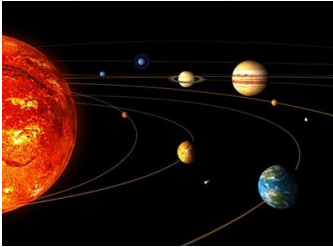
Η δομή του ατόμου

Τι νομίζετε ότι βλέπετε στην εικόνα;
Είναι συμπαγές αυτό που βλέπετε ή έχει και κενό;



2

Έχει κάποια σχέση η προηγούμενη
εικόνα με αυτή που βλέπετε τώρα;



3

Ας πλησιάσουμε πιο πολύ, το μαύρο που
αντιστοιχεί;



4

Για ποιο λόγο ο αστροναύτης φοράει
στολή;



5

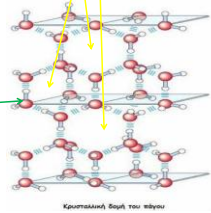
Και όμως ο αστροναύτης βρίσκεται κάπου
εκεί



6

Από τι αποτελείται ο πάγος;

Και όμως μέσα στον πάγο υπάρχει κενό!!!!



Κρυσταλλική δομή του πάγου

13

Άρα μπορούμε να πούμε:



Και μην ξεχνάτε η «συνταγή» μας έχει και αρκετό κενό!!!!

14

Η ύλη κρύβει πολλά μυστικά,

Οι επιστήμονες στην προσπάθειά τους να ανακαλύψουν τη δομή της έχουν αλλάξει πολλές απόψεις.

Η επιστήμη προχωράει μέσα από την αναθεώρηση των απόψεων.

15

Η ύλη αποτελείται από άτομα (Δημόκριτος), αλλά πως είναι τα άτομα;

Η άποψη του Dalton



Η άποψη του Thomson (σταφιδόψωμο)



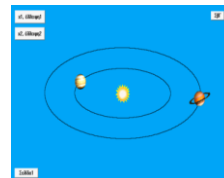
16

Η άποψη του Rutherford, το λεγόμενο πλανητικό μοντέλο,

- Τα αρνητικά (-) φορτισμένα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από τον θετικά (+) φορτισμένο πυρήνα όπως οι πλανήτες γύρω από τον ήλιο.
- Άρα έχουμε την εμφάνιση ελκτικών **ηλεκτρικών δυνάμεων** ανάμεσα στα ηλεκτρόνια και στον πυρήνα.

17

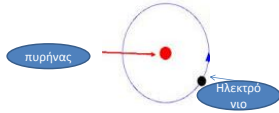
Αν ίσχυε το μοντέλο του Rutherford τα ηλεκτρόνια θα «έπεφταν» στον πυρήνα.



Όμως το ονόμασαν πλανητικό μοντέλο!!!

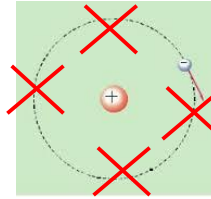
18

Το επόμενο βήμα έγινε από έναν άλλο επιστήμονα το 1913 ο Bohr που είπε ότι τα ηλεκτρόνια κινούνται σε ορισμένες κυκλικές τροχιές χωρίς τον κίνδυνο να συγκρουστούν με τον πυρήνα.



19

«πόσο κοντά όμως είμαστε στην πραγματικότητα;!!!!!»



20

Ας συμφωνήσουμε στα εξής:

- Στο κέντρο του ατόμου υπάρχει μια μικρή περιοχή η οποία ονομάζεται πυρήνας.
- Στον πυρήνα υπάρχουν δύο είδη σωματιδίων.
 1. Τα θετικά φορτισμένα ΠΡΩΤΟΝΙΑ (p^+)
 2. Τα ουδέτερα ΝΕΤΡΟΝΙΑ (n)
 3. Άρα ο πυρήνας είναι **θετικά** φορτισμένος.

21

Πυρήνας ατόμου(Θετικά φορτισμένος)



22

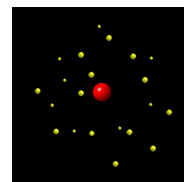
Τι γίνεται με τα **αρνητικά(-)** φορτισμένα ηλεκτρόνια;

Το σημερινό μοντέλο για το άτομο που στηρίζεται στον Schrödinger δέχεται την ύπαρξη ενός θετικά φορτισμένου πυρήνα.

Επειδή ο πυρήνας είναι **θετικά** φορτισμένος και το ηλεκτρόνιο **αρνητικά** φορτισμένο μεταξύ τους αναπτύσσονται **ελκτικές ηλεκτρικές δυνάμεις**.

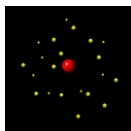
23

Το ηλεκτρόνιο θεωρείται ότι βρίσκεται μέσα στο άτομο αλλά δεν μπορούμε να γνωρίζουμε που ακριβώς βρίσκεται.



24

Ποιος είναι ο πυρήνας;
Που βρίσκονται τα ηλεκτρόνια;



25

- Θα δώσουμε ένα παράδειγμα για να καταλάβουμε τι σημαίνει η έκφραση "Το ηλεκτρόνιο θεωρείται ότι κινείται μέσα στο άτομο αλλά δεν μπορούμε να γνωρίζουμε που ακριβώς βρίσκεται". Σκεφτείτε, αν αυτή τη στιγμή θέλετε να μιλήσετε στον Διευθυντή του σχολείου σας, που θα πάτε; Υποθέτουμε ότι όλοι θα σκεφτείτε να πάτε στο γραφείο του. Σωστή σκέψη, αλλά δεν είναι βέβαιο ότι θα είναι στο γραφείο του. Στις 10 φορές που θα τον αναζητήσετε τις 8 θα είναι στο γραφείο του αλλά αποκλείεται να είναι στο κυλικείο την ώρα που τον αναζητάτε ή στην αυλή του σχολείου;

26

Για τα αγόρια!!!

Ας παίξουμε ένα παιχνίδι. Στο φύλλο εργασίας έχετε το σχέδιο ενός γηπέδου ποδοσφαίρου. Να σχεδιάσετε με το μολύβι σας, με μια τελεία, τη θέση του τερματοφύλακα της μίας ομάδας ανά πέντε λεπτά. Δηλαδή θα βάλετε συνολικά 18 τελείες. Ο τερματοφύλακας στο συγκεκριμένο παιχνίδι έβαλε ένα γκολ με κεφαλιά από κόρνερ στο αντίπαλο τέρμα.



27

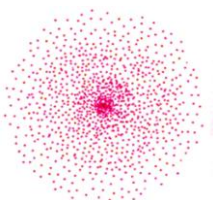
Για τα κορίτσια!!!!

Το τμήμα σας είναι στην αίθουσα 1. Να αναγράψετε σε ποια θέση είστε στο σχολείο κάθε 10 λεπτά σύμφωνα με τις οδηγίες στο φύλλο εργασίας.

Κυλικείο	Αυλή	Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών
		Αίθουσα 1

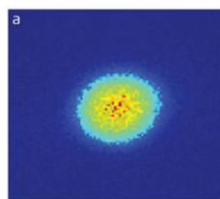
28

Η σημερινή άποψη για το άτομο.



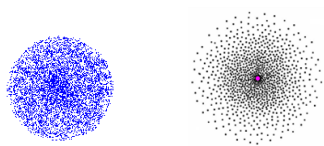
29

Η φωτογραφία παρουσιάζει το άτομο του υδρογόνου με τη βοήθεια ενός ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, δηλαδή ότι καλύτερο.. Στο μέσο βρίσκεται ο πυρήνας. Παρατηρείστε ότι το ηλεκτρόνιο δεν φαίνεται που βρίσκεται. Οι πιθανές του θέσεις παριστάνονται με νέφος.



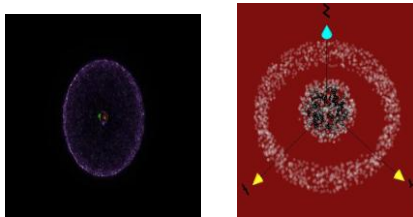
30

Τα ηλεκτρόνια κινούνται αλλά δεν γνωρίζουμε με βεβαιότητα που είναι.



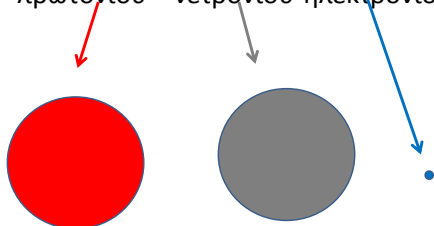
31

Κάποιες θέσεις έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να φιλοξενούν τα ηλεκτρόνια



32

Σύγκριση μαζών πρωτονίου – νετρονίου-ηλεκτρονίου



33

Δείτε το και έτσι



34

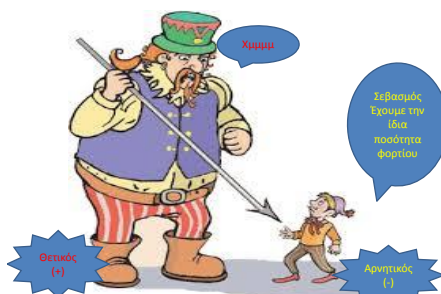
Σύγκριση ηλεκτρικών φορτίων

- Πρωτόνιο $+ 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Ηλεκτρόνιο $- 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$



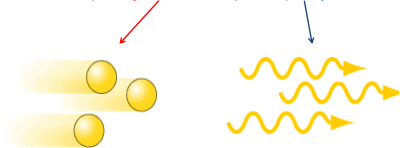
- Άρα παρόλο που το πρωτόνιο είναι 1836 φορές πιο μεγάλης μάζας από το ηλεκτρόνιο, έχουν **ίσα αλλά αντίθετα φορτία**.

35



36

Πως φανταζόσαστε το ηλεκτρόνιο
ως σωματίδιο ή ως κύμα;



37



38

Βρέθηκε λύση



Σε ένα πλοίο μπορούμε να γνωρίζουμε ταυτόχρονα τη θέση και τη ταχύτητά του.

Σε ένα ηλεκτρόνιο μπορούμε;

Η αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg



Δεν μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια ταυτόχρονα τη θέση και την ορμή ενός ηλεκτρονίου

39

40

Παρακολουθήστε!!!

Έχετε να πάτε σε ένα πάρτυ, το Σάββατο στις 6:00 μ.μ κάπου εδώ!!!!



41

42

Μήπως θα έπρεπε να γνωρίζετε

- Οδό.....
 - Αριθμό.....
 - Όροφο.....
 - Όνομα στο Κουδούνι.....
- Γράψτε τα στοιχεία τα δικά σας στο φύλλο εργασίας που έχετε.

43

Έτσι και το κάθε ηλεκτρόνιο μέσα στο άτομο έχει μια δική του «Διεύθυνση», η οποία κατά κύριο λόγο καθορίζει την απόστασή του από τον πυρήνα, όμως υπάρχει πιθανότητα να βρεθεί και σε άλλη θέση.

Θέσεις μεγάλης πιθανότητας



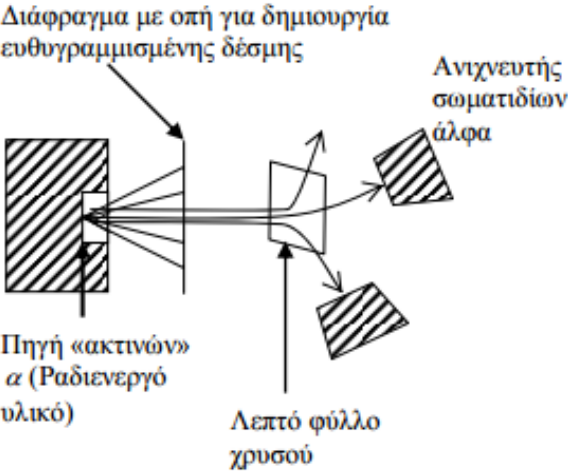
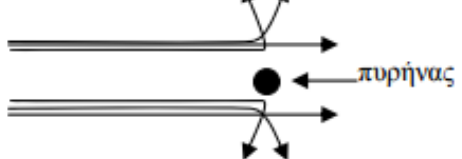
44

Απλά Μαγικό



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

Εικόνες σε μεγέθυνση

Το πείραμα	...το αποτέλεσμα
<p>Διάφραγμα με οπή για δημιουργία ευθύγραμμισμένης δέσμης</p> <p>Ανιχνευτής σωματιδίων άλφα</p> <p>Πηγή «ακτινών» α (Ραδιενεργό υλικό)</p> <p>Λεπτό φύλλο χρυσού</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ένα αξιοσημείωτο ποσοστό των σωματιδίων της δέσμης σκεδάζονται σε μεγάλες γωνίες που φτάνουν μέχρι και τις 180° (πλήρης οπισθοσκέδαση) <p>...και η εξήγηση</p> <ul style="list-style-type: none"> • Η σκέδαση σε μεγάλες γωνίες οφείλεται στην ύπαρξη ενός μαζικού μικροσκοπικού πυρήνα που παραμένει ακίνητος καθώς τον πλησιάζουν τα σωματίδια α και μπορεί έτσι να ασκήσει πάνω τους μια μεγάλη απωστική δύναμη ικανή να τα εκτρέψει αισθητά από την ευθύγραμμη τροχιά τους. 

Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση του πειράματος που ανακάλυψε την δομή του ατόμου.

LXXIX. *The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom.* By Professor E. RUTHERFORD, F.R.S., University of Manchester*.

§ 1. **I**T is well known that the α and β particles suffer deflexions from their rectilinear paths by encounters with atoms of matter. This scattering is far more marked for the β than for the α particle on account of the much smaller momentum and energy of the former particle. There seems to be no doubt that such swiftly moving particles pass through the atoms in their path, and that the deflexions observed are due to the strong electric field traversed within the atomic system. It has generally been supposed that the scattering of a pencil of α or β rays in passing through a thin plate of matter is the result of a multitude of small scatterings by the atoms of matter traversed. The observations, however, of Geiger and Marsden † on the scattering of α rays indicate that some of the α particles must suffer a deflexion of more than a right angle at a single encounter. They found, for example, that a small fraction of the incident α particles, about 1 in 20,000, were turned through an average angle of 90° in passing through a layer of gold-foil about $\cdot 00004$ cm. thick, which was equivalent in stopping-power of the α particle to 1.6 millimetres of air. Geiger ‡ showed later that the most probable angle of deflexion for a pencil of α particles traversing a gold-foil of this thickness was about $0^\circ\cdot 87$. A simple calculation based on the theory of probability shows that the chance of an α particle being deflected through 90° is vanishingly small. In addition, it will be seen later that the distribution of the α particles for various angles of large deflexion does not follow the probability law to be expected if such large deflexions are made up of a large number of small deviations. It seems reasonable to suppose that the deflexion through a large angle is due to a single atomic encounter, for the chance of a second encounter of a kind to produce a large deflexion must in most cases be exceedingly small. A simple calculation shows that the atom must be a seat of an intense electric field in order to produce such a large deflexion at a single encounter.

Recently Sir J. J. Thomson § has put forward a theory to

* Communicated by the Author. A brief account of this paper was communicated to the Manchester Literary and Philosophical Society in February, 1911.

† Proc. Roy. Soc. lxxxii, p. 495 (1900).

‡ Proc. Roy. Soc. lxxxiii, p. 492 (1910).

§ Camb. Lit. & Phil. Soc. xv, pt. 5 (1910).

Εικόνα 7: Η δημοσίευση του Rutherford, *The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom*, στο περιοδικό *Philosophical Magazine*, τον Απρίλιο του 1911.