



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Η κατανόηση της ροής της γενετικής πληροφορίας
από τους μαθητές της Γ' Γυμνασίου**

**ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΧΗΜΙΚΟΣ**

ΑΘΗΝΑ

ΜΑΡΤΙΟΣ 2015

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Η κατανόηση της ροής της γενετικής πληροφορίας από τους μαθητές της Γ' Γυμνασίου

ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

A.M.: 101101

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

Ντία Γαλανοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΚΠΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ι. Παπασιδέρη, Καθηγήτρια, Τμήμα Βιολογίας ΕΚΠΑ

Ν. Γαλανοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ

Ε. Μαυρικάκη, Επίκουρη Καθηγήτρια, ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 17 / 03 / 2015

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα ερευνητική εργασία μελετήθηκε η κατανόηση των μαθητών της Γ' Γυμνασίου σε έννοιες που αφορούν τη ροή της γενετικής πληροφορίας. Διερευνήθηκε ποιές εναλλακτικές ιδέες, από τις καταγεγραμμένες στη διεθνή βιβλιογραφία, παρατηρούνται και στους έλληνες μαθητές και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας, που πραγματοποιήθηκε σε δείγμα 764 μαθητών και μαθητριών της Γ' Γυμνασίου, κατά το σχολικό έτος 2012-13.

Για τη συγκεκριμένη μελέτη, αναπτύχθηκε Ερωτηματολόγιο, αποτελούμενο από ερωτήσεις κλειστού τύπου κατά κύριο λόγο, το οποίο, μετά από διαδικασία αξιολόγησης, διακινήθηκε σε μαθητές 12 σχολικών μονάδων. Η ανάλυση των απαντήσεων και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS 21.

Από την επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών, τόσο ανά ερώτηση όσο και με διασταύρωση των απαντήσεων του ίδιου μαθητή σε συνδυαζόμενες ερωτήσεις, επιβεβαιώθηκε ότι και στην Ελλάδα οι μαθητές έχουν περιορισμένη κατανόηση θεμελιωδών εννοιών των βιολογικών δομών (DNA, γονίδια, χρωμοσώματα, πρωτεΐνες). Θεωρούν ότι κάθε κυτταρικός τύπος περιέχει εκείνη μόνο τη γενετική πληροφορία που είναι απαραίτητη για να επιτελέσει τη λειτουργία του. Δεν κατατάσσουν σωστά τα διάφορα επίπεδα οργάνωσης των οργανισμών. Η πολύπλοκη ορολογία, η σύγχυση με όρους που μοιάζουν λεκτικά, οι δυσδιάκριτες διαφορές κάποιων όρων τοποθετούν επιπλέον εμπόδια στην κατανόηση. Τέλος, η συνεχής αλληλεπίδραση μεταξύ μακροσκοπικού και μικροσκοπικού επιπέδου τους δημιουργεί σύγχυση.

Για τα αποτελέσματα αυτά, ενοχοποιούνται η εγγενής δυσκολία του αντικειμένου σε συνδυασμό με τον περιορισμένο χρόνο διδασκαλίας που διατίθεται για τις Θετικές Επιστήμες στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών, η ελλιπής κατάρτιση των διδασκόντων, η έλλειψη εργαστηριακών ασκήσεων, αλλά και το ολοένα μειούμενο ενδιαφέρον των μαθητών.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Διδακτική της Βιολογίας, Ροή της γενετικής πληροφορίας

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: κατανόηση, γενετική πληροφορία, γενετικό υλικό, DNA, γονίδια, χρωμοσώματα, πρωτεΐνες, μαθητές Γ' Γυμνασίου

ABSTRACT

In the present study, we examine the understanding of concepts concerning the flow of genetic information by greek pupils of the third class of middle school. We have examined which of the already included in the international literature alternative ideas are also observed in the greek students and we present the results of our research, which was conducted on a sample of 764 male and female students of the third class of middle school, during the school year 2012-2013.

For this study, a questionnaire consisting of mainly close - ended questions was developed and, after an evaluation process, was distributed to the students of twelve middle schools. Both the answer analysis and the processing of the results were carried out using the statistical package SPSS 21.

The processing of the students' answers, both per question and through the identification of the answers to combinatory questions confirms that the students in Greece show a restricted understanding of fundamental concepts of the biological structures involved (DNA, genes, chromosomes, proteins). They consider that each cell type contains only the genetic information which is necessary to perform its function. The different levels of the organization of the organisms are not understood. The complicated terminology, the confusion of terms that resemble each other verbally, the indistinguishable differences between terms set additional obstacles to comprehension. Finally, the interaction between a microscopic and a macroscopic level of brings also a confusion.

Responsible for these results are the inherent difficulty of the subject, combined with the restricted time available for the teaching of Science, the inadequate training of the instructors, the lack of laboratory exercises, as well as the gradually decreased interest from the students.

SUBJECT AREA: Teaching of Biology, Flow of genetic information

KEYWORDS: comprehension, genetic information, DNA, genes, chromosomes, proteins, High School pupils

Στο Δεσποινάκι

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας ερευνητικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια Δρ. Ντία Γαλανοπούλου, που μου εμπιστεύθηκε να φέρω σε πέρας το συγκεκριμένο θέμα, αλλά και για τη συνεργασία, την πολύτιμη ηθική στήριξη και τις παρατηρήσεις της σε όλη τη διάρκεια της έρευνας.

Ιδιαίτερες θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στη συνάδελφο εκπαιδευτικό Δ/θμιας Εκπαίδευσης, Δρ. Άννα Κουκά, γιατί πρόθυμα μου παρείχε τη θετική της ενέργεια, ενώ με τις εύστοχες υποδείξεις της, τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις, τις πολύτιμες συμβουλές και τις κατευθυντήριες γραμμές βελτιώθηκε η παρούσα έρευνα.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω,για τη συμβολή τους στα διάφορα στάδια της παρούσας εργασίας, τους Δρ. Ε. Μαυρικάκη, Κ. Σάλτα, Ε. Κρητικού, Γ. Μαρμαρωτή, Σ. Δόση και την κ. Ε. Πράττα.

Να ευχαριστήσω ακόμη τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην έρευνα, για την πολύτιμη βοήθειά τους στη διεξαγωγή της και τους μαθητές και μαθήτριες που αφιέρωσαν το χρόνο τους για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου. Χωρίς τη συνδρομή τους η έρευνα αυτή δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την υποστήριξη που μου παρείχαν όλο αυτό το χρονικό διάστημα και τη σύντροφο της ζωής μου Δέσποινα για τις φιλολογικές της συμβουλές, το χρόνο και την υπομονή της. Σ' αυτήν αφιερώνεται η παρούσα διπλωματική εργασία .

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	19
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή	21
1.1 Θεωρίες μάθησης.....	22
1.1.1 Συμπεριφορισμός: Το παραδοσιακό ρεύμα	22
1.1.2 Γνωστικές θεωρίες μάθησης: το ανακαλυπτικό ρεύμα	24
1.1.3 Η εποικοδομική προσέγγιση	28
1.2 Διδασκαλία των Φ.Ε. - Επιστημονικός και Τεχνολογικός Εγγραμματισμός.....	34
1.3 Η διδασκαλία της Βιολογίας	36
1.4 Η διδασκαλία της Γενετικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση	38
1.5 Καταγεγραμμένες εναλλακτικές ιδέες σε θέματα Γενετικής	40
1.6 Σκοπός της μελέτης	47
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Μεθοδολογία της Έρευνας	51
2.1 Το εργαλείο συλλογής δεδομένων (Ερωτηματολόγιο)	51
2.1.1 Σχεδιασμός του Ερωτηματολογίου	51
2.1.2 Επιστημονικά αποδεκτές θέσεις (Statements) - Εννοιολογικοί χάρτες.....	52
2.1.3 Η κατασκευή του ερωτηματολογίου	54
2.1.4 Το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου.....	54
2.1.5 Αξιοπιστία και εγκυρότητα του ερωτηματολογίου.....	56
2.2 Το δείγμα	60
2.2.1 Κατανομή των μαθητών ως προς το φύλο.....	61
2.2.2 Κατανομή των μαθητών ως προς την επίδραση της οικογένειας.....	62
2.2.3 Κατανομή των μαθητών ως προς την απόδοση στο σχολείο.....	62
2.2.4 Κατανομή των σχολείων ως προς την περίοδο διδασκαλίας	63
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Αποτελέσματα και Συζήτηση	65
3.1 Ανάλυση των απαντήσεων.....	65

3.2	Απαντήσεις στις ερωτήσεις γνώσεων	71
3.2.1	Δομή του DNA	71
3.2.2	Ροή της γενετικής πληροφορίας.....	79
3.2.3	Γενετικό υλικό	85
3.2.4	Επίπεδα οργάνωσης.....	106
3.3	Μελέτη στοιχείων της έρευνας	110
3.3.1	Επίδραση κοινωνικοδημογραφικών χαρακτηριστικών στη γνώση	115
3.3.2	Ανάλυση ερωτημάτων.....	124
3.4	Συμπεράσματα.....	126
4.	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ	133
5.	ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια.....	134
6.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I Επιστημονικά αποδεκτές θέσεις (Statements)	135
7.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II Το Ερωτηματολόγιο - Αντιστοίχιση ερωτήσεων με θέσεις .	138
8.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III Φύλλο αξιολόγησης	142
9.	ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	143

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Τα βασικά βήματα της διεξαγωγής της ερευνητικής εργασίας.....	48
Σχήμα 2: Συγκεντρωτικός εννοιολογικός χάρτης	53
Σχήμα 3: Ιστόγραμμα συχνοτήτων επίδοσης (0-1) και καμπύλη κανονικής κατανομής. 68	
Σχήμα 4: Ραβδόγραμμα φύλου και επιπέδου γνώσης.....	116
Σχήμα 5: Ραβδόγραμμα χρόνου διδασκαλίας και επιπέδου γνώσης.....	117
Σχήμα 6: Διάγραμμα μέσων όρων μεταξύ σχολείου και επίδοσης 1-2-3.....	119
Σχήμα 7: Θηκογράμματα (Box plot) σχολείο και επίδοση 1-2-3	120
Σχήμα 8: Ραβδόγραμμα επιρροή οικογένειας και επιπέδου γνώσης.....	123

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ομαδοποίηση ερωτήσεων	56
Πίνακας 2: Συντελεστής αξιοπιστίας α του Cronbach για το ερωτηματολόγιο	56
Πίνακας 3: Συντελεστής αξιοπιστίας α του Cronbach όταν αφαιρεθεί μια ερώτηση	57
Πίνακας 4: Τα σχολεία των μαθητών του δείγματος	61
Πίνακας 5: Η επιρροή της οικογένειας στους μαθητές του δείγματος	62
Πίνακας 6: Η προσωπική εκτίμηση των μαθητών για την απόδοσή τους στο σχολείο ..	62
Πίνακας 7: Χρονική περίοδος διδασκαλίας Γενετικής	63
Πίνακας 8: Συχνότητες και ποσοστά επίδοσης σε κλίμακα (0-1), ανά ομάδες	68
Πίνακας 9: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 6	71
Πίνακας 10: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 7	71
Πίνακας 11: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 11	72
Πίνακας 12: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 15	72
Πίνακας 13: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 22	73
Πίνακας 14: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 21	74
Πίνακας 15: Οι απαντήσεις στην ερώτηση 23γ	75
Πίνακας 16: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 23γ	76
Πίνακας 17: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 6 και 7	76
Πίνακας 18: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 6 και 22	77
Πίνακας 19: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 11 και 15	78
Πίνακας 20: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 11 και 23γ ...	78
Πίνακας 21: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 21 και 22	79
Πίνακας 22: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 5	79
Πίνακας 23: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 9	80
Πίνακας 24: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 16	80
Πίνακας 25: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 17	81

Πίνακας 26: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 18	82
Πίνακας 27: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά στις ερωτ. 5 και 9	82
Πίνακας 28: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 5 και 15	83
Πίνακας 29: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά στις ερωτ. 16 και 18	84
Πίνακας 30: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 1	85
Πίνακας 31: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 2	86
Πίνακας 32: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 3	86
Πίνακας 33: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 4	87
Πίνακας 34: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 8	88
Πίνακας 35: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 10	89
Πίνακας 36: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 12	89
Πίνακας 37: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 13α	90
Πίνακας 38: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 13β	91
Πίνακας 39: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 14	91
Πίνακας 40: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 20α	92
Πίνακας 41: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 20β	93
Πίνακας 42: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 20γ	93
Πίνακας 43: Οι απαντήσεις στην ερώτηση 23α	94
Πίνακας 44: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 23α	94
Πίνακας 45: Οι απαντήσεις στην ερώτηση 23β	95
Πίνακας 46: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 23β	95
Πίνακας 47: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 1 και 2	96
Πίνακας 48: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 3 και 4	97
Πίνακας 49: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 8 και 14	98
Πίνακας 50: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά στις ερωτ. 10 και 23β	98
Πίνακας 51: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 13α και 13β ..	99
Πίνακας 52: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 13α και 14 ..	100

Πίνακας 53: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 13β και 14 .	101
Πίνακας 54: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 20α και 20β	102
Πίνακας 55: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 20α και 20γ	102
Πίνακας 56: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 20β και 20γ	102
Πίνακας 57: Πίνακας αιτιολογήσεων στην ερώτηση 20α	104
Πίνακας 58: Πίνακας αιτιολογήσεων στην ερώτηση 20β	104
Πίνακας 59: Πίνακας αιτιολογήσεων στην ερώτηση 20γ	105
Πίνακας 60: Αποτελέσματα σε ποσοστά της θέσης των επιπέδων οργάνωσης.....	106
Πίνακας 61: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 19	107
Πίνακας 62: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων (γονίδιο - χρωμόσωμα).....	108
Πίνακας 63: Πίνακας διπλής εισόδου - 4 ^η , 5 ^η θέση διάταξης (χρωμόσωμα - γονίδιο)..	108
Πίνακας 64: Πίνακας διπλής εισόδου - 5 ^η , 6 ^η θέση διάταξης (γονίδιο - DNA).....	109
Πίνακας 65: Πίνακας διπλής εισόδου - 4 ^η , 6 ^η θέση διάταξης (χρωμόσωμα - DNA)	109
Πίνακας 66: Έλεγχος κανονικότητας επίδοσης (0-1) και επίδοσης (1-2-3).....	112
Πίνακας 67: Πίνακας διπλής εισόδου - φύλο και επίπεδο γνώσης	115
Πίνακας 68: Πίνακας διπλής εισόδου - χρόνος διδασκαλίας και επίπεδο γνώσης.....	117
Πίνακας 69: Περιγραφικά στατιστικά σχολείου και επίδοσης 1-2-3.....	118
Πίνακας 70: Έλεγχος ομοιογένειας διακυμάνσεων σχολείου και επίδοσης 1-2-3.....	118
Πίνακας 71: Ανάλυση πίνακα διακύμανσης ANOVA σχολείου και επίδοσης 1-2-3	118
Πίνακας 72: Ανθεκτικός έλεγχος ισότητας μέσων σχολείου και επίδοσης 1-2-3.....	119
Πίνακας 73: Πίνακας διπλής εισόδου - σχολείο και επίπεδο γνώσης	120
Πίνακας 74: Περιγραφικά στατιστικά προσωπικής αξιολόγησης και επίδοσης 1-2-3... ..	121
Πίνακας 75: Έλεγχος ομοιογένειας διακυμάνσεων αυτοαξιολόγησης και επίδοσης	121
Πίνακας 76: Πίνακας διακύμανσης ANOVA αυτοαξιολόγησης και επίδοσης 1-2-3.....	121
Πίνακας 77: Πίνακας διπλής εισόδου - προσωπική αξιολόγηση και επίπεδο γνώσης.	122
Πίνακας 78: Περιγραφικά στατιστικά: επιρροής οικογένειας και επίδοσης 1-2-3	123
Πίνακας 79: Πίνακας διπλής εισόδου - επιρροή οικογένειας και επίπεδο γνώσης.....	123

Πίνακας 80: Πίνακας διπλής εισόδου - φύλο και επιμέρους ερωτήσεις	124
Πίνακας 81: Πίνακας διπλής εισόδου - χρόνος διδασκαλίας και επιμέρους ερωτήσεις	125
Πίνακας 82: Πίνακας διπλής εισόδου - επιρροής οικ. και επιμέρους ερωτήσεις	125
Πίνακας 83: Αντιστοίχιση ερωτήσεων ερωτηματολογίου και επιστημονικά αποδεκτών θέσεων	141

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ζούμε σε μια εποχή συναρπαστικών αλλαγών. Η επιστημονική πρόοδος, η επανάσταση της τεχνολογίας, η ταχύτητα με την οποία διαχέεται η πληροφορία, τόσο με τη βοήθεια των μέσων μαζικής ενημέρωσης όσο και με το διαδίκτυο, αλλάζουν την εξέλιξη της γνώσης. Όλα μεταβάλλονται πολύ σύντομα. Το ίδιο συμβαίνει και στο χώρο της εκπαίδευσης.

Η επιστήμη και η τεχνολογία παίζουν ένα σημαντικότατο ρόλο στην καθημερινή ζωή του σύγχρονου ανθρώπου. Ο επιστημονικός εγγραμματισμός των πολιτών θεωρείται πλέον ζωτικής σημασίας για ένα σύνολο διαφορετικών λόγων - επιστημονικών, οικονομικών, ιδεολογικών, πολιτικών και πολιτιστικών.

Στην εκπαίδευση βασίζεται η ελπίδα για κοινωνική ισότητα, ίσες ευκαιρίες και δυνατότητες για όλους. Καθένας από εμάς οφείλει να είναι ενημερωμένος για τις τρέχουσες εξελίξεις και να μπορεί να λαμβάνει μέρος σε δημόσιες ή ιδιωτικές συζητήσεις, καθώς και στη λήψη αποφάσεων σε προσωπικό, τοπικό ή ακόμα και σε εθνικό επίπεδο. Επίσης, είναι αναγκαία η εξοικείωση του αυριανού πολίτη με τις καινοτομίες και τις νέες τεχνολογίες που χαρακτηρίζουν πλέον τις σύγχρονες Επιστήμες. Απώτερος στόχος είναι η δημιουργία ενεργών πολιτών, μέσα από την ανάπτυξη δεξιοτήτων χρήσιμων στη διαχείριση γνώσεων και πληροφοριών και στη λήψη αποφάσεων για μια καλύτερη ποιότητα ζωής. Τι πρέπει λοιπόν, να διδάξουμε στους μαθητές μας;

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια προσπάθεια προσδιορισμού του επιπέδου των γνώσεων, καθώς και των εναλλακτικών ιδεών, που έχουν οι Έλληνες μαθητές της Γ' Γυμνασίου, σε θέματα Γενετικής, αλλά και του τρόπου με τον οποίο επηρεάζει και επηρεάζεται το ισχύον Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών.

Σκοπός της προσπάθειας αυτής είναι να αποτυπώσει τις ιδέες των μαθητών, με απώτερο στόχο την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων από τους ενδιαφερόμενους εκπαιδευτικούς και από τους υπεύθυνους κατάρτισης των Αναλυτικών Προγραμμάτων στη χώρα μας έτσι, ώστε να βελτιωθεί κατά το δυνατόν η διδασκαλία του εν λόγω θέματος στους μαθητές, να αυξηθεί η ενεργός συμμετοχή τους στη μάθηση και να οξυνθεί η κριτική τους σκέψη, ώστε να μπορούν στο μέλλον να λαμβάνουν υπεύθυνες αποφάσεις σε προσωπικά και κοινωνικά ζητήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

Μελέτες που πραγματοποιούνται στο χώρο της εκπαίδευσης, συχνά επιχειρούν να ανιχνεύσουν την κατανόηση και τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και των εκπαιδευτικών ως προς τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η Βιολογία παρουσιάζει ραγδαία ανάπτυξη σε όλους τους τομείς της. Κυρίως στη Μοριακή Βιολογία και στη Γενετική Μηχανική, έχουν επιτευχθεί μεγάλα βήματα που αφορούν άμεσα ή έμμεσα τον άνθρωπο και βελτιώνουν την ποιότητα ζωής του, προσφέροντας λύσεις σε πολλά σύγχρονα προβλήματα. Τα ΜΜΕ ασχολούνται με τις εφαρμογές της βιολογικής έρευνας και των ευεργετικών επιδράσεων της, γεγονός που απαιτεί τον επιστημονικό και κοινωνικό εγγραμματισμό των πολιτών. Είναι απαραίτητο να τοποθετηθούν σωστές βάσεις από μικρή ηλικία σε θέματα Βιολογίας, και μάλιστα πριν το τέλος της υποχρεωτικής τους εκπαίδευσης. Στην Ελλάδα, το ποσοστό εγκατάλειψης του σχολείου, μετά την ολοκλήρωση της κατώτερης δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, εξακολουθεί να κινείται σε υψηλά επίπεδα. Αν και μειώθηκε, φτάνει το 14,5%, κινείται δηλαδή πάνω από το μέσο όρο της Ε.Ε.

Επιπλέον το PISA (Programme for International Student Assessment), αλλά και η EUSO (European Union Science Olympiad) διοργανώνουν διαγωνισμούς με ιδιαίτερη στόχευση την ηλικία των 15-16 ετών (η Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Επιστημών του 2014 έγινε στην Ελλάδα). Από τα αποτελέσματα καταλήγουν σε συμπεράσματα που αφορούν την πρόοδο στα επιμέρους αντικείμενα διδασκαλίας, αλλά και την καταλληλότητα των σχολικών εγχειριδίων.

Το τρέχον ελληνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα για την Βιολογία της Γ' Γυμνασίου απευθύνεται σε όλους τους μαθητές / πολίτες και επιδιώκει όχι μόνο την επίτευξη γνωστικών στόχων, αλλά και την ανάπτυξη της προσωπικότητας του ατόμου, την κοινωνικοποίηση και την ευαισθητοποίηση του στα σύγχρονα κοινωνικά και περιβαλλοντικά προβλήματα.

Σκοπός της διδασκαλίας της Βιολογίας στο Γυμνάσιο - με το οποίο κλείνει ο κύκλος της υποχρεωτικής εκπαίδευσης - είναι να εξασφαλίσει στο μαθητή ένα επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων που θα του παρέχουν αφενός τη δυνατότητα να κατανοεί αυτά που συμβαίνουν στον οργανισμό του και στο περιβάλλον του και αφετέρου την ικανότητα να κρίνει, να αξιολογεί δεδομένα και να κάνει - ως πολίτης - συνειδητές επιλογές για θέματα

της καθημερινής ζωής που αφορούν τον ίδιο, αλλά και το κοινωνικό σύνολο στο οποίο ανήκει¹.

1.1 Θεωρίες μάθησης

Η διαδικασία της μάθησης τέθηκε στο επίκεντρο του ερευνητικού ενδιαφέροντος κατά κύριο λόγο τα τελευταία εκατό χρόνια. Οι διαφωνίες, οι διαφορετικές προσεγγίσεις και αντιλήψεις των ειδικών γύρω από το αντικείμενο της **Πειραματικής Ψυχολογίας**, οδήγησαν στη δημιουργία διαφορετικών ψυχολογικών σχολών, οι οποίες με τη σειρά τους έθεσαν τα θεμέλια για τις αντίστοιχες θεωρίες μάθησης.

Οι θεωρίες της μάθησης εντάσσονται στο ερευνητικό πεδίο της **Παιδαγωγικής Ψυχολογίας**, η οποία εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο η ψυχολογία μπορεί να βελτιώσει τη σχολική ζωή και να προωθήσει την εκπαιδευτική διαδικασία. Δύο όροι, οι οποίοι απασχολούν ιδιαίτερα τον τομέα της Παιδαγωγικής Ψυχολογίας είναι η μάθηση και η διδασκαλία, ενώ κατά τις τελευταίες δεκαετίες εισάγεται στη συζήτηση δυναμικά και ο όρος της Διδακτικής^{2, 3}.

Πλέον, η **Διδακτική** αποτελεί έναν αυτόνομο κλάδο. Η παρούσα εργασία θέτει ως κεντρικό άξονα τη **Διδακτική των Φυσικών Επιστημών**, την οποία ορίζουμε ως την επιστήμη που έχει ως στόχο τη μελέτη και τη βελτίωση της διδασκαλίας των θετικών μαθημάτων, με τη χρήση ήδη υπάρχοντων διδακτικών τεχνικών αλλά και με τη διερεύνηση και εφαρμογή νέων.

Προτού προχωρήσουμε στον κεντρικό κορμό της εργασίας, θα παραθέσουμε εν συντομία τις θεωρίες μάθησης⁴, ξεκινώντας από τα ρεύματα του Συμπεριφορισμού (διαδικασία πρόσκτησης της γνώσης) και του Γνωστικισμού (διαδικασία διερεύνησης των λειτουργιών της μάθησης), για να καταλήξουμε εν συνεχεία στην πιο πολλά υποσχόμενη σήμερα θεωρία του Εποικοδομισμού (διαδικασία δημιουργίας της γνώσης).

1.1.1 Συμπεριφορισμός: Το παραδοσιακό ρεύμα

Ο συμπεριφορισμός (ή μπιχεβιορισμός) έχει τις ρίζες του στα πειράματα των E. Thorndike (1913) και I. Pavlov (1927), τα οποία ενίσχυσαν την **αξία της εμπειρίας στη μάθηση**². Βασική αρχή των συμπεριφοριστών είναι πως το μυαλό του παιδιού είναι άγραφο χαρτί (tabula rasa) και πως το περιεχόμενο της μάθησης, καθώς και ο ρυθμός της ανάπτυξης, καθορίζεται από τις εξωτερικές συνθήκες. Ο Locke υποστήριζε την

αριστοτελική άποψη ότι η γνώση αποτελείται από συνδεδεμένες ιδέες και πρότεινε, το 17^ο αιώνα, ότι κάθε παιδί γεννιέται ως άγραφη πλάκα με ορισμένες εσωτερικές ικανότητες που συνδέουν τις εμπειρίες ώστε να σχηματίζουν ιδέες³. Θεμελιώδες αξίωμα της θεωρίας του συμπεριφορισμού είναι πως η μάθηση είναι παθητική, ληπτική (συσσωρευτική) και αναπαραγωγική διαδικασία. Είναι δηλαδή αποτέλεσμα των αλληλεξαρτήσεων που υπάρχουν ανάμεσα στα ερεθίσματα που δέχεται το άτομο (και κατ' επέκταση ο μαθητής) από το περιβάλλον του και τις **αντιδράσεις του στα ερεθίσματα** αυτά. Η θεωρία της **αντανακλαστικής μάθησης** αναπτύχθηκε από τον Ρανίον βασισμένη σε πειράματα σε σκύλους, κατά τα οποία η έκκριση σάλιου από τον σκύλο εμφανιζόταν όχι μόνο στη θέα της τροφής αλλά και στα βήματα του φύλακα που μετέφερε την τροφή. Ενώ ο J. Watson εξηγεί απλές μορφές μάθησης, δίνοντας σημασία στην εκμάθηση συναισθηματικών μορφών συμπεριφοράς σύμφωνα με την κλασσική **εξαρτημένη μάθηση**⁴.

Η συμπεριφορά του ατόμου διαμορφώνεται από το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον. Η μάθηση είναι αλλαγή της συμπεριφοράς λόγω των εμπειριών του υποκειμένου. Η γνώση είναι στατική και αντικειμενική και αποτελείται από ιδέες που πρέπει να μπουν στο μυαλό του ανθρώπου και αυτό γίνεται ευκολότερα αν περάσουν μέσα από τις αισθήσεις. Έμφαση δίνεται στην ποσότητα και στο εύρος της γνώσης, ενώ οι επαναλήψεις ερεθισμάτων - αντίδρασης ενισχύουν τις συνδέσεις και άρα τη μάθηση⁴. Άλλωστε ο Thorndike στη θεωρία του³ πρότεινε δύο αρχές: η πρώτη υποστήριζε ότι όσο μια συμπεριφορά εξασκείται, τόσο περισσότερο εδραιώνεται (νόμος της εμπειρίας) και η δεύτερη υποστήριζε πως, εάν η αντίδραση σε ένα ερέθισμα είχε θετική επίδραση ή αποτέλεσμα, τότε η πιθανότητα να επαναληφθεί αυξάνεται (νόμος της επίδρασης του αποτελέσματος). Έτσι οι θετικές ενισχύσεις, όπως για παράδειγμα οι ανταμοιβές, ενισχύουν μια συγκεκριμένη «μάθηση», ενώ οι αρνητικές την αποδυναμώνουν.

Ο συμπεριφορισμός κυριάρχησε κατά το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα. Μεταφέροντας τη θεωρία του μπιχεβιορισμού στη διαδικασία της διδασκαλίας, μπορούμε να πούμε εν συντομία πως το διδακτικό μοντέλο που στηρίζεται στην εν λόγω θεωρία είναι **δασκαλοκεντρικό**². Το μοντέλο αυτό της μάθησης τοποθετεί το διδάσκοντα στο κέντρο, θεωρώντας τον ως αυθεντία, ενώ οι μαθητές αναπαράγουν τη γνώση όπως τους δίνεται, εφαρμόζουν κανόνες και απομνημονεύουν γεγονότα⁵.

Μια πιο διαλλακτική εκδοχή της θεωρίας, σε σχέση με την κατεύθυνση της αντανακλαστικής μάθησης, συναντάμε στον Skinner και τη θεωρία της **συντελεστικής**

μάθησης, που ουσιαστικά επέκτεινε την εργασία του Thorndike. Ο Skinner δέχεται μεν ως κεντρικό άξονα της μάθησης τη διαδικασία «ερέθισμα - αντίδραση», προβληματίζεται όμως για την απλουστευτική διατύπωσή της, αμφισβητώντας την αποτελεσματικότητα μιας απλής διδασκαλίας, εξάσκησης και βαθμολογίας και εισάγοντας και άλλους παράγοντες που ασκούν επίδραση στη μάθηση, όπως ο οικονομικός, κυβερνητικός και θρησκευτικός έλεγχος. Επίσης, λαμβάνει υπόψη τις ιδιαιτερότητες του συγκεκριμένου περιβάλλοντος, π.χ. πιο αποτελεσματική είναι η τιμωρία στο στρατό ή τα παραγγέλματα στον αθλητισμό παρά στην εκπαίδευση, πιο αποτελεσματικός (και αρχικός) ενισχυτής στη μάθηση είναι η οικογενειακή υπερηφάνεια από τις εκπαιδευτικές επιβραβεύσεις. Μάλιστα, συχνά ο εκπαιδευτικός μετατρέπεται σε διασκεδαστή για να καταστήσει τη διδασκαλία του πιο ενδιαφέρουσα και για τον ίδιο σκοπό, τα κείμενα διανθίζονται με «οπτικά βοηθήματα», δηλαδή εικονιστικές επεξηγήσεις, μια και είναι απευκταία η πειθαρχία για την ενίσχυση της μάθησης. Ο εκπαιδευτικός αναλύει την ενίσχυση της μάθησης με τη διάρκεια, επανάληψη, επέκταση, αλλά δεν παραλείπει να προσθέσει τη δυνατότητα ελέγχου των ερεθισμάτων, καθώς και τους παράγοντες των κινήτρων και συναισθημάτων στη μαθησιακή διαδικασία⁶.

Η θεωρία της **κοινωνικής μάθησης** αναπτύχθηκε κυρίως από τον Αμερικανό ψυχολόγο Bandura. Ο Bandura, αν και κοινωνικός ψυχολόγος, έχει επηρεαστεί περισσότερο από τον συμπεριφορισμό. Σύμφωνα με το Bandura, ο άνθρωπος δεν αντιδρά μηχανικά στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος, αλλά σκέπτεται, οργανώνει τα δεδομένα και καταλήγει σε συμπεράσματα μετά από γνωστική επεξεργασία των δεδομένων αυτών. Η μάθηση γίνεται μέσα από την παρατήρηση, τη μίμηση προτύπων συμπεριφοράς και το παράδειγμα και όχι μέσα από την άμεση ανταμοιβή. Ο Bandura υποστηρίζει επιπλέον πως η αυτοεκτίμηση κάποιου μαθητή καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την επίδοσή του στο σχολείο, καθώς και τη συμμετοχή του στο μάθημα⁷.

1.1.2 Γνωστικές θεωρίες μάθησης: το ανακαλυπτικό ρεύμα

Η θεωρία του συμπεριφορισμού συνέβαλε στην οργάνωση της διδασκαλίας κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχονται οι πληροφορίες σταδιακά και ιεραρχικά δομημένες. Ωστόσο αποδείχτηκε στην πορεία των χρόνων μη αποτελεσματική, ιδιαίτερα για περιπτώσεις που απαιτούν ικανότητες υψηλού επιπέδου, όπως η εκμάθηση γλωσσών, η επίλυση προβλημάτων και η κριτική σκέψη.

Οι γνωστικές θεωρίες επισκιάστηκαν αρχικά από τις συμπεριφοριστικές θεωρίες, για να επανεμφανιστούν ως κυρίαρχη δύναμη τις τελευταίες δεκαετίες⁷. Εστιάζουν στην ερμηνεία των εσωτερικών διαδικασιών γνωστικής ανάπτυξης και μάθησης. Οι γνωστικές δομές και διαδικασίες μεταβάλλονται καθώς το άτομο εξελίσσεται, τόσο ως αποτέλεσμα βιολογικής ωρίμανσης, όσο και ως αποτέλεσμα επίδρασης των εμπειριών που αποκτά το άτομο⁴. Βασική αρχή τους είναι πως το υποκείμενο επεξεργάζεται ενεργά τις πληροφορίες και ότι η μάθηση πραγματοποιείται μέσω της **ενεργής προσπάθειας** των μαθητών, καθώς αυτοί αποθηκεύουν και στη συνέχεια **βρίσκουν τις σχέσεις** που υπάρχουν μεταξύ των πληροφοριών, συνδέοντας τη νέα στην παλιά γνώση⁷. Η γνώση διακρίνεται για τον ποιοτικό της χαρακτήρα και όχι για την ποσοτική της διάσταση. Η διδακτική προσέγγιση προσανατολίζεται στο μαθητή ο οποίος καλείται να εργαστεί σε ομάδες, με το δάσκαλο στο ρόλο του καθοδηγητή και του οργανωτή καταστάσεων μάθησης².

Οι δύο πρωτοπόροι θεωρητικοί της γνωστικής θεωρίας είναι ο Jean Piaget και ο Lev Vygotsky. Ο Piaget περιέγραψε τη νοητική και ψυχοπνευματική ανάπτυξη του παιδιού και του εφήβου ως μια εξελικτική διαδικασία, η οποία ακολουθεί διαφορετικά ευδιάκριτα **στάδια**. Κάθε στάδιο αντιστοιχεί σε ορισμένες διανοητικές λειτουργίες, οι οποίες εξαρτώνται από την ηλικία του παιδιού, αλλά και από τις εμπειρίες που αποκτά μέσα στο περιβάλλον του. Επιγραμματικά τα στάδια ανάπτυξης είναι τα ακόλουθα: 1.αισθησιοκινητικό, 2.προσυλλογιστικό, 3.συγκεκριμένων συλλογισμών και 4.αφηρημένων συλλογισμών. Οι μελετητές των σταδίων ανάπτυξης συγκλίνουν στο ότι η μετάβαση από το ένα στάδιο σκέψης στο επόμενο γίνεται μάλλον βαθμιαία παρά απότομα και ότι κάθε άτομο έχει το δικό του ρυθμό ανάπτυξης. Αλλά και για το ίδιο άτομο για ορισμένες περιοχές της σκέψης μπορεί να βρίσκεται σε ένα στάδιο ανάπτυξης, ενώ για άλλες σε άλλο. Κατά τον Piaget τέσσερις είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διανοητική ανάπτυξη: η κληρονομικότητα, η φυσική εμπειρία, η κοινωνική μεταβίβαση της παιδείας (κουλτούρα) και η εξισορρόπηση (μηχανισμός κατά τον οποίο μια νέα ιδέα πρέπει να εξισορροπηθεί με τις ήδη υπάρχουσες)⁸.

Για τον Piaget η γνώσεις πηγάζουν από τη δράση του ατόμου πάνω στα αντικείμενα. Ο Piaget εισήγαγε τον όρο «**αφομοίωση**» (assimilation) για να περιγράψει τη διαδικασία της εισαγωγής της νέας γνώσης και της ενσωμάτωσής της στις ήδη υπάρχουσες, ενώ με τον όρο “**προσαρμογή**” (accommodation) περιγράφει την τροποποίηση των ήδη υπάρχουσών γνωστικών δομών ώστε να γίνουν δεκτές οι νέες γνώσεις. Επίσης προτείνει τη διαδικασία της **εξισορρόπησης ή αυτορύθμισης** για να αντισταθμίζονται

οι ως ένα σημείο οι αντίθετες διαδικασίες της αφομοίωσης και της συμμόρφωσης. Η γνωστική σύγκρουση προκύπτει όταν ο μαθητής έρχεται αντιμέτωπος με τη διάψευση των δικών του προβλέψεων, όπως προκύπτουν από την προϋπάρχουσα γνώση και όχι απευθείας με αυτές των επιστημόνων.

Αυτή η θεωρία συμπερασματικά υποστηρίζει⁹ ότι ο μαθητής ανεξάρτητα από την ηλικία ή τη μόρφωσή του δέχεται συνεχόμενες πληροφορίες από το περιβάλλον στο οποίο ζει. Η εξέλιξη της μάθησης αρχίζει με γνωστική σύγκρουση, η αφομοίωση μιας νέας ιδέας διαταράσσει την τάξη που είχε μια νοητική δομή και τώρα βρίσκεται σε κατάσταση ανισορροπίας. Στη συνέχεια θα πρέπει να ξαναποκτήσουν την ισορροπία, καθορίζοντας την ανάπτυξη μιας καινούριας δομής που περικλείει την προηγούμενη.

Παράδειγμα διδακτικής προσέγγισης με τη χρήση της γνωστικής σύγκρουσης αποτελεί ο κύκλος μάθησης του Karplus⁵. Πρόκειται για μια τεχνική για τη διδασκαλία των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών Φ.Ε. που περιλαμβάνει τρεις φάσεις: της εξερεύνησης, της εφεύρεσης και της εφαρμογής.

Μια άλλη θεώρηση της γνωστικής θεωρίας είναι αυτή που ανέπτυξε ο σοβιετικός ψυχολόγος Vygotsky. Ο Vygotsky υποστήριξε ότι η νοητική ανάπτυξη είναι αποτέλεσμα της **κοινωνικής αλληλεπίδρασης** και του πολιτισμικού πλαισίου μέσα στο οποίο αυτή συντελείται¹⁰. Η μάθηση εδώ είναι η αντίδραση του ατόμου σε ένα καθορισμένο περιβάλλον, αντίδραση όμως που δεν είναι καθορισμένη με απόλυτη ακρίβεια από το γενετικό παράγοντα. Η διαπροσωπική σχέση είναι στο κέντρο της μάθησης, η οποία είναι συνεργατική. Η απόσταση ανάμεσα σε αυτό που μπορεί να κάνει μόνος του ο μαθητής, με αυτό που μπορεί να κάνει με τη βοήθεια του δασκάλου, είναι η **ζώνη επικείμενης ανάπτυξης**. Είναι το διάστημα στο οποίο οφείλει να πραγματοποιηθεί η μάθηση. Ο Vygotsky έχει αντίθετη άποψη από τον Piaget όσον αφορά τη γλώσσα. Θεωρεί ότι η γλώσσα έχει χαρακτήρα κοινωνικό και όχι εγωκεντρικό⁷.

Στα χνάρια των Piaget και Vygotsky, οι τρεις ερευνητές Ausubel, Bruner και Gagne παρουσίασαν ιδέες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν οι άνθρωποι. Οι τρεις θεωρητικοί υιοθετούν αρκετά διαφορετικές θέσεις. Ο Ausubel δίνει μεγάλη έμφαση στην ενεργό συμμετοχή του μαθητή στην ουσιαστική μάθηση, ενώ υποστηρίζει ότι η μάθηση είναι μια διαδικασία αφομοίωσης της νέας γνώσης στις ήδη υπάρχουσες γνωστικές δομές. Κατά τον Ausubel οι προϋπάρχουσες γνώσεις που έχει το παιδί, πρέπει να είναι οι βάσεις για να τεθεί σε λειτουργία η νέα γνώση, γι' αυτό ο δάσκαλος πρέπει να τις γνωρίζει καλά. Δέχεται ότι η μάθηση θα μπορούσε να είναι αποτελεσματική ακόμη και

όταν χρησιμοποιούνται μόνο λεκτικές μέθοδοι. Κατά τον Ausubel στα παιδιά πρέπει να παρουσιάζονται πρώτα γενικές αρχές, που να ακολουθούνται από λεπτομερείς και συγκεκριμένες οδηγίες⁹. Ο Ausubel έκανε τη διάκριση μεταξύ της απλής μάθησης και της μάθησης με κατανόηση (meaningful learning), κατά την οποία⁷:

- η ύλη θα πρέπει να είναι εννοιολογικά σαφής και να παρουσιάζεται με γλώσσα και παραδείγματα, που να σχετίζονται με την προϋπάρχουσα γνώση του μαθητή,
- ο μαθητής θα πρέπει να κατέχει σχετική προηγούμενη γνώση και τέλος,
- θα πρέπει να επιλέγει να μαθαίνει με ουσιαστικό τρόπο.

Κατά τον Gagne αυτά που κάποιος μπορεί να μάθει είναι συνάρτηση αυτών που ήδη γνωρίζει. Ορίζει πέντε σημαντικές κατηγορίες μάθησης, των λεκτικών πληροφοριών, των διανοητικών δεξιοτήτων, των γνωστικών στρατηγικών, των κινητικών δεξιοτήτων και των στάσεων συμπεριφοράς. Επίσης, θεωρεί ότι η μάθηση συσσωρεύεται προοδευτικά και κάθε νέο είδος μάθησης οικοδομείται στα ήδη υπάρχοντα. Ασχολήθηκε κυρίως με τα προβλήματα, στον καθορισμό εκείνων ακριβώς των δεξιοτήτων και της γνώσης που πρέπει να κατέχει κάποιος ούτως, ώστε να είναι αποτελεσματικός στη διεκπεραίωση μιας συγκεκριμένης εργασίας^{7,8}. Αμφισβητεί την αποτελεσματικότητα της ανατροφοδότησης με τη μορφή «σωστό - λάθος» και επηρεάζεται ως ένα βαθμό από τον εποικοδομισμό, καθώς θεωρεί ότι η προηγούμενη γνώση υποστηρίζει τη νέα και ότι οι γνωστικές στρατηγικές είναι εκμάθηση κανόνων ταξινόμησης αλλά και κατασκευής της γνώσης. Απορρίπτει την ανακαλυπτική μάθηση, ισχυριζόμενος ότι αυτή θα «ανακαλύψει» έναν υπάρχοντα κανόνα⁶.

Ο Bruner διατύπωσε τις θέσεις του περισσότερο ως μια θεωρία διδασκαλίας. Δίνει μεγάλη έμφαση στο ρόλο της γλώσσας και πιστεύει ότι η γνώση δομείται με τρεις τρόπους: μέσω της πράξης, της φαντασίας και του συμβολισμού. Ο μαθητής μαθαίνει καλύτερα αν οι έννοιες που πρέπει να αφομοιωθούν παρουσιάζονται με τρόπο που να ανταποκρίνονται στο στάδιο ανάπτυξής του. Υποστηρίζει πως όλοι οι μαθητές είναι δυνατό να μάθουν οτιδήποτε και σε οποιαδήποτε ηλικία, εφόσον υπάρχει η κατάλληλη δομή της ύλης και η απαραίτητη μεθόδευση της διδασκαλίας. Ο Bruner υποστήριξε πως το αναλυτικό πρόγραμμα θα πρέπει να οργανώνεται πρώτα στις βασικές αρχές και τις ουσιαστικές δομές πριν την εισαγωγή της εξειδικευμένης θεματολογίας. Γι' αυτό και προτείνει τη **σπειροειδή μορφή** του αναλυτικού προγράμματος^{7,8}.

1.1.3 Η εποικοδομική προσέγγιση

Τις τελευταίες δεκαετίες κέρδισε έδαφος στο χώρο της εκπαίδευσης η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης. Ο εποικοδομισμός (constructivism), ως θεωρία μάθησης, αναπτύχθηκε από μεταπιαζετικούς εκπαιδευτικούς, ψυχολόγους και ερευνητές της διδακτικής των Φ.Ε. Η εποικοδόμηση έχει μια βασική διαφορά από τις άλλες διδακτικές προσεγγίσεις: χρησιμοποιεί και αξιοποιεί διδακτικά τις **ιδέες των μαθητών**. Όπως γράφει η Driver¹¹, τα παιδιά αναπτύσσουν ιδέες γύρω από τα φυσικά φαινόμενα, **προτού ακόμη διδαχθούν** Φ.Ε. Σε μερικές περιπτώσεις, αυτές οι ιδέες **διατηρούνται παράλληλα με τις επιστημονικές απόψεις** που διδάσκονται στα πλαίσια του μαθήματος των Φ.Ε. Τα παιδιά, από μικρή ηλικία αναπτύσσουν ιδέες ή εννοιολογικά σχήματα για το φυσικό κόσμο που τα περιβάλλει. Η μάθηση φαίνεται να λαμβάνει χώρα μέσα από την αλληλεπίδραση μεταξύ των εμπειριών και των ιδεών του μαθητή, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να ερμηνεύουν και να δίνουν νόημα σ' αυτές τις εμπειρίες. Με τον τρόπο αυτό, «οικοδομούν» ιδέες και προσδοκίες που έχουν σχέση με το πως τα αντικείμενα συμπεριφέρονται και κινούνται. Οι έρευνες δείχνουν ότι μερικές εναλλακτικές απόψεις είναι ίδιες με τις ιδέες που είχαν οι επιστήμονες σε παλαιότερες εποχές². Με την εποικοδομητική προσέγγιση η μάθηση στις Φ.Ε. γίνεται μια φυσική και λογική διαδικασία που συνδυάζει την κατανόηση των φυσικών εννοιών με την ανάπτυξη δεξιοτήτων στις επιστημονικές διαδικασίες και παράλληλα την απόκτηση επιστημονικής νοοτροπίας από τους μαθητές⁵.

Η Driver (1994), όπως μας πληροφορεί η Σολομωνίδου¹², συνοψίζει τις βασικές παραδοχές της εποικοδομητικής θεωρίας στα παρακάτω:

- Οι μαθητές δε θεωρούνται πλέον παθητικοί δέκτες, αλλά τελικοί υπεύθυνοι της δικής τους μάθησης.
- Η μάθηση εμπλέκει το μαθητή με ενεργό τρόπο στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η μάθηση προϋποθέτει την οικοδόμηση νοήματος και συμβαίνει συχνά μέσα από προσωπική διαπραγμάτευση.
- Η γνώση οικοδομείται με προσωπικό και κοινωνικό τρόπο. Το καθεστώς της γνώσης είναι λίγο προβληματικό. Μπορεί να αξιολογείται από το μαθητή ως προς το βαθμό που ταιριάζει με την υπάρχουσα εμπειρία του και είναι συνεπής με άλλες πλευρές της γνώσης του.

- Οι διδάσκοντες φέρνουν επίσης στις μαθησιακές καταστάσεις τις δικές τους ιδέες και αντιλήψεις. Μεταφέρουν όχι μόνο τη γνώση που έχουν για το αντικείμενο, αλλά και τις απόψεις τους για τη διδασκαλία και τη μάθηση και όλα αυτά επηρεάζουν τον τρόπο αλληλεπίδρασης με τα παιδιά μέσα στην τάξη.
- Η διδασκαλία δεν είναι μετάδοση της γνώσης, αλλά προϋποθέτει την οργάνωση καταστάσεων μέσα στην τάξη και το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων με τρόπο που να προωθούν την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης.

Το αναλυτικό πρόγραμμα αποτελεί ένα πρόγραμμα από μαθησιακές δραστηριότητες, υλικά και πηγές, μέσα από τα οποία οι μαθητές οικοδομούν τη γνώση.

Η Ζόγκζα συνοψίζει τα βασικά χαρακτηριστικά της εν λόγω θεωρίας στα εξής³:

- Η μάθηση είναι μια ενεργή διαδικασία.
- Η μάθηση είναι μια αλληλεπίδραση ιδεών και διαδικασιών.
- Η νέα γνώση οικοδομείται πάνω στην προηγούμενη γνώση.
- Η μάθηση διευκολύνεται όταν εγκαθίσταται σε πλαίσια που είναι οικεία και έχουν νόημα για τους μαθητές.
- Τα πολύπλοκα προβλήματα που έχουν πολλαπλές λύσεις διευκολύνουν τη μαθησιακή διαδικασία.
- Η μάθηση αποκτά ιδιαίτερη δυναμική όταν οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να συζητήσουν για τις ιδέες και τις διαδικασίες που εμπλέκονται σ' αυτήν.

Με λίγα λόγια η θεωρία του εποικοδομισμού στηρίζεται σε δύο βασικές αρχές. Η πρώτη βασική αρχή είναι πως η μάθηση δε γίνεται παθητικά, αλλά οικοδομείται ενεργά από το υποκείμενο. Αυτό σημαίνει πως, για την κατάκτηση της, απαιτείται η ενεργός συμμετοχή του υποκειμένου (μαθητή στην περίπτωση μας). Το υποκείμενο αλληλεπιδρά με τις νέες ιδέες και φαινόμενα, ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιεί την ήδη υπάρχουσα γνώση για να οικοδομήσει νέες γνωστικές δομές (εννοιολογική αλλαγή). Η δεύτερη αρχή είναι ότι η γνώση λειτουργεί προσαρμοστικά και υπηρετεί την οργάνωση των εμπειριών και όχι την ανακάλυψη της πραγματικότητας. Δε βρίσκουμε δηλαδή την αλήθεια, αλλά οικοδομούμε ερμηνείες των εμπειριών μας.

Εφαρμόζοντας τις αρχές του εποικοδομισμού στο σχολείο, το εκπαιδευτικό σύστημα παύει να είναι δασκαλοκεντρικό και ο δάσκαλος λειτουργεί ως διαμεσολαβητής για τη δόμηση της γνώσης σε μια κοινότητα μαθητών. Προτείνει ένα σύνολο εμπειριών και συμβάλλει στην ανάπτυξη των ιδεών του μαθητή, ώστε να κατευθυνθούν προς τις επιστημονικές ιδέες⁹. Ο δάσκαλος προκαλεί και συντονίζει συζητήσεις, επιλέγει τα κατάλληλα θέματα τα οποία θα προκαλέσουν εννοιολογική αλλαγή, ώστε οι γνώσεις να είναι πιο συμβατές με το αντίστοιχο επιστημονικό πρότυπο. Ενδιαφέρεται για το ευχάριστο κλίμα στην τάξη, ώστε να αισθανθούν οι μαθητές άνετα και να συμμετέχουν στις διαδικασίες². Στην υπόθεση της εποικοδόμησης της γνώσης, το λάθος είναι αποτέλεσμα των εναλλακτικών απόψεων των μαθητών, επειδή οι προϋπάρχουσες ιδέες τους αποδεικνύονται μη εφαρμόσιμες. Τα λάθη συνίστανται σε εννοιολογικά εμπόδια. Άλλωστε η γνώση σαν προσωπικό κατασκεύασμα, δεν είναι αντικειμενική, αλλά προσωπικά και κοινωνικά προσδιορισμένη⁵.

Ψυχολογικός εποικοδομισμός

Το έργο του Piaget ήταν αυτό που έθεσε τις βάσεις του ψυχολογικού εποικοδομητισμού. Γενικευμένα, η θεωρία του Piaget υπαγορεύει πως κάθε άνθρωπος κατασκευάζει τη γνώση του μέσω της δράσης του στο περιβάλλον στο οποίο ζει. Σύμφωνα με τον Piaget η νοητική ανάπτυξη του ατόμου αποκτά ποιοτικό χαρακτήρα και παύει να έχει ποσοτικό χαρακτήρα, δηλαδή να θεωρείται ως το αποτέλεσμα πρόσθετων εμπειριών. Όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, ο Piaget εισήγαγε τους όρους «αφομοίωση» και «προσαρμογή», ως δύο «μηχανισμούς» που λειτουργούν συμπληρωματικά για την απόκτηση της γνώσης. Σύμφωνα λοιπόν με την εποικοδομητική οπτική του Piaget, η αλληλεπίδραση του παιδιού με το φυσικό περιβάλλον διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στο να κατασκευάσει αναπαραστάσεις και σχήματα (γνωστικές δομές) ώστε να ερμηνεύσει τα φυσικά φαινόμενα. Υποστηρίζει, λοιπόν, πως στη μάθηση συμβάλλουν δύο δράσεις. Η αφομοίωση που σχετίζεται με την ερμηνεία των γεγονότων ανάλογα με το γνωστικό στάδιο και είναι η διαδικασία της χρησιμοποίησης ή της αλλαγής του περιβάλλοντος για να μπορεί να τοποθετηθεί σε προϋπάρχοντα νοητικά σχήματα και η προσαρμογή, που αναφέρεται στην αλλαγή της γνωστικής δομής για την κατανόηση του περιβάλλοντος⁷.

Κοινωνικός εποικοδομισμός

Ο κοινωνικός εποικοδομισμός του **Vygotsky** αποτελεί σήμερα ίσως τη σημαντικότερη όψη του εποικοδομισμού. Ήδη από το 1934, ο Vygotsky είχε επισημάνει τη σημασία της επίδρασης του κοινωνικού και πολιτισμικού περιβάλλοντος στη μάθηση και στη δημιουργία της γνώσης. Πρεσβεύει λοιπόν α) ότι οι προσωπικές εμπειρίες και η αλληλεπίδραση με το περιβάλλον και τους οργανισμούς εξωτερικεύονται με σήματα που αποκτούν νοήματα και σημασίες, από τις οποίες οικοδομούνται συστήματα γνώσης και β) ότι η γνωστική ανάπτυξη, που αποκτά προσωπική σφραγίδα, και η γλώσσα, ως ψυχολογικό εργαλείο, εξαρτώνται από την κοινωνική αλληλεπίδραση και κοινωνική πραγματικότητα αλλά και από την εσωτερική αναπτυξιακή ετοιμότητα που μπορεί να υποστηριχθεί με την εκπαίδευση⁶.

Η θεωρία του Vygotsky δεν εντοπίζει απλά το ότι ο άνθρωπος είναι ενεργός παράγοντας κατά τη διαδικασία κατασκευής της γνώσης του, αλλά αναδεικνύει ουσιαστικά τη σημασία που έχει για τη μάθηση η δύναμη της κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Ο ίδιος αναφέρει³: *«Κάθε λειτουργία στην πολιτισμική ανάπτυξη του παιδιού εμφανίζεται δύο φορές: πρώτα στο κοινωνικό επίπεδο και αργότερα στο ατομικό επίπεδο. Αυτό εφαρμόζεται το ίδιο στην εκούσια προσοχή, τη λογική μνήμη και στο σχηματισμό των νοητικών παραστάσεων των εννοιών. Όλες οι ανώτερες λειτουργίες έχουν την αρχή τους σε πραγματικές σχέσεις μεταξύ ατόμων»*.

Ριζοσπαστικός εποικοδομισμός

Ιδρυτής του ριζοσπαστικού εποικοδομισμού¹³ είναι ο von Glasersfeld, σύμφωνα με τον οποίο η γνώση αποτελεί αποκλειστικά τη διάταξη και την οργάνωση ενός κόσμου αποτελούμενου από τις εμπειρίες μας και σύμφωνα με τη δική μας ενεργή δραστηριότητα, αλλά δεν αντανακλά μια αντικειμενική πραγματικότητα. Από την παραπάνω άποψη του Glasersfeld προκύπτουν ορισμένες θέσεις που συνοψίζουν τη φιλοσοφία του⁵. Η γνώση δεν είναι για έναν κόσμο ανεξάρτητο από τον παρατηρητή, δημιουργείται σε ατομική βάση σε ένα ιστορικό και πολιτισμικό πλαίσιο και αναφέρεται σε προσωπική / ατομική εμπειρία παρά σε παγκόσμια / συλλογική.

Ο ριζοσπαστικός εποικοδομισμός επηρεάστηκε από τη θεωρία του T. Kuhn. Ο Kuhn υποστηρίζει πως η επιστήμη δεν προχωρά γραμμικά, αλλά από παράδειγμα σε παράδειγμα. Ο Kuhn απορρίπτει τη μονιμότητα της επιστημονικής γνώσης. Όταν οι

υπάρχουσες θεωρίες αδυνατούν να ερμηνεύσουν ορισμένα φαινόμενα, προκαλείται κρίση η οποία οδηγεί στη νέα γνώση.

Το μοντέλο της επικοινωνιακής προσέγγισης

Οι Driver και Oldham (1986) πρότειναν ένα μοντέλο επικοινωνιακής προσέγγισης στη μάθηση και στη διδασκαλία που περιλαμβάνει πέντε φάσεις: τη φάση του προσανατολισμού, της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών, της αναδόμησης των ιδεών, της εφαρμογής των νέων ιδεών και της ανασκόπησης. Ας δούμε αναλυτικά τη περιλαμβάνει η κάθε φάση².

Η **φάση του προσανατολισμού** είναι ουσιαστικά το ξεκίνημα της διδασκαλίας και απαιτεί σωστή οργάνωση, ώστε να τραβήξει την προσοχή και το ενδιαφέρον των μαθητών. Η διέγερση της περιέργειας του μαθητή σε αυτό το στάδιο είναι σημαντική⁸. Με την έναρξη του μαθήματος ο δάσκαλος εξηγεί στους μαθητές τι πρόκειται να επακολουθήσει ώστε να είναι ενήμεροι και να αφοσιωθούν καλύτερα στις δραστηριότητες που οι ίδιοι θα διεξάγουν. Αυτό μπορεί να γίνει με την παρατήρηση ενός φαινομένου ή την παρουσίαση μιας συλλογής αντικειμένων² κ.λπ.

Κατά τη **φάση της ανάδειξης των ιδεών** οι μαθητές εκφράζουν προφορικά ή γραπτά τις ιδέες τους. Εδώ οι μαθητές αποκαλύπτουν τις εντυπώσεις που τους δημιουργήθηκαν στην προηγούμενη φάση του προσανατολισμού και προσπαθούν να τις συσχετίσουν με προηγούμενες εμπειρίες τους. Ταυτόχρονα πρέπει να δομήσουν τις σκέψεις τους και να τις συγκρίνουν με τις απόψεις των συμμαθητών τους. Σε αυτή τη φάση η βοήθεια του δασκάλου είναι ιδιαίτερος σημαντική, καθώς ενθαρρύνει τους μαθητές να σκεφτούν και να αναπτύξουν κριτική σε αυτό που σκέφτονται. Από την άλλη, η εμπλοκή του δασκάλου στην ανάπτυξη των ιδεών των μαθητών δίνει την ευκαιρία και στον ίδιο να εμβαθύνει στις ιδέες αυτές και οι παρεμβάσεις του να είναι πιο αποτελεσματικές. Για να επιτευχθεί η ανάδειξη των ιδεών των μαθητών υπάρχουν αρκετοί τρόποι. Η Driver προτείνει το διάλογο ως μια εύκολη πρακτική που μπορεί να γίνει είτε σε εξατομικευμένη βάση είτε στη διάρκεια συζήτησης σε μικρές ομάδες. Άλλες πρακτικές μπορεί να είναι οι εργασίες, τα ερωτηματολόγια ή τα υποθετικά πειράματα, όπου οι μαθητές καλούνται να προβλέψουν τα αποτελέσματα κάποιων πειραμάτων που περιγράφονται στην τάξη².

Στη **φάση της αναδόμησης των ιδεών** οι μαθητές ενθαρρύνονται να ελέγξουν τις ιδέες τους με σκοπό να τις επεκτείνουν, να τις αναπτύξουν ή ακόμα και να αντικαταστήσουν

τις προϋπάρχουσες με άλλες. Αυτό που επιδιώκει ο διδάσκοντας εδώ είναι η οικειοθελής μετατόπιση των μαθητών από τις δικές τους ιδέες και προϋπάρχουσες γνώσεις σε νέες ιδέες, που είναι πλησιέστερες στο επιστημονικό πρότυπο⁵.

Στη **φάση της εφαρμογής** οι μαθητές καλούνται να συσχετίσουν όσα έμαθαν με τις εμπειρίες της καθημερινής τους ζωής. Οι μαθητές σε αυτή τη φάση αντιλαμβάνονται πως η νέα γνώση που απέκτησαν μπορεί να εφαρμοστεί στη λύση πραγματικών προβλημάτων. Σε αυτό το σημείο επιτυγχάνεται και η υιοθέτηση των νέων ιδεών, καθώς τα παιδιά αντιλαμβάνονται στην πράξη τη λειτουργικότητά τους. Πρέπει να επισημάνουμε εδώ πως η φάση της εφαρμογής είναι εξαιρετικά σημαντική, καθώς ο μαθητής έχει την ευκαιρία να εκτιμήσει την αξία της νέας γνώσης αλλά και να τη διατηρήσει.

Τέλος, στη **φάση της ανασκόπησης**, οι μαθητές θα πρέπει να συγκρίνουν τις αρχικές με τις νέες γνώσεις τους και να αναγνωρίσουν τη σπουδαιότητα όσων ανακάλυψαν². Στο σημείο αυτό οι μαθητές συνειδητοποιούν την πορεία της αλλαγής από την προϋπάρχουσα στη νέα γνώση. Η φάση αυτή βοηθά τα παιδιά να εκτιμήσουν την αξία των τελικών συμπερασμάτων στα οποία κατέληξαν. Αποτελεί περίπτωση αυτοελέγχου και συνειδητοποίηση της γνωστικής τους πορείας (**μεταγνώση**)⁸.

Εκτός από τα διδακτικά μοντέλα των Driver και Oldham και του Karplus που παρουσιάσαμε, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί και άλλα διδακτικά μοντέλα όπως των Osborne και Freyberg, Nussbaum και Novick, Erickson κ.α., το χαρακτηριστικό των οποίων είναι πως όλα είναι τριών φάσεων: ανάδειξη των ιδεών των μαθητών, δημιουργία εννοιολογικής σύγκρουσης, εφαρμογή νέων ιδεών⁵.

Το μοντέλο της εποικοδομητικής προσέγγισης παρουσιάζει κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα. Αρχικά η μάθηση αποτελεί μια λογική διαδικασία, η οποία δομείται κατά κύριο λόγο μέσα στη σχολική τάξη. Έτσι τα παιδιά αποκτούν πιο γρήγορα δεξιότητες και κριτική σκέψη. Υπάρχει σημαντική βελτίωση στη στάση των παιδιών για το μάθημα. Η εν λόγω προσέγγιση δίνει μεγάλη σημασία στο διάλογο μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών αλλά και μαθητών μεταξύ τους^{2,8}. Ο συχνός διάλογος με το διδάσκοντα και το γνήσιο ενδιαφέρον του για τις σκέψεις τους δημιουργεί αίσθημα ασφάλειας και αυτοεκτίμησης. Παιδιά με κοινωνικά προβλήματα ή προβλήματα συμπεριφοράς βελτιώνονται καθώς δε νιώθουν την ανάγκη να αμφισβητήσουν την επικρατούσα τάξη.

Η εποικοδομητική προσέγγιση παρουσιάζει όμως και κάποιες λειτουργικές αδυναμίες⁵ που συνοψίζονται στα εξής: η διδασκαλία απαιτεί περισσότερο χρόνο από την

παραδοσιακή προσέγγιση, προϋποθέτει εμπειρία μαθητών και διδασκόντων στη διενέργεια συζητήσεων, δεν πρέπει να γίνεται περιστασιακά σε ένα μόνο μάθημα, πολλοί δάσκαλοι δε γνωρίζουν το θεωρητικό πλαίσιο της, ενώ δεν υπάρχει αρκετό υλικό υποστήριξής της.

1.2 Διδασκαλία των Φ.Ε. - Επιστημονικός και Τεχνολογικός Εγγραμματισμός

Αν θελήσουμε να ορίσουμε τις Φ.Ε., θα λέγαμε⁸ ότι αποτελούν μια προσπάθεια του ανθρώπου να γνωρίσει την πραγματικότητα και παράλληλα το σώμα των γνώσεων που αποκτήθηκε από αυτήν την προσπάθεια. Στο σχολείο, η διδασκαλία των φυσικών επιστημών γίνεται με τρόπο ώστε να μπορέσουν οι μαθητές να γνωρίσουν βαθμιαία την επιστημονική γνώση. Η επίτευξη ενός τέτοιου σκοπού δεν είναι εύκολη και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Στη σημερινή εποχή μάλιστα οι μαθητές χρειάζεται να καταλάβουν το σώμα των γνώσεων των φυσικών επιστημών και παράλληλα να μάθουν να σκέφτονται κριτικά για να μπορούν να επαληθεύσουν και να μην αποδέχονται οτιδήποτε τους προσφέρεται. Ελεύθερος πολίτης που έχει το θάρρος της γνώμης του είναι ο ενημερωμένος πολίτης. Η εκπαίδευση στις Φ.Ε. αφορά το σύνολο της κοινωνίας και όχι μια μικρή μερίδα της. Ο επιστημονικός και τεχνολογικός εγγραμματισμός πρέπει να εντάσσεται στους σκοπούς της διδασκαλίας των Φ.Ε. Επιστημονικά και τεχνολογικά εγγράμματος θεωρείται κάποιος που μπορεί να χρησιμοποιεί τις έννοιες, τις δεξιότητες και τις αξίες της επιστήμης για να παίρνει τις καθημερινές του αποφάσεις και να αναγνωρίζει τις δυνατότητες, καθώς και τη χρησιμότητα της τεχνολογίας για την προαγωγή της ευημερίας του ανθρώπου, αλλά και την εισαγωγή νέων κινδύνων στον κόσμο. Συνήθως αναπτύσσει τις δεξιότητές του μέσω της άσκησης στην επίλυση προβλημάτων και τις εφαρμόζει σε πραγματικά προβλήματα της ζωής, λαμβάνοντας υπόψη την ηθική και τις κοινωνικές αξίες⁵.

Ερευνώντας το φυσικό κόσμο ο άνθρωπος απέκτησε έναν καινούριο τρόπο θεώρησης των πραγμάτων, τον επιστημονικό τρόπο σκέψης. Ο άνθρωπος παρατηρεί προσεκτικά, ερευνά τα αίτια και τα συσχετίζει με τα αποτελέσματα, παίρνει αποφάσεις που βασίζονται σε αντικειμενικά δεδομένα και όχι σε αυθεντίες, καμία γνώμη που δεν επαληθεύεται πειραματικά δε γίνεται αποδεκτή, όσο σπουδαίος και αν είναι αυτός που την εκφράζει. Ο επιστημονικά σκεπτόμενος έχει την ικανότητα να κάνει γενικεύσεις, εργαζόμενος συστηματικά και εφαρμόζει θεωρητικά συμπεράσματα για να κάνει προβλέψεις⁸.

Η έννοια του επιστημονικού εγγραμματισμού έχει αλλάξει κατά καιρούς με αποτέλεσμα και οι κατευθύνσεις του επιστημονικού αλφαριθμητισμού που επικράτησαν στην εκπαίδευση είναι ποικίλες. Αναφέρουμε ενδεικτικά τον ορισμό του επιστημονικού εγγραμματισμού σύμφωνα με την American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1989) ¹⁴:

Ο επιστημονικός εγγραμματισμός περιλαμβάνει το να είναι κανείς εξοικειωμένος με το φυσικό περιβάλλον και να το σέβεται · να είναι ενήμερος για μερικούς από τους σημαντικούς τρόπους που τα μαθηματικά, η τεχνολογία και οι Φ.Ε. εξαρτώνται το ένα από το άλλο · να κατανοεί μερικές από τις έννοιες και αρχές - κλειδιά των Φ.Ε. · να έχει την ικανότητα να σκέφτεται με επιστημονικό τρόπο · να γνωρίζει ότι οι Φ.Ε., τα μαθηματικά και η τεχνολογία είναι ανθρώπινες κατασκευές που έχουν ορισμένες δυνατότητες και περιορισμένα όρια · να είναι ικανός να χρησιμοποιεί επιστημονικές γνώσεις και τρόπους σκέψης για προσωπικές και κοινωνικές ανάγκες.

Επίσης, στο διεθνές ερευνητικό πρόγραμμα PISA^{15,16} (Programme for International Students Assessment) του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) το οποίο εξετάζει το επίπεδο επιστημονικού αλφαριθμητισμού που έχουν μαθητές των οικονομικά αναπτυσσόμενων χωρών που συμμετέχουν σε αυτό, ο επιστημονικός εγγραμματισμός αναφέρεται:

- *στην επιστημονική γνώση του μαθητή και στην ικανότητά του να χρησιμοποιεί αυτήν τη γνώση για να αναγνωρίζει τα επιστημονικά ζητήματα, να αποκτά νέα γνώση, να εξηγεί φαινόμενα με επιστημονικό τρόπο και να οδηγείται σε συμπεράσματα βασισμένα σε επιστημονικά τεκμήρια για θέματα σχετικά με τις Φ.Ε. και την Τεχνολογία. Η επιστημονική γνώση δεν περιορίζεται μόνο στη γνώση δεδομένων και ορισμών, αλλά υπονοεί κάτι πολύ περισσότερο από την ικανότητα ανάκλησης πληροφοριών, δεδομένων και ονομάτων. Εμπεριέχει τη γνώση του φυσικού κόσμου και των νόμων του (knowledge of science) καθώς επίσης και την επιστημονική γνώση (knowledge about science).*
- *Στην κατανόηση της επιστήμης ως μιας μορφής ανθρώπινης γνώσης και διερεύνησης. Γνώση και κατανόηση για τον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες συλλέγουν δεδομένα και προτείνουν επιστημονικές εξηγήσεις, αναγνωρίζοντας τα βασικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής έρευνας και το είδος των απαντήσεων που κάποιος μπορεί να περιμένει από την επιστήμη.*

- Στην επίγνωση του πως η επιστήμη και η τεχνολογία διαμορφώνουν το υλικό, πνευματικό και πολιτισμικό περιβάλλον. Η επιστήμη είναι μια ανθρώπινη προσπάθεια που επηρεάζει τόσο τα άτομα, όσο και τις κοινωνίες. Η επιστήμη και η τεχνολογία παίζουν έναν παράδοξο ρόλο στις σύγχρονες κοινωνίες, καθώς παρέχουν απαντήσεις σε ερωτήματα και λύσεις σε προβλήματα, αλλά παράλληλα πολλές φορές δημιουργούν ερωτήματα και προβλήματα.
- Στην προθυμία του για ενασχόληση και συμμετοχή ως ενεργού πολίτη σε ζητήματα που σχετίζονται με τις Φ.Ε. Υποδηλώνεται το διαρκές ενδιαφέρον, η σκέψη, η έκφραση άποψης αλλά και η ανάληψη δράσης για θέματα που σχετίζονται με την επιστήμη.

Έχουν επίσης πραγματοποιηθεί πολλές συζητήσεις και για την ηθική της επιστήμης. Είναι τα ευεργετήματα, στον τομέα της Οικονομίας ή της Υγείας, ικανά να κάμψουν τις αναστολές στην ηθική μιας ολόκληρης κοινωνίας; Για την κατανόηση τέτοιων ζητημάτων και την ικανότητα λήψης κατάλληλων αποφάσεων, απαιτείται οι πολίτες να έχουν υψηλό επιστημονικό εγγραμματισμό. Οι σημερινοί μαθητές και αυριανοί πολίτες πρέπει να λαμβάνουν υψηλό επίπεδο επιστημονικής βασικής εκπαίδευσης, ώστε να λάβουν υπεύθυνες αποφάσεις, για το αν θα δώσουν τη συγκατάθεσή τους στη χρήση νέων τεχνολογιών¹⁷. Εξάλλου, όπως αναφέρει η Μαυρικάκη¹⁸, ο Dreyfus υποστηρίζει ότι οι στάσεις μας απέναντι σε τέτοια θέματα δεν καθορίζονται μόνο από τις αξίες μας αλλά και από την επιστημονική μας κατάρτιση.

1.3 Η διδασκαλία της Βιολογίας

Ο άνθρωπος έχει την ικανότητα να παρατηρεί, να ερευνά και να αξιοποιεί την εμπειρία του. Εδώ και χιλιάδες χρόνια, εκμεταλλεύεται τις ιδιότητες ορισμένων οργανισμών για να βελτιώσει τη ζωή του. Καλλιεργεί φυτά και εκτρέφει ζώα με τη μέθοδο επιλεγμένων διασταυρώσεων, δημιουργώντας οργανισμούς με επιθυμητές ιδιότητες.

Η εκπαίδευση στη Βιολογία έχει περάσει από πολλά στάδια. Η παραδοσιακή αντιμετώπιση της Βιολογίας, ως εξειδικευμένου αντικειμένου, που απευθύνεται σε εκείνους τους μαθητές που προορίζονται για επιστήμονες, έχει ως εκπαιδευτικό στόχο το **τι γνωρίζω**. Δίνοντας έμφαση στις δεξιότητες της επιστημονικής μεθόδου, ο εκπαιδευτικός στόχος μετατοπίστηκε στο **τι είμαι ικανός να κάνω**. Αργότερα, καθώς η Βιολογία εισήγαγε θέματα υγείας και περιβάλλοντος, υπήρξε διεθνές ενδιαφέρον για τις

κοινωνικές επιπτώσεις των βιολογικών επιστημών και αλλαγή των στόχων στο **πώς μπορώ να δράσω**. Σήμερα, διαφαίνεται στροφή στην εκπαίδευση για τη δημιουργία πολιτών, που μπορούν να αποφασίζουν για θέματα που αναμένεται να επηρεάσουν όλους σχεδόν τους τομείς της ανθρώπινης ύπαρξης. Η εκπαίδευση στη Βιολογία γίνεται εκπαίδευση με τη Βιολογία³.

Σύμφωνα με το ελληνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα (2014)¹⁹, οι γενικοί στόχοι της διδασκαλίας της Βιολογίας στο Γυμνάσιο αφορούν τέσσερεις τομείς:

- 1) Κατανόηση βασικών εννοιών, διαδικασιών και γεγονότων
- 2) Μύηση σε ερευνητικές διαδικασίες και διεργασίες
- 3) Επικοινωνία και Συνεργασία, και
- 4) Σύνδεση με περιβάλλοντα της ζωής

Σε κάθε επίπεδο, οι στόχοι εξειδικεύονται με τρόπο ώστε η διδασκαλία να οδηγεί το μαθητή στην οικοδόμηση γνώσεων - σχετικών με έννοιες, φαινόμενα ή διαδικασίες - και στην απόκτηση δεξιοτήτων τις οποίες θα μπορεί να αξιοποιήσει για την περιγραφή, την ερμηνεία, την αξιολόγηση δεδομένων και τη διαμόρφωση προσωπικής άποψης για τη λειτουργία του, ως άτομο, στο πλαίσιο του κοινωνικού συνόλου.

Η μελέτη της Βιολογίας σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες, και φυσικά σε αυτές της Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης, αρθρώνεται με βάση τα βιολογικά συστήματα. Τα συστήματα αυτά, επειδή εξαρτώνται από πολυάριθμους παράγοντες, χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα δομής και υπάρχουν σε σχέση με ευρύτερα συστήματα των οποίων αποτελούν μέρος, δεν μπορούν να μελετηθούν μεμονωμένα αλλά ολιστικά. Το «σύστημα» επομένως το οποίο αποτελείται από καθορισμένα μέρη που αλληλεπιδρούν, δεν μπορεί παρά να αποτελεί θεμελιώδη έννοια στη διδασκαλία της Βιολογίας. Κατά τη μελέτη και τη διδασκαλία της Βιολογίας, είναι σημαντικός ο προσδιορισμός των μερών των συστημάτων αλλά και ο προσδιορισμός των σχέσεων «αλληλεξάρτησης» που αναπτύσσονται μεταξύ τους, καθώς και μεταξύ αυτών και του περιβάλλοντός τους.

Σκοπός της διδασκαλίας της Βιολογίας στο Γυμνάσιο - με το οποίο κλείνει ο κύκλος της υποχρεωτικής εκπαίδευσης - είναι να εξασφαλίσει στο μαθητή ένα επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων που θα του παρέχουν αφενός τη δυνατότητα να κατανοεί αυτά που συμβαίνουν στον οργανισμό του και στο περιβάλλον του και αφετέρου την ικανότητα να κρίνει, να αξιολογεί δεδομένα και να κάνει - ως πολίτης - συνειδητές επιλογές για θέματα της καθημερινής ζωής, που αφορούν τον ίδιο, αλλά και το κοινωνικό σύνολο στο οποίο ανήκει.

Τέλος, με τη διδασκαλία της Βιολογίας, επιδιώκεται η ευαισθητοποίηση του μαθητή σχετικά με τις συνέπειες που έχει η αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων. Ταυτόχρονα, προβληματίζεται για το μοντέλο ζωής του σύγχρονου ανθρώπου και πώς αυτό επιδρά στην ποιότητα της δικής του ζωής, στο περιβάλλον και στους υπόλοιπους οργανισμούς. Μέσα από τον προβληματισμό αυτό ο μαθητής θα αναπτύξει υπευθυνότητα και θα υιοθετήσει στάσεις και συμπεριφορές θετικές για το περιβάλλον. Πολύ περισσότερο, θέματα που αφορούν το γενετικό υλικό δεν μπορεί να είναι κεκτημένα μονάχα των εξειδικευμένων επιστημόνων. Για παράδειγμα, θα πρέπει να είναι ενημερωμένος για τη χρήση της τεχνολογίας του ανασυνδυασμένου DNA στους τομείς της υγείας και της γεωργίας και η δημιουργία γενετικά τροποποιημένων οργανισμών.

1.4 Η διδασκαλία της Γενετικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να προσδιοριστούν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στον τομέα της Γενετικής, σχετικά με τη φύση της γενετικής πληροφορίας αλλά και έννοιες όπως γονίδιο, χρωμόσωμα, DNA, τη μεταφορά της γενετικής πληροφορίας και τους μηχανισμούς με τους οποίους επιτελείται στα κύτταρα και σε όλους τους οργανισμούς η μετάφραση της γενετικής πληροφορίας.

Γενετικό υλικό - Διδακτέα ύλη

Πριν προχωρήσουμε στην παράθεση εναλλακτικών ιδεών που έχουν καταγραφεί σε θέματα Γενετικής και στη μεθοδολογία της έρευνας, κρίνουμε σκόπιμο να αναφέρουμε τι έχουν διδαχθεί οι μαθητές κατά τη φοίτησή τους στο Γυμνάσιο στα θέματα αυτά.

Το μάθημα της Βιολογίας διδάσκεται, ως ξεχωριστό γνωστικό αντικείμενο, τόσο κατά την Α' όσο και κατά τη Γ' Γυμνασίου.

Στην Α' Γυμνασίου το μάθημα της Βιολογίας διδάσκεται δύο ώρες εβδομαδιαίως. Περιλαμβάνει επτά κεφάλαια, από τα οποία δύο έχουν σχέση με την έρευνά μας²⁰.

- Το πρώτο κεφάλαιο ονομάζεται «Η οργάνωση της ζωής» και αναφέρεται στα χαρακτηριστικά των ζωντανών οργανισμών. Ακολουθεί η παρουσίαση του κυττάρου, της θεμελιώδους δομικής και λειτουργικής μονάδας των οργανισμών. Συνεχίζει με την οργάνωση των πολυκύτταρων οργανισμών, την ποικιλομορφία

και την ταξινόμηση των οργανισμών και ολοκληρώνεται με αλληλεπιδράσεις και μεταβολές στο κύτταρο

- Το έκτο κεφάλαιο ονομάζεται «Αναπαραγωγή». Σε αυτό το κεφάλαιο και σε ξεχωριστά υποκεφάλαια περιγράφονται οι διάφοροι τρόποι αναπαραγωγής των οργανισμών. Ξεκινά από τους μονοκύτταρους οργανισμούς, συνεχίζει με τα φυτά και τα ζώα, για να καταλήξει στον άνθρωπο. Μελετά το αναπαραγωγικό σύστημα και των δύο φύλων, καθώς επίσης την πορεία από τη γονιμοποίηση στη γέννηση.

Στην Γ' Γυμνασίου το μάθημα της Βιολογίας επίσης διδάσκεται δύο ώρες εβδομαδιαίως. Περιλαμβάνει επτά κεφάλαια, από τα οποία τρία έχουν σχέση με την έρευνά μας²¹.

- Το πρώτο κεφάλαιο ονομάζεται «Οργάνωση της ζωής - Βιολογικά συστήματα». Σε αυτό αναλύεται η οργάνωση της ζωής σε ατομικό, μοριακό και κυτταρικό επίπεδο. Επιπλέον, αναλύονται τα επίπεδα οργάνωσης της ζωής.
- Το πέμπτο κεφάλαιο ονομάζεται «Διατήρηση και συνέχεια της ζωής». Περιλαμβάνει έξι ενότητες, στις δύο πρώτες από τις οποίες βασίστηκε η παρούσα έρευνα. Οι ενότητες αυτές είναι:
 - 1) Η οργάνωση του γενετικού υλικού σε χρωμοσώματα,
 - 2) η ροή της γενετικής πληροφορίας (δομή νουκλεϊκών οξέων, αποθήκευση γενετικής πληροφορίας, αντιγραφή του DNA, μεταγραφή, μετάφραση - έκφραση της γενετικής πληροφορίας),
 - 3) τα αλληλόμορφα γονίδια,
 - 4) η κυτταρική διαίρεση (μίτωση και μείωση),
 - 5) η κληρονομικότητα και οι νόμοι του Μέντελ και
 - 6) οι μεταλλάξεις
- Το έκτο κεφάλαιο ονομάζεται «Γενετική Μηχανική και Βιοτεχνολογία». Αναφέρεται σε θέματα όπως η γενετική μηχανική, οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί και η γονιδιακή θεραπεία.

1.5 Καταγεγραμμένες εναλλακτικές ιδέες σε θέματα Γενετικής

Έχει ήδη αναφερθεί ότι κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση παίζουν οι ιδέες που έχουν τα παιδιά για τα φυσικά φαινόμενα πριν καν τα διδαχθούν στο σχολείο⁸. Τα παιδιά μέσω των αλληλεπιδράσεων (τρέχουσες γνώσεις) και μέσα από την κοινωνική επαφή (εμπειρίες) και τη γλώσσα, αρχίζουν να οικοδομούν ένα ευρύ φάσμα ιδεών για το πως λειτουργεί ο κόσμος. Σκοπός είναι να προβλέψουν και να ερμηνεύσουν ότι υποπίπτει στη αντίληψή τους. Οι εναλλακτικές απόψεις των μαθητών έχουν γενικότητα καθώς και διαχρονική ισχύ. Παιδιά διαφορετικής ηλικίας, αλλά και κουλτούρας, είναι δυνατό να έχουν παρόμοιες ιδέες. Είναι δε τόσο εδραιωμένες που είναι δυνατό να παραμείνουν όχι μόνο μετά τη διδασκαλία, αλλά και μετά την ενηλικίωσή τους. Οι ιδέες των μαθητών επηρεάζουν τη διαδικασία απόκτησης νέων εννοιών, γιατί ενεργούν ως δομή υποδοχής. Μπορεί να είναι επίμονες, ενώ συχνά είναι αντιφατικές, αλλά όχι λιγότερο σταθερές. Οι αντιλήψεις των παιδιών είναι συχνά διαφορετικές από το επιστημονικό πρότυπο. Οι ιδέες των παιδιών διαμορφώνονται με την επίδραση των αντιλήψεων των μεγάλων, των ΜΜΕ, την αλληλεπίδραση με άλλα παιδιά, τα σχολικά εγχειρίδια, ενώ σημαντικό ρόλο φαίνεται να παίζει η γλώσσα που χρησιμοποιείται από τους μεγάλους. Είναι πολύ πιθανό η ερμηνεία που ο μαθητής δίνει στις λέξεις να μην είναι εκείνη που είχε στο μυαλό του ο δάσκαλος ή ο συγγραφέας του σχολικού εγχειριδίου. Όταν η νέα γνώση είναι σε αντιδιαστολή με την αρχική άποψη του μαθητή, συχνά επιτείνεται η σύγχυση του, με αποτέλεσμα να προσκολλάται στην αρχική του άποψη και το μοντέλο επεξήγησης που χρησιμοποιούσε. Το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών, το οποίο περιλαμβάνει τις αρχικές **(προϋπάρχουσες) γνώσεις** τους και τις **εναλλακτικές τους ιδέες**, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα, στη πορεία προς τη γνώση. Και η προϋπάρχουσα γνώση και οι εναλλακτικές ιδέες, αντιστέκονται στην τροποποίηση και διατηρούνται **ακόμα και μετά τη διδασκαλία**. Έχει αποδειχθεί από μελετητές, ότι δεν φεύγουν εύκολα. Σε έρευνά τους, οι Lewis και Kattmann²² υποστήριξαν πως οι μαθητές φάνηκαν να έχουν ένα προϋπάρχον εννοιολογικό πλαίσιο για την κληρονομικότητα, που δημιουργήθηκε από την **καθημερινή αντίληψη** και το οποίο διέφερε από το επιστημονικό μοντέλο. Υπέθεσαν ότι πηγάζει από την κληρονομική υλικών αγαθών μεταξύ των γενεών. Οι μαθητές ερμήνευαν τη διδασκαλία με βάση τις καθημερινές τους εμπειρίες και όχι με βάση επιστημονικά δεδομένα.

Οι Stewart και Dale, όπως αναφέρει η Κυριακούδη¹⁰, υποστήριξαν πως, μερικές φορές, οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών μπορεί να εμφανίζονται **σαν αποτέλεσμα της διδασκαλίας**. Σε έρευνα²³ που αφορούσε την κατανόηση εννοιών Γενετικής

μαθητών ηλικίας 15-16 χρόνων, πριν και μετά τη διδασκαλία, σε κάποιες περιπτώσεις το ποσοστό των μαθητών που εμφάνιζε εναλλακτικές απόψεις αυξήθηκε μετά τη διδασκαλία της ενότητας.

Οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών, θα πρέπει να είναι γνωστές στον εκπαιδευτικό, ώστε να τις αναγνωρίζει πριν διδάξει τις έννοιες της Γενετικής. Όπως αναφέρει η Χαραλαμπίτου²⁴, αυτό έρχεται σε συμφωνία με την παρατήρηση του Ausubel ότι: «Ο πλέον σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη μάθηση είναι αυτό που ο μαθητευόμενος ήδη γνωρίζει. Διαπιστώστε τι είναι αυτό και διδάξτε τον ανάλογα».

Φύση της γενετικής πληροφορίας

Σε έρευνα των Lewis et al.²⁵ σε μαθητές στην Αγγλία και την Ουαλία με χρήση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων και στην έρευνα της Chattopadhyay²⁶ σε Ινδούς μαθητές με χρήση μέρους του παραπάνω ερωτηματολογίου, καταγράφηκε πως οι μαθητές δε διακρίνουν εύκολα τις διαφορές μεταξύ εννοιών, όπως γονίδια, χρωμοσώματα, γενετική πληροφορία και κύτταρο. Οι περισσότεροι μαθητές πιστεύουν πως **τα χρωμοσώματα βρίσκονται μόνο στους γαμέτες**. Επιπλέον πως **κάθε κυτταρικός τύπος έχει το δικό του γενετικό υλικό**, ενώ κανένας μαθητής **δεν απάντησε ότι οι γαμέτες διαφέρουν μέσα στον ίδιο οργανισμό**, λόγω του τυχαίου συνδυασμού των χρωμοσωμάτων κατά τη μείωση. Οι περισσότεροι μαθητές απάντησαν σωστά πως τα ωάρια και τα σπερματοζωάρια περιέχουν ακριβώς τη μισή ποσότητα χρωμοσωμάτων και πως ο νέος οργανισμός που θα προκύψει θα έχει τη διπλάσια ποσότητα. Πολλοί μαθητές **αγνοούν ότι το γονίδιο έχει φυσική υπόσταση** και συγκεκριμένη θέση μέσα στα κύτταρα.

Σε άλλες έρευνες²⁷ διαπιστώθηκε πως οι μαθητές πιστεύουν ότι τα γονίδια φτιάχνουν μωρά. Επιπλέον θεωρούν τους όρους **γονίδιο και χρωμόσωμα ταυτόσημους** αφού τους χρησιμοποιούν εναλλακτικά. Πιστεύουν ότι τα γονίδια είναι φτιαγμένα από χρωμοσώματα ή και τα χρωμοσώματα βρίσκονται στα γονίδια²⁵. Την εναλλακτική ιδέα πως τα γονίδια είναι μεγαλύτερα από τα χρωμοσώματα συμπέραναν και άλλοι ερευνητές²⁸ σε πρωτοετείς φοιτητές. Θεωρούν πως τα γονίδια βρίσκονται μόνο σε συγκεκριμένα όργανα ή ιστούς, ενώ πολλοί ανέφεραν το αναπαραγωγικό σύστημα του άνδρα, ενώ κανείς μαθητής δεν ανέφερε το αναπαραγωγικό σύστημα της γυναίκας²⁵. Εξάλλου έχουν την αντίληψη ότι τα γονίδια αποτελούνται από βιολογικά υλικά όπως πρωτεΐνες ή αμινοξέα²⁹.

Σε έρευνα των Banet και Ayuso²³, σε μαθητές 15-16 ετών, σε ερωτήσεις που αφορούσαν τη θέση της γενετικής πληροφορίας σε διαφορετικά κύτταρα του ίδιου οργανισμού, παρατήρησαν ότι πολλοί μαθητές πιστεύουν **πως οι γαμέτες έχουν μόνο φυλετικά χρωμοσώματα** και ότι μόνο οι γαμέτες περιέχουν γενετική πληροφορία. Επιπλέον, λίγοι μαθητές πιστεύουν πως **όλα τα κύτταρα ενός οργανισμού περιέχουν την ίδια γενετική πληροφορία**. Επίσης, θεωρούν ότι το χρωμόσωμα X καθορίζει το θηλυκό φύλο. Ταυτίζουν κάθε μεταφασικό χρωμόσωμα με το X (πιθανόν λόγω σχήματος)³⁰. Αυτό οδηγεί στο λανθασμένο συμπέρασμα πως τα χρωμοσώματα είναι πάντοτε διπλά, καθώς δεν έχουν γνώση του κυτταρικού κύκλου και των αλλαγών στη μορφή του γενετικού υλικού³.

Σε έρευνα της Marbach-Ad¹⁷ στο Ισραήλ και σε τέσσερις ομάδες μαθητών, φοιτητών και υποψήφιων εκπαιδευτικών, διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν η εναλλακτική ιδέα πως **το γενετικό υλικό είναι φτιαγμένο από πρωτεΐνες**, γιατί οι πρωτεΐνες αποτελούνται από 20 διαφορετικά αμινοξέα και αυτό προσδίδει μια τεράστια ποικιλία στα γονίδια. Σπάνια ανέφεραν ότι το γονίδιο αποτελείται από νουκλεοτίδια.

Άλλοι θεωρούν ότι το DNA περιέχεται μόνο σε ορισμένα κύτταρα, π.χ. τα κύτταρα του εγκεφάλου³⁰, και μόνο σε συγκεκριμένα μέρη του σώματος, συνηθέστερα στο αίμα²⁹.

Τέλος, οι μαθητές έχουν δυσκολία να διακρίνουν τα επίπεδα οργάνωσης της γενετικής πληροφορίας επειδή δεν κατανοούν τις σχέσεις μεταξύ δομών όπως γονίδιο, DNA, χρωμόσωμα κ.λπ. Δεν κάνουν τις συνδέσεις των πληροφοριών μεταξύ τους, με συνέπεια να μην υπάρχει ένα και μόνο **εννοιολογικό πλαίσιο**³¹. Και, καθώς απαιτείται κατανόηση σε **πολλαπλά επίπεδα οργάνωσης** των βιολογικών δομών³², δηλαδή να μπορούν να κάνουν συνδέσεις μεταξύ του μακροσκοπικού και του μικροσκοπικού επιπέδου, παρατηρούν βιολογικά γνωρίσματα στο μακρόκοσμο ενώ προσπαθούν να τα εξηγήσουν στο μικρόκοσμο.

Ορολογία

Οι έννοιες που έχουν να διαχειριστούν οι μαθητές είναι πολλές και δύσκολες με αποτέλεσμα να καταφεύγουν στην αποστήθιση των όρων. Έτσι, παρατηρήθηκε σύγχυση μεταξύ των εννοιών **ομόλογα χρωμοσώματα και αδελφές χρωματίδες**²³. Δεν αντιλαμβάνονται τις έννοιες **αλληλόμορφο, γονίδιο και ομόλογος**. Αντιστέκονται στην ιδέα πως ένα γονίδιο μπορεί να έχει περισσότερες από μια μορφές³³. Το ίδιο

συμβαίνει με όρους που μοιάζουν λεκτικά όπως **ομόλογος, ομόζυγος, ομοζυγωτικός**, καθώς είναι πολύπλοκη η ορολογία και δυσδιάκριτες οι διαφορές των όρων ή και των εννοιών³⁴. **Πριν την εξειδικευμένη διδασκαλία, γνωρίζουν τη λέξη γονίδιο** και λιγότερο συχνά τη λέξη χρωμόσωμα³⁵.

Και σε έρευνες σε ελληνικά σχολεία οι μαθητές, στην κυτταρική διαίρεση, συγχέουν τους όρους **διαίρεση, αντιγραφή, πολλαπλασιασμός**³⁶ αλλά και τους όρους **διαίρεση, διπλασιασμός, αναπαραγωγή και διαχωρισμός**¹⁰. Και στη δική μας έρευνα παρατηρήσαμε προβληματισμό των μαθητών στους όρους χρωματίνη, χρωμόσωμα και αδελφές χρωματίδες παρά το ότι όλοι αυτοί οι όροι αφορούν το γενετικό υλικό.

Μεταφορά της γενετικής πληροφορίας – Κληρονομικότητα

Οι Lewis et al.³⁷ αναφέρουν ότι πολλοί μαθητές έχουν την παρανόηση ότι **διαφορετικοί κυτταρικοί τύποι περιέχουν διαφορετική γενετική πληροφορία, διότι έχουν είτε διαφορετικές λειτουργίες**, είτε διαφορετική δομή είτε διαφορετική θέση στον οργανισμό και αυτό απαιτεί διαφορετική πληροφορία. Επειδή δεν γνωρίζουν για την **ύπαρξη «γονιδίων - διακοπών»** που ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται στα κύτταρα ανάλογα με τη λειτουργία τους, η ιδέα ότι τα κύτταρα με διαφορετική δομή και λειτουργία θα έχουν την ίδια γενετική πληροφορία, είναι αντίθετη στη διαισθητική τους αντίληψη. Και άλλες έρευνες^{23, 26} κατέληξαν πως πολύ λίγοι μαθητές πιστεύουν ότι όλα τα κύτταρα ενός οργανισμού περιέχουν την ίδια γενετική πληροφορία.

Οι μαθητές έχουν την αντίληψη πως τα χρωμοσώματα χρησιμεύουν για τον καθορισμό του φύλου. Πολλοί αγνοούν την ύπαρξη αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων στον άνθρωπο και τους υπόλοιπους οργανισμούς και φαίνεται να πιστεύουν ότι **όλα τα χρωμοσώματα είναι είτε Χ είτε Υ** και ότι υπάρχουν αρσενικά χρωμοσώματα που πάνε στα σπερματοζωάρια και θηλυκά χρωμοσώματα που πάνε στα ωάρια²² ή ότι τα φυλετικά χρωμοσώματα βρίσκονται μόνο στους γαμέτες²³. Αναφέρουν το DNA ως φορέα γενετικής πληροφορίας σε μεγαλύτερο βαθμό από γενιά σε γενιά παρά μέσα στο ίδιο οργανισμό¹⁷.

Θεωρούν την αντιγραφή του DNA προϋπόθεση για τη μεταγραφή και τη μετάφραση. Αντιστέκονται, νοητικά, στο γεγονός ότι, κατά τη μεταγραφή, απέναντι από τη θυμίνη του DNA τοποθετείται αδενίνη του RNA. Θεωρούν ότι το RNA είναι «έτοιμο» και όχι ότι

συντίθεται κατά τη διαδικασία της μεταγραφής. Αναφέρουν ότι κατά τη μεταγραφή και τη μετάφραση: «το RNA μεταγράφεται» και «το tRNA μεταφράζει»³⁰.

Στην έρευνα των Banet et al.²³ διαπιστώθηκε πως οι μαθητές δεν κατανοούν ότι όλα τα κύτταρα ενός οργανισμού προέρχονται από το ζυγωτό και κατά συνέπεια περιέχουν την ίδια γενετική πληροφορία, ενώ στην έρευνα των Lewis et al.²⁵ θεωρούν ότι κληρονομούνται όλα τα χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένης και της συμπεριφοράς και της προσωπικότητας.

Η πλειοψηφία δεν ξεχωρίζει τη **μίτωση και τη μείωση** ούτε και τους σκοπούς αυτών των τρόπων κυτταρικής διαίρεσης. Σύγχυση επικρατεί και αναφορικά με τη γονιμοποίηση και τους μηχανισμούς με τους οποίους συμβαίνει αυτή. Υπάρχει η αντίληψη³¹ ότι ο αριθμός των χρωμοσωμάτων που περιέχονται σε ένα κύτταρο σχετίζεται με την ηλικία ή την υγεία του κυττάρου, ενώ πιστεύουν ένα νέο κύτταρο, «καινούργιο και υγιές», θα έχει περισσότερα χρωμοσώματα από το «παλαιό και άρρωστο» κύτταρο από το οποίο προήλθε. Έλληνες ερευνητές¹⁰ κατέγραψαν σε μαθητές την αντίληψη ότι νέα κύτταρα, όπως το ζυγωτό αμέσως μετά τη γονιμοποίηση, θα έχουν μικρότερο αριθμό χρωμοσωμάτων, ο οποίος θα αυξηθεί στην πορεία ζωής του κυττάρου.

Στην κληρονόμηση των χαρακτηριστικών στους απογόνους υπάρχει η αντίληψη πως η συμμετοχή των γονέων είναι άνιση. Η μητέρα συνεισφέρει περισσότερο, αφού αυτή έχει στην κοιλιά της το παιδί και αυτή είναι που το ανατρέφει^{3, 25}. Η κληρονομικότητα των χαρακτηριστικών πιστεύουν ότι ευνοείται από το ίδιο φύλο: τα κορίτσια κληρονομούν από τη μητέρα και τα αγόρια από τον πατέρα^{2, 38}.

Οι οργανισμοί μπορούν να προσαρμοστούν σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Οι μαθητές θεωρούν πως αυτές οι προσαρμογές είναι κληρονομικές³⁸. Πιστεύουν ακόμα πως η παρατηρήσιμη ποικιλομορφία των οργανισμών οφείλεται μόνο σε περιβαλλοντικούς παράγοντες και επιπλέον πως τα επίκτητα χαρακτηριστικά κληρονομούνται².

Μετάφραση της γενετικής πληροφορίας

Οι μαθητές δεν κατανοούν το «Κεντρικό Δόγμα της Βιολογίας» σύμφωνα με το οποίο τα **γονίδια κωδικοποιούν πρωτεΐνες**, ενώ δεν μπορούν να συνδέσουν τις **πρωτεΐνες με τα χαρακτηριστικά** του οργανισμού. Χρειάζεται να γίνει διάκριση μεταξύ του γονιδίου

που κατέχει μια θέση στο χρωμόσωμα και της γενετικής πληροφορίας που είναι κωδικοποιημένη εντός του. Σε έρευνα των Venville και Treagust³⁹, φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει μαθήματα Γενετικής θεωρούσαν το γονίδιο ως ενεργό σωματίδιο που επηρεάζει τα χαρακτηριστικά με άγνωστο τρόπο ενώ στην έρευνα των Lewis και Kattman²², θεωρούσαν τα γονίδια ως μικρά σωματίδια που περιέχουν ένα χαρακτηριστικό σε μικρογραφία. Και στις δύο έρευνες οι μαθητές δεν διακρίνουν το γονίδιο από το χαρακτηριστικό που προσδιορίζει. Έχουν την αντίληψη πως τα γονίδια έχουν τα ίδια τις ιδιότητες του χαρακτηριστικού και πως ο γονότυπος μετατρέπεται κατευθείαν σε φαινότυπο. Δεν διακρίνουν δηλαδή με σαφήνεια τη διαφορά των εννοιών γονότυπος και φαινότυπος.

Επίσης κάποιοι δεν έχουν κατανοήσει τον τρόπο με τον οποίο τα γονίδια ή το DNA συνδέονται με τα χαρακτηριστικά των οργανισμών, μέσα από τη μετάφρασή τους σε πρωτεΐνες, ενώ από τις απαντήσεις τους προκύπτει ότι θεωρούν τα γονίδια ή τα χρωμοσώματα ασκούν επίδραση στη συμπεριφορά²⁵. Και σε άλλες έρευνες¹⁷, οι μαθητές αδυνατούσαν να διαχωρίσουν το μοριακό από το μακροσκοπικό επίπεδο, αφού συνέδεαν το γονίδιο με το χαρακτηριστικό και όχι με την πρωτεΐνη.

Σε έρευνά τους οι Duncan και Reiser³² σε μαθητές Λυκείου ηλικίας 14-15 ετών στις ΗΠΑ κατέληξαν πως οι μαθητές δεν είχαν κατανοήσει τη σχέση των πρωτεϊνών με τα γονίδια, ενώ επιπλέον αγνοούσαν τις διαφορετικές λειτουργίες των πρωτεϊνών. Επιπλέον οι μαθητές πιστεύουν ότι τα δομικά συστατικά των πρωτεϊνών, τα αμινοξέα, παράγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της πρωτεϊνσύνθεσης⁴⁰.

Παρουσιάζεται, λοιπόν, σε μαθητές πολλών διαφορετικών χωρών, μια αδυναμία κατανόησης της σύνδεσης μεταξύ του γονιδίου (γονότυπος), της πρωτεΐνης (μοριακός φαινότυπος) και του χαρακτηριστικού (φαινότυπος σε επίπεδο οργανισμού).

Οι Forissier και Clement⁴¹ σε έρευνά τους, μελέτησαν τη βιολογική ταυτότητα ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης γονότυπου και περιβάλλοντος. Πραγματοποίησαν δύο παράλληλες έρευνες: ανέλυσαν σχολικά εγχειρίδια και κατέγραψαν τις απόψεις των εκπαιδευτικών. Διαπίστωσαν πως τόσο τα σχολικά εγχειρίδια, όσο και εκπαιδευτικοί, χρησιμοποιούν το απλό ντετερμινιστικό σχήμα (**Γονότυπος** → **Φαινότυπος**). Ο ρόλος των αλληλεπιδράσεων μεταξύ γονότυπου και περιβάλλοντος για τον καθορισμό του φαινότυπου είτε απουσιάζει, είτε υποβαθμίζεται. Για να εξασθενήσει η ισχύς του μοντέλου γονότυπος → φαινότυπος πρότειναν τρία διαφορετικά μοντέλα. Μετά τη γνωστοποίηση των αποτελεσμάτων της έρευνας, η Εθνική Επιτροπή της Γαλλίας για

την κατάρτιση του Αναλυτικού Προγράμματος αποφάσισε να εστιάσει τη νέα διδασκαλία της Βιολογίας στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ γονότυπου και περιβάλλοντος.

Γενετική πληροφορία σε επίπεδο οργανισμού

Σε έρευνα των Banet και Ayuso²³, με χρήση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων σε μαθητές που είχαν ή δεν είχαν διδαχθεί Γενετική, περίπου το 25% των μαθητών δεν θεωρούσαν ότι τα **φυτά** είναι φτιαγμένα από κύτταρα ενώ, σε υψηλότερα ποσοστά οι μαθητές που είχαν διδαχθεί Γενετική, πίστευαν ότι τα φυτά δεν περιέχουν χρωμοσώματα και γονίδια. Επιπλέον, θεωρούσαν πως δεν αναπαράγονται αμφιγονικά. Σε έρευνα⁴² σε Έλληνες μαθητές, παρατηρήθηκε η αντίληψη ότι τα δέντρα δεν περιέχουν γενετική πληροφορία, περιέχουν όμως χρωμοσώματα, και ότι οι μύκητες δεν περιέχουν χρωμοσώματα αλλά περιέχουν γενετική πληροφορία. Επιπλέον, παρατηρήθηκε στους Έλληνες μαθητές η αντίληψη ότι στα φυτά δεν πραγματοποιείται μειωτική διαίρεση ως τρόπος δημιουργίας αναπαραγωγικών κυττάρων και ότι η σεξουαλική αναπαραγωγή συμβαίνει μόνο στα ζώα (και όχι στα φυτά) λόγω έλλειψης κατάλληλων αναπαραγωγικών οργάνων και έλλειψης κίνησης.

Άλλες έρευνες³¹ κατέληξαν στο συμπέρασμα πως πολλοί μαθητές αγνοούν τη συνεισφορά της αμφιγονικής αναπαραγωγής και την συνένωση των γαμετών για την ύπαρξη ποικιλομορφίας στους οργανισμούς.

Το πρόβλημα στην κατανόηση της ιδέας της κυτταρικής οργάνωσης των ζωντανών οργανισμών μπορεί να λειτουργεί ως εμπόδιο στην κατανόηση εννοιών Γενετικής. Ερευνητές^{3,7} καταγράφουν την άποψη ότι το περιεχόμενο της Γενετικής αυτής της βαθμίδας, δηλαδή μαθητών έως 15 ετών, πρέπει να αναφέρεται αποκλειστικά στην ανθρώπινη κληρονομικότητα για να κινητοποιηθούν οι μαθητές. Όταν στη διδασκαλία αναφέρονται παραδείγματα από την **κληρονομικότητα στον άνθρωπο**, οι μαθητές έχουν ισχυρότερο κίνητρο για μάθηση και θετικότερα αποτελέσματα στην κατανόηση των εννοιών Γενετικής, παρά όταν τα παραδείγματα αφορούν φυτά και ζώα.

Μετά από έρευνά τους, οι Knippels, Waarlo και Boersma⁴³ κατέληξαν σε μια πρόταση για τη διδασκαλία της αφηρημένης και πολύπλοκης φύσης της Γενετικής, η οποία ονομάζεται **στρατηγική διδασκαλίας και μάθησης (γιο-γιο)** και αποτελείται από τέσσερα κριτήρια:

- 1) Η διδασκαλία της γενετικής θα πρέπει να ξεκινήσει από το επίπεδο του οργανισμού που είναι εμφανές και το οποίο οι μαθητές αισθάνονται οικείο π.χ. οικογένεια. Βαθμιαία πρέπει να κατέβει προς το κυτταρικό επίπεδο. Εν τω μεταξύ, θα πρέπει συστηματικά να συμπεριληφθούν αναφορές για τα διαφορετικά επίπεδα των βιολογικών δομών.
- 2) Η σχέση ανάμεσα στη μείωση και την κληρονομικότητα θα πρέπει να δοθεί με σαφήνεια.
- 3) Οι δύο κύριες κατηγορίες κυττάρων, τα σωματικά (μίτωση) και τα γεννητικά (μείωση), θα πρέπει να διακρίνονται κατά τη διδασκαλία του κυτταρικού κύκλου.
- 4) Οι μαθητές πρέπει να εξερευνούν από μόνοι τους τις σχέσεις μεταξύ των επιπέδων των βιολογικών δομών, καθοδηγούμενοι από δομημένες μαθησιακές δραστηριότητες και τον καθηγητή ή ακόμη και χωρίς αυτόν.

Κλείνοντας την Εισαγωγή της μελέτης μας, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι τα συμπεράσματα των ερευνών που μόλις αναφέρθηκαν λήφθηκαν υπ' όψη κατά την κατασκευή του δικού μας Ερωτηματολογίου.

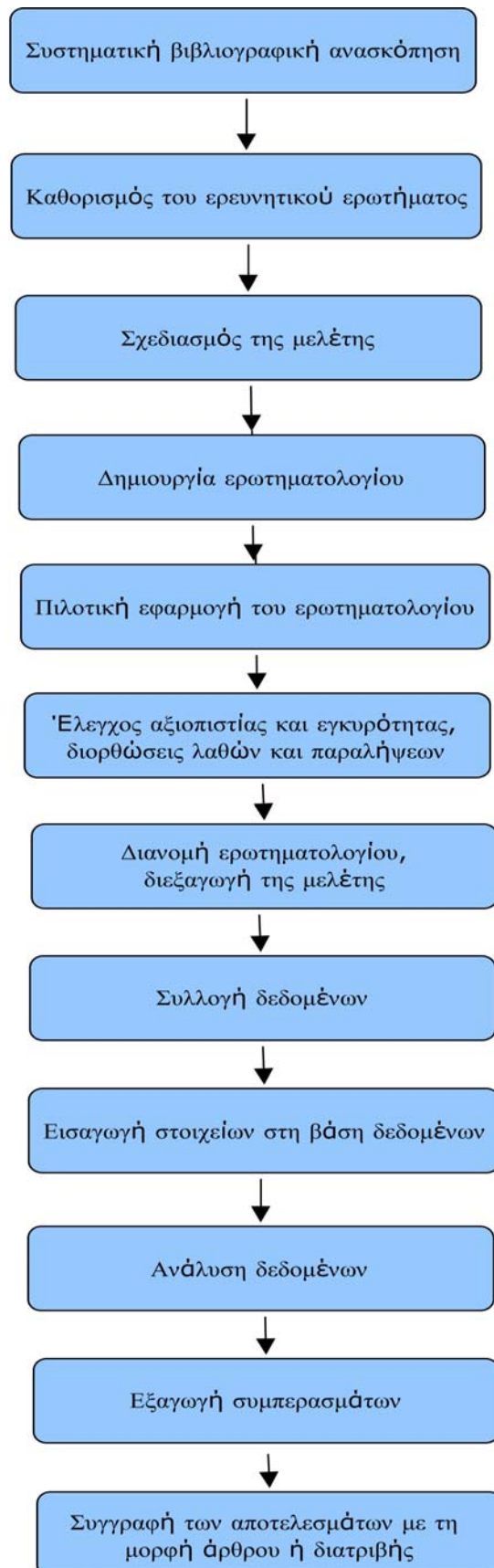
1.6 Σκοπός της μελέτης

Η πρόταση της εργασίας είναι να καταγράψει και να σχολιάσει τις γνώσεις και την κατανόηση των μαθητών / τριών της Γ' Γυμνασίου στις έννοιες της ροής της γενετικής πληροφορίας. Τα αποτελέσματα μιας τέτοιας έρευνας μπορούν να αναδείξουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στο συγκεκριμένο θέμα και πιθανόν να αποτελέσουν ένα ερέθισμα για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών.

Συγκεκριμένα στους αρχικούς στόχους της έρευνας περιλαμβάνουμε:

- Να διερευνηθούν οι γνώσεις των μαθητών καθώς και οι εναλλακτικές τους ιδέες.
- Να διερευνηθεί η τυχόν έλλειψη προαπαιτούμενων γνώσεων. Η ανάλυση της προϋπάρχουσας γνώσης μπορεί να δώσει χρήσιμα στοιχεία για τον τρόπο που κατανοούν τις επιστημονικές έννοιες οι μαθητές.
- Να διερευνηθεί η τυχόν ύπαρξη γλωσσικών δυσκολιών στην κατανόηση των βιολογικών εννοιών.
- Να διερευνηθεί το σχολικό εγχειρίδιο, δεδομένου ότι η χρήση αποκλειστικά του εγχειριδίου μπορεί να είναι αιτία παρανοήσεων.

Τα προβλεπόμενα διαδοχικά στάδια της εργασίας φαίνονται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1: Τα βασικά βήματα της διεξαγωγής της ερευνητικής εργασίας

Η παρούσα έρευνα αναλυτικότερα περιλαμβάνει (α) επισκόπηση των γνώσεων των μαθητών του δείγματος σε σχέση με τη Γενετική, (β) συσχέτιση αυτών των γνώσεων τόσο μεταξύ τους, όσο και με μια σειρά άλλων μεταβλητών όπως το φύλο, η αυτοαξιολόγηση, η επιρροή από το οικογενειακό περιβάλλον, το σχολείο φοίτησης και η χρονική περίοδος διδασκαλίας. Πρόκειται, επομένως, για μια δειγματοληπτική έρευνα η οποία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως:

(α) διερευνητική - περιγραφική με ποιοτικές και ποσοτικές μεταβλητές^{44, 45}

(β) συναφειακή ή έρευνα συσχέτισης, διότι προσπαθεί να ανακαλύψει και να ερμηνεύσει τη συσχέτιση μεταξύ μεταβλητών⁴⁴.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μεθοδολογία της Έρευνας

2.1 Το εργαλείο συλλογής δεδομένων (Ερωτηματολόγιο)

2.1.1 Σχεδιασμός του Ερωτηματολογίου

Στα πλαίσια της ανάπτυξης ενός διαγνωστικού εργαλείου, τόσο για τον έλεγχο της κατανόησης των εννοιών της ροής της γενετικής πληροφορίας, όσο και για την ανίχνευση πιθανόν εναλλακτικών αντιλήψεων, αποφασίσαμε το εργαλείο αυτό να είναι ένα Ερωτηματολόγιο. Η πολυπλοκότητα και οι συσχετίσεις εννοιών, καθώς και ο μεγάλος αριθμός τους, μας οδήγησε στην άποψη πως θα καλύπταμε με επάρκεια, πληρότητα και ακρίβεια την εξεταζόμενη ύλη, με κυρίως κλειστού τύπου ερωτήσεις και λίγες ανοικτού.

Για να επιτευχθεί υψηλή εγκυρότητα περιεχομένου, το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο συντάχθηκε αφού, όπως αναφέρθηκε, μελετήθηκαν διεθνείς μελέτες και ελήφθησαν υπόψη βιβλιογραφικές αναφορές^{10, 23, 25, 31, 35, 36, 37, 46, 47, 48, 49, 50}. Μετά τη μελέτη των ήδη δημοσιευμένων σταθμισμένων τεστ, καταλήξαμε στη δημιουργία μιας τράπεζας ερωτήσεων, με στόχο να αντιπροσωπεύει όλες τις διαφορετικές συνιστώσες του προς διερεύνηση θέματος. Καταλήγοντας, αποφασίσαμε να σχηματίσουμε ένα νέο ερωτηματολόγιο, το οποίο να είναι στοχευμένο στην ελληνική πραγματικότητα. Γι' αυτό το λόγο λάβαμε επίσης υπόψη: το Αναλυτικό Πρόγραμμα, το ωρολόγιο πρόγραμμα, το εγχειρίδιο μαθητή και το εγχειρίδιο καθηγητή.

Με βασικό μας άξονα το **Εγχειρίδιο του Μαθητή** της Γ' Γυμνασίου²¹, καταλήξαμε στην καταγραφή όλων των εννοιών και των μεταξύ τους σχέσεων που αφορούν τις ενότητες:

- 5.1 Το γενετικό υλικό οργανώνεται σε χρωμοσώματα και
- 5.2 Η ροή της γενετικής πληροφορίας: Η δομή των νουκλεϊκών οξέων - Αποθήκευση της γενετικής πληροφορίας. Αντιγραφή του DNA - Διατήρηση και μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας. Μεταγραφή, μετάφραση - Έκφραση της γενετικής πληροφορίας.

Επίσης: Στο **Αναλυτικό Πρόγραμμα**¹ εντοπίσαμε τους στόχους που πρέπει να κατανοήσει ο μαθητής και οι οποίοι ήταν ιδιαίτερα αναλυτικοί.

Στο **Ωρολόγιο Πρόγραμμα**⁵¹ επικυρώσαμε τις έννοιες γύρω από τις οποίες δομείται η διδασκαλία, καθώς και τους γενικότερους διδακτικούς στόχους.

Στο **Εγχειρίδιο του Καθηγητή**³⁰ καταγράψαμε ξεχωριστά για κάθε μια από τις ενότητες 5.1 και 5.2 τους γενικούς και τους ειδικούς διδακτικούς στόχους. Επιπλέον, αναγνωρίσαμε και καταγράψαμε τις αναφερόμενες εναλλακτικές ιδέες (προαντιλήψεις, παρανοήσεις, αντιστάσεις) των μαθητών.

Αρχικά μας απασχόλησαν οι προηγούμενες έννοιες, ως προαπαιτούμενες γνώσεις. Στο σχολικό εγχειρίδιο καταγράφονταν οι εξής:

- Επίπεδα οργάνωσης των πολυκύτταρων οργανισμών (από το κύτταρο στον οργανισμό, κυτταρική διαφοροποίηση)
- Πρωτεΐνες - Νουκλεϊκά οξέα
- Αναπαραγωγή.

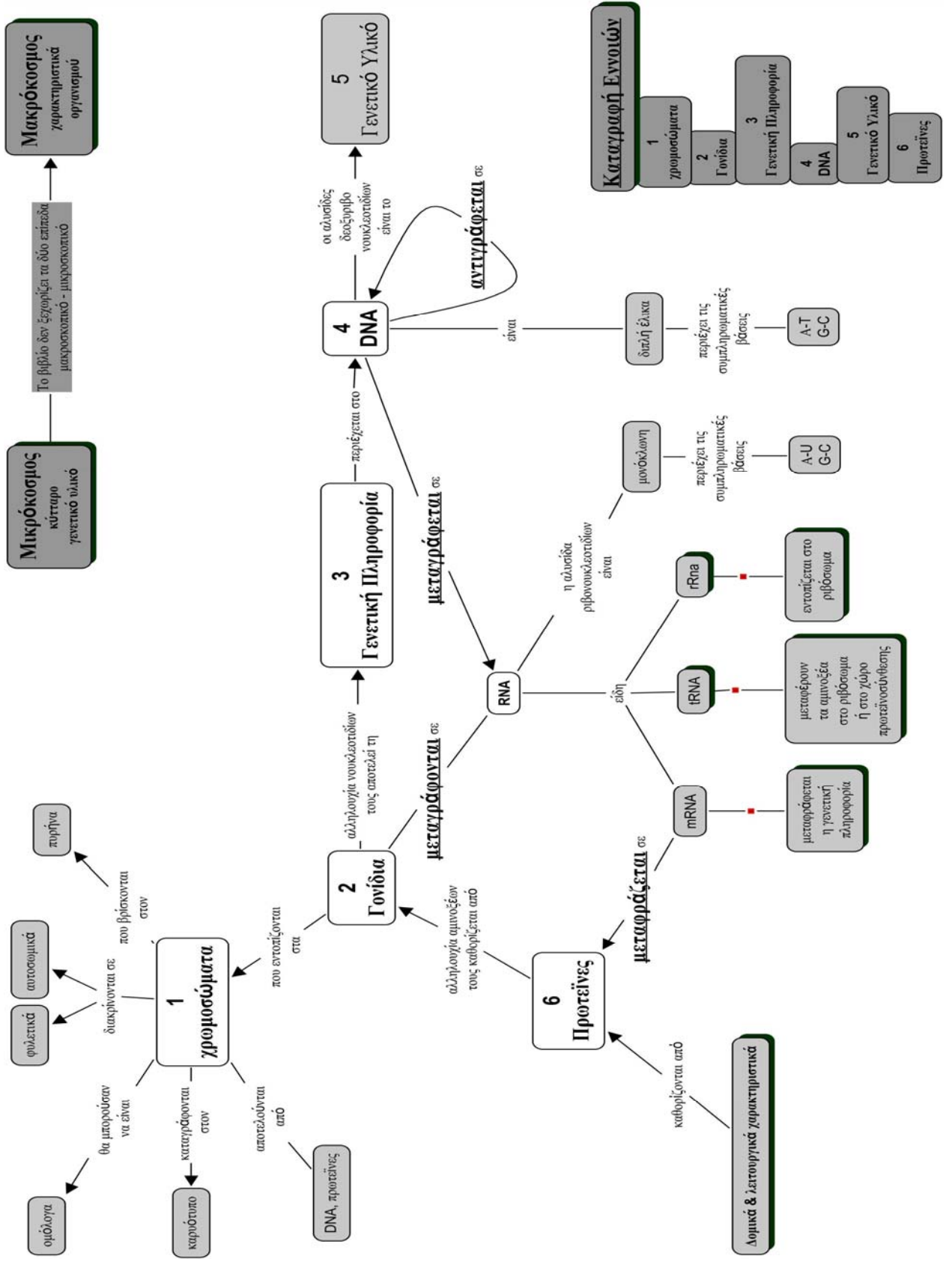
Καταλήξαμε πως οι προηγούμενες γνώσεις - έννοιες που θα έπρεπε να κατέχουν οι μαθητές και που θα μας απασχολήσουν στο παρόν ερωτηματολόγιο, θα είναι οι παρακάτω:

- αμινοξέα - πρωτεΐνες
- νουκλεοτίδια - νουκλεϊκά οξέα
- όλα τα κύτταρα περιέχουν γενετικό υλικό.

Με βάση όλα τα ανωτέρω, αποφασίσαμε ποιες είναι οι βασικές έννοιες, πως σχετίζονται αυτές μεταξύ τους, ποια είναι η διαδοχή / σειρά των εννοιών, ποια είναι η αλληλεξάρτηση των επιμέρους εννοιών, πόσες επιστημονικές έννοιες θα μετρήσουμε, πώς θα διατυπώσουμε τις τελικές ερωτήσεις. Αποφασίσαμε να μη συμπεριλάβουμε τις έννοιες απλοειδείς - διπλοειδείς οργανισμοί και γενετικός κώδικας.

2.1.2 Επιστημονικά αποδεκτές θέσεις (Statements) - Εννοιολογικοί χάρτες

Μετά τη συλλογή των εννοιών, καταλήξαμε σε μια συνολική καταγραφή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, καταγράψαμε τις έννοιες και τους ορισμούς τους στις επιστημονικά αποδεκτές θέσεις (statements), όπως παρουσιάζονται στο παράρτημα Ι, και κατασκευάσαμε εννοιολογικούς χάρτες που καθιστούν φανερές τις προαναφερόμενες αλληλεξαρτήσεις⁵². Στο σχήμα 2 εμφανίζεται ένας συνολικός εννοιολογικός χάρτης.



Σχήμα 2: Συγκεντρωτικός εννοιολογικός χάρτης

2.1.3 Η κατασκευή του ερωτηματολογίου

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή του ερωτηματολογίου είχε ως κύριο κατευθυντήριο άξονα την κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με τη ροή της γενετικής πληροφορίας. Επίσης φροντίσαμε οι αναμενόμενες απαντήσεις να βρίσκονται σε πλήρη αντιστοίχιση με τις επιστημονικά αποδεκτές θέσεις. Επιλέχθηκαν, κατά κύριο λόγο, ερωτήσεις σωστού - λάθους και πολλαπλής επιλογής, επειδή¹³:

1. Συμπληρώνονται εύκολα και γρήγορα,
2. παρουσιάζουν ευελιξία στην κατασκευή, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η κάλυψη ευρείας κλίμακας θεμάτων σε σύντομο χρονικό διάστημα,
3. είναι αντικειμενικές στη βαθμολογία και άρα πιο αξιόπιστες,
4. είναι εύκολη η κωδικοποίηση τους και η στατιστική τους επεξεργασία,
5. είναι ιδανικές για μαθητές που κατέχουν το αντικείμενο, αλλά δεν είναι καλοί στο να γράφουν,
6. ενδείκνυνται όχι μόνο για τον έλεγχο γνώσεων, αλλά και άλλων γνωστικών λειτουργιών, όπως η κατανόηση, η εφαρμογή και η αξιολόγηση.

Το ερωτηματολόγιο στην πρώτη του μορφή δόθηκε δοκιμαστικά⁵³ σε 42 μαθητές της Γ' Γυμνασίου στο 6^ο Γυμνάσιο Νέου Κόσμου, το Μάρτιο του 2013. Αρχικά, εξετάστηκε η ανταπόκριση που είχε το ερωτηματολόγιο, καθώς επίσης και ο απαιτούμενος χρόνος για τη συμπλήρωσή του. Στη συνέχεια έγινε έλεγχος της σαφήνειας των ερωτήσεων και των οδηγιών συμπλήρωσης⁴⁸. Υπολογίστηκε η τιμή του συντελεστή αξιοπιστίας α του Cronbach και βρέθηκε 0,704. Επειδή ο συντελεστής άλφα είναι μεγαλύτερος του 0,7, το ερωτηματολόγιο διαθέτει καλή αξιοπιστία. Κατόπιν εντοπίστηκαν ατέλειες και πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες αλλαγές του ερωτηματολογίου. Το τελικό ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από τους μαθητές του σχολείου - δείγματος, το πρώτο δεκαήμερο του Απριλίου του 2013. Το πιλοτικό δείγμα δεν συμμετείχε στη συνέχεια της έρευνας.

2.1.4 Το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο που κατασκευάσαμε και χρησιμοποιήσαμε ως εργαλείο συλλογής δεδομένων στην έρευνα είχε, στην τελική του μορφή 23 ερωτήσεις και παρουσιάζεται στο Παράρτημα II. Κάποιες από τις ερωτήσεις είναι ανάκληση γνώσεων (δηλωτικές) και

κάποιες είναι κατανόησης. Αν εξαιρέσουμε τις δημογραφικές ερωτήσεις (φύλο, επιρροή οικογένειας, αυτοχαρακτηρισμός απόδοσης) και την χρονική περίοδο διδασκαλίας του κεφαλαίου της Γενετικής, οι ερωτήσεις είναι οργανωμένες στα εξής μέρη:

- Α μέρος: 8 ερωτήσεις σωστού - λάθους (κλειστού τύπου)
- Β μέρος: 10 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (κλειστού τύπου)
- Γ μέρος: 1 ερώτηση διάταξης (κλειστού τύπου)
- Δ μέρος: 1 ερώτηση αιτιολόγησης (ανοικτού τύπου)
- Ε μέρος: 3 ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού (κλειστού τύπου).

Οι ερωτήσεις σωστού - λάθους σχεδιάστηκαν με κλίμακα απαντήσεων «Ναι, Όχι, Δε γνωρίζω». Χρησιμοποιήσαμε την απάντηση «Δε γνωρίζω» για να αποφύγουμε τυχαίες απαντήσεις. Έτσι, αφενός θα μπορούσαμε να εξασφαλίσουμε μεγαλύτερη αξιοπιστία και, αφετέρου, θα μπορούσαμε να κάνουμε συσχετίσεις, κατά το δυνατόν, με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής κατέχουν μεγάλο μέρος του ερωτηματολογίου. Αποτελούν το εγκυρότερο είδος ερωτήσεων αντικειμενικού τύπου⁴⁴. Μια από αυτές χωρίζεται σε δυο επιμέρους ερωτήσεις που συνδέονται νοηματικά.

Η ερώτηση ανοικτού τύπου έπεται μιας ομάδας τριών ερωτήσεων σωστού - λάθους. Η επιλογή της ήταν σημαντική, επειδή μας δίνει τη δυνατότητα ανίχνευσης των αυθόρμητων αιτιολογήσεων των επιλογών των μαθητών.

Στην τελική του μορφή, το Ερωτηματολόγιο, είχε τις ερωτήσεις ανακατεμένες, με τρόπο όμως που εύκολα θα μπορούσαν να ομαδοποιηθούν από εμάς. Στον πίνακα 1 καταγράφονται τέσσερις ενότητες ερωτήσεων και οι επιμέρους ερωτήσεις που περιλαμβάνουν. Υπάρχουν ερωτήσεις που αφορούν συγκεκριμένη θεματική υποενότητα, που είναι συμπληρωματικές ή που ρωτούν το ίδιο πράγμα με άλλο τρόπο. Επιπλέον κάποιες ερωτήσεις, αν και ανήκουν σε διαφορετικές επιστημονικές ενότητες, συνδέονται λογικά μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο, το ερωτηματολόγιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω ανάλυση και συγκρίσεις των απαντήσεων του μαθητή σε ερωτήσεις συμπληρωματικές ή συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η αντιστοίχιση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου με τις επιστημονικά αποδεκτές θέσεις βρίσκεται στο Παράρτημα II.

Πίνακας 1: Ομαδοποίηση ερωτήσεων

Ενότητα ερωτήσεων	Ερωτήσεις
Δομή του DNA	6, 7, 11, 15, 21, 22, 23γ
Ροή της γενετικής πληροφορίας	5, 9, 16, 17, 18
Γενετικό υλικό	1, 2, 3, 4, 8, 10, 12, 13α,β, 14, 20α,β,γ, 23α,β
Επίπεδα οργάνωσης	19

2.1.5 Αξιοπιστία και εγκυρότητα του ερωτηματολογίου

Δύο πολύ σημαντικές παράμετροι στην κατασκευή ενός ερωτηματολογίου είναι ο **έλεγχος αξιοπιστίας** και ο **έλεγχος εγκυρότητας του ερωτηματολογίου**. Η αξιοπιστία δείχνει το βαθμό της σταθερότητας των μετρήσεων του εργαλείου, με άλλα λόγια τη συνέπεια ή την επαναληψιμότητά τους, ενώ η εγκυρότητα δείχνει κατά πόσο το εργαλείο μετράει αυτό για το οποίο το χρησιμοποιούμε^{45, 53, 54}.

Ο όρος αξιοπιστία (reliability)⁵⁵ σημαίνει ότι, όταν επαναλάβουμε τη μέτρηση στο ίδιο άτομο, θα έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα ή περίπου το ίδιο. Οι ατομικές διαφορές μπορούν να αποδοθούν είτε σε πραγματικές διαφορές των χαρακτηριστικών που εξετάζουμε, είτε σε τυχαία σφάλματα.

Στην παρούσα έρευνα έγινε έλεγχος της αξιοπιστίας του εργαλείου συλλογής δεδομένων ως προς την εσωτερική του συνέπεια⁵⁶ (internal consistency reliability) με χρήση του συντελεστή αξιοπιστίας α του Cronbach. Η τιμή του συντελεστή αξιοπιστίας α του Cronbach για το ερωτηματολόγιο στο σύνολό του όπως καταγράφεται στο πίνακα 2, βρέθηκε να είναι 0,780. Επειδή η τιμή του συντελεστή είναι μεγαλύτερη του 0,7 συμπεραίνουμε⁵⁷ πως το ερωτηματολόγιο μας είναι ικανοποιητικό ως προς την αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας. Οι αιτιολογήσεις των μαθητών στην ερώτηση ανοικτού τύπου, δεν συμπεριλήφθηκαν στον υπολογισμό της αξιοπιστίας του ερωτηματολογίου.

Πίνακας 2: Συντελεστής αξιοπιστίας α του Cronbach για το ερωτηματολόγιο

Cronbach's Alpha	N of Items
,780	28

Από τον πίνακα 3 παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει κάποια ερώτηση, η διαγραφή της οποίας θα μας έδινε σημαντικά υψηλότερη τιμή στον συντελεστή αξιοπιστίας α του Cronbach. Δεν υπάρχει μεγάλη διακύμανση μεταξύ των τιμών α Cronbach όταν αφαιρεθεί μια ερώτηση. Αυτό μας επιτρέπει με σιγουριά να συνεχίσουμε, με όλες τις ερωτήσεις, την επεξεργασία των δεδομένων.

Πίνακας 3: Συντελεστής αξιοπιστίας α του Cronbach όταν αφαιρεθεί μια ερώτηση

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item - Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Αξιολόγηση 1	18,56	19,646	,281	,775
Αξιολόγηση 2	18,77	19,383	,281	,775
Αξιολόγηση 3	18,40	20,364	,213	,778
Αξιολόγηση 4	18,43	19,960	,325	,774
Αξιολόγηση 5	18,68	19,674	,228	,778
Αξιολόγηση 6	18,79	19,805	,181	,781
Αξιολόγηση 7	18,88	19,856	,169	,781
Αξιολόγηση 8	18,46	20,082	,232	,777
Αξιολόγηση 9	18,53	19,513	,341	,772
Αξιολόγηση 10	18,64	19,308	,331	,772
Αξιολόγηση 11	18,79	19,386	,278	,775
Αξιολόγηση 12	18,66	19,291	,329	,772
Αξιολόγηση 13α	18,62	19,072	,402	,768
Αξιολόγηση 13β	18,79	19,700	,205	,779
Αξιολόγηση 14	18,44	19,739	,387	,772
Αξιολόγηση 15	18,61	19,086	,402	,768
Αξιολόγηση 16	18,44	19,950	,301	,774
Αξιολόγηση 17	18,63	19,565	,270	,775
Αξιολόγηση 18	18,68	19,872	,180	,780
Αξιολόγηση 19ι	19,10	19,344	,351	,771
Αξιολόγηση 20α	18,53	19,259	,414	,769
Αξιολόγηση 20β	18,91	19,812	,181	,781
Αξιολόγηση 20γ	18,51	19,520	,357	,771
Αξιολόγηση 21	18,77	19,234	,316	,773
Αξιολόγηση 22	18,45	19,902	,300	,774
Αξιολόγηση 23α	18,47	19,897	,286	,775
Αξιολόγηση 23β	18,78	18,702	,443	,766
Αξιολόγηση 23γ	18,83	18,511	,486	,763

Η εγκυρότητα (validity) δείχνει κατά πόσο το μετρικό εργαλείο - και κατά συνέπεια οι μετρήσεις που μας δίνει - μετρά αυτό για το οποίο το χρησιμοποιούμε. Επίσης μας πληροφορεί για το είδος των συμπερασμάτων που μπορούν να προκύψουν από τις μετρήσεις μας.

Η εγκυρότητα περιεχομένου (content validity) αναφέρεται στο βαθμό στον οποίο ένα όργανο μέτρησης καλύπτει με επάρκεια, πληρότητα και ακρίβεια, όλη τη συμπεριφορά που επιδιώκεται να μετρηθεί^{44, 53}. Στην παρούσα έρευνα, το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου αξιολογήθηκε από την επιβλέπουσα Καθηγήτρια, η οποία έκρινε ικανοποιητικό το βαθμό στον οποίο οι ερωτήσεις αντιπροσωπεύουν την υπό μελέτη περιοχή. Θεώρησε δηλαδή ότι οι ερωτήσεις που χρησιμοποιεί ο ερευνητής στο ερωτηματολόγιο, είναι ικανές να μετρήσουν αυτό που θέλει να μελετήσει, ότι δεν έχει αφήσει σημαντικά πράγματα «εκτός» και δεν έχει συμπεριλάβει μη σημαντικά.

Για την αξιολόγηση του Ερωτηματολογίου απευθυνθήκαμε σε ειδικούς. Οι ειδικοί αυτοί ήταν, μια επίκουρη καθηγήτρια Πανεπιστημίου και τέσσερις εκπαιδευτικοί Μέσης Εκπαίδευσης. Από τους εκπαιδευτικούς, μια ήταν κάτοχος μεταπτυχιακού τίτλου και μια διδακτορικού τίτλου, αμφότεροι στη Διδακτική. Τους δόθηκε ενημερωτικό φυλλάδιο με τους σκοπούς και στόχους της ερευνητικής εργασίας, το ερωτηματολόγιο, καθώς και το φύλλο εργασίας προς συμπλήρωση, το οποίο βρίσκεται στο Παράρτημα III.

Συνολικά, οι παρατηρήσεις των αξιολογητών συνοψίζονται στα εξής:

Όσον αφορά την **αναγκαιότητα** των ερωτήσεων

- Ένας αξιολογητής αποφάνθηκε ότι οι μόνες ερωτήσεις που θα μπορούσαν να δοθούν πριν τη διδασκαλία και να βοηθήσουν στον έλεγχο προγενέστερων γνώσεων και παρανοήσεων είναι οι 1, 2, 3, 4, 10, 14, 19, 20 και 23α, οι υπόλοιπες αποτελούν μάλλον ερωτήσεις γνωστικού ελέγχου.
- Ένας αξιολογητής θεωρεί ότι η ερώτηση 20 είναι περιττή, επειδή οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με την έννοια διαφοροποίηση (όλα τα σωματικά κύτταρα περιέχουν τα ίδια γονίδια, αλλά δεν εκφράζουν τα ίδια γονίδια).
- Ένας αξιολογητής πιστεύει πως η ερώτηση 23 είναι περιττή.

Όσον αφορά τη **σαφήνεια** του ερωτηματολογίου

- Κάποιος αξιολογητής επεσήμανε πως το αρχικό κείμενο προς τους μαθητές, θα μπορούσε να είναι λίγο πιο «ανάλαφρο» και ο αυτοχαρακτηρισμός της απόδοσης του μαθητή ως «κακή» να αντικατασταθεί με κάτι ηπιότερο. Και

κάποιος άλλος ότι θα μπορούσε να προστεθεί η επιλογή «άριστη» για τον χαρακτηρισμό της απόδοσης στο σχολείο.

- Σε γενικές γραμμές οι ερωτήσεις είναι σαφείς και καλοδιατυπωμένες, με επαρκή έκταση, χωρίς να είναι κουραστικές.
- Στην ερώτηση 10 πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο όρος «χαρακτηριστικά» αντί για «ιδιότητες». Επιπλέον, άλλος αξιολογητής πιστεύει ότι η χρησιμοποίηση της φράσης «οι ιδιότητες των ατόμων» δημιουργεί σύγχυση.
- Στην ερώτηση 12 δυο αξιολογητές θεώρησαν ότι η επιλογή α (περιέχουν τις ίδιες γενετικές πληροφορίες) πρέπει να αντικατασταθεί. Πρότειναν τη φράση «περιέχουν πληροφορίες για τις ίδιες ιδιότητες». Ο λόγος που πιστεύουν κάτι τέτοιο είναι ότι, αν τα άτομα είναι ετερόζυγα, περιέχουν διαφορετικά αλληλόμορφα. Κανονικά είναι γενετικές πληροφορίες που ελέγχουν τις ίδιες ιδιότητες (ίδια ή διαφορετικά αλληλόμορφα του ίδιου γονιδίου).
- Στην ερώτηση 13α, αφού χρησιμοποιείται αριθμός στην αρχική εισαγωγική πρόταση, καλό θα ήταν να χρησιμοποιούνται αριθμοί και στις απαντήσεις π.χ. 3 , 6 , 12 . Ομοίως στην ερώτηση 14, η επιλογή δ καλό θα ήταν να έχει διατυπωθεί με αριθμούς.
- Η ερώτηση 13β είναι ασαφής.
- Στην ερώτηση 18, η επιλογή δ (αγγελιοφόρο RNA) θα μπορούσε να αντικατασταθεί με «RNA».
- Στην ερώτηση 20 δε χρειάζεται να ζητηθεί αιτιολόγηση, μιας που η δομή της ίδιας της ερώτησης είναι αρκετή για την άντληση συμπερασμάτων.

Όσον αφορά το βαθμό δυσκολίας των ερωτήσεων:

- Δεν υπάρχουν εύκολες ερωτήσεις. Σε γενικές γραμμές οι ερωτήσεις χαρακτηρίστηκαν στο μεγαλύτερο μέρος τους μέτριες και κάποιες δύσκολες.
- Ειδικότερα στην ερώτηση 5, οι μαθητές θα δυσκολευτούν με τη χημική σύσταση των βιομορίων. Επίσης, στις ερωτήσεις 6 και 7 οι μαθητές δυσκολεύονται με την έννοια χημικός δεσμός, τον οποίο δεν έχουν διδαχτεί στη Χημεία.

Από τη στατιστική ανάλυση που κάναμε στις απαντήσεις των αξιολογητών ως προς τι βαθμό δυσκολίας των ερωτήσεων, διαπιστώσαμε ότι οι ερωτήσεις 5, 6, 7, 8, 10, 13ii, 18 και 20 είναι αυξημένης δυσκολίας, με μέσο όρο που κυμαίνεται από 2,2 έως 2,8 ενώ πιο

δύσκολη ερώτηση αξιολογήθηκε η ερώτηση 7. Θυμίζουμε πως με κωδικό 2 είναι μέτριας δυσκολίας και με κωδικό 3 αυξημένης δυσκολίας. Στην ανάλυση των αποτελεσμάτων, που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο, θα παρατηρήσουμε πως οι μαθητές δυσκολεύτηκαν περισσότερο στην ερώτηση 19, η οποία είχε ποσοστό επιτυχίας μόλις 18,4%.

2.2 Το δείγμα

Η επιλογή του δείγματος είναι ιδιαίτερα σημαντική σε κάθε έρευνα επισκόπησης, τόσο όσον αφορά το μέγεθος του δείγματος, όσο και τον τρόπο της δειγματοληψίας. Η μέθοδος δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκε είναι η σκόπιμη δειγματοληψία (purposive sample)⁵³. Σύμφωνα με τη σκόπιμη δειγματοληψία, ο ερευνητής επιλέγει περιπτώσεις που θεωρεί ότι είναι χαρακτηριστικές, σχετικά με το υπό διερεύνηση θέμα. Έτσι, εμείς επιλέξαμε τα σχολεία με βάση την περιοχή και την κοινωνική διαστρωμάτωση.

Θέλοντας να συγκεντρώσουμε όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικά στοιχεία για το μαθητικό πληθυσμό της Γ' Γυμνασίου, στο τέλος της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, αποφασίσαμε να μελετήσουμε ένα δείγμα περίπου 600 μαθητών, αφού λάβαμε υπόψη μας σχετικές μεθοδολογικές επιλογές ερευνών μεγαλύτερης ή μικρότερης κλίμακας.

Δόθηκαν τα ερωτηματολόγια, όπως επίσης γραπτές και προφορικές οδηγίες, προσωπικά σε κάθε εκπαιδευτικό που συμμετείχε στο δείγμα, ενώ διατηρήθηκε συνεχής επικοινωνία για ανατροφοδότηση. Η δράση αυτή πραγματοποιήθηκε το πρώτο δεκαήμερο του Απριλίου του 2013 σε 13 σχολεία. Συνολικά δόθηκαν 920 ερωτηματολόγια, με την πρόβλεψη ότι κάποια δεν θα συμπληρωθούν. Παρελήφθησαν τελικά συμπληρωμένα τα 777, με έγκυρα τα 762 (βαθμός ανταπόκρισης 84%). Ένα από τα σχολεία δεν συμπεριλήφθηκε στο δείγμα, δεδομένου ότι τα ερωτηματολόγια δόθηκαν στους μαθητές για κατ' οίκον επεξεργασία.

Οι εκπαιδευτικοί που δίδαξαν το μάθημα της Βιολογίας στα παρακάτω σχολεία, ανήκαν στις παρακάτω ειδικότητες Βιολόγοι 7 (ποσοστό 54%), Χημικοί 5 (ποσοστό 38%) και Φυσικοί 1 (ποσοστό 8%). Στον πίνακα 4 φαίνεται πόσα τμήματα συμμετείχαν στο δείγμα και από ποια σχολεία, καθώς και το πλήθος των μαθητών.

Πίνακας 4: Τα σχολεία των μαθητών του δείγματος

	Τμήματα	Μαθητές	Άκυρα	Ποσοστό % επί του συνόλου
6 ^ο Γυμνάσιο Ν. Κόσμου	4	81	1	10,6
Γυμνάσιο Καμινίων	5	101		13,3
1 ^ο Γυμνάσιο Καισαριανής	5	103		13,5
17 ^ο Γυμνάσιο Αθηνών	3	45		5,9
5 ^ο Γυμνάσιο Πετρούπολης	4	69	2	9,1
1 ^ο Γυμνάσιο Σπάρτης	4	81	3	10,6
1 ^ο Γυμνάσιο Παπάγου	1	22		2,9
2 ^ο Γυμνάσιο Άνω Λιοσίων	3	66	3	8,7
1 ^ο Γυμνάσιο Βάρης	4	81		10,6
5 ^ο Γυμνάσιο Νίκαιας	2	44		5,8
Γυμνάσιο Αθηνών	2	46		6,0
1 ^ο Γυμνάσιο Υμηττού	1	23		3,0
Γυμνάσιο εκτός δείγματος			6	
Γενικό σύνολο	38	762	15	100

Προβληματιστήκαμε αρκετά σχετικά με το αν θα συμπεριλάβουμε στο δείγμα τους μαθητές με μαθησιακά προβλήματα (δυσλεξία). Μετά την καταγραφή του πληθυσμού του δείγματος, μας δηλώθηκε, από τους εκπαιδευτικούς, ο αριθμός των επίσημα καταγεγραμμένων μαθητών με μαθησιακά προβλήματα. Από τους 777 μαθητές, μας δηλώθηκαν μόλις οι 9 (ποσοστό λίγο μεγαλύτερο του 1%). Επειδή το ποσοστό είναι πολύ μικρό, δεν προβήκαμε σε κανέναν περιορισμό και αποφασίσαμε να τους συμπεριλάβουμε στο δείγμα. Στο σημείο αυτό, θεωρούμε σκόπιμο να μελετήσουμε τα στατιστικά στοιχεία του δείγματος.

2.2.1 Κατανομή των μαθητών ως προς το φύλο

Στην παρούσα έρευνα, το 53,2% του μαθητών του δείγματος αντιστοιχεί σε κορίτσια και το 46,8 % σε αγόρια (συγκρίσιμο με τα στοιχεία του ΥΠΕΠΘ, για το σχολικό έτος 2009-10 όπου, στο σύνολο των μαθητών Δημόσιων Ημερήσιων Γυμνασίων Γ' τάξης, το 49,1% είναι κορίτσια και το 51,9% αγόρια).

2.2.2 Κατανομή των μαθητών ως προς την επίδραση της οικογένειας

Στα πλαίσια των κοινωνικοδημογραφικών χαρακτηριστικών του δείγματος, ρωτήσαμε τους μαθητές εάν ασχολείται κάποιος από το οικογενειακό τους περιβάλλον, στον τομέα της υγείας. Από τις απαντήσεις τους παρατηρούμε ένα ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό σε όσους απάντησαν θετικά. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον πίνακα 5. Θα αναζητήσουμε στο επόμενο κεφάλαιο τις φορτίσεις που μπορεί να επιφέρει η μεταβλητή «οικογενειακό περιβάλλον». Θα ερευνήσουμε εάν υπάρχει συσχέτιση των απαντήσεων τους και των γνώσεων που έχουν αποκομίσει.

Πίνακας 5: Η επιρροή της οικογένειας στους μαθητές του δείγματος

	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Ναι	182	23,9
Έγκυρα Όχι	562	73,8
Μερικό σύνολο	744	97,6
Δεν απάντησαν	18	2,4
Σύνολο	762	100,0

2.2.3 Κατανομή των μαθητών ως προς την απόδοση στο σχολείο

Οι μαθητές ρωτήθηκαν επίσης για το πώς κρίνουν την απόδοσή τους στο σχολείο. Επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε κλίμακα Likert τριών βαθμών. Γνωρίζαμε ότι η αξιοπιστία της κλίμακας Likert αυξάνεται με την αύξηση του αριθμού των κατηγοριών απάντησης⁵⁸, όπως επίσης ότι οι περισσότερες επιλογές σε μια κλίμακα δίνουν τη δυνατότητα να ξεχωρίσουν καλύτερα οι ομάδες των απαντήσεων. Θεωρήσαμε όμως ότι μια κλίμακα Likert 4 ή 5 βαθμών θα έκανε σαφή αναγωγή στη βαθμολογία του μαθητή και κάτι τέτοιο δεν ήταν ο στόχος μας. Τα δεδομένα της αυτοαξιολόγησης για την απόδοσή τους φαίνονται στον πίνακα 6. Είναι ενδιαφέρον ότι, σε ένα ποσοστό 96,75%, οι μαθητές θεωρούν την απόδοσή τους επαρκή.

Πίνακας 6: Η προσωπική εκτίμηση των μαθητών για την απόδοσή τους στο σχολείο

	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Έγκυρο Ποσοστό (%)
Πολύ Καλή	265	34,8	35,9
Έγκυρα Μέτρια	441	57,9	59,8
Κακή	32	4,2	4,3
Μερικό σύνολο	738	96,9	100,0
Δεν απάντησαν	24	3,1	
Σύνολο	762	100,0	

2.2.4 Κατανομή των σχολείων ως προς την περίοδο διδασκαλίας

Τα σχολεία του δείγματος μας ήταν συνολικά 12 και αποτελούνταν από 38 τάξεις. Το κεφάλαιο της Γενετικής διδάχθηκε, ανάλογα με το σχολείο και τις επιλογές του διδάσκοντος, σε δυο διαφορετικές περιόδους. Η σειρά διδασκαλίας των κεφαλαίων του σχολικού βιβλίου προτείνεται από το Υπουργείο, αλλά δεν είναι δεσμευτική για τους εκπαιδευτικούς. Οι περίοδοι διδασκαλίας ήταν, είτε τα τέλη Ιανουαρίου, είτε οι αρχές Απριλίου, σε ποσοστά που καταγράφονται στον πίνακα 7. Δεδομένης της μεγάλης αυτής χρονικής διαφοράς, θα μελετήσουμε αν επηρεάστηκε η επίδοση των μαθητών στο ερωτηματολόγιο.

Πίνακας 7: Χρονική περίοδος διδασκαλίας Γενετικής

	Χρονική περίοδος			
	τέλη Ιανουαρίου		αρχές Απριλίου	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Τμήματα Γυμνασίων	26	68,4	12	31,6

Παρατηρούμε πως οι περισσότεροι καθηγητές, περίπου οι τρεις στους πέντε, διδάσκουν το μάθημα πριν τα Χριστούγεννα, σύμφωνα με τις οδηγίες του Υπουργείου. Δύο στους πέντε καθηγητές διδάσκουν το μάθημα, ακολουθώντας τη σειρά του Εγχειριδίου του Μαθητή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αποτελέσματα και Συζήτηση

3.1 Ανάλυση των απαντήσεων

Οι μεταβλητές της έρευνας

Ως σταθερά, θεωρούμε την ύλη που διδάσκεται σε όλα τα σχολεία με βάση το Αναλυτικό Πρόγραμμα. Οι γνώσεις των μαθητών για κάθε μια από τις ερωτήσεις Γενετικής αποτελούν τις βασικές εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας. Επειδή περιλαμβάνουν μια σειρά από επιμέρους ερωτήματα, οι εξαρτημένες μεταβλητές είναι ουσιαστικά περισσότερες από 23, συνολικά 28. Διερευνάται, λοιπόν, η συσχέτισή τους με τις πέντε ανεξάρτητες μεταβλητές, αλλά και μεταξύ τους.

Οι εξαρτημένες μεταβλητές είναι:

- 1) η γνώση των μαθητών για τις 23 ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (συνολικά 28 μεταβλητές),
- 2) η συνολική βαθμολόγηση των μαθητών στο ερωτηματολόγιο (επίδοση σε κλίμακα 0-1 και επίδοση σε κλίμακα 1-2-3)
- 3) η κατάταξη των μαθητών σε τρία επίπεδα γνώσης (σε κλίμακα 1-2-3)

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι:

- 1) το φύλο των μαθητών / τριών,
- 2) η επιρροή από το οικογενειακό περιβάλλον,
- 3) η αυτοαξιολόγηση, δηλαδή η απόδοση των μαθητών στο σχολείο, κατά την προσωπική τους εκτίμηση,
- 4) το σχολείο που φοιτούν και
- 5) η χρονική περίοδος διδασκαλίας του κεφαλαίου της Γενετικής.

Η κωδικοποίηση των απαντήσεων - Επίδοση (0-1)

Χρησιμοποιώντας το στατιστικό πρόγραμμα επεξεργασίας SPSS 21, έγινε κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών και μετατροπή τους σε αριθμητικές μεταβλητές. Στους πίνακες που κατασκευάστηκαν με γκρι φόντο επισημαίνεται η σωστή απάντηση.

Στις κλειστές ερωτήσεις 1 έως 8, τύπου σωστού - λάθους, οι οποίες είχαν κλίμακα «Ναι, Όχι, Δε γνωρίζω» η κωδικοποίηση έγινε ως εξής:

1 Ναι 2 Όχι 3 Δε γνωρίζω

Στις κλειστές ερωτήσεις 9 έως 18, τύπου πολλαπλής επιλογής, η κωδικοποίηση έγινε ως εξής:

1 α 2 β 3 γ 4 δ

Στην ερώτηση 19 η ομαδοποίηση έγινε ως εξής:

1 σωστό

2 λάθος

3 σωστή η σειρά οργανισμός - κύτταρο - πυρήνα (αρχή της διάταξης 516)

4 σωστή η σειρά χρωμόσωμα - γονίδιο - DNA ή DNA - χρωμόσωμα - γονίδιο

(τέλος της διάταξης 234 ή 423).

Στην ίδια ερώτηση, εισαγάγαμε επιπλέον μεταβλητή (δεν συμμετείχε στους στατιστικούς ελέγχους του συνολικού ερωτηματολογίου) με κωδικοποίηση:

1 σωστή ταξινόμηση χρωμόσωμα - γονίδιο, οπουδήποτε στη διάταξη

2 λάθος ταξινόμηση χρωμόσωμα - γονίδιο.

Στην ερώτηση 20, τύπου σωστού - λάθους, στις υποερωτήσεις οι οποίες είχαν κλίμακα «ίδια, διαφορετική, δε γνωρίζω» η κωδικοποίηση έγινε ως εξής:

1 ίδια 2 διαφορετική 3 δε γνωρίζω

Στην ερώτηση 21, τύπου συμπλήρωσης κενού, η ομαδοποίηση έγινε ως εξής:

1 σωστό 2 λάθος 3 λάθος το A→U και σωστά τα G→C, C→G

Στην κλειστή ερώτηση 22, τύπου συμπλήρωσης κενού, η ομαδοποίηση έγινε ως εξής:

1 σωστό

2 λάθος

3 σωστά τα A→T, T→A

4 σωστά τα G→C, C→G

Στην κλειστή ερώτηση 23, τύπου συμπλήρωσης κενού, ως εξής:

Για την ερώτηση 23α:

1 DNA 2 λάθος (διάφορες απαντήσεις) 3 γονίδιο

Για την ερώτηση 23β

1 γονίδια
2 λάθος (διάφορες απαντήσεις)
3 χρωμοσώματα, ομόλογα χρωμοσώματα
4 νουκλεοτίδια, δεοξυριβονουκλεοτίδια
5 πυρήνας, κύτταρα

Για την ερώτηση 23γ

1 χρωμοσώματα
2 λάθος (διάφορες απαντήσεις)
3 δεοξυριβονουκλεοτίδια, ριβονουκλεοτίδια, νουκλεοτίδια, νουκλεοτιδικές αλυσίδες
4 αμινοξέα
5 βάσεις, αζωτούχες βάσεις
6 κύτταρα, κυτταρικές

Οι ερωτήσεις που δεν απαντήθηκαν, ονομάζονται απύσες τιμές (missing data)^{57, 59, 60}. Δεν αφήσαμε κενά τα δεδομένα γιατί το στατιστικό πρόγραμμα SPSS θα τα χειριζόταν κατά το δοκούν. Αντιθέτως, κωδικοποιήσαμε τα κενά δεδομένα με μια τιμή 77, την οποία δεν θα μπορούσαν να πάρουν οι μεταβλητές μας. Στη συνέχεια ενημερώσαμε το πρόγραμμα ότι έχουμε κωδικοποιήσει την τιμή 77 στα απόντα δεδομένα.

Ακολούθως, έγινε επανακωδικοποίηση σε όλες τις απαντήσεις, δημιουργώντας αντίστοιχο πλήθος μεταβλητών στο αρχείο SPSS (Transform / Recode into different variables). Η τελική κωδικοποίηση την οποία απέκτησαν ήταν:

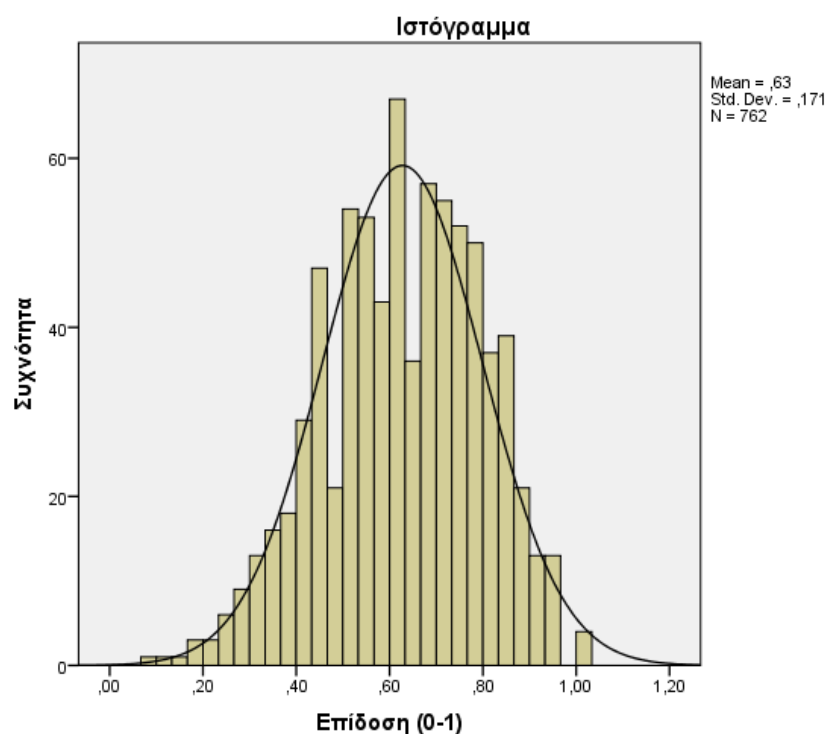
1 Σωστό 0 Λάθος ή εν μέρη σωστό ή δεν γνωρίζω

Με βάση αυτή την βαθμολόγηση υπολογίσαμε και το συντελεστή αξιοπιστίας α του Cronbach (αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας). Προσθέτοντας τις τιμές αυτών των 28 μεταβλητών και διαιρώντας το άθροισμα δια του πλήθους των μεταβλητών (εδώ 28), προκύπτει η επίδοση (αντιστοιχεί στο μέσο όρο) κάθε μαθητή. Στον πίνακα 8 δίδεται το πλήθος (συχνότητα) και το ποσοστό των μαθητών, σε σχέση με την επίδοσή τους στο ερωτηματολόγιο, σε 10 ομάδες εύρους 0,1. Από το αναλυτικό πίνακα επίδοσης (ο οποίος δεν περιλαμβάνεται) παρατηρούμε ότι δώδεκα μαθητές πέτυχαν επίδοση 0,96

με άριστα το 1 και τέσσερις άριστευσαν με επίδοση 1. Η επίδοση των μαθητών για το ερωτηματολόγιο συνολικά υπολογίστηκε $M=0,62$, $SD=0,17$.

Πίνακας 8: Συχνότητες και ποσοστά επίδοσης σε κλίμακα (0-1), ανά ομάδες

Εύρος επίδοσης (0-1)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Αθροιστικό Ποσοστό (%)
0,07 - 0,10	1	,1	0,1
0,11 - 0,20	5	,8	0,9
0,21 - 0,30	21	2,6	3,5
0,31 - 0,40	48	6,3	9,8
0,41 - 0,50	119	15,7	25,5
0,51 - 0,60	134	17,5	43,0
0,61 - 0,70	166	21,8	64,8
0,71 - 0,80	144	18,9	83,7
0,81 - 0,90	95	12,5	96,2
0,91 - 1,00	29	3,8	100,0



Σχήμα 3: Ιστόγραμμα συχνοτήτων επίδοσης (0-1) και καμπύλη κανονικής κατανομής

Σύμφωνα με τη θεωρία⁵⁶ το ιστόγραμμα συχνοτήτων των ποσοτικών μεταβλητών μπορεί να έχει το σχήμα “καμπάνας”, δεν είναι όμως “ικανό” να μας απαντήσει με βεβαιότητα, εάν τα δεδομένα κατανέμονται κανονικά. Για αυτό το λόγο θα καταφύγουμε σε τεστ κανονικότητας, το οποίο μελετάται στην ενότητα 3.2.

Κατάταξη μαθητών σε επίπεδα γνώσης - Επίδοση (1-2-3)

Η βαθμολόγηση του μαθητή στην κλίμακα 1-2-3 πραγματοποιήθηκε όπως περιγράφεται κατωτέρω⁴⁹. Κάθε μια από τις 23 ερωτήσεις (συνολικά 28 μεταβλητές), που αφορούσαν τις γνώσεις του, την κωδικοποιήσαμε ως:

1 = τη λανθασμένη απάντηση,

2 = δε γνωρίζω, ή μερικώς σωστή απάντηση και

3 = τη σωστή απάντηση.

Προσθέτοντας τις τιμές αυτών των 28 μεταβλητών και διαιρώντας το άθροισμα δια του πλήθους των μεταβλητών (εδώ 28), προκύπτει η βαθμολόγηση κάθε μαθητή. Να παρατηρήσουμε ότι όσο ο βαθμός πλησιάζει το 3, τόσο ο μαθητής έχει υψηλότερη επίδοση, δεδομένου ότι θα έχει περισσότερες απαντήσεις σωστές. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει όσο ο βαθμός πλησιάζει στο 1. Η επίδοση των μαθητών για το ερωτηματολόγιο συνολικά σε κλίμακα 1-2-3 υπολογίστηκε $M=2,34$, $SD=0,29$. Στην ενότητα 3.3 θα πραγματοποιηθεί έλεγχος κανονικότητας για τη βαθμολόγηση σε κλίμακα 1-2-3.

Με βάση τη θεωρία της επιστήμης της Στατιστικής, οι μαθητές μπορούν να μοιραστούν ανά 33% σε τρεις κατηγορίες επίδοσης: υψηλή, μεσαία, χαμηλή. Με βάση τον πίνακα συχνοτήτων, οι μαθητές κατατάσσονται στα παρακάτω επίπεδα επίδοσης:

- Βαθμολογία 1,0 - 2,22 = χαμηλή επίδοση (αντιστοιχεί στο 33,3% των μαθητών)
- Βαθμολογία 2,23 - 2,48 = μεσαία επίδοση (αντιστοιχεί στο 31,4% των μαθητών)
- Βαθμολογία 2,49 - 3 = υψηλή επίδοση (αντιστοιχεί στο 35,3% των μαθητών)

Στο στατιστικό πρόγραμμα επεξεργασίας SPSS 21, δημιουργήθηκε μια νέα μεταβλητή η οποία ομαδοποιούσε τους μαθητές στα παραπάνω επίπεδα γνώσης.

Περιγραφή των στατιστικών αναλύσεων

Από τα στοιχεία που προέκυψαν από τις απαντήσεις των μαθητών του δείγματος στο ερωτηματολόγιο, πραγματοποιήθηκε περιγραφική και επαγωγική στατιστική επεξεργασία. Αναλυτικότερα έγιναν τα εξής:

- Υπολογίστηκε η αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας των μετρήσεων, με χρήση του συντελεστή αξιοπιστίας α του Cronbach.
- Υπολογίστηκαν οι δείκτες κεντρικής τάσης και δείκτες διασποράς (μέσος όρος και τυπική απόκλιση) για την επίδοση των μαθητών σε κλίμακα 0-1 και σε κλίμακα 1-2-3. Κατατάξαμε τους μαθητές σε τρία επίπεδα γνώσης.
- Έγινε έλεγχος κανονικότητας των μεταβλητών επίδοση (0-1) και επίδοση (1-2-3).
- Υπολογίστηκαν οι απλές συχνότητες και % ποσοστά των απαντήσεων, των μαθητών του δείγματος σε κάθε ερώτηση γνώσεων.
- Πραγματοποιήθηκε έλεγχος ανεξαρτησίας με το στατιστικό κριτήριο χ^2 (chi square test) μεταξύ επιλεγμένων ερωτήσεων, που συνδέονταν εννοιολογικά.
- Πραγματοποιήθηκε έλεγχος ανεξαρτησίας με το στατιστικό κριτήριο χ^2 (chi square test), μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών, μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών και των επιπέδων γνώσης.
- Πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι υποθέσεων (t-test) ή ανάλυση διακυμάνσεων (one way ANOVA - μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης) για τις συγκρίσεις κάθε επιμέρους ανεξάρτητης μεταβλητής και της επίδοσης (1-2-3).
- Πραγματοποιήθηκε έλεγχος ανεξαρτησίας με το στατιστικό κριτήριο χ^2 μεταξύ ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών (επιμέρους ερωτήσεις) με τη χρήση της βαθμολόγησης του ερωτηματολογίου σε κλίμακα 0-1.

3.2 Απαντήσεις στις ερωτήσεις γνώσεων

3.2.1 Δομή του DNA

Ερώτηση 6: Στο DNA οι συμπληρωματικές βάσεις A και T ενώνονται μεταξύ τους με ασθενείς δεσμούς.

Αυτή η ερώτηση μπορεί να εμφανίζεται σαν μια απλή ερώτηση ανάκλησης γνώσεων. Παρόλα αυτά πιστεύουμε πως είναι η ουσία της κατανόησης του μηχανισμού της αντιγραφής καθώς δείχνει τη δυνατότητα του DNA να διασπά και να επανασχηματίζει τους δεσμούς των αζωτούχων βάσεων. Τα ποσοστά των απαντήσεων στην ερώτηση φαίνονται στον πίνακα 9.

Πίνακας 9: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 6

	Συχνότητα	Ποσοστό %
Ναι	395	51,8
Έγκυρες Τιμές		
Όχι	228	29,9
Δε γνωρίζω	132	17,3
Μερικό Σύνολο	755	99,1
Απούσες Τιμές	7	0,9
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 7: Στο DNA τα νουκλεοτίδια ενώνονται μεταξύ τους με ασθενείς δεσμούς.

Σε συνέχεια της προηγούμενης ερώτησης, ζητήσαμε από τους μαθητές να μας απαντήσουν για τη σταθερότητα της δομής του DNA. Ένα ποσοστό 40,7% καταλαβαίνει πως το εκμαγείο DNA είναι σταθερό, καθώς οι δύο έλικες του DNA σχηματίζεται από τους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς των δομικών του μονάδων, των νουκλεοτιδίων. Οι δεσμοί αυτοί δε διασπώνται με την ευκολία που το κάνουν οι δεσμοί υδρογόνου ανάμεσα στις αζωτούχες βάσεις.

Πίνακας 10: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 7

	Συχνότητα	Ποσοστό %
Ναι	252	33,1
Έγκυρες Τιμές		
Όχι	310	40,7
Δε γνωρίζω	182	23,9
Μερικό Σύνολο	744	97,6
Απούσες Τιμές	18	2,4
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 11: Τα χρωμοσώματα αποτελούνται από:

Όπως φαίνεται στον πίνακα 11, ποσοστό 44% των μαθητών γνώριζε τη σωστή απάντηση, ενώ το 19,4% δεν φαίνεται να έχει κατανοήσει το πακετάρισμα του DNA με την βοήθεια των πρωτεϊνών στον πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων. Την εναλλακτική ιδέα πως τα χρωμοσώματα αποτελούνται μόνο από DNA αναφέρουν σε έρευνά τους και οι Kara και Yesilyurt²⁹. Να επισημάνουμε εδώ ότι ποσοστό 20,1% των μαθητών απαντούν πως τα χρωμοσώματα αποτελούνται από πρωτεΐνες. Ίσως να μη διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ των πρωτεϊνών που βοηθούν στη συσπείρωση του DNA (ιστόνες) από τις πρωτεΐνες που είναι προϊόντα της πρωτεϊνσύνθεσης.

Πίνακας 11: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 11

	Συχνότητα	Ποσοστό %
DNA	148	19,4
Εγκυρες τιμές		
Πρωτεΐνες	153	20,1
DNA και πρωτεΐνες	335	44,0
τίποτα από αυτά	109	14,3
Μερικό Σύνολο	745	97,8
Απουσες Τιμές	17	2,2
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 15: Το DNA αποτελείται από:

Το ποσοστό των μαθητών που απάντησε σωστά σε μια τόσο σημαντική έννοια του κεφαλαίου της Γενετικής, ήταν 58,3%. Μια άλλη κατηγορία μακρομορίων, τις πρωτεΐνες, μαζί με τα μονομερή τους, τα αμινοξέα, επέλεξε συνολικά το 19,8%. Απογοητευτικό είναι το ποσοστό, περίπου 20% των μαθητών, που θεωρεί πως το DNA αποτελείται από κύτταρα. Πιθανόν η έλλειψη βασικών γνώσεων Χημείας, δεν βοηθάει την κατανόηση των πολλαπλών επιπέδων οργάνωσης των βιολογικών δομών³².

Πίνακας 12: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 15

	Συχνότητα	Ποσοστό %
Κύτταρα	152	19,9
Εγκυρες τιμές		
Αμινοξέα	57	7,5
Νουκλεοτίδια	444	58,3
Πρωτεΐνες	94	12,3
Μερικό Σύνολο	747	98,0
Απουσες Τιμές	15	2,0
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 22: Να συμπληρώσετε το σχήμα, που παριστάνει τμήμα μορίου DNA, γράφοντας στα κενά τη συντομογραφία της κατάλληλης αζωτούχας βάσης:

Σε αυτή την ερώτηση ζητήθηκε να συμπληρωθούν οι συμπληρωματικές βάσεις, τρεις φορές για το ζευγάρι A-T και τρεις για το ζευγάρι G-C. Συγκρίνοντας με τη γενικότερη εικόνα των απαντήσεων που δόθηκαν, το ποσοστό 76,4% των μαθητών που απάντησαν σωστά θεωρούμε ότι είναι υψηλό. Μικρό είναι το ποσοστό μαθητών που απάντησαν σωστά είτε μόνο το ζευγάρι A-T (2%) είτε μόνο το ζευγάρι G-C (2,8%).

Να επισημάνουμε ότι κάποιοι μαθητές, ενώ απάντησαν σωστά σε δύο ζευγάρια βάσεων (π.χ. A-T και T-A), την τρίτη φορά που τους ζητήθηκε να συμπληρώσουν την ίδια βάση, έδωσαν διαφορετική απάντηση (π.χ. T-T). Σε μικρότερο ποσοστό επαναλήφθηκε η παρανόηση και στο ζευγάρι G-C. Σε μεταγενέστερο χρόνο, κάποιοι μαθητές ρωτήθηκαν από τον ερευνητή και οι απαντήσεις που έλαβε ήταν: *την πρώτη φορά έβαλα την αδενίνη με την θυμίνη, αλλά αφού την ξαναζητήσατε πιστεύω ότι μπορεί να κάνει ζευγάρι με μια ακόμα θυμίνη.....γράφετε δύο φορές την θυμίνη σε απέναντι κουτάκια, άρα πίστευα ότι κάτι έπρεπε να αλλάξει.....διάβαζα κατακόρυφα τις βάσεις και νόμιζα ότι δεξιά πάνε μόνο οι T.....*

Στις λανθασμένες απαντήσεις να σημειώσουμε και την παρουσία της ουρακίλης U, ως εναλλακτικής τρίτης επιλογής. Η εν λόγω αζωτούχος βάση ήταν ζητούμενη απάντηση στην ερώτηση 21, υπάρχει όμως αλλά και σε κάποια κενά της ερώτησης 22.

Πίνακας 13: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 22

	Συχνότητα	Ποσοστό %
A-T G-C	582	76,4
Εγκυρες τιμές		
τυχαία επιλογή	83	10,9
σωστό A-T	15	2,0
σωστό G-C	21	2,8
Μερικό Σύνολο	701	92,0
Απούσες Τιμές	61	8,0
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 21: Τμήμα μορίου DNA αποτελείται από την παρακάτω αλληλουχία αζωτούχων βάσεων: A T C G A T Ποια είναι η αλληλουχία των αζωτούχων βάσεων της αλυσίδας του RNA που δημιουργείται από αυτό;

Σε αυτή την ερώτηση ζητήθηκε να συμπληρωθούν οι συμπληρωματικές βάσεις, από δυο φορές για τα ζευγάρια A-U και T-A και από μια φορά για τα ζευγάρια G-C και C-G. Οι μαθητές που απάντησαν σωστά ήταν το 39,4% του συνόλου. Ποσοστό, 31,1%, απαντά σωστά για τη συμπληρωματικότητα των βάσεων G-C και C-G, αλλά όχι των A-U. Οι τυχαίες απαντήσεις ομαδοποιήθηκαν σε ποσοστό 21,1%. Οι μαθητές που δεν απάντησαν κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα με την ερώτηση 22. Εντύπωση μας προκάλεσαν απαντήσεις μαθητών, που ενώ ήταν χωρίς ψεγάδι στην ερώτηση 22, στην ερώτηση 21 δεν είχαν ούτε ένα ζευγάρι βάσεων που να είναι σωστό. Σε μερικά ερωτηματολόγια η σύγχυση ήταν αποτυπωμένη στο χαρτί με πολλές μουτζούρες ή αλλαγές απαντήσεων. ακόμη και στο γραφικό τους χαρακτήρα. Επιπλέον στις λανθασμένες απαντήσεις, η ουρακίλη απαντάται σαν συμπληρωματική είτε της θυμίνης είτε ακόμα της γουανίνης και της κυτοσίνης. Παρατηρήσαμε ακόμη, αντί να χρησιμοποιήσουν την ουρακίλη, να θέτουν εναλλάξ ως συζυγείς βάσεις A-T, T-T, A-A στην ίδια απάντηση. Σε μερικές απαντήσεις τοποθέτησαν την ουρακίλη ως συζυγή με την θυμίνη και συγχρόνως σε όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις είχαν ως ζευγάρια τις ίδιες αζωτούχες βάσεις δηλαδή A-A, C-C και G-G.

Πίνακας 14: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 21

		Συχνότητα	Ποσοστό %
	A-U T-A G-C	300	39,4
Έγκυρες τιμές	τυχαία επιλογή	161	21,1
	λάθος A-U, σωστό G-C	237	31,1
	Μερικό Σύνολο	698	91,6
Απουσες Τιμές		64	8,4
Σύνολο		762	100,0

Ερώτηση 23γ: Να συμπληρώσετε τη λέξη που λείπει στις παρακάτω προτάσεις:
γ) Το DNA με τη βοήθεια πρωτεϊνών σχηματίζει δομές που ονομάζονται

Καταγράψαμε όλες τις απαντήσεις των μαθητών στον πίνακα 15. Να παρατηρήσουμε ότι η ερώτηση είναι παρόμοια με την ερώτηση 11 (πολλαπλής επιλογής), την οποία απάντησαν σωστά οι μαθητές σε ποσοστό 44%.

Πίνακας 15: Οι απαντήσεις στην ερώτηση 23γ

γονίδια	6	ριβοσώματα	4
DNA	1	ιστοί	4
RNA	9	αρθρώσεις	1
χρωμοσώματα	223	νουκλεοσώματα	8
αλληλόμορφα	4	μόρια	1
δεοξυριβονουκλεοτίδια, ριβονουκλεοτίδια, νουκλεοτίδια, νουκλεοτιδικές αλυσίδες	53	πυρήνας	1
DNA και πρωτεΐνες	1	κύτταρα, κυτταρικές	23
αμινοξέα	42	ζυγωτά	1
πρωτεΐνες	8	έλικες	1
υδατάνθρακες	3	αλληλουχίες	3
χρωματίδες, αδελφές χρωματίδες	7	αλυσίδες	16
βάσεις, αζωτούχες βάσεις	37	συσπειρώματα	1
ασθενείς	1	μεταγραφή, μετάφραση	4
οργανισμοί	1	Σύνολο	467

Οι μη σημαντικές απαντήσεις περιλαμβάνονται στην ομάδα «άλλη απάντηση». Στις σωστές απαντήσεις συμπεριλήφθηκε η απάντηση νουκλεοσώματα, επειδή είναι επιστημονικά ορθή, παρά το ότι δεν αναφέρεται στο σχολικό βιβλίο. Έτσι, οι σωστές απαντήσεις αντιστοιχούν στο 30,3% του μαθητικού πληθυσμού, ένα ποσοστό αισθητά μειωμένο σε σχέση με την ερώτηση 11. Επειδή όμως ένα ποσοστό 38,7% επί του συνόλου των μαθητών δεν απάντησε στην ερώτηση αυτή, ξαναδιαβάζοντας τα αποτελέσματα σε απόλυτες τιμές οι μαθητές είναι 231 (και 335 στην ερώτηση 11).

Πίνακας 16: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 23γ

	Συχνότητα	Ποσοστό %	
Χρωμοσώματα, νουκλεοσώματα	231	30,3	
άλλη απάντηση	81	10,6	
Έγκυρες τιμές	Δεοξυ - ριβο - νουκλεοτίδια, νουκλεοτιδικές αλυσίδες	53	7,0
	Αμινοξέα	42	5,5
	βάσεις, αζωτούχες βάσεις	37	4,9
	κύτταρα, κυτταρικές	23	3,0
	Μερικό Σύνολο	467	61,3
Απούσες Τιμές		295	38,7
Σύνολο	762	100,0	

Συμπεράσματα από τις απαντήσεις στην ενότητα «Δομή του DNA» - Διασταυρούμενη ανάλυση

Από τις απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις της ομάδας αυτής, διακρίναμε ήδη ότι υπάρχει πρόβλημα στην κατανόηση της δομής του DNA. Οι μαθητές κατανοούν λίγα για τη φύση και τη λειτουργία τόσο των γονιδίων όσο και των χρωμοσωμάτων, επειδή δεν αναγνωρίζουν ότι υπάρχει χημική βάση στην κληρονομικότητα.

Κατά τη διασταυρούμενη ανάλυση, συγκρίνοντας τις ερωτήσεις 6 και 7 παρατηρούμε ότι οι μαθητές πραγματικά δεν έχουν κατανοήσει σε βάθος τη δομή του DNA. Επεξεργαστήσαμε τα δεδομένα με το κριτήριο χ^2 και βλέπουμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 6 και 7 ($\chi^2=53,79$, $df=4$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 6, 7 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Εντύπωση όμως προκαλεί πως μόλις το 25,8% των μαθητών έχει απαντήσει συγχρόνως τις δυο ερωτήσεις σωστά. Ποσοστό που απέχει πολύ από τα ποσοστά 51,8% και 41,6% που απάντησαν σωστά τις επιμέρους ερωτήσεις.

Πίνακας 17: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 6 και 7

	Βαθμολόγηση 7			Σύνολο
	λάθος	δε γνωρίζω	σωστό	
λάθος	12,8%	6,3%	11,3%	30,5%
Βαθμολόγηση 6				
δε γνωρίζω	5,0%	8,2%	4,5%	17,7%
σωστό	16,1%	10,0%	25,8%	51,8%
Σύνολο	33,9%	24,6%	41,6%	100,0%

Απούσες τιμές 21 (2,8%), Πλήθος δείγματος N=741.

Η έννοια του δεσμού είναι πρωταρχική στην Χημεία. Η επιφανειακή γνώση της εδώ μπορεί να εμποδίζει την κατανόηση βιολογικών διαδικασιών όπως η αντιγραφή, η μεταγραφή και η μετάφραση. Χρησιμοποιώντας το κριτήριο χ^2 , στις **ερωτήσεις 6 και 22**, παρατηρούμε ότι υπάρχει επίσης σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών ($\chi^2= 51,06$, $df=4$, $p=0,000$).

Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 6, 22 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Υπάρχει ένα πολύ μικρό ποσοστό που ενώ απαντά σωστά στην ερώτηση 6 (πως οι αδενίνη και θυμίνη είναι συμπληρωματικές βάσεις), το οποίο δεν απαντά τουλάχιστον αυτό στην ερώτηση 22 (μερικώς σωστό).

Πίνακας 18: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 6 και 22

	Βαθμολόγηση 22			Σύνολο
	Λάθος	μερικώς σωστό	σωστό	
λάθος	3,6%	1,6%	25,9%	31,1%
Βαθμολόγηση 6				
δε γνωρίζω	4,8%	1,2%	9,2%	15,1%
σωστό	3,6%	2,4%	47,7%	53,7%
Σύνολο	12,0%	5,2%	82,9%	100,0%

Απουσίες τιμές 68 (8,9%), Πλήθος δείγματος N=694.

Οι έννοιες Γενετικής μοιάζουν να φαντάζουν μη κατανοητές στους μαθητές, ίσως εξαιτίας της αφηρημένης φύσης τους. Συγχέουν τους όρους DNA, πρωτεΐνες, χρωμόσωμα, και δεν τους χρησιμοποιούν σωστά. Όπως αναφέρουν οι Lewis και Kattmann²² αγνοούν τη σχέση που υπάρχει μεταξύ DNA και χρωμοσωμάτων. Προσπαθούν να συνδέσουν μακροσκοπικά γνωρίσματα με βιοχημικές εξηγήσεις. Σύμφωνα με τον Knippels et al.⁶¹ η κατανόηση της Γενετικής απαιτεί σχετική προγενέστερη γνώση τόσο Βιολογίας όσο και Χημείας ή Μαθηματικών, αλλά και «γνωστική ωριμότητα» των μαθητών.

Η σύσταση του DNA είναι μια κατεξοχήν γνώση με προβλήματα κατανόησης. Χρησιμοποιώντας το κριτήριο χ^2 , στις **ερωτήσεις 11 και 15**, παρατηρούμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών (ακριβής έλεγχος Fisher διπλής ουράς, $p=0,035$). Από αυτή τη σύγκριση μας προβληματίζει ότι περίπου το 29% των μαθητών απαντάει σωστά και τις δύο ερωτήσεις και δείχνει να έχει κατανοήσει τη δομή του DNA.

Πίνακας 19: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 11 και 15

		Βαθμολόγηση 15		Σύνολο
		λάθος	σωστό	
Βαθμολόγηση 11	λάθος	24,1%	30,5%	54,6%
	σωστό	16,5%	28,9%	45,4%
Σύνολο		40,6%	59,4%	100,0%

Απουσίες τιμές 25 (3,7%), Πλήθος δείγματος N=734.

Κάνοντας έλεγχο ανεξαρτησίας, με το κριτήριο χ^2 , στις **ερωτήσεις 11 και 23γ**, παρατηρούμε ότι υπάρχει μια σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών (ακριβής έλεγχος Fisher διπλής ουράς, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 11, 23γ διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Ομοίως οι μαθητές που απάντησαν λάθος την ερώτηση 11 είναι πιο πιθανό να απαντήσουν λάθος και την ερώτηση 23γ. Πρακτικά πρόκειται για δύο ερωτήσεις που αναφέρονται στην ίδια γνώση. Το πακετάρισμα του DNA με τη βοήθεια πρωτεϊνών (ιστόνες) σε χρωμοσώματα. Στο σχολικό εγχειρίδιο υπάρχει εικόνα που αναδεικνύει αυτή τη σύνδεση. Ωστόσο, παρατηρούμε ότι ενώ οι επιμέρους ερωτήσεις απαντήθηκαν σωστά, από το περίπου 50% των μαθητών, μόλις το 30% απάντησε συγχρόνως και τις δύο ερωτήσεις σωστά. Να σημειώσουμε πως οι απούσιες τιμές δεν περιλαμβάνονται στον έλεγχο.

Πίνακας 20: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 11 και 23γ

		Βαθμολόγηση 23γ		Σύνολο
		λάθος	σωστό	
Βαθμολόγηση 11	λάθος	30,9%	19,2%	50,1%
	σωστό	19,8%	30,1%	49,9%
Σύνολο		50,8%	49,2%	100,0%

Απουσίες τιμές 303 (39,8%), Πλήθος δείγματος N=459.

Σε εστιασμένες συνεντεύξεις σε εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ολλανδία, που διενέργησαν οι Krippels et al.⁶¹ αναφέρεται ως βασική δυσκολία, η τάση για εξεύρεση «έξυπνων τρικ» επίλυσης προβλημάτων χωρίς την εμβάθυνση στα προβλήματα αυτά.

Με το κριτήριο χ^2 , στις **ερωτήσεις 21 και 22**, συμπεραίνουμε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση, μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών ($\chi^2= 209,54$, $df=4$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 21, 22 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Παρατηρούμε ότι η συμπλήρωση της αδεΐνης στο μόριο του DNA με την ουρακίλη

στην αλυσίδα του RNA ήταν αρκετή για να μειώσει στο μισό το ποσοστό 83,3% προς το 41,9%) για τους μαθητές που απάντησαν σωστά. Έτσι, από το 83,3% που γνωρίζει τις συζυγείς βάσεις αδενίνη – θυμίνη, A-T και γουανίνη – κυτοσίνη, G-C, στην ερώτηση 22 οι μισοί δεν γνώριζαν ή είχαν ξεχάσει την αντιστοίχιση αδενίνη A (DNA) – ουρακίλη U (RNA).

Πίνακας 21: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 21 και 22

	Βαθμολόγηση 22			Σύνολο
	λάθος	μερικώς σωστό	σωστό	
λάθος	9,6%	1,8%	10,1%	21,4%
Βαθμολόγηση 21				
μερικώς σωστό	1,8%	1,2%	31,4%	34,3%
σωστό	0,3%	2,1%	41,9%	44,2%
Σύνολο	11,7%	5,0%	83,3%	100,0%

Απουσίες τιμές 86 (11,3%), Πλήθος δείγματος N=676.

3.2.2 Ροή της γενετικής πληροφορίας

Ερώτηση 5: Η σειρά των νουκλεοτιδίων στο DNA καθορίζει τη σειρά των αμινοξέων στις πρωτεΐνες.

Σε αυτή την ερώτηση σωστού - λάθους περιέχεται όλο το νόημα της ροής της γενετικής πληροφορίας. Είναι γνωστό από την βιβλιογραφία ότι οι μαθητές δεν κατανοούν το Κεντρικό Δόγμα της Βιολογίας. Σε έρευνα²⁸ σε φοιτητές Πανεπιστημίου, κανένας δεν είπε ότι τα γονίδια κωδικοποιούν πρωτεΐνες.

Στην έρευνά μας, ένας μέτριος αριθμός μαθητών απάντησαν σωστά, μόλις το 55,8%, όπως φαίνεται στον πίνακα 22. Να παρατηρήσουμε εδώ ότι ένα πολύ υψηλό ποσοστό (25,7%) απάντησε πως δεν γνωρίζει, κάτι που μας δίνει την δυνατότητα να υποστηρίξουμε πως δεν κατέχει αυτή τη βασική γνώση ή ότι είναι μια πληροφορία που τον προβλημάτισε και απέφυγε να πάρει θέση. Δεκαέξι μαθητές δεν απάντησαν.

Πίνακας 22: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 5

	Συχνότητα	Ποσοστό
Ναι	425	55,8
Έγκυρες Όχι	125	16,4
τιμές Δε γνωρίζω	196	25,7
Μερικό Σύνολο	746	97,9
Απουσίες Τιμές	16	2,1
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 9: Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από:

Ποσοστό 67,1% των μαθητών απάντησε σωστά πως οι πρωτεΐνες αποτελούνται από αμινοξέα, όπως καταγράφεται στον πίνακα 23. Προβληματίζει ιδιαίτερα η επιλογή του 14,3% των μαθητών πως οι πρωτεΐνες αποτελούνται από υδατάνθρακες, καθώς στο κεφάλαιο της Γενετικής δεν υπάρχει καμία αναφορά σε αυτή την έννοια. Οι υπόλοιπες απαντήσεις προδίδουν τη σύγχυση ανάμεσα στη θέση (κύτταρο) και την γενετική πληροφορία (νουκλεοτίδια) που προσδιορίζουν τις πρωτεΐνες.

Πίνακας 23: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 9

	Συχνότητα	Ποσοστό	
Κύτταρα	49	6,4	
Αμινοξέα	511	67,1	
Έγκυρες τιμές	Νουκλεοτίδια	85	11,2
	υδατάνθρακες	109	14,3
	Μερικό Σύνολο	754	99,0
Απουσες Τιμές	8	1,0	
Σύνολο	762	100,0	

Ερώτηση 16: Πώς ονομάζεται η διαδικασία διπλασιασμού του DNA;

Ποσοστό 83,3% των μαθητών ανακαλούν σωστά τη γνώση και απαντούν «αντιγραφή», όπως καταγράφεται στον πίνακα 24. Η σύγχυση μεταξύ των εννοιών της αντιγραφής με τη μεταγραφή και τη μετάφραση αποτυπώνεται σε ποσοστά ως εξής: 8,1% απάντησαν μεταγραφή και 3,5% μετάφραση. Μικρό ποσοστό, 3,8% επέλεξε τη μετάλλαξη ως απάντηση. Εννέα μαθητές δεν απάντησαν. Στη βιβλιογραφία⁴³ επισημαίνεται ότι, στη Γενετική η έννοια της αντιγραφής προσεγγίζεται αποσπασματικά, ξεκομμένη από τις διαδικασίες της μίτωσης και μείωσης, με αποτέλεσμα χαμηλό επίπεδο κατανόησης από τους μαθητές.

Πίνακας 24: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 16

	Συχνότητα	Ποσοστό	
Αντιγραφή	635	83,3	
Έγκυρες τιμές	Μεταγραφή	62	8,1
	Μετάφραση	27	3,5
	Μετάλλαξη	29	3,8
	Μερικό Σύνολο	753	98,8
Απουσες Τιμές	9	1,2	
Σύνολο	762	100,0	

Ερώτηση 17: Το νέο μόριο DNA που προέκυψε από την αντιγραφή περιέχει:

Στην ερώτηση αυτή ποσοστό 61,9% των μαθητών απαντούν σωστά, δείχνοντας να έχουν κατανοήσει τον μηχανισμό της αντιγραφής, συγκεκριμένα τον ημισυντηρητικό τρόπο αυτοδιπλασιασμού του DNA, όπως καταγράφεται στον πίνακα 25. Η εναλλακτική απάντηση «δύο νέες αλυσίδες» φαντάζει ίσως μια επιλογή δημιουργίας κάτι καινούργιου από κάτι παλιό και εμφανίζεται σε υψηλό ποσοστό (21%). Η απάντηση «και τις δύο παλιές αλυσίδες» ίσως φανερώνει σύγχυση με τη διαδικασία της μεταγραφής, σε μικρό πάντως ποσοστό (6,6%).

Πίνακας 25: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 17

	Συχνότητα	Ποσοστό
Έγκυρες τιμές	δύο νέες αλυσίδες	160 21,0
	μια παλιά και μια νέα αλυσίδα	472 61,9
	και τις δύο παλιές αλυσίδες	50 6,6
	δε γνωρίζω	67 8,8
Μερικό Σύνολο	749	98,3
Απούσες Τιμές	13	1,7
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 18: Ποιό από τα παρακάτω μόρια είναι προϊόντα της μεταγραφής;

Σωστά απάντησε το 59,3% των μαθητών, όπως καταγράφεται στον πίνακα 26. Οι εναλλακτική απάντηση «DNA» σε ποσοστό 14,3%, θα μπορούσε να ήταν αποτέλεσμα της σύγχυσης με την αντιγραφή. Οι απάντηση «πρωτεΐνες» παραπέμπει στη μετάφραση ή πιθανόν όπως αναφέρει ο Αθανασίου⁷, στη διατροφή. Οι μαθητές θυμούνται τη λέξη πρωτεΐνη περισσότερο από τις δραστηριότητες της οικιακής οικονομίας, παρά από τη Γενετική. Η επιλογή «αμινοξέα» του 8,8% των μαθητών, προβληματίζει ιδιαίτερα για την κατανόηση της ροής της γενετικής πληροφορίας. Ίσως δεν γίνονται οι συνδέσεις των πληροφοριών μεταξύ τους, με συνέπεια να μην υπάρχει ένα ενιαίο εννοιολογικό πλαίσιο³¹.

Πίνακας 26: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 18

	Συχνότητα	Ποσοστό
DNA	109	14,3
Αμινοξέα	67	8,8
Έγκυρες τιμές Πρωτεΐνες	104	13,6
αγγελιοφόρο RNA	452	59,3
Μερικό Σύνολο	732	96,1
Απούσες Τιμές	30	3,9
Σύνολο	762	100,0

Συμπεράσματα από τις απαντήσεις στην ενότητα «Ροή της γενετικής πληροφορίας» - Διασταυρούμενη ανάλυση

Σε αυτή την ενότητα φάνηκε οι μαθητές να κατανοούν στην πλειοψηφία τους τις έννοιες που μελετούμε. Στην ερώτηση 5 μελετούμε την κατανόηση των μαθητών στη ροή της γενετικής πληροφορίας και στην ερώτηση 9 μια βασική προαπαιτούμενη γνώση (ότι οι πρωτεΐνες αποτελούνται από αμινοξέα), η οποία όμως αναφέρεται και στην ερώτηση 5. Αν συγκρίνουμε τις δυο ερωτήσεις 5 και 9 με το κριτήριο χ^2 , βρίσκουμε πως υπάρχει μια σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών ($\chi^2= 49,69$, $df=6$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 5, 9 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Παρόλα αυτά το ποσοστό των μαθητών που απαντάει συγχρόνως στις δύο ερωτήσεις σωστά μειώνεται στο 43,8%. Να σημειωθεί ότι τα ποσοστά αναφέρονται στα απαντημένα ερωτηματολόγια, εάν ληφθούν δε υπόψη οι απούσες τιμές, το ποσοστό διαμορφώνεται στο 42,4%.

Επιπλέον να παρατηρήσουμε ότι, από το 57,2% των μαθητών που απάντησαν την ερώτηση 5 σωστά (πως η σειρά των νουκλεοτιδίων στο DNA καθορίζει τη σειρά των αμινοξέων στις πρωτεΐνες), ποσοστό 4,6% οδηγείται στο συμπέρασμα πως οι πρωτεΐνες αποτελούνται από νουκλεοτίδια.

Πίνακας 27: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά στις ερωτ. 5 και 9

	Ερώτηση 9				Σύνολο
	κύτταρα	αμινοξέα	νουκλεοτίδια	υδατάνθρακες	
Ερώτηση 5					
Ναι	3,0%	43,8%	4,6%	5,8%	57,2%
Όχι	1,1%	11,5%	2,3%	2,0%	16,9%
Δε γνωρίζω	2,4%	12,6%	4,2%	6,6%	25,9%
Σύνολο	6,5%	67,9%	11,1%	14,5%	100,0%

Απούσες τιμές 24 (3,1%), Πλήθος δείγματος N=738.

Επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία για τις **ερωτήσεις 5 και 15**, βρίσκουμε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών ($\chi^2= 19,37$, $df=2$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 5, 15 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Οι ίδιοι μαθητές που απάντησαν σωστά σε ποσοστό 56,8% στην ερώτηση 5 (η σειρά των νουκλεοτιδίων στο DNA καθορίζει τη σειρά των αμινοξέων στις πρωτεΐνες), απάντησαν σωστά στην ερώτηση 15 (το DNA αποτελείται από νουκλεοτίδια) σε ποσοστό 36,8% (35,3% εάν λάβουμε υπόψη τις απούσες τιμές).

Πίνακας 28: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 5 και 15

		Βαθμολόγηση 15		Σύνολο
		λάθος	σωστό	
Βαθμολόγηση 5	Λάθος	6,6%	10,5%	17,1%
	δε γνωρίζω	14,1%	12,0%	26,1%
	Σωστό	20,0%	36,8%	56,8%
Σύνολο		40,6%	59,4%	100,0%

Απούσες τιμές 31 (4,1%), Πλήθος δείγματος N=731.

Συγκρίνοντας τις **ερωτήσεις 16, 17 και 18** που ασχολούνται με την κατανόηση της αντιγραφής και της μεταγραφής, παρατηρήσαμε πιο πάνω ποσοστά επιτυχίας 83,3%, 61,9% και 59,3% αντίστοιχα. Όμως για τους ίδιους μαθητές, που απάντησαν σωστά και τα τρία ερωτήματα το ποσοστό μειώνεται στο 38,7%.

Όσον αφορά την **ερώτηση 16**, η «μη ορατή» φύση των εννοιών της Γενετικής, οδηγεί τους μαθητές στο να μην αντιλαμβάνονται όρους που μοιάζουν εννοιολογικά όπως αντιγραφή και μεταγραφή ή όρους που μοιάζουν λεκτικά αλλά όχι εννοιολογικά όπως μεταγραφή, μετάφραση και μετάλλαξη. Όπως υποστηρίζουν και οι Bahar et al.³⁴ είναι πολύπλοκη η ορολογία και δυσδιάκριτες οι διαφορές των όρων ή και των εννοιών.

Στην **ερώτηση 17** παρατηρούμε φτωχή κατανόηση της διαδικασίας της αντιγραφής. Πιθανόν οι μαθητές δεν θυμούνται τη διαδικασία ή ίσως να τους δυσκολεύει να αποδεχθούν την δημιουργία καινούργιου με τη συμμετοχή παλαιών υλικών. Πραγματικά, το 21% των μαθητών πιστεύει ότι το νέο μόριο DNA, περιέχει δυο νέες αλυσίδες. Όπως αναφέρουν οι Duncan και Reiser,³² υποστηρίζεται από τους Dreyfus και Jungwirth (1990) πως ίσως πρόκειται για μια παραπλανητική ιδέα, λόγω της προσπάθειας των μαθητών να κατανοήσουν άγνωστες μοριακές οντότητες βγάζοντας συμπεράσματα από πιο οικείες σε αυτούς μακρο-οντότητες.

Στην **ερώτηση 18**, παρατηρούμε τη σύγχυση που υπάρχει σε σχέση με το Κεντρικό Δόγμα της Βιολογίας. Και οι τρεις εναλλακτικές και λανθασμένες απαντήσεις έχουν σεβαστά ποσοστά. Το 13,6% θεωρεί προϊόντα της μεταγραφής τις πρωτεΐνες, προφανώς αναφερόμενος στην μετάφραση - πρωτεϊνοσύνθεση. Σε αυτούς μπορούμε να αθροίσουμε ποσοστό 8,8% που θεωρεί προϊόντα τα αμινοξέα, δηλαδή τα μονομερή των πρωτεϊνών, μπερδεύοντας και πάλι μεταξύ τους τις δύο βιολογικές διαδικασίες. Εντύπωση προκαλεί η απάντηση του 14,3% των μαθητών, ότι προϊόν είναι το DNA. Και αυτό γιατί μόλις στην προηγούμενη ερώτηση 17, αναφερόταν ρητά στη διατύπωση, πως το μόριο DNA προκύπτει από αντιγραφή. Εάν συγκρίνουμε την **ερώτηση 16 με την ερώτηση 18**, με τη βοήθεια του κριτηρίου χ^2 , βρίσκουμε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών ($\chi^2= 71,99$, $df=9$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 16, 18 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Πίνακας 29: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά στις ερωτ. 16 και 18

	Ερώτηση 18				Σύνολο
	DNA	αμινοξέα	πρωτεΐνες	αγγελιοφόρο RNA	
Ερώτηση 16					
αντιγραφή	9,4%	6,9%	11,4%	56,3%	83,9%
μεταγραφή	3,0%	1,2%	1,2%	2,9%	8,4%
μετάφραση	0,8%	0,3%	1,4%	1,2%	3,7%
μετάλλαξη	1,7%	0,7%	0,3%	1,4%	4,0%
Σύνολο	14,9%	9,1%	14,3%	61,8%	100,0%

Απουσίες τιμές 35 (4,6%), Πλήθος δείγματος N=727.

Παρόλα αυτά, εντυπωσιάζει η παρατήρηση πως ενώ ποσοστό μεγαλύτερο του 83% απαντά στην ερώτηση 16 πως η διαδικασία διπλασιασμού του DNA ονομάζεται αντιγραφή, από αυτούς, τους ίδιους μαθητές, ποσοστό 9,4% απαντά στην ερώτηση 18, πως το DNA είναι προϊόν μεταγραφής.

3.2.3 Γενετικό υλικό

Ερώτηση 1: Δέντρα όπως η ελιά έχουν γενετικό υλικό;

Σημαντικό ποσοστό των μαθητών, το 72,3%, αντιλαμβάνεται πως και οι φυτικοί οργανισμοί έχουν γενετικό υλικό, όπως καταγράφεται στον πίνακα 30, αν και το σχολικό βιβλίο επικεντρώνεται στον ανθρώπινο οργανισμό. Αναφέρεται, πάντως, σε μικρό κομμάτι του κεφαλαίου στα πειράματα του Mendel στα μωσχομπίζελα. Μάλιστα σημειώνει ότι για να πετύχει την επιλεκτική γονιμοποίηση των φυτών, τα κάλυψε ώστε να μην γονιμοποιηθούν από έντομα. Αυτή η αναφορά δεν προβλημάτισε το 14,4% των μαθητών που απάντησε αρνητικά και το 12,3% που δεν πήρε θέση. Σε παρόμοια έρευνα¹⁰, που έγινε στην Αττική σε 152 μαθητές Α' Λυκείου, ποσοστό 22,4% απάντησε πως τα δέντρα δεν περιέχουν γενετική πληροφορία. Στην ίδια όμως έρευνα οι μαθητές θεωρούσαν πως τα δέντρα περιέχουν χρωμοσώματα. Σύμφωνα με έρευνα από τους Banet και Ayuso²³, το 20-25% των μαθητών δεν θεωρεί ότι τα φυτά αποτελούνται από κύτταρα ή, ακόμα, και ότι είναι ζωντανοί οργανισμοί. Επιπλέον έχουν την εναλλακτική ιδέα πως τα φυτά δεν περιέχουν χρωμοσώματα και γονίδια.

Πίνακας 30: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 1

	Συχνότητα	Ποσοστό
Ναι	551	72,3
Έγκυρες Όχι	110	14,4
τιμές Δε γνωρίζω	94	12,3
Μερικό Σύνολο	755	99,1
Απουσες Τιμές	7	0,9
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 2: Το βακτήριο του τετάνου έχει γενετικό υλικό;

Αναμέναμε, με βάση και τη βιβλιογραφία, οι απόψεις των μαθητών να διαφοροποιούνται όταν αναφέρονται στο μικρόκοσμο. Πράγματι, μόνο το 50,1% πιστεύει πως ένας μικροοργανισμός, όπως το βακτήριο, έχει γενετικό υλικό, όπως καταγράφεται στον πίνακα 31. Κι' όμως, το σχολικό βιβλίο από το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στους προκαρυωτικούς οργανισμούς, λέγοντας χαρακτηριστικά ότι το γενετικό τους υλικό (DNA) δεν περιβάλλεται από πυρηνική μεμβράνη. Οι μαθητές που θεώρησαν πως οι γενετικές πληροφορίες δεν συναντώνται στα βακτήρια ήταν 25,3%, δεν τοποθετήθηκε το 22,4%, ποσοστό εξαιρετικά υψηλό για μια ερώτηση σωστού – λάθους. Δεν απάντησαν δεκαέξι μαθητές.

Σε παρόμοια έρευνα¹⁰, που έγινε στην Αττική σε μαθητές Α' Λυκείου, ποσοστό 28,3%, απάντησε πως τα βακτήρια δεν περιέχουν γενετική πληροφορία. Επιπλέον θεωρούν για τους μύκητες ότι δεν περιέχουν χρωμοσώματα, αλλά περιέχουν γενετική πληροφορία. Τονίζεται στη συγκεκριμένη έρευνα πως οι μαθητές θεωρούν τα βακτήρια και τους μύκητες «κατώτερους οργανισμούς» ή, ακόμα, δεν τους θεωρούν έμβιους οργανισμούς, συνεπώς δεν μπορούν να περιέχουν το προνόμιο της γενετικής πληροφορίας.

Πίνακας 31: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 2

	Συχνότητα	Ποσοστό
Ναι	382	50,1
Έγκυρες Όχι	193	25,3
τιμές Δε γνωρίζω	171	22,4
Μερικό Σύνολο	746	97,9
Απουύσες τιμές	16	2,1
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 3: Οι κληρονομικές ασθένειες μεταφέρονται στους απογόνους μέσω του DNA.

Η ερώτηση συνδυάζει τα χαρακτηριστικά του οργανισμού (μακρόκοσμος), με το μοριακό επίπεδο μεταφοράς της πληροφορίας (μικρόκοσμος). Παρόλα αυτά, ένα πολύ υψηλό ποσοστό 90,9% απαντάει σωστά, συσχετίζοντας το DNA με την γενετική πληροφορία, όπως καταγράφεται στον πίνακα 32. Αρνητικά απάντησε το 5,5%, δε γνωρίζω το 2,9% και πέντε μαθητές δεν απάντησαν στην ερώτηση.

Σε έρευνα που έγινε στη Βρετανία από τους Lewis et al.²⁵ οι ερευνητές, μετά και από μικρό πλήθος συνεντεύξεων, υπολόγισαν πως περίπου τρεις στους τέσσερεις μαθητές αναγνωρίζουν ότι τα γονίδια καθορίζουν τα φυσικά ή και τα πνευματικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, οι μαθητές πιστεύουν πως όλα τα χαρακτηριστικά κληρονομούνται, συμπεριλαμβανομένης και της συμπεριφοράς και της προσωπικότητας.

Πίνακας 32: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 3

	Συχνότητα	Ποσοστό
Ναι	693	90,9
Έγκυρες Όχι	42	5,5
τιμές Δε γνωρίζω	22	2,9
Μερικό Σύνολο	757	99,3
Απουύσες Τιμές	5	0,7
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 4: Αν κατά τη διάρκεια της ζωής του ένας άνθρωπος αποκτήσει ένα τραύμα, μπορεί να το κληρονομήσουν οι απόγονοί του;

Σε αυτή την ερώτηση, είναι σαφής η αναφορά³ στην μια από τις δύο βασικές ιδέες του Λαμάρκ, την αλλαγή λόγω χρήσης ή αχρηστίας και την κληρονομικότητα επίκτητων χαρακτηριστικών. Θελήσαμε λοιπόν να διερευνήσουμε αν οι μαθητές πιστεύουν πως ένα επίκτητο χαρακτηριστικό, όπως ένα τραύμα, κληρονομείται. Δηλαδή να ανακαλύψουμε τη σύνδεση που μπορεί να κάνουν οι μαθητές μεταξύ χαρακτηριστικού του οργανισμού και γενετικού υλικού. Άλλωστε γνωρίζουμε από τη βιβλιογραφία πως οι μαθητές θεωρούν πως τα επίκτητα χαρακτηριστικά κληρονομούνται^{2, 7} και πως τα γονίδια έχουν τα ίδια τις ιδιότητες του χαρακτηριστικού²². Οι μαθητές στην έρευνά μας, απάντησαν σε μεγάλο ποσοστό σωστά 90,2%, όπως καταγράφεται στον πίνακα 33. Μόλις το 6,7% απάντησε λανθασμένα. Δε γνωρίζω απάντησε το 2,6% και μόνον τέσσερις μαθητές δεν συμπλήρωσαν την ερώτηση.

Πίνακας 33: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 4

	Συχνότητα	Ποσοστό
Ναι	51	6,7
Έγκυρες Όχι	687	90,2
τιμές Δε γνωρίζω	20	2,6
Μερικό Σύνολο	758	99,5
Απουύσες Τιμές	4	0,5
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 8: Τα κορίτσια κληρονομούν τα περισσότερα χαρακτηριστικά τους από τις μητέρες τους. Τα αγόρια κληρονομούν τα περισσότερα από χαρακτηριστικά τους από τους πατέρες τους.

Σε αυτή την ερώτηση οι μαθητές απάντησαν σωστά σε ποσοστό 85%, λανθασμένα σε ποσοστό 8,3% και δήλωσε πως δε γνωρίζει το 5,6%, όπως καταγράφεται στον πίνακα 34. Οκτώ μαθητές δεν απάντησαν. Στις εργασίες των Engel Clough και Wood - Robinson και Karbgo et al., όπως μας πληροφορεί ο Αθανασίου⁷, καταγράφηκε πως οι μαθητές θεωρούν ότι από τη μητέρα κληρονομούνται τα περισσότερα χαρακτηριστικά. Ακόμη, άλλοι ερευνητές² καταλήγουν πως η κληρονομικότητα των χαρακτηριστικών ευνοείται από το ίδιο φύλο, δηλαδή τα κορίτσια κληρονομούν από τη μητέρα και τα αγόρια από τον πατέρα. Στην εργασία μας καταγράφεται ένα ποσοστό 8,3% μόνο που ακολουθεί αυτή την εναλλακτική ιδέα.

Πίνακας 34: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 8

	Συχνότητα	Ποσοστό
Ναι	63	8,3
Έγκυρες Όχι	648	85,0
τιμές Δε γνωρίζω	43	5,6
Μερικό Σύνολο	754	99,0
Απουσες Τιμές	8	1,0
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 10: Οι ιδιότητες των ατόμων καθορίζονται από:

Στο βιβλίο του εκπαιδευτικού³⁰ για τη Βιολογία της Γ' Γυμνασίου παρέχονται αναλυτικές οδηγίες διδασκαλίας και αναφορές εναλλακτικών ιδεών των μαθητών. Για τις τελευταίες αναφέρεται: «Δεν κατανοούν το γεγονός ότι η εκδήλωση των χαρακτηριστικών είναι αποτέλεσμα της επίδρασης του γενετικού υλικού και του περιβάλλοντος». Η επίδραση του περιβάλλοντος αναφέρεται στο σχολικό εγχειρίδιο, αλλά ίσως δεν δίνεται η απαραίτητη έμφαση από τους διδάσκοντες. Ερευνητές έχουν μελετήσει την κατανόηση των μαθητών όσον αφορά τους παράγοντες που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά των οργανισμών. Από τους Kara και Yesilyurt²⁹ διαπιστώνεται η εναλλακτική ιδέα πως ο γενετικός κώδικας είναι μια γενετική δομή που διαφοροποιεί τα άτομα μεταξύ τους, δηλαδή ο γενετικός κώδικας είναι ο κώδικας που «κάνει» τον άνθρωπο. Σε άλλους ερευνητές², αναφέρεται η ιδέα πως η παρατηρήσιμη ποικιλομορφία οφείλεται μόνο σε περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Στην έρευνά μας ποσοστό 61,9% των μαθητών απάντησε πως και τα γονίδια αλλά και το περιβάλλον επηρεάζουν τις ιδιότητες των ατόμων, όπως καταγράφεται στον πίνακα 35. Πολύ μεγάλο ποσοστό, 30,1%, θεώρησε ως μόνο παράγοντα τα γονίδια. Ποσοστό 3,1% πιστεύει πως δεν υπάρχει κάποιος φορέας κληρονομικότητας, δεδομένου ότι θεωρεί ότι μόνο του το περιβάλλον καθορίζει τα χαρακτηριστικά του ατόμου. Την απάντηση «κανένα από τα δύο» επέλεξε ποσοστό 4,2%, ενώ πέντε μαθητές δεν απάντησαν την ερώτηση.

Πίνακας 35: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 10

	Συχνότητα	Ποσοστό
τα γονίδια	229	30,1
το περιβάλλον	24	3,1
Έγκυρες τιμές	472	61,9
τα γονίδια και το περιβάλλον		
κανένα από τα δυο	32	4,2
Μερικό Σύνολο	757	99,3
Απούσες Τιμές	5	0,7
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 12: Ομόλογα ονομάζονται τα χρωμοσώματα τα οποία:

Σε αυτή την ερώτηση μελετούμε τη σύγχυση που επικρατεί στους μαθητές και αφορά την πολύπλοκη, πολυπληθή, εκτεταμένη και εξειδικευμένη ορολογία της Γενετικής. Ποσοστό 58,9% αναγνώρισε τη σωστή απάντηση, όπως καταγράφεται στον πίνακα 36. Ποσοστό 12,3% ξεχωρίζει από τη διατύπωση της ερώτησης τη λέξη «χρωμοσώματα» και εκφράζει την εναλλακτική ιδέα, που εμφανίζεται πολύ συχνά στη βιβλιογραφία, πως τα χρωμοσώματα καθορίζουν το φύλο στον άνθρωπο πιθανόν θεωρώντας ότι όλα τα χρωμοσώματα είναι είτε Χ είτε Υ.^{25, 31} Την επιλογή ως απάντησης της αντιγραφή του DNA και τις αδελφές χρωματίδες επέλεξαν αντίστοιχα ποσοστό 9,1% και 16,9%, ενώ είκοσι ένας μαθητές δεν απάντησαν. Από έρευνα των Bahar et al.³⁴, διαπιστώθηκε πως οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται είτε έννοιες όπως αλληλόμορφο, γονίδιο και ομόλογος, είτε όρους που μοιάζουν λεκτικά όπως ομόλογος, ομόζυγος, ομοζυγωτικός. Η ορολογία είναι πολύπλοκη και οι διαφορές δυσδιάκριτες. Και στο βιβλίο του εκπαιδευτικού³⁰ για τη Βιολογία Γ' Γυμνασίου αναφέρεται πως οι μαθητές συγχέουν τους όρους «αδελφές χρωματίδες» ενός χρωμοσώματος, «ομόλογα χρωμοσώματα» ενός ζεύγους και «δύο αλυσίδες» ενός μορίου DNA.

Πίνακας 36: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 12

	Συχνότητα	Ποσοστό
περιέχουν ίδιες γενετικές πληροφορίες, σε αντίστοιχες θέσεις	449	58,9
καθορίζουν το φύλο στον άνθρωπο	94	12,3
Έγκυρες τιμές	69	9,1
προκύπτουν από την αντιγραφή του DNA		
αποτελούν τις αδελφές χρωματίδες	129	16,9
Μερικό Σύνολο	741	97,2
Απούσες Τιμές	21	2,8
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 13α: Εάν υπάρχουν έξι (6) χρωμοσώματα σε ένα ωάριο:

A. Πόσα χρωμοσώματα υπάρχουν σε ένα σπερματοζωάριο του ίδιου είδους;

Σε αυτή την ερώτηση πολλαπλής επιλογής, επιλέξαμε να αποφύγουμε τις αριθμητικές απαντήσεις και προσφέραμε ποιοτικές επιλογές στους μαθητές. Το 59,6% του δείγματος απάντησε ότι το σπερματοζωάριο θα περιέχει ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων με αυτόν του ωαρίου, ενώ σχεδόν ένας στους τέσσερις, ποσοστό αθροιστικά 24,8%, απαντά ότι το σπερματοζωάριο θα περιέχει είτε μεγαλύτερο είτε μικρότερο αριθμό χρωμοσωμάτων από το ωάριο, υπονοώντας έτσι την άνιση συνεισφορά χρωμοσωμάτων, από τα δύο φύλα, στο νέο οργανισμό. Συγκεκριμένα, οι περισσότεροι, 16,5%, θεωρούν ότι το σπερματοζωάριο συνεισφέρει περισσότερο από το ωάριο, πιθανόν επηρεαζόμενοι από το ότι το φύλο καθορίζεται από το αρσενικό άτομο, ενώ, ποσοστό 8,3% θεωρούν ότι το ωάριο συνεισφέρει περισσότερο, πιθανόν επειδή το θηλυκό είναι αυτό που κυοφορεί. Η επιλογή «δε γνωρίζω», μαζί με όσους δεν απάντησαν, έφτασε συνολικά το ποσοστό του 15,6%. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Βρετανία^{25, 31}, το 45% των μαθητών αναγνώρισε ότι τα ωάρια και τα σπερματοζωάρια περιέχουν τον ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων.

Πίνακας 37: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 13α

	Συχνότητα	Ποσοστό	
Έγκυρες τιμές	λιγότερα από το ωάριο	63	8,3
	ο ίδιος αριθμός με το ωάριο	454	59,6
	περισσότερα από το ωάριο	126	16,5
	δε γνωρίζω	106	13,9
	Μερικό Σύνολο	749	98,3
Απούσες Τιμές	13	1,7	
Σύνολο	762	100,0	

Ερώτηση 13β: Εάν υπάρχουν έξι (6) χρωμοσώματα σε ένα ωάριο:

B. Πόσα χρωμοσώματα υπάρχουν στα κύτταρα του εμβρύου (ζυγωτό) που προέρχεται από αυτό το ωάριο;

Μόλις το 45,5% των μαθητών απάντησε σωστά, όπως καταγράφεται στον πίνακα 38. Τα αποτελέσματα μας δείχνουν περιορισμένη κατανόηση των μαθητών για τη διαδικασία της γονιμοποίησης. Το 21,1% των μαθητών απάντησε πως το νέο γονιμοποιημένο κύτταρο θα έχει τον ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων (έξι), ενώ το 12,6% πως θα έχει τα μισά χρωμοσώματα (τρία). Η επιλογή «δε γνωρίζω», μαζί με όσους δεν

απάντησαν αυξήθηκε στο ποσοστό του 20,7%. Στην αντίστοιχη έρευνα στη Βρετανία^{25,31}, ποσοστό 42% των μαθητών αναγνωρίζει ότι ένα γονιμοποιημένο ωάριο περιέχει διπλάσιο αριθμό χρωμοσωμάτων από ένα σπερματοζωάριο.

Πίνακας 38: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 13β

	Συχνότητα	Ποσοστό
τρία (3)	96	12,6
Έγκυρες τιμές	161	21,1
έξι (6)	347	45,5
Δώδεκα (12)	136	17,8
δε γνωρίζω	740	97,1
Μερικό Σύνολο	22	2,9
Απουσες Τιμές	762	100,0
Σύνολο		

Ερώτηση 14: Εάν ένας οργανισμός έχει 46 χρωμοσώματα, πόσα θα προέρχονται από τη μητέρα και πόσα από τον πατέρα;

Η ερώτηση βασίζεται στις ίδιες γνώσεις με τις προηγούμενες ερωτήσεις 13α και 13β. Δίνοντας ποιοτικές επιλογές στους μαθητές, στοχεύσαμε στο να διερευνήσουμε εάν οι μαθητές υιοθετούν την άνιση συνεισφορά των χρωμοσωμάτων από τα δύο φύλα για τη δημιουργία του νέου οργανισμού. Παρατηρούμε μια εντυπωσιακή αύξηση του ποσοστού των μαθητών που απαντούν σωστά (έφτασε το 82,5%). Ένα ποσοστό 10,9% θεωρεί τυχαίο τον αριθμό συνεισφοράς του κάθε γονέα. Όπως δήλωσαν οι μαθητές, σε άλλη έρευνα¹⁰: «το σπερματοζωάριο πρέπει να έχει περισσότερα χρωμοσώματα».

Πίνακας 39: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 14

	Συχνότητα	Ποσοστό
όλα από την μητέρα	18	2,4
όλα από τον πατέρα	21	2,8
Έγκυρες τιμές	83	10,9
τυχαίος αριθμός από καθένα από τους δύο γονείς	629	82,5
μισά από τον πατέρα και μισά από τη μητέρα	751	98,6
Μερικό Σύνολο	11	1,4
Απουσες Τιμές	762	100,0
Σύνολο		

Ερώτηση 20α: Α. Αν είχατε δυο κύτταρα συκωτιού από τον ίδιο άνθρωπο, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:

Στην ερώτηση αυτή εξετάζουμε τη γνώση για την ύπαρξη της ίδιας γενετικής πληροφορίας σε κύτταρα του ίδιου τύπου, στον ίδιο άνθρωπο. Η ομοιομορφία της πρότασης θα μπορούσε να είναι η αίτια που προδίδει τη σωστή απάντηση. Ίσως γι' αυτό, ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών (73,6%) φαίνεται να κατέχει αυτή τη γνώση απαντώντας σωστά, όπως καταγράφεται στον πίνακα 40. Μικρό ποσοστό, 16,8%, απαντάει λανθασμένα και το 8,5% δηλώνει πως δε γνωρίζει την απάντηση. Μόλις οκτώ μαθητές δεν απάντησαν.

Πίνακας 40: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 20α

	Συχνότητα	Ποσοστό
Ίδια	561	73,6
Έγκυρες Διαφορετική τιμές δε γνωρίζω	128	16,8
Μερικό Σύνολο	754	99,0
Απουσίες Τιμές	8	1,0
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 20β: Β. Αν είχατε ένα κύτταρο συκωτιού και ένα νευρικό κύτταρο από τον ίδιο άνθρωπο, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:

Στην ερώτηση αυτή εξετάζουμε τη γνώση για την ύπαρξη της ίδιας γενετικής πληροφορίας, σε κύτταρα διαφορετικού τύπου, στον ίδιο άνθρωπο. Ουσιαστικά, θέλουμε να μελετήσουμε εάν κατανοούν πως όλα τα σωματικά κύτταρα φέρουν την ίδια γενετική πληροφορία, αναζητήσαμε δηλαδή την κατανόηση της κοινής γενετικής συγκρότησης των κυττάρων ενός οργανισμού, της κυτταρικής διαφοροποίησης και της λειτουργίας των γονιδίων³¹. Δεν διερευνήσαμε τη γνώση τους στα φυλετικά κύτταρα (γαμέτες).

Συγκριτικά με την προηγούμενη ερώτηση, μικρότερο ποσοστό (39%) των μαθητών απαντάει σωστά, όπως καταγράφεται στον πίνακα 41. Η πλειοψηφία (47%) απαντάει λανθασμένα, πιθανόν θεωρώντας ότι κάθε κυτταρικός τύπος περιέχει μόνο τα γονίδια για τα χαρακτηριστικά που εκφράζονται σε αυτόν. Το ποσοστό όσων δε γνωρίζουν αυξάνεται σε 12,2%. Επικρατεί λοιπόν η άποψη ότι η γενετική πληροφορία κατανέμεται στα κύτταρα ανάλογα με τη λειτουργία την οποία καλείται να πραγματοποιήσει ένα

κύτταρο. Βεβαίως να αναφέρουμε ότι η ρύθμιση της γονιδιακής λειτουργίας δεν διδάσκεται στους μαθητές Γ' Γυμνασίου.

Πίνακας 41: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 20β

	Συχνότητα	Ποσοστό
Ίδια	297	39,0
Έγκυρες Διαφορετική τιμές δε γνωρίζω	358	47,0
Μερικό Σύνολο	748	98,2
Απουσες Τιμές	14	1,8
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 20γ: Γ. Αν είχατε δυο κύτταρα συκωτιού από δυο διαφορετικούς ανθρώπους, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:

Στην ερώτηση αυτή εξετάζουμε τη γνώση για την ύπαρξη διαφορετικής γενετικής πληροφορίας σε κύτταρα ίδιου τύπου, σε διαφορετικούς ανθρώπους. Και πάλι η ομοιομορφία της πρότασης θα μπορούσε να είναι η αίτια που προδίδει τη σωστή απάντηση. Όπως και στην ερώτηση 20α, υψηλό ποσοστό, περίπου 75%, απαντάει σωστά, ενώ λανθασμένα απαντά το 10,4%. Διατηρείται υψηλό το ποσοστό των μαθητών που επέλεξαν την επιλογή «δε γνωρίζω».

Πίνακας 42: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 20γ

	Συχνότητα	Ποσοστό
Ίδια	79	10,4
Έγκυρες Διαφορετική τιμές δε γνωρίζω	571	74,9
Μερικό Σύνολο	749	98,3
Απουσες Τιμές	13	1,7
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 23α: Να συμπληρώσετε τη λέξη που λείπει στις παρακάτω προτάσεις:

α) Γενετικό υλικό ονομάζεται το των κυττάρων.

Καταγράψαμε όλες τις απαντήσεις των μαθητών και τη συχνότητα τους, όπως φαίνεται στον πίνακα 43.

Πίνακας 43: Οι απαντήσεις στην ερώτηση 23α

γονίδιο	24	ζυγωτό	2
DNA	480	υλικό, γενετικό υλικό	10
RNA	1	γένος	1
χρωμόσωμα	4	είδος	1
δεοξυριβονουκλεϊκό	1	κέντρο	4
αμινοξέα	1	οργανίδιο	1
μόριο	7	σύστημα	1
πυρήνας	2	αντίγραφο	1
κύτταρο	3	περιεχόμενο, εσωτερικό	7
σύνολο	11	Σύνολο	561

Ομαδοποιήσαμε τις απαντήσεις όπως φαίνεται στον πίνακα 44. Οι μη σημαντικές απαντήσεις περιλαμβάνονται στην ομάδα «άλλη απάντηση». Η σωστή απάντηση «DNA» συγκέντρωσε ποσοστό 63%. Αναγνώρισε το γενετικό υλικό στη μορφή του γονιδίου το 3,1% των μαθητών. Διάφορες απαντήσεις υπολογίστηκαν στο 7,6%. Μεγάλος κρίνεται ο αριθμός των 200 μαθητών που δεν απάντησαν.

Πίνακας 44: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 23α

	Συχνότητα	Ποσοστό
DNA	480	63,0
Έγκυρες άλλη απάντηση	58	7,6
τιμές Γονίδιο	24	3,1
Μερικό Σύνολο	562	73,8
Απούσες Τιμές	200	26,2
Σύνολο	762	100,0

Ερώτηση 23β: Να συμπληρώσετε τη λέξη που λείπει στις παρακάτω προτάσεις:
β) Το DNA περιέχει τις γενετικές πληροφορίες σε συγκεκριμένα τμήματά του που ονομάζονται

Καταγράψαμε όλες τις απαντήσεις των μαθητών και τη συχνότητα τους, όπως φαίνεται στον πίνακα 45.

Πίνακας 45: Οι απαντήσεις στην ερώτηση 23β

γονίδια	246	μόρια	1
DNA	9	πυρήνας	30
RNA	5	κύτταρα	24
χρωμοσώματα, ομόλογα χρωμοσώματα	92	γενετικά υλικά	1
νουκλεοτίδια, δεοξυριβονουκλεοτίδια	23	αλυσίδες	4
νουκλεϊκά οξέα	1	ανάλογα	1
αμινοξέα	7	αντιγραφή	2
πρωτεΐνες	5	ασθενείς δεσμοί	1
αδελφές χρωματίδες	2	πηγές	1
αζωτούχες, βάσεις, αζωτούχες βάσεις	9	τάξη	1
ριβοσώματα	4	οργανισμός	1
ομόλογα	3	θήκες	1
κυτταρόπλασμα	1	ωάρια	1
μιτοχόνδρια	1	Golgi	1
		Σύνολο	478

Ομαδοποιήσαμε τις απαντήσεις όπως φαίνεται στον πίνακα 46. Οι μη σημαντικές απαντήσεις περιλαμβάνονται στην ομάδα «άλλη απάντηση». Τη σωστή απάντηση, γονίδια, επέλεξε το 32,3% των μαθητών. Χρωμοσώματα ή ομόλογα χρωμοσώματα επέλεξε το 12,2% των μαθητών. Οι ανωτέρω απαντήσεις μας οδηγούν στο συμπέρασμα πως ο τρόπος που γίνονται οι συνδέσεις των πληροφοριών μεταξύ τους είναι προβληματικός με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ένα ενιαίο εννοιολογικό πλαίσιο, το οποίο θα ξεκαθάριζε τις σχέσεις μεταξύ των δομών.³¹ Τα νουκλεοτίδια ως απάντηση επέλεξε ποσοστό 3%, ίσως επηρεαζόμενοι από το ότι αποτελούν τα δομικά συστατικά του DNA. Την απάντηση πυρήνας ή κύτταρα, επέλεξε το 7,1%, πιθανόν βασιζόμενοι στο πως οριοθετούν τη θέση του DNA. Εξάλλου έρευνες που έχουν γίνει^{17, 23}, έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα πως σχεδόν όλοι οι μαθητές τοποθετούν το DNA στον πυρήνα των κυττάρων.

Πίνακας 46: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 23β

	Συχνότητα	Ποσοστό
Γονίδια	246	32,3
άλλη απάντηση	62	8,1
χρωμοσώματα, ομόλογα χρωμοσώματα	93	12,2
Έγκυρες τιμές		
νουκλεοτίδια, δεοξυριβονουκλεοτίδια	23	3,0
πυρήνας, κύτταρα	54	7,1
Μερικό Σύνολο	478	62,7
Απούσες Τιμές	284	37,3
Σύνολο	762	100,0

Συμπεράσματα από τις απαντήσεις στην ενότητα «Γενετικό Υλικό» - Διασταυρούμενη ανάλυση

Σε αυτή την ομάδα ερωτήσεων ερευνήσαμε την κατανόηση των μαθητών σε έννοιες που αφορούν το γενετικό υλικό. Στις **ερωτήσεις 1 και 2**, ερευνήσαμε τις αντιλήψεις των μαθητών που αφορούσαν την ύπαρξη γενετικού υλικού σε οργανισμούς που γνωρίζουν εμπειρικά όπως είναι τα δέντρα, αλλά και σε οργανισμούς που δεν βλέπουν στην καθημερινότητά τους, όπως τα βακτήρια. Δίνοντας ως παράδειγμα την ελιά και το βακτήριο του τετάνου, προσπαθήσαμε να ξεπεράσουμε την γενίκευση και την αφηρημένη έννοια των όρων, ώστε να μην παραιτηθούν από το να απαντήσουν. Ο έλεγχος ανεξαρτησίας, με το κριτήριο χ^2 , έδειξε πως υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών ($\chi^2= 23,71$, $df=4$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 1, 2 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Στον πίνακα 47 παρατηρούμε ότι τα υψηλά ποσοστά σωστών απαντήσεων που σημείωσαν οι μαθητές στις επιμέρους ερωτήσεις, μειώθηκαν στο 38,6% (37,7% εάν λάβουμε υπόψη τις απούσες τιμές) για τους μαθητές. Παρατηρούμε επιπλέον ότι από ποσοστό περίπου 73% για τους μαθητές που θεωρούσαν πως τα δέντρα έχουν γενετικό υλικό, το 20% περίπου δεν πιστεύει πως τα βακτήρια έχουν γενετικό υλικό, ενώ το 15% περίπου δηλώνει πως δεν γνωρίζει. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στο εν λόγω θέμα έχουν μελετηθεί από αρκετούς ερευνητές. Μια μελέτη¹⁷ υποστηρίζει πως οι μαθητές θεωρούν ότι το DNA είναι υπεύθυνο για χαρακτηριστικά και λειτουργίες μόνο ζωικών οργανισμών. Σε άλλη μελέτη²⁵ οι μαθητές θεωρούν ότι τα θηλαστικά και τα έντομα περιέχουν χρωμοσώματα και γενετική πληροφορία, σε αντίθεση με τα δέντρα, τους ιούς και τους μύκητες, για τα οποία λιγότεροι από τους μισούς μαθητές πίστευαν ότι δεν περιέχουν χρωμοσώματα και γενετική πληροφορία.

Πίνακας 47: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 1 και 2

	Βαθμολόγηση 2			Σύνολο	
	λάθος	δε γνωρίζω	σωστό		
Βαθμολόγηση 1	λάθος	4,2%	2,8%	7,7%	14,7%
	δε γνωρίζω	2,0%	5,2%	5,0%	12,2%
	σωστό	19,6%	14,9%	38,6%	73,1%
Σύνολο		25,8%	23,0%	51,2%	100,0%

Απούσες τιμές 18 (2,4%), Πλήθος δείγματος N=744.

Συγκρίνοντας τις **ερωτήσεις 3 και 4** με το κριτήριο χ^2 , καταλήγουμε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών (ακριβής έλεγχος Monte Carlo διπλής ουράς, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 3, 4 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Η κατανόηση των μαθητών για τον φορέα κληρονομικότητας και τη δυνατότητα κληρονόμησης επίκτητων χαρακτηριστικών διατηρείται σε πολύ υψηλά ποσοστά. Περίπου το 85% (83,6% εάν λάβουμε υπόψη τις απύσες τιμές) των ίδιων μαθητών, απαντά και τις δύο ερωτήσεις σωστά. Φαίνεται να έχουν κατανοήσει τον διαχωρισμό γονότυπου («αόρατο» χαρακτηριστικό) και φαινοτύπου (ορατό χαρακτηριστικό).

Πίνακας 48: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 3 και 4

	Βαθμολόγηση 4			Σύνολο
	λάθος	δε γνωρίζω	σωστό	
λάθος	0,8%	0,3%	4,5%	5,6%
Βαθμολόγηση 3 δε γνωρίζω	0,5%	0,5%	1,7%	2,8%
σωστό	5,2%	1,9%	84,6%	91,6%
Σύνολο	6,5%	2,7%	90,8%	100,0%

Απύσες τιμές 9 (1,2%), Πλήθος δείγματος N=753.

Στις **ερωτήσεις 8 και 14**, διερευνήσαμε τη σύνδεση του φύλου, των χαρακτηριστικών και των χρωμοσωμάτων με τη κληρονομικότητα στους ανθρώπους. Σύγκριση με έλεγχο crosstabs έδειξε ότι οι απαντήσεις των μαθητών είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους ($\chi^2=0,77$, $df=2$, $p=0,680$). Ενώ σε ποσοστό περίπου 85% δεν συνδέουν το φύλο με τη κληρονομικότητα, από αυτούς τους μαθητές, ποσοστό πάνω από 13% δεν συμφωνεί με την αμοιβαία συνεισφορά χρωμοσωμάτων των γονέων στον οργανισμό που θα γεννηθεί. Σε συζήτηση που είχαμε με κάποιους από τους μαθητές, σε μεταγενέστερο χρόνο, εξήγησαν πως, αφού ο πατέρας καθορίζει το φύλο, άρα αυτός δίνει όλα ή έστω τα περισσότερα χρωμοσώματα. Υποθέτουμε πως θεωρούν όλα τα χρωμοσώματα αποκλειστικά φυλετικά είτε X είτε Y. Οι υπόλοιποι από τους μαθητές που έχουν αντίθετη άποψη πιθανόν θεωρούν, όπως αναφέρει η Ζόγκζα⁶², ότι στην κληρονόμηση των χαρακτηριστικών η μητέρα συνεισφέρει περισσότερο, αφού αυτή έχει στην κοιλιά της το παιδί και αυτή είναι που το ανατρέφει.

Πίνακας 49: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 8 και 14

		Βαθμολόγηση 14		Σύνολο
		λάθος	Σωστό	
Βαθμολόγηση 8	λάθος	1,3%	7,1%	8,5%
	δε γνωρίζω	1,2%	4,6%	5,8%
	σωστό	13,6%	72,1%	85,7%
Σύνολο		16,2%	83,8%	100,0%

Απουύσες τιμές 19 (2,5%), Πλήθος δείγματος N=743.

Σύγκριση με έλεγχο crosstabs, έδειξε ότι υπάρχει μια σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών, στις **ερωτήσεις 10 και 23β** ($\chi^2= 38,02$, $df=12$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 10, 23β διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Παρατηρούμε πως, ενώ οι δύο στους τρεις μαθητές αναγνωρίζουν, σε ερώτηση πολλαπλής επιλογής, πως οι ιδιότητες των ατόμων καθορίζονται από τα γονίδια και το περιβάλλον, οι μισοί περίπου από αυτούς, δεν συμπλήρωσαν τα γονίδια ως φορείς της γενετικής πληροφορίας στην ερώτηση συμπλήρωσης κενού. Επιλέγουν εναλλακτικές απαντήσεις με κυριότερη τα χρωμοσώματα. Επιπλέον, μεγάλο ποσοστό δεν απαντάει την ερώτηση (285 μαθητές ή 37,4% επί του συνόλου του δείγματος). Οι μαθητές που απάντησαν σωστά και τις δύο ερωτήσεις φτάνουν το ποσοστό του 38,8% (24,3% εάν λάβουμε υπόψη τις απουύσες τιμές). Ερευνητές³³ έχουν παρατηρήσει πως πιο συχνά οι μαθητές συνδέουν τα γονίδια με τα χρωμοσώματα και όχι τα γονίδια με το DNA. Υπάρχει, λοιπόν, μια αβεβαιότητα στη σχέση μεταξύ των δομών που είναι εμφανής και από άλλες ερωτήσεις της έρευνάς μας.

Πίνακας 50: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά στις ερωτ. 10 και 23β

		Ερώτηση 23ii					Σύνολο °
		γονίδια	άλλη απάντηση	Χρωμοσώματα, ομόλογα χρωμοσώματα	νουκλεοτίδια, δεοξυριβονουκλεοτίδια	πυρήνας, κύτταρα	
Ερώτηση 10	τα γονίδια	10,9%	5,5%	6,9%	1,0%	3,4%	27,7%
	το περιβάλλον	0,4%	1,0%	1,3%		0,2%	2,9%
	τα γονίδια και το περιβάλλον	38,8%	5,9%	11,3%	3,4%	7,1%	66,5%
	κανένα από τα δυο	1,5%	0,6%		0,2%	0,6%	2,9%
Σύνολο		51,6%	13,0%	19,5%	4,6%	11,3%	100,0 %

Απουύσες τιμές 285 (37,4%), Πλήθος δείγματος N=477.

Σύγκριση με έλεγχο crosstabs, έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών, στις **ερωτήσεις 13α και 13β** ($\chi^2= 47,67$, $df=4$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 13α, 13β διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Ενώ περίπου το 60% αναγνώρισε πως ωάριο και σπερματοζωάριο έχουν ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων και περίπου το 50% πως το ζυγωτό έχει διπλάσια χρωμοσώματα από το ωάριο, μόλις ένας στους τρεις μαθητές (32,8% εάν λάβουμε υπόψη τις απούσες τιμές) απάντησε και τις δύο ερωτήσεις σωστά. Συμπεραίνουμε πως είναι ευκολότερο να προσδιορίσουν τον αριθμό χρωμοσωμάτων στο σπερματοζωάριο, παρά στο ζυγωτό, όταν δίνεται ο αριθμός των χρωμοσωμάτων του ωαρίου. Στις μελέτες των Lewis et al.^{25, 31}, σε Άγγλους και Ουαλούς μαθητές, ένα μικρό ποσοστό ήταν σε θέση να ξεχωρίσει τα σωματικά από τα γαμετικά κύτταρα. Λιγότεροι από τους μισούς μαθητές γνώριζαν ότι τα ωάρια και τα σπερματοζωάρια περιέχουν τον ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων. Ακόμα μικρότερο ποσοστό αναγνώριζε ότι το ζυγωτό θα περιέχει δύο φορές τον αριθμό των χρωμοσωμάτων του σπερματοζωαρίου. Πίστευαν ότι κάθε κατηγορία κυττάρων είχε γενετικό υλικό, που καθοριζόταν από τη δομή, τη λειτουργία και τη θέση του στον οργανισμό. Πίστευαν επίσης ότι ο αριθμός των χρωμοσωμάτων στο κύτταρο εξαρτάται από την ηλικία και τη φυσική κατάσταση του κυττάρου.

Πίνακας 51: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 13α και 13β

		Βαθμολόγηση 13β			Σύνολο
		λάθος	δε γνωρίζω	σωστό	
Βαθμολόγηση 13α	λάθος	10,2%	5,9%	8,7%	24,8%
	δε γνωρίζω	5,3%	4,8%	4,2%	14,3%
	σωστό	19,1%	7,6%	34,1%	60,8%
Σύνολο		34,7%	18,3%	47,1%	100,0%

Απούσες τιμές 29 (3,8%), Πλήθος δείγματος N=733.

Σύγκριση με έλεγχο crosstabs έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών, στις **ερωτήσεις 13α και 14** ($\chi^2= 54,32$, $df=2$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 13α, 14 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Ενώ στην ερώτηση 14 επικρατεί η άποψη της ίσης συνεισφοράς χρωμοσωμάτων από τα δύο φύλα, στο νέο οργανισμό (ερώτηση 13α), ο ένας στους τέσσερις από όσους απάντησαν προηγουμένως σωστά, εκφράζει την αντίληψη ότι το ωάριο και το σπερματοζωάριο δεν έχουν τον ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων. Μπορεί να έχουν

αποδεχθεί την γνώση ότι ένας οργανισμός λαμβάνει μισά χρωμοσώματα από τον πατέρα και μισά από τη μητέρα, όμως δεν την συνδέουν με τον αριθμό χρωμοσωμάτων στο ωάριο και στο σπερματοζωάριο. Όπως υποστηρίζουν ερευνητές^{23, 25, 26, 31}, υπάρχει σύγχυση στη χρήση της ορολογίας και χαμηλό επίπεδο κατανόησης της βιολογικής σημασίας της μίτωσης και της μείωσης.

Πίνακας 52: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 13α και 14

	Βαθμολόγηση 14		Σύνολο
	λάθος	σωστό	
λάθος	6,9%	18,2%	25,1%
Βαθμολόγηση 13α			
δε γνωρίζω	4,3%	9,8%	14,2%
σωστό	5,0%	55,8%	60,8%
Σύνολο	16,2%	83,8%	100,0%

Απουσίες τιμές 20 (2,6%), Πλήθος δείγματος N=742.

Σύγκριση με έλεγχο crosstabs έδειξε ότι δεν παρατηρούμε συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών στις **ερωτήσεις 13β και 14** ($\chi^2 = 5,35$, $df=2$, $p=0,069$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 13β, 14 δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5%. Αποκαλύπτεται, σε συνδυασμό και με τις προηγούμενες δύο συγκρίσεις που αφορούσαν τις ερωτήσεις 13α, 13β και 14, η έλλειψη κατανόησης των εννοιών της κληρονομικότητας σε βάθος. Στην ερώτηση 14 συνδέουμε έννοιες σε μακροσκοπικό επίπεδο (πατέρας - μητέρα) με έννοιες από το μικροσκοπικό επίπεδο (χρωμοσώματα). Στην ερώτηση 13α συνδέουμε τις έννοιες χρωμόσωμα, ωάριο και ζυγωτό (μικροσκοπικό επίπεδο). Οι μαθητές απαντούν σωστά σε πολύ υψηλό ποσοστό, άνω του 80%, στην ερώτηση 14, ίσως επειδή αποτελεί παγιωμένη, δεδομένη γνώση. Όταν όμως ερωτώνται σε διαφορετικό επίπεδο για τη συμμετοχή των γαμετών στο ζυγωτό, σωστά απαντά περίπου το 40% των μαθητών. Πολλοί ερευνητές επισημαίνουν^{17, 22, 25, 28, 63, 64} ότι για να υπάρξει μια επαρκής κατανόηση, απαιτείται η χρήση κατάλληλου λεξιλογίου και οι μαθητές να χρησιμοποιούν τη σκέψη τους για να διακρίνουν το ένα επίπεδο από το άλλο (μακροσκοπικό - μικροσκοπικό). Να υπενθυμίσουμε ότι οι καθηγητές και οι συγγραφείς βιβλίων συχνά κινούνται μεταξύ των διαφόρων επιπέδων οργάνωσης χωρίς όμως να το επισημαίνουν.

Πίνακας 53: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 13β και 14

		Βαθμολόγηση 14		Σύνολο
		λάθος	Σωστό	
Βαθμολόγηση 13β	λάθος	6,3%	28,6%	34,9%
	δε γνωρίζω	3,8%	14,3%	18,1%
	σωστό	6,1%	40,8%	46,9%
Σύνολο		16,2%	83,8%	100,0%

Απουσίες τιμές 29 (3,8%), Πλήθος δείγματος N=733.

Στις **ερωτήσεις 20α, 20β και 20γ** θελήσαμε να διερευνήσουμε την ικανότητα των μαθητών να διακρίνουν τα σωματικά κύτταρα του ίδιου ή διαφορετικών οργανισμών ως προς το είδος της γενετικής πληροφορίας που περιέχουν.

Υπολογίσαμε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών, στις **ερωτήσεις 20α και 20β** ($\chi^2 = 149,74$, $df=4$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 20α, 20β διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Είχαμε αναφέρει κατά την ανάλυση των επιμέρους ερωτημάτων, ότι οι μαθητές διακρίνουν σε υψηλό ποσοστό, περίπου 74%, ότι τα κύτταρα συκωτιού στον ίδιο άνθρωπο έχουν την ίδια γενετική πληροφορία (ερώτηση 20α). Από αυτούς τους μαθητές, το 40% πιστεύει πως για κύτταρα διαφορετικών οργάνων ή ιστών του ίδιου ανθρώπου η γενετική πληροφορία αλλάζει, ενώ το 30% απαντά σωστά πως η πληροφορία παραμένει ίδια. Συμπερασματικά και στις δύο ερωτήσεις απαντάει σωστά ποσοστό περίπου 30%. Άρα δεν υπάρχει σε βάθος κατανόηση της ροής της γενετικής πληροφορίας, δεδομένου ότι οι μαθητές απαντούν σωστά ίσως κατά τύχη. Στη βιβλιογραφία υπάρχει πληθώρα ερευνών που έχει μελετήσει αυτά τα θέματα. Οι Lewis et al.³⁵ αναφέρουν ότι οι μαθητές πιστεύουν πως διαφορετικοί τύποι κυττάρου, περιέχουν διαφορετική γενετική πληροφορία, επειδή εκτελούν διαφορετικές λειτουργίες. Θεωρούν πως κάθε τύπος κυττάρου περιέχει μόνο την πληροφορία που χρειάζεται για τη λειτουργία του. Στα ίδια αποτελέσματα οδηγήθηκαν και οι Friedrichsen et al.²⁸ σε έρευνά τους σε φοιτητές. Όπως αναφέρουν οι Kara και Yesilyurt²⁹, οι μαθητές θεωρούν πως όλα τα κύτταρα από ένα άτομο δεν περιέχουν τις ίδιες γενετικές πληροφορίες.

Πίνακας 54: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 20α και 20β

		Βαθμολόγηση 20β			Σύνολο
		λάθος	δε γνωρίζω	σωστό	
Βαθμολόγηση 20α	λάθος	5,9%	2,4%	8,6%	16,9%
	δε γνωρίζω	2,4%	5,0%	1,2%	8,6%
	σωστό	39,7%	5,0%	29,9%	74,5%
Σύνολο		48,0%	12,3%	39,7%	100,0%

Απουσίες τιμές 16 (2,1%), Πλήθος δείγματος N=746.

Σύγκριση με έλεγχο crosstabs, στις ερωτήσεις 20α και 20γ έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών ($\chi^2= 154,91$, $df=4$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 20α, 20γ διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Στη σύγκριση αυτού του ζευγαριού ερωτήσεων, το ποσοστό επιτυχίας είναι πολύ υψηλό. Στη συνέχεια θα παραθέσουμε τις ιδέες των μαθητών, από τις οποίες θα φανεί ότι αυτό μπορεί να συνέβη στηριζόμενο σε λάθος αντιλήψεις.

Πίνακας 55: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 20α και 20γ

		Βαθμολόγηση 20γ			Σύνολο
		λάθος	δε γνωρίζω	σωστό	
Βαθμολόγηση 20α	λάθος	3,7%	3,2%	10,0%	17,0%
	δε γνωρίζω	1,2%	4,7%	2,7%	8,6%
	σωστό	5,6%	5,1%	63,7%	74,4%
Σύνολο		10,6%	13,0%	76,4%	100,0%

Απουσίες τιμές 15 (2,0%), Πλήθος δείγματος N=747.

Σύγκριση με έλεγχο crosstabs, στις ερωτήσεις 20β και 20γ έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών, ($\chi^2= 153,41$, $df=4$, $p=0,000$). Οι κατανομές των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 20β, 20γ διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μικρότερο του 1%. Και εδώ παρατηρούμε το χαμηλό ποσοστό επιτυχίας στην ερώτηση 20β.

Πίνακας 56: Πίνακας διπλής εισόδου - ποσοστά απαντήσεων στις ερωτ. 20β και 20γ

		Βαθμολόγηση 20γ			Σύνολο
		λάθος	δε γνωρίζω	σωστό	
Βαθμολόγηση 20β	λάθος	7,5%	4,4%	35,9%	47,9%
	δε γνωρίζω	1,1%	6,3%	5,0%	12,3%
	σωστό	2,0%	2,5%	35,3%	39,8%
Σύνολο		10,6%	13,3%	76,1%	100,0%

Απουσίες τιμές 16 (2,1%), Πλήθος δείγματος N=746.

Οι Lewis και Kattmann²² επισημαίνουν ότι οι μαθητές δεν έχουν διδαχθεί τα «γονίδια – διακόπτες», που ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται ανάλογα με τη λειτουργία του κυττάρου και δεν μπορούν να φανταστούν την ύπαρξή τους, έστω και διαισθητικά. Οι Banet και Ayuso²³, όπως και ο Chattopadhyay²⁶, χρησιμοποιώντας τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου της Lewis^{31, 35}, κατέληξαν στο συμπέρασμα πως πολύ λίγοι μαθητές πιστεύουν ότι όλα τα κύτταρα ενός οργανισμού περιέχουν την ίδια γενετική πληροφορία. Ο Banet υποστηρίζει πως οι μαθητές δεν κατανοούσαν ότι όλα τα κύτταρα ενός οργανισμού προέρχονται από το ζυγωτό και κατά συνέπεια περιέχουν την ίδια γενετική πληροφορία.

Αναφορικά με τις ερωτήσεις 20α, 20β και 20γ, ζητήθηκε από τους μαθητές να ερμηνεύσουν τις απαντήσεις τους. Παρατηρήσαμε ότι, αρκετοί μαθητές που απάντησαν σωστά και στις τρεις ερωτήσεις έδωσαν τις ερμηνείες που ζητήσαμε στα επιμέρους ερωτήματα. Για παράδειγμα: *A. Αν τα κύτταρα συκωτιού είναι από τον ίδιο άνθρωπο είναι λογικό γιατί έχει γίνει ίδια αντιγραφή. B. Θα είναι το ίδιο γιατί και τα δυο από το ίδιο DNA προέρχονταν Γ. Διαφορετική γιατί δεν είναι από τον ίδιο άνθρωπο.*

Οι περισσότεροι δεν έδωσαν ξεχωριστές απαντήσεις σε κάθε ερώτηση, αλλά μια συγκεντρωτική όπως: *το DNA είναι ίδιο σε όλα τα σωματικά κύτταρα του ίδιου ανθρώπου ή τα κύτταρα από τον ίδιο άνθρωπο αν και διαφορετικά (συκωτιού, νευρικού) έχουν προέλθει από το ίδιο αρχικό κύτταρο, το ζυγωτό. Αντίθετα τα κύτταρα από δύο ανθρώπους αν και από το ίδιο μέρος τους σώματος (συκώτι) έχουν προέλθει από δύο διαφορετικά κύτταρα (ζυγωτά) από διαφορετικές πληροφορίες το καθένα.*

Σε μερικές περιπτώσεις, οι απαντήσεις, μας εντυπωσίασαν: *η γενετική πληροφορία σε κάθε κύτταρο ενός ανθρώπου είναι ίδια, σε δύο διαφορετικούς διαφορετική (εκτός αν πρόκειται για μονοζυγωτικά δίδυμα) ή τα κύτταρα του ίδιου οργανισμού περιέχουν τις ίδιες πληροφορίες όλα, ανεξαρτήτως του ποιας πληροφορίας εκφράζουν.*

Παρόλα αυτά, υπήρχαν σωστές απαντήσεις με λανθασμένες αιτιολογήσεις και λανθασμένες απαντήσεις που έκρυβαν ενδιαφέρουσες εναλλακτικές ιδέες. Θα προσπαθήσουμε να τις ομαδοποιήσουμε καθώς κάνουν αναφορά:

- στο όργανο ή στη θέση στον οργανισμό
- σε αντίδραση που πραγματοποιείται
- σε εξυπηρέτηση κάποιου σκοπού ή λειτουργίας
- σε δομή ή διαφορετικό σχεδιασμό

- σε ασθένεια ή τη φθορά με το χρόνο
- στα γονίδια
- στη διαδικασία αντιγραφής
- σε κάθε κύτταρο ότι έχει τη δικιά του γενετική πληροφορία

Πίνακας 57: Πίνακας αιτιολογήσεων στην ερώτηση 20α

Σωστές απαντήσεις	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Τα κύτταρα στον ίδιο άνθρωπο από τα ίδια όργανα έχουν τις ίδιες ιδιότητες ➤αφού εξετάζουμε κύτταρα από τον ίδιο άνθρωπο και στην ίδια περιοχή (περιοχή συκωτιού) ➤γιατί δεν θα γινόταν καμία αντίδραση ➤γιατί τα κύτταρα εξυπηρετούν παρόμοιες λειτουργίες και βρίσκονται σε αντίστοιχες λογικά θέσεις ➤γιατί τα κύτταρα λειτουργούν για τον ίδιο σκοπό
Λάθος απαντήσεις	<ul style="list-style-type: none"> ➤διότι δε γίνεται να υπάρχει η ίδια γενετική πληροφορίες επειδή υπάρχουν επιλεγμένες πληροφορίες που πάνε στο συκώτι από τον οργανισμό ➤γιατί αφού δεν αναφέρεται ο χρόνος που κατασκευάστηκε το κάθε κύτταρο θα έχουν διαφορετική ημερομηνία και χαρακτηριστικά γεννήσεως

Πίνακας 58: Πίνακας αιτιολογήσεων στην ερώτηση 20β

Σωστές απαντήσεις	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Τα κύτταρα έχουν τις ίδιες γενετικές πληροφορίες και ανάλογα με το που βρίσκονται αλλάζουν μορφές ➤ επειδή τα νευρικά κύτταρα λειτουργούν ταυτόχρονα με τα κύτταρα του συκωτιού ➤γιατί το νευρικό σύστημα είναι μέσα στον οργανισμό στον οποίο είναι και το συκώτι
Λάθος απαντήσεις	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ανήκουν σε διαφορετικά όργανα άρα φυσιολογικό είναι ➤ Θα αλλάξουν σε ιστούς διαφορετικού είδους ➤ γιατί θα αντιδρούσαν τα νευρικά κύτταρα μεταξύ τους ➤ Τα δύο αυτά κύτταρα έχουν διαφορετικές λειτουργίες και χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς..... ➤ Εφόσον έχουν διαφορετικές ιδιότητες και λειτουργίες ➤ Εκτελούν διαφορετικές λειτουργίες και βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις ➤διαφορετική διότι το καθένα έχει διαφορετικό σχεδιασμό ➤ Επειδή τα κύτταρα δεν είναι από το ίδιο όργανο του σώματος άρα η διαδικασία της αντιγραφής στο καθένα γίνεται κάπως διαφορετικά

Πίνακας 59: Πίνακας αιτιολογήσεων στην ερώτηση 20γ

<p>Σωστές απαντήσεις</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Αν βάλουμε δύο κύτταρα συκωτιού διαφορετικών ανθρώπων θα διαπιστώσουμε ότι διαφέρουν πχ σε μέγεθος, DNA κυττάρων, χρώμα</i> ➤ <i>Δεν είχαν ίδιους γονείς ώστε να κληρονομήσουν το αντίστοιχο ίδιο DNA</i> ➤ <i>Εφόσον είναι διαφορετικός άνθρωπος τα κύτταρά του έχουν διαφορετική δομή</i> ➤ <i>Είναι διαφορετική γιατί είναι από διαφορετικούς ανθρώπους, αλλά μπορεί να είναι και ίδια γιατί όλοι έχουμε ίδιο συκώτι εκτός αν ο ένας έχει κάποιο πρόβλημα με το συκώτι άρα το κύτταρο μπορεί να αλλάξει</i> ➤ <i>Γιατί μπορεί ο ένας από τους δυο να έχει μια κληρονομική ασθένεια του συκωτιού</i>
<p>Λάθος απαντήσεις</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Ίδια καθώς παρόλο που είναι από διαφορετικούς ανθρώπους η γενετική πληροφορία είναι για το ίδιο όργανο</i> ➤ <i>Πιστεύω πως είναι ίδια γιατί έχουν τον ίδιο σκοπό</i> ➤ <i>Θα ήταν η ίδια γιατί δεν θα γινόταν καμία αντίδραση</i> ➤ <i>Είναι ίδια γιατί έχουν την ίδια λειτουργία, κάνουν το ίδιο πράγμα, ανεξάρτητα από τον άνθρωπο στον οποίο βρίσκονται, άρα θα έχουν ίδιες γεν. πληρ.</i> ➤ <i>Το DNA είναι ίδιο σε όλα τα άτομα, όμως αλλάζουν τα γονίδια</i> ➤ <i>.....διότι η διαδικασία της αντιγραφής είναι ίδια ανάμεσα στα ίδια όργανα</i>

Να επισημάνουμε πως πολλοί μαθητές, απάντησαν την ερώτηση 20α σωστά και την 20β λανθασμένα, χρησιμοποιώντας διαισθητικά ως κριτήριο, το ίδιο ή διαφορετικό «όργανο». Στην ερώτηση 20γ αντιθέτως δεν βασίστηκαν στο ίδιο κριτήριο. Θεώρησαν πως διαφορετικοί άνθρωποι έχουν διαφορετικό DNA. Αξιοσημείωτη είναι η περίπτωση δυο μαθητών που απάντησαν και στις τρεις ερωτήσεις ότι η γενετική πληροφορία είναι η ίδια παντού (καταγεγραμμένο στη βιβλιογραφία)²⁹

- *Ισχύουν οι ίδιες γενετικές πληροφορίες για όλα τα άτομα*
- *Το DNA είναι ίδιο σε όλα τα άτομα, όμως αλλάζουν τα γονίδια*

αλλά και η περίπτωση αρκετά περισσότερων μαθητών, που απάντησαν και στις τρεις ερωτήσεις πως η γενετική πληροφορία είναι διαφορετική και μεταξύ κυττάρων διαφορετικών ανθρώπων και στα κύτταρα του ίδιου ανθρώπου.

- *Και στις τρεις περιπτώσεις οι πληροφορίες σε αυτές θα είναι διαφορετικές διότι κάθε κύτταρο μεταφέρει διαφορετική πληροφορία από το άλλο, είτε μιλάμε για τον ίδιο άνθρωπο είτε για διαφορετικούς*
- *Κανένα κύτταρο δεν είναι όμοιο με το άλλο. Ούτε τα κύτταρα των διαφορετικών ανθρώπων*
- *Ο κάθε άνθρωπος έχει διαφορετική γενετική πληροφορία και τα κύτταρα κάθε οργάνου είναι διαφορετικά*

3.2.4 Επίπεδα οργάνωσης

Ερώτηση 19: Σας δίνονται τα παρακάτω: κύτταρο, χρωμόσωμα, γονίδιο, DNA, οργανισμός, πυρήνας. Να τα βάλετε σε σειρά μεγέθους από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο.

Σε αυτή την ερώτηση σκοπός ήταν να συσχετίσουμε το μακροσκοπικό (οργανισμός) με το μικροσκοπικό (κυτταρικό και μοριακό) επίπεδο. Αφού επεξεργαστήκαμε στατιστικά τις απαντήσεις των μαθητών καταλήξαμε σε ορισμένα συμπεράσματα. Αρχικά κατασκευάσαμε τον πίνακα 60 που δείχνει τα ποσοστά % για κάθε θέση των έξι επιπέδων οργάνωσης. Παρατηρήσαμε αρχικά ότι το 76,8% των μαθητών αναγνωρίζουν τον οργανισμό ως το ανώτερο επίπεδο οργάνωσης. Αμέσως μετά ακολουθεί το κύτταρο με μικρότερο ποσοστό (53,3%), ενδεικτικό της έλλειψης κατανόησης ότι το κύτταρο είναι η θεμελιώδης δομική μονάδα των οργανισμών. Η τοποθέτηση του πυρήνα μέσα στο κύτταρο προβλημάτισε ακόμη περισσότερο τους μαθητές, μειώνοντας το ποσοστό όσων τοποθέτησαν τον πυρήνα στην τρίτη θέση, σε 41,5%. Στη συνέχεια παρατηρούμε την αναμενόμενη σύγχυση που έχουν οι μαθητές με τους όρους DNA, χρωμόσωμα και γονίδιο. Το DNA τοποθετεί στην τέταρτη θέση ποσοστό 31,6% των μαθητών του δείγματος και με αυτό τον τρόπο επηρεάζεται και η απάντησή τους στην πέμπτη και έκτη θέση. Ποσοστό περίπου 29% έδωσε την ακολουθία χρωμόσωμα→γονίδιο και ποσοστό 22-23% την ακολουθία γονίδιο→χρωμόσωμα.

Πίνακας 60: Αποτελέσματα σε ποσοστά της θέσης των επιπέδων οργάνωσης

Επίπεδα οργάνωσης		Θέση επιπέδου σε ποσοστά					
		1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
Έγκυρες τιμές	κύτταρο	2,5	53,3	13,4	7,1	10,1	7,5
	χρωμόσωμα	1,3	6,6	9,2	25,6	29,0	22,2
	γονίδιο	1,8	9,7	16,8	14,0	23,2	28,2
	DNA	7,2	11,0	10,1	31,6	18,4	15,5
	οργανισμός	76,8	2,5	2,9	2,5	1,8	7,3
	πυρήνας	4,2	10,8	41,5	13,0	11,3	13,1
Απουσες Τιμές		6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2

Στη συνέχεια και με βάση τον πίνακα αυτό, ομαδοποιήσαμε τις απαντήσεις των μαθητών σε δύο ομάδες: μία για το «μακροσκοπικό» (οργανισμός-κύτταρο-πυρήνας) την άλλη για το «μικροσκοπικό»: DNA-χρωμόσωμα-γονίδιο και χρωμόσωμα-γονίδιο-DNA, κατασκευάσαμε τον πίνακα 61.

Πίνακας 61: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση 19

		Συχνότητα	Ποσοστό %
	οργανισμός - κύτταρο - πυρήνας - DNA - χρωμόσωμα - γονίδιο και χρωμόσωμα - γονίδιο - DNA	140	18,4
Έγκυρες τιμές	τυχαία επιλογή	435	57,1
	οργανισμός - κύτταρο - πυρήνας	143	18,8
	χρωμόσωμα - γονίδιο - DNA ή DNA - χρωμόσωμα - γονίδιο	9	1,2
	Μερικό Σύνολο	727	95,4
Απούσες Τιμές		35	4,6
	Σύνολο	762	100,0

Οι μαθητές πρέπει να κάνουν συνδέσεις μεταξύ του μακροσκοπικού και του μικροσκοπικού επιπέδου κι αυτό τους δυσκολεύει πολύ. Αρκετές μελέτες^{32,35} έχουν δείξει ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες να συσχετίζουν δομές και έννοιες που βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης. Η μη επιτυχής σύνδεση μεταξύ των επιπέδων αντικατοπτρίζεται και στην αδυναμία μετάβασης των μαθητών από ερμηνείες στο κυτταρικό, σε ερμηνείες στο μοριακό επίπεδο.

Στο μακροσκοπικό επίπεδο ποσοστό 18,8% των μαθητών τοποθετεί σωστά τη διάταξη οργανισμός – κύτταρο – πυρήνας. Επίσης, μόλις το 18,4% (19,6% χωρίς τις απούσες τιμές) των μαθητών αναγνώρισε την αλληλουχία DNA - χρωμόσωμα - γονίδιο (14,4% χωρίς τις απούσες τιμές) ή χρωμόσωμα - γονίδιο - DNA (5,2% χωρίς τις απούσες τιμές). Σε αντίστοιχες έρευνες που έγιναν πανελλαδικά⁴⁹ το ποσοστό αυτό φθάνει το 40%, ίσως επειδή η μορφή των ερωτήσεων (σωστού - λάθους) διευκόλυνε τους μαθητές να συσχετίσουν τις συγκεκριμένες έννοιες. Κι άλλες έρευνες^{23, 31, 33, 35, 37, 65} επεσήμαναν τη χαμηλή κατανόηση των μαθητών για τη σχέση χρωμοσωμάτων, γονιδίων και DNA και παρατήρησαν πως οι έννοιες γονίδια και χρωμοσώματα χρησιμοποιούνται εναλλακτικά. Στην έρευνά τους οι Friedrichsen και Stone²⁸ σε φοιτητές, με αντίστοιχα αποτελέσματα, θεωρούν ότι η αιτία μπορεί να βρίσκεται στην απουσία κλίμακας στις εικόνες των βιβλίων. Η εφαρμογή του ερωτηματολογίου της Lewis^{31, 35} στην Ινδία από τη Chattopadhyay²⁶ αποκαλύπτει την ίδια σύγχυση των μαθητών.

Στην έρευνά τους, οι Lewis και Kattmann,²² χρησιμοποίησαν συνεντεύξεις επικεντρωμένες στις καθημερινές εκδηλώσεις της κληρονομικότητας. Οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα πως οι Γερμανοί μαθητές αντιλαμβάνονται τα γονίδια σαν σωματίδια (particles) τα οποία κουβαλούν ή κατέχουν χαρακτηριστικά. Διαπίστωσαν έλλειψη κατανόησης των διαδικασιών που οδηγούν από τον «αόρατο» γονότυπο (genotype)

στον ορατό φαινότυπο (phenotype). Επιπλέον, διαπίστωσαν την άγνοια των μαθητών για τη φυσική υπόσταση των γονιδίων, αλλά και άγνοια για τη σχέση τους με το DNA και τα χρωμοσώματα.

Επίσης θελήσαμε να διερευνήσουμε εάν, παρόλα αυτά, οι μαθητές αναγνώριζαν οπουδήποτε στη διάταξη που έδωσαν ότι το χρωμόσωμα είναι μεγαλύτερο και άρα αποτελείται από γονίδια. Έτσι ομαδοποιήσαμε τις απαντήσεις τους και τις παραθέτουμε στον πίνακα 62. Περίπου το 33% των μαθητών, αναγνωρίζουν ότι τα γονίδια είναι τμήματα των χρωμοσωμάτων, ενώ το 62,5% απαντούν λάθος.

Πίνακας 62: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων (γονίδιο - χρωμόσωμα)

		Συχνότητα	Ποσοστό
Έγκυρες τιμές	σωστό χρωμόσωμα - γονίδιο	251	32,9
	λάθος χρωμόσωμα - γονίδιο	476	62,5
Μερικό Σύνολο		727	95,4
Απούσες Τιμές		35	4,6
Σύνολο		762	100,0

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος crosstabs (chi-square test) για να διερευνηθεί περαιτέρω η συσχέτιση των απαντήσεων για τους όρους **γονίδιο και χρωμόσωμα**, όπως εμφανίζεται στον πίνακα 63. Από τους 195 μαθητές που τοποθέτησαν το χρωμόσωμα στη σωστή 4^η θέση και τους 177 μαθητές που τοποθέτησαν το χρωμόσωμα στη σωστή 5^η θέση, μόλις οι 65 (8,5% επί του συνόλου όλων των μαθητών του δείγματος) τοποθέτησαν συγχρόνως και τα δύο στη σωστή σειρά. Επιπλέον 38 άλλοι μαθητές (5% επί του συνόλου όλων των μαθητών του δείγματος) τοποθέτησαν τη διάταξη ανάποδα.

Πίνακας 63: Πίνακας διπλής εισόδου - 4^η, 5^η θέση διάταξης (χρωμόσωμα - γονίδιο)

		θέση 5 ^η					Σύνολο	
		κύτταρο	χρωμόσωμα	γονίδιο	DNA	οργανισμός		πυρήνας
θέση 4 ^η	κύτταρο	0	12	15	7	2	18	54
	χρωμόσωμα	23	0	65	76	1	30	195
	γονίδιο	20	38	0	28	6	15	107
	DNA	13	128	81	0	3	16	241
	οργανισμός	3	6	3	0	0	7	19
	πυρήνας	18	37	13	29	2	0	99
	Total	77	221	177	140	14	86	715

Ο έλεγχος crosstabs για τους όρους **γονίδιο και DNA** εμφανίζεται στον πίνακα 64. Μας πληροφορεί πως από τους 177 μαθητές που τοποθέτησαν το γονίδιο στη σωστή 5^η θέση, και τους 118 μαθητές που τοποθέτησαν το DNA στη σωστή 6^η θέση, μόλις οι 44 (5,8% επί του συνόλου όλων των μαθητών του δείγματος) τοποθέτησαν συγχρόνως και τα δύο στη σωστή σειρά.

Πίνακας 64: Πίνακας διπλής εισόδου - 5^η, 6^η θέση διάταξης (γονίδιο - DNA)

		θέση 6 ^η						Σύνολο
		κύτταρο	χρωμόσωμα	γονίδιο	DNA	οργανισμός	πυρήνας	
θέση 5 ^η	κύτταρο	0	22	10	5	18	22	77
	χρωμόσωμα	25	0	130	31	14	21	221
	γονίδιο	15	89	0	44	8	21	177
	DNA	3	37	63	0	7	30	140
	οργανισμός	2	3	1	2	0	6	14
	πυρήνας	12	18	11	36	9	0	86
	Total	57	169	215	118	56	100	715

Τέλος ο έλεγχος crosstabs για τους όρους **χρωμόσωμα και DNA** εμφανίζεται στον πίνακα 65 και μας δείχνει πως από τους 195 μαθητές που τοποθέτησαν το γονίδιο στη σωστή 4^η θέση, και τους 118 μαθητές που τοποθέτησαν το DNA στη σωστή 6^η θέση, μόλις οι 59 (7,7% επί του συνόλου όλων των μαθητών του δείγματος) τοποθέτησαν συγχρόνως και τα δύο στη σωστή σειρά.

Πίνακας 65: Πίνακας διπλής εισόδου - 4^η, 6^η θέση διάταξης (χρωμόσωμα - DNA)

		θέση 6 ^η						Total
		κύτταρο	χρωμόσωμα	γονίδιο	DNA	οργανισμός	πυρήνας	
θέση 4 ^η	κύτταρο	0	14	5	15	10	10	54
	χρωμόσωμα	16	0	64	59	14	42	195
	γονίδιο	18	31	0	26	11	21	107
	DNA	11	89	114	0	6	21	241
	οργανισμός	3	3	7	0	0	6	19
	πυρήνας	9	32	25	18	15	0	99
	Total	57	169	215	118	56	100	715

3.3 Μελέτη στοιχείων της έρευνας

Δήλωση Μηδενικής Υπόθεσης

Σύμφωνα με τη μηδενική υπόθεση, η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν ασκεί καμία επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή. Επομένως δεν υπάρχει διαφορά, με άλλα λόγια η διαφορά μεταξύ των δύο μεταβλητών είναι μηδέν. Για κάθε μηδενική υπόθεση διατυπώνεται μια εναλλακτική υπόθεση. Αυτή εκφράζει το ακριβώς αντίθετο, από ότι η μηδενική^{66, 67}.

1^η Υπόθεση εργασίας

$H_{0/1}$: Η κατανομή των δεδομένων της επίδοσης σε κλίμακα 0-1, δε διαφέρει από την κανονική κατανομή.

$H_{1/1}$: Η κατανομή των δεδομένων της επίδοσης σε κλίμακα 0-1, διαφέρει από την κανονική κατανομή.

2^η Υπόθεση εργασίας

$H_{0/1}$: Η κατανομή των δεδομένων της βαθμολόγησης σε κλίμακα 1-2-3, δε διαφέρει από την κανονική κατανομή.

$H_{1/1}$: Η κατανομή των δεδομένων της βαθμολόγησης σε κλίμακα 1-2-3, διαφέρει από την κανονική κατανομή.

3^η Υπόθεση εργασίας

$H_{0/1}$: Δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της γνωστικής ικανότητας των μαθητών σε θέματα Γενετικής.

$H_{1/1}$: Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της γνωστικής ικανότητας των μαθητών σε θέματα Γενετικής.

4^η Υπόθεση εργασίας

$H_{0/2}$: Δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του σχολείου φοίτησης και της γνωστικής ικανότητας των μαθητών σε θέματα Γενετικής.

$H_{1/2}$: Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του σχολείου φοίτησης και της γνωστικής ικανότητας των μαθητών σε θέματα Γενετικής.

5^η Υπόθεση εργασίας

$H_{0/3}$: Δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της σχολικής επίδοσης και της γνωστικής ικανότητας των μαθητών σε θέματα Γενετικής.

H_{1/3}: Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της σχολικής επίδοσης και της γνωστικής ικανότητας των μαθητών σε θέματα Γενετικής.

6^η Υπόθεση εργασίας

H_{0/4}: Δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του οικογενειακού περιβάλλοντος και της γνωστικής ικανότητας των μαθητών σε θέματα Γενετικής.

H_{1/4}: Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του οικογενειακού περιβάλλοντος και της γνωστικής ικανότητας των μαθητών σε θέματα Γενετικής.

7^η Υπόθεση εργασίας

H_{0/5}: Δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της χρονικής περιόδου διδασκαλίας θεμάτων Γενετικής και της γνωστικής ικανότητας των μαθητών σε θέματα Γενετικής.

H_{1/5}: Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της χρονικής περιόδου διδασκαλίας θεμάτων Γενετικής και της γνωστικής ικανότητας των μαθητών σε θέματα Γενετικής.

Ορισμός επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας

Επειδή είναι αδύνατο να εξαλείψουμε όλες τις πιθανές πηγές σφάλματος, πρέπει να ορίσουμε ένα επίπεδο εμπιστοσύνης (ή πιθανότητας σφάλματος). Για παράδειγμα επίπεδο σημαντικότητας ή εμπιστοσύνης $p < 0,05$ σημαίνει ότι^{45, 53, 66}:

- υπάρχουν 5% πιθανότητες τα αποτελέσματα μας να οφείλονται στην τύχη ή διαφορετικά
- ότι είμαστε 95% σίγουροι ότι τα αποτελέσματά μας ισχύουν στον πληθυσμό έρευνάς μας και οφείλονται στις υποθέσεις μας

Στις αναλύσεις μας, ορίσαμε το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας μεταξύ 1% ($p < 0,01$) και 5% ($p < 0,05$).

Έλεγχος κανονικότητας

Σε αυτό το σημείο θα μελετήσουμε εάν η επίδοση των μαθητών στο ερωτηματολόγιο (σε κλίμακα 0-1) όπως επίσης και η επίδοσή τους (σε κλίμακα 1-2-3) περιέχει δεδομένα που ακολουθούν την κανονική κατανομή. Θα διεξάγουμε τεστ κανονικότητας Kolmogorov - Smirnov, με επιπλέον χρήση της τεχνικής προσομοίωσης Monte Carlo.

Πίνακας 66: Έλεγχος κανονικότητας επίδοσης (0-1) και επίδοσης (1-2-3)

One - Sample Kolmogorov - Smirnov Test

			Επίδοση (0-1)	Επίδοση (1-2-3)
N			762	762
Normal Parameters ^{a,b}	Mean		,6275	2,3487
	Std. Deviation		,17129	,29891
Most Extreme Differences	Absolute		,051	,047
	Positive		,026	,020
	Negative		-,051	-,047
Kolmogorov - Smirnov Z			1,420	1,289
Asymp. Sig. (2-tailed)			,035	,072
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.		,034 ^c	,069 ^c
	99% Confidence Interval	Lower Bound	,029	,063
		Upper Bound	,038	,076

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 2000000.

Όσον αφορά την επίδοση (0-1), παρατηρούμε ότι οι τιμές p-value (παρατηρηθέντα επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας) που υπολογίστηκαν και με τις δυο μεθόδους είναι μικρότερες από το 0,05. Άρα απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση στην 1^η υπόθεση εργασίας. Τα δεδομένα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή Sig.(Kolmogorov - Smirnov) = 0,35.

Όσον αφορά την επίδοση (1-2-3), παρατηρούμε ότι οι τιμές p-value που υπολογίστηκαν και με τις δυο μεθόδους είναι μεγαλύτερες από το 0,05. Άρα δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση στην 2^η υπόθεση εργασίας, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Τα δεδομένα μας, σε αυτή την περίπτωση, ακολουθούν την κανονική κατανομή Sig.(Kolmogorov - Smirnov) = 0,72.

Οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν, θεωρήθηκαν απαραίτητοι γιατί υπάρχουν στατιστικά έλεγχοι (παραμετρικοί) που “χρειάζονται” την υπόθεση της κανονικότητας των δεδομένων, σε αντίθεση με άλλους, που δεν την “χρειάζονται” (μη παραμετρικοί). Βέβαια, για μεγάλα δείγματα, μεγέθους 30 παρατηρήσεων και πάνω και όσο το μέγεθος του δείγματος μεγαλώνει (στην έρευνά μας έχουμε 762 παρατηρήσεις), η θεωρία μας λέει ότι η χρήση παραμετρικών στατιστικών τεχνικών είναι σε ισχύ. Συνεπώς, χωρίς να χάσουμε σε αξιοπιστία, θα μπορούσαμε να κάνουμε χρήση τόσο παραμετρικών όσο και μη παραμετρικών στατιστικών εργαλείων.

Συνεχίζοντας την επεξεργασία των κοινωνικοδημογραφικών χαρακτηριστικών του δείγματος που καταγράφηκαν στην ενότητα 2.2 της παρούσας διατριβής, μελετήσαμε την ανεξαρτησία αυτών των χαρακτηριστικών. Σκοπός ήταν να ελέγξουμε αν η κατανομή της μιας μεταβλητής επηρεάζει ή όχι την κατανομή της άλλης. Για αυτόν τον στατιστικό έλεγχο των διαφορών κατανομής επιλέχθηκε η ανάλυση του κριτηρίου χ^2 (πίνακες διπλής εισόδου - crosstabs).

Φύλο - Σχολείο

Ελέγχθηκε εάν η αναλογία αγοριών - κοριτσιών είναι διαφοροποιημένη στα σχολεία που μελετήσαμε. Σκοπός επιπλέον είναι σε συνδυασμό με την ενότητα «Κατανομή των μαθητών ως προς το φύλο» η οποία προηγήθηκε, να συγκρίνουμε την αναλογία των αγοριών και των κοριτσιών ανά σχολείο του δείγματος με την αντίστοιχη αναλογία στο σχολικό πληθυσμό Αττικής και επικράτειας (περίπου 51% αγόρια - 49% κορίτσια). Παρατηρούμε σημαντική διαφοροποίηση στην αναλογία στο 1^ο Γυμνάσιο Παπάγου, στο 5^ο Γυμνάσιο Νίκαιας και στο 1^ο Γυμνάσιο Υμηττού. Παρόλα αυτά, κατά τον έλεγχο με το κριτήριο χ^2 , προέκυψε πως δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ φύλου και σχολείου ($\chi^2=14,12$, $df=11$, $p=0,227$).

Φύλο - Προσωπική αξιολόγηση απόδοσης

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος ανεξαρτησίας, με το κριτήριο χ^2 , μεταξύ των μεταβλητών του φύλου και της αυτοαξιολόγησης των μαθητών. Αναλυτικότερα, το ποσοστό των κοριτσιών με πολύ καλή απόδοση (κατά δήλωσή τους) στο σχολείο ήταν 38,7% επί του συνόλου των κοριτσιών, αρκετά υψηλότερο από αυτό των αγοριών, που ήταν 32,5% επί του συνόλου των αγοριών. Ομοίως τα ποσοστά με χαμηλή αυτοαξιολόγηση ήταν αντίστοιχα 1,3% και 7,8% του συνόλου της κάθε ομάδας. Τέλος μέτρια απόδοση δήλωσε πως έχει όμοιο ποσοστό των δυο φύλων. Καταλήγουμε λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι μεγαλύτερο ποσοστό κοριτσιών χαρακτηρίζουν την απόδοσή τους καλύτερη από των αγοριών, κάτι που αναμένουμε να διαπιστώσουμε αν ισχύει και στην επίδοσή τους στο ερωτηματολόγιό μας. Η συσχέτιση μεταξύ φύλου και προσωπικής αξιολόγησης επίδοσης είναι σημαντική ($\chi^2=20,01$, $df=2$, $p<0,0001$). Τα κορίτσια είναι πιο πιθανό να αξιολογήσουν στην απόδοσή τους στο σχολείο, υψηλότερα από ότι τα αγόρια.

Φύλο - επιρροή οικογένειας

Σε αυτή την ενότητα θέλουμε να μελετήσουμε εάν η επιρροή της οικογένειας, όπου υπάρχει, είναι ευεργετική περισσότερο σε κάποιο από τα δυο φύλα. Κάτι τέτοιο δεν προέκυψε, δεδομένου ότι τα ποσοστά παρουσιάζονται ίδια. Το πραγματικό μέγεθος του δείγματος ήταν N=742. Έγινε έλεγχος με το κριτήριο χ^2 . Επειδή ο πίνακας είναι 2Χ2, έγινε έλεγχος Fisher, που έδειξε ότι δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ φύλου και οικογένειας (ακριβής έλεγχος Fisher $p=0,797$ σε επίπεδο διπλής ουράς (two-tailed)). Τόσο τα αγόρια όσο και τα κορίτσια είναι το ίδιο πιθανό να έχουν στο οικογενειακό περιβάλλον τους, κάποιον που ασχολείται στον τομέα υγείας.

Σχολείο - προσωπική αξιολόγηση απόδοσης

Σε αυτόν τον έλεγχο ανεξαρτησίας θέλουμε να δούμε την επιρροή που έχει το κάθε σχολείο στην αυτοαξιολόγηση της σχολικής απόδοσης των μαθητών. Το πραγματικό μέγεθος του δείγματος ήταν N=738. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος με το κριτήριο χ^2 . Με μια πρώτη ματιά παρατηρούμε μεγάλες διακυμάνσεις στα ποσοστά. Ειδικότερα στο 17^ο Γυμνάσιο Αθηνών και το 1^ο Γυμνάσιο, ποσοστό μεγαλύτερο του 50% των μαθητών χαρακτήρισαν την απόδοσή τους στο σχολείο «Πολύ Καλή». Καταλήξαμε ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ σχολείου και προσωπικής αξιολόγησης (ακριβής έλεγχος Fisher $p=0,001 < 0,05$ σε επίπεδο διπλής ουράς (two-tailed)). Ουσιαστικά μαθητές κάποιου σχολείου είναι πιο πιθανό να αξιολογούν την απόδοσή τους θετικότερα από ότι μαθητές άλλου σχολείου.

Σχολείο - Επιρροή οικογένειας

Σε αυτό τον έλεγχο με το κριτήριο χ^2 , θέλουμε να βρούμε εάν σε κάποιο σχολείο υπάρχουν σημαντικές διαφορές όσον αφορά το ποσοστό της οικογενειακής απασχόλησης σε τομείς υγείας. Το μέγεθος του δείγματος ήταν N=744. Καταλήξαμε πως δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ σχολείου και επιρροής οικογένειας ($\chi^2=9,156$, $df=11$, $p=0,607 > 0,05$). Σε όποιο σχολείο και να φοιτούν οι μαθητές, είναι το ίδιο πιθανό να έχουν στο οικογενειακό περιβάλλον τους κάποιον που ασχολείται στον τομέα της υγείας.

3.3.1 Επίδραση κοινωνικοδημογραφικών χαρακτηριστικών στη γνώση

Σε αυτή την ενότητα θα ελεγχθεί αν το φύλο, η περίοδος διδασκαλίας, το σχολείο, η προσωπική αξιολόγηση και η επιρροή της οικογένειας έχουν επίδραση στη γνώση των μαθητών σε έννοιες Γενετικής, όπως αυτές αποτυπώνονται με την επίδοση στο ερωτηματολόγιο σε κλίμακα 1-2-3. Επιλέχθηκε αυτή η κλίμακα, λόγω της κανονικότητας που παρουσίαζαν οι τιμές της. Θα μπορούσαμε κάλλιστα να χρησιμοποιήσουμε την κλίμακα 0-1 (μη κανονική κατανομή), είτε με παραμετρικούς (t-test) είτε με μη παραμετρικούς δείκτες (Mann - Whitney - Wilcoxon test), δεδομένου ότι το δείγμα μας είναι πολύ μεγάλο και μας το επιτρέπει το κεντρικό οριακό θεώρημα της στατιστικής. Η επιλογή της κλίμακας 1-2-3 έγινε για μεγαλύτερη εγκυρότητα. Παρόλα αυτά επιβεβαιώσαμε σε όλες τις περιπτώσεις τα αποτελέσματά μας, κάνοντας έλεγχο και με την κλίμακα 0-1 και δεν υπήρχε καμία ασυμφωνία. Να υπενθυμίσουμε ότι όσο ο βαθμός πλησιάζει το 3, τόσο ο μαθητής έχει υψηλότερη επίδοση.

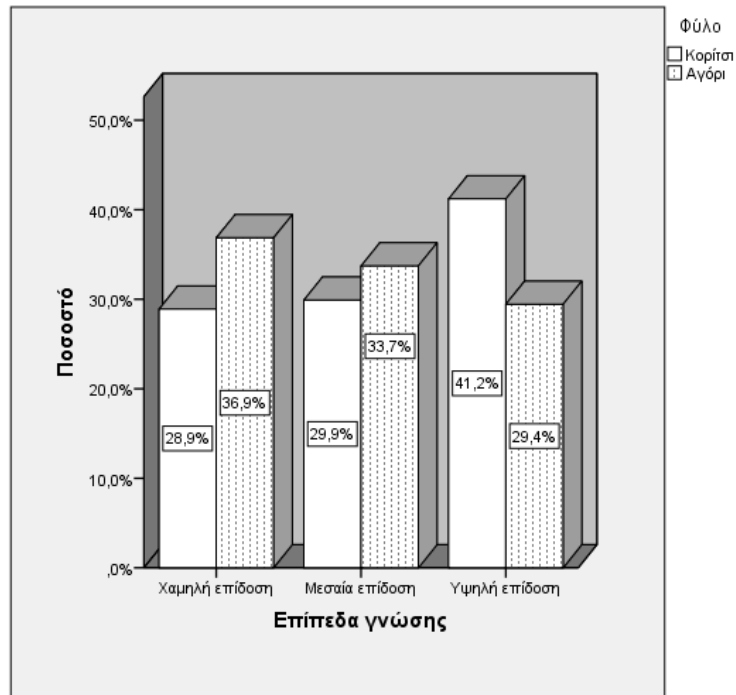
Επίδραση του φύλου στη γνώση

Εφαρμόστηκε t-test ανεξάρτητων δειγμάτων (independent samples t-test) μεταξύ των δύο φύλων (κορίτσι - αγόρι) και της επίδοσης τους στο ερωτηματολόγιο, σε κλίμακα 1-2-3. Ο μέσος όρος των τιμών επίδοσης ερωτηματολογίου για τα αγόρια ($M=2,31$, $SD=0,30$) είναι σημαντικά χαμηλότερος ($t=3,65$, $df=753$, 2-tailed $p<0,01$) από αυτόν για τα κορίτσια ($M=2,39$, $SD=0,30$). Το φύλο επιδρά στην επίδοση στο ερωτηματολόγιο, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 1%, και απορρίπτεται η 3^η μηδενική υπόθεση εργασίας.

Τα κορίτσια που έχουν υψηλό επίπεδο γνώσης σε έννοιες Γενετικής, υπερτερούν σε ποσοστό των αγοριών, καθώς η κατάταξη των αγοριών είναι μετατοπισμένη προς το μεσαίο και χαμηλό επίπεδο γνώσης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 67 και στο σχήμα 4. Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές (δεν απάντησαν 14, $\chi^2=11,71$, $df=2$, $p=0,003$)

Πίνακας 67: Πίνακας διπλής εισόδου - φύλο και επίπεδο γνώσης

		Επίπεδα γνώσης			Σύνολο
		Χαμηλό	Μεσαίο	Υψηλό	
Φύλο	Κορίτσι	28,9%	29,9%	41,2%	100,0%
	Αγόρι	36,9%	33,7%	29,4%	100,0%
Σύνολο		32,6%	31,7%	35,7%	100,0%



Σχήμα 4: Ραβδόγραμμα φύλου και επιπέδου γνώσης

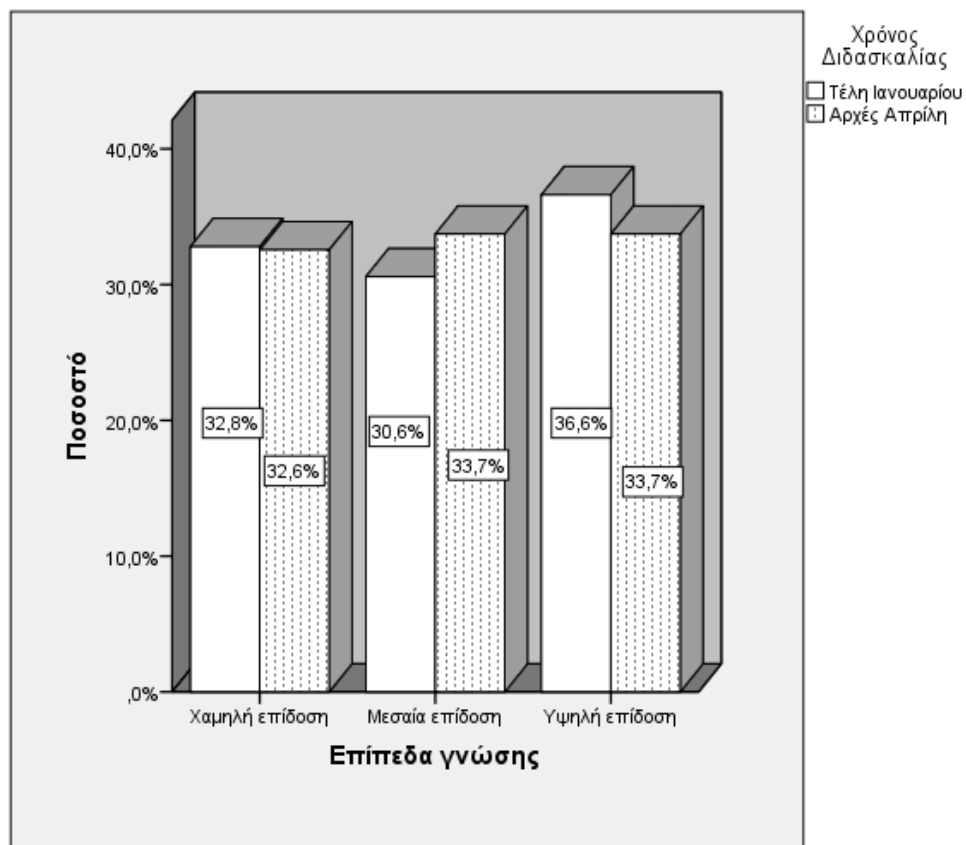
Επίδραση του χρόνου διδασκαλίας στη γνώση

Εφαρμόστηκε t-test ανεξάρτητων δειγμάτων (independent samples t-test) για την επίδραση του χρόνου διδασκαλίας, που επέλεξε ο εκπαιδευτικός, και της επίδοσης των μαθητών, στο ερωτηματολόγιο, σε κλίμακα 1-2-3. Ο μέσος όρος της επίδοσης στο ερωτηματολόγιο για τους μαθητές που διδάχθηκαν Γενετική τον Ιανουάριο ($M=2,36$, $SD=0,30$) δεν είναι σημαντικά χαμηλότερος ($t=1,15$, $df=760$, 2-tailed $p>0,05$) από αυτόν για τους μαθητές που διδάχθηκαν τον Απρίλιο ($M=2,33$, $SD=0,29$). Υπενθυμίζουμε ότι όσο ο βαθμός πλησιάζει το 3, τόσο ο μαθητής έχει υψηλότερη επίδοση. Παραδόξως υψηλότερες επιδόσεις παρατηρούμε στους μαθητές που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο δυο μήνες μετά τη διδασκαλία της Γενετικής. Ίσως οι νέες έννοιες χρειάζονταν χρόνο, επιμονή και συνεχόμενη τριβή με ζητήματα Γενετικής. Καταληκτικά, ο χρόνος διδασκαλίας δεν επιδρά στην επίδοση στο ερωτηματολόγιο, σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5%, και επιβεβαιώνεται η 7^η μηδενική υπόθεση εργασίας.

Αν και οι μαθητές που διδάχθηκαν την ύλη της Γενετικής τον Ιανουάριο εμφανίζονται μετατοπισμένοι στο υψηλό επίπεδο γνώσης σε σχέση με αυτούς που διδάχθηκαν την ίδια ύλη τον Απρίλιο, οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές (δεν απάντησαν 7, $\chi^2=0,93$, $df=2$, $p=0,628$).

Πίνακας 68: Πίνακας διπλής εισόδου - χρόνος διδασκαλίας και επίπεδο γνώσης

		Επίπεδα γνώσης			Σύνολο
		Χαμηλό	Μεσαίο	Υψηλό	
Χρόνος Διδασκαλίας	Τέλη Ιανουαρίου	32,8%	30,6%	36,6%	100,0%
	Αρχές Απρίλη	32,6%	33,7%	33,7%	100,0%
Σύνολο		32,7%	31,7%	35,6%	100,0%



Σχήμα 5: Ραβδόγραμμα χρόνου διδασκαλίας και επιπέδου γνώσης

Επίδραση του σχολείου στη γνώση

Εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης κατά ένα παράγοντα One Way ANOVA (απλή μη συσχετισμένη) για να συγκρίνουμε τους μέσους όρους των γνώσεων των μαθητών (σε κλίμακα 1-2-3) με τα σχολεία (12 πληθυσμοί) στα οποία φοιτούσαν.

Πίνακας 69: Περιγραφικά στατιστικά σχολείου και επίδοσης 1-2-3

	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
				Lower Bound	Upper Bound		
1 ^ο Γυμνάσιο	2,2847	,24683	,02743	2,2301	2,3393	1,83	2,86
2 ^ο Γυμνάσιο	2,2759	,27681	,02754	2,2212	2,3305	1,44	2,75
3 ^ο Γυμνάσιο	2,4370	,35852	,03533	2,3669	2,5071	1,64	3,00
4 ^ο Γυμνάσιο	2,3987	,21585	,03218	2,3339	2,4636	1,96	2,75
5 ^ο Γυμνάσιο	2,5798	,25497	,03069	2,5186	2,6411	1,92	3,00
6 ^ο Γυμνάσιο	2,2242	,26351	,02928	2,1660	2,2825	1,44	2,71
7 ^ο Γυμνάσιο	2,3399	,21663	,04619	2,2439	2,4360	1,83	2,75
8 ^ο Γυμνάσιο	2,2256	,30569	,03763	2,1505	2,3008	1,64	2,93
9 ^ο Γυμνάσιο	2,3937	,26283	,02920	2,3356	2,4518	1,68	2,82
10 ^ο Γυμνάσιο	2,2821	,29521	,04450	2,1923	2,3718	1,72	2,75
11 ^ο Γυμνάσιο	2,4072	,23077	,03403	2,3387	2,4758	1,71	2,74
12 ^ο Γυμνάσιο	2,3583	,38991	,08130	2,1897	2,5269	1,63	2,96
Σύνολο	2,3487	,29891	,01083	2,3274	2,3699	1,44	3,00

Πίνακας 70: Έλεγχος ομοιογένειας διακυμάνσεων σχολείου και επίδοσης 1-2-3

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4,282	11	750	,000

Από τον πίνακα 70 για τον έλεγχο της ομοιογένειας των διακυμάνσεων (Test of Homogeneity of Variances) παρατηρούμε ότι ο στατιστικός έλεγχος διασπορών με το κριτήριο Levene δίνει την τιμή $p = 0.000 < 0.05$ που δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις διασπορές των δειγμάτων.

Πίνακας 71: Ανάλυση πίνακα διακύμανσης ANOVA σχολείου και επίδοσης 1-2-3

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8,245	11	,750	9,409	,000
Within Groups	59,747	750	,080		
Total	67,992	761			

Άρα τα παραπάνω αποτελέσματα για τον έλεγχο ANOVA ($F_{11,750}=9,41$, $p=0,000$) που δηλώνουν ότι η επίδοση διαφέρει από σχολείο σε σχολείο, δεν αρκεί. Επειδή όπως ελέγξαμε προηγουμένως, η υπόθεση της ισότητας των διασπορών δεν ικανοποιείται, καλό θα ήταν να διεξάγουμε τον έλεγχο Welch ή και Brown - Forsythe, οι οποίοι είναι ανθεκτικοί σε τέτοιες περιπτώσεις. Τα επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας και για τους δύο ελέγχους είναι μηδέν. Επομένως, πραγματικά η επίδοση διαφέρει ανά σχολείο

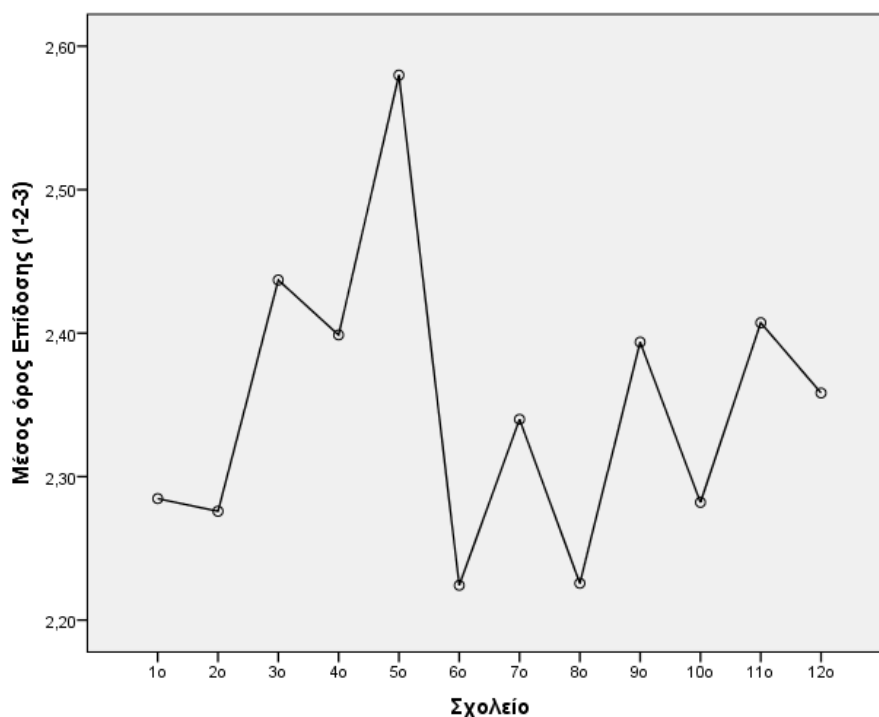
στατιστικά σημαντικά. Δηλαδή κάποιος μαθητής που φοιτά σε κάποιο σχολείο είναι πιθανό να είχε καλύτερη ή χειρότερη επίδοση στο ερωτηματολόγιο, σε σχέση με το εάν φοιτούσε σε άλλο σχολείο. Απορρίπτεται η 4^η μηδενική υπόθεση εργασίας σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 1%,

Πίνακας 72: Ανθεκτικός έλεγχος ισότητας μέσω σχολείου και επίδοσης 1-2-3

	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Welch	10,074	11	219,937	,000
Brown - Forsythe	9,484	11	418,754	,000

a. Asymptotically F distributed.

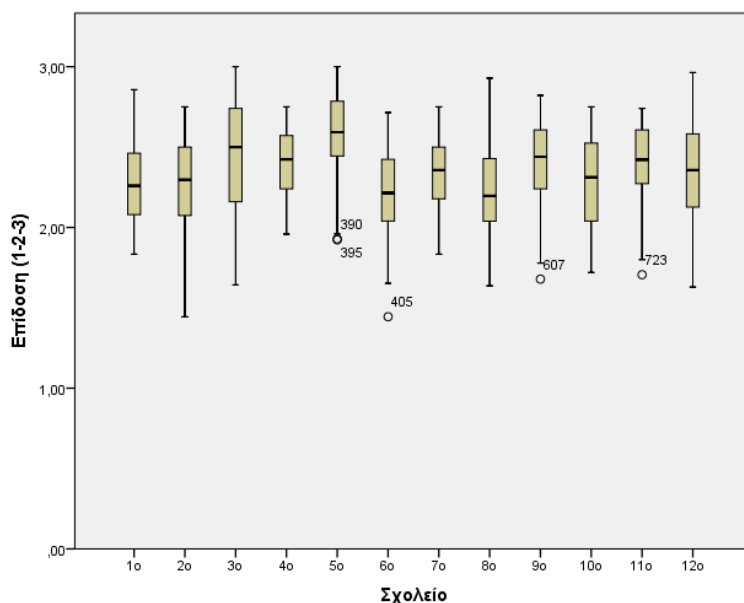
Κάνουμε έλεγχο post hoc, με το κριτήριο Tamhane's T2, που προβλέπεται όταν οι διακυμάνσεις διασπορών δεν είναι ίσες. Το σημαντικότερο συμπέρασμα που καταλήξαμε είναι ότι το 5^ο Γυμνάσιο του δείγματος (M= 2,58, SD=0,25) που έχει το μεγαλύτερο μέσο όρο, άρα την καλύτερη επίδοση στο ερωτηματολόγιο, έχει στατιστικά σημαντική διαφορά με όλα τα υπόλοιπα σχολεία, εκτός του 3^{ου} Γυμνασίου του δείγματος (M=2,44, SD=0,36).



Σχήμα 6: Διάγραμμα μέσων όρων μεταξύ σχολείου και επίδοσης 1-2-3

Δεν μπορούμε να πάρουμε περισσότερες πληροφορίες για το πού βρίσκονται οι διαφορές. Για να ξεπεράσουμε αυτό το πρόβλημα κάνουμε τα θηκογράμματα (Box plot)

των δειγμάτων. Παρατηρούμε την επικάλυψη και τη διακύμανση που παρουσιάζουν οι τιμές, κάτι που έκανε αδύνατη τη στατιστική ομαδοποίηση των σχολείων.



Σχήμα 7: Θηκογράμματα (Box plot) σχολείο και επίδοση 1-2-3

Όπως αναμένετο με βάση και όσα εκτέθηκαν ως τώρα, υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά του σχολείου που φοιτούσαν οι μαθητές και του επιπέδου γνώσης των εννοιών Γενετικής (δεν απάντησαν 7, $\chi^2=100,27$, $df=22$, $p=0,000$).

Πίνακας 73: Πίνακας διπλής εισόδου - σχολείο και επίπεδο γνώσης

	Επίπεδα γνώσης			Σύνολο
	Χαμηλό	Μεσαίο	Υψηλό	
1 ^ο Γυμνάσιο	40,5%	36,7%	22,8%	100,0%
2 ^ο Γυμνάσιο	39,6%	33,7%	26,7%	100,0%
3 ^ο Γυμνάσιο	29,4%	19,6%	51,0%	100,0%
4 ^ο Γυμνάσιο	20,0%	42,2%	37,8%	100,0%
5 ^ο Γυμνάσιο	8,7%	21,7%	69,6%	100,0%
6 ^ο Γυμνάσιο	50,6%	31,6%	17,7%	100,0%
7 ^ο Γυμνάσιο	27,3%	45,5%	27,3%	100,0%
8 ^ο Γυμνάσιο	50,8%	30,8%	18,5%	100,0%
9 ^ο Γυμνάσιο	24,7%	37,0%	38,3%	100,0%
10 ^ο Γυμνάσιο	37,2%	32,6%	30,2%	100,0%
11 ^ο Γυμνάσιο	17,4%	39,1%	43,5%	100,0%
12 ^ο Γυμνάσιο	30,4%	21,7%	47,8%	100,0%
Σύνολο	32,7%	31,7%	35,6%	100,0%

Επίδραση της προσωπικής αξιολόγησης στη γνώση

Εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης κατά ένα παράγοντα One Way ANOVA (απλή μη συσχετισμένη) για να συγκρίνουμε τους μέσους όρους των γνώσεων των μαθητών (σε κλίμακα 1-2-3) σε σχέση με την προσωπική τους αξιολόγηση για την απόδοσή τους στο σχολείο (3 πληθυσμοί).

Πίνακας 74: Περιγραφικά στατιστικά προσωπικής αξιολόγησης και επίδοσης 1-2-3

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Πολύ Καλή	265	2,5090	,26309	,01616	2,4772	2,5408	1,63	3,00
Μέτρια	441	2,2675	,27800	,01324	2,2415	2,2935	1,44	3,00
Χαμηλή	32	2,1158	,23763	,04201	2,0301	2,2015	1,67	2,60
Σύνολο	738	2,3477	,29807	,01097	2,3261	2,3692	1,44	3,00

Πίνακας 75: Έλεγχος ομοιογένειας διακυμάνσεων αυτοαξιολόγησης και επίδοσης

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,478	2	735	,229

Από τον πίνακα 75 για τον έλεγχο της ομοιογένειας των διακυμάνσεων (Test of Homogeneity of Variances) παρατηρούμε ότι ο στατιστικός έλεγχος διασπορών με το κριτήριο Levene δίνει την τιμή $p = 0.229 > 0.05$ που δείχνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις διασπορές των δειγμάτων. Άρα προχωρούμε στον έλεγχο.

Πίνακας 76: Πίνακας διακύμανσης ANOVA αυτοαξιολόγησης και επίδοσης 1-2-3

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11,452	2	5,726	77,898	,000
Within Groups	54,029	735	,074		
Total	65,481	737			

Η επίδραση του παράγοντα «προσωπική αξιολόγηση» βρέθηκε ότι είναι στατιστικώς σημαντική, σε σχέση με τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές. ($F_{2,735}=77,90$, $p=0,000$). Με άλλα λόγια η επίδραση μεταξύ των ομάδων είναι σημαντική. Ειδικότερα οι μαθητές με «πολύ καλή» απόδοση στο σχολείο ($M= 2,51$ $SD=0,26$) είχαν καλύτερη επίδοση στο ερωτηματολόγιο, από αυτούς με «μέτρια» απόδοση στο σχολείο ($M= 2,27$, $SD=0,28$) και ακόμα καλύτερη από αυτούς με «κακή» απόδοση στο σχολείο ($M= 2,12$, $SD=0,24$). Απορρίπτεται η 5^η μηδενική υπόθεση εργασίας σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 1%,

Ο έλεγχος post hoc που πραγματοποιήθηκε με κριτήρια Tukey, Scheffe και Duncan, έκανε πολλαπλές συγκρίσεις στις ομάδες προσωπικής αξιολόγησης, έχοντας ως εξαρτημένη μεταβλητή την επίδοση 1-2-3. Ο έλεγχος Scheffe έδειξε ότι η ομάδα «πολύ καλή» διαφέρει από την ομάδα «μέτρια» ($p=0,000$) η ομάδα «πολύ καλή» διαφέρει από την ομάδα «χαμηλή» ($p=0,000$) η ομάδα «μέτρια» διαφέρει από την ομάδα «χαμηλή» ($p=0,010$). Όμως ο πίνακας «ομογενή υποσύνολα» μας δείχνει ότι δεν υπάρχουν ζευγάρια μέσων όρων, τα οποία δε διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Δηλαδή δεν μπορούμε να τα ομαδοποιήσουμε σε υποσύνολα. Συγκεντρωτικά λοιπόν η απλή μη συσχετισμένη ανάλυση διακύμανσης έδειξε μια συνολική σημαντική επίδραση της προσωπικής αξιολόγησης ($F_{2.735}=77,90$, $p=0,000$).

Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά της προσωπικής αξιολόγησης των μαθητών και του επιπέδου γνώσης στη Γενετική (δεν απάντησαν 31, $\chi^2=128,78$, $df=4$, $p=0,000$). Συγκεκριμένα, οι μαθητές που αξιολόγησαν την απόδοσή τους στο σχολείο ως «πολύ καλή» έδειξαν υψηλότερο επίπεδο γνώσεων στη Γενετική, όπως αποτυπώθηκε με τις απαντήσεις τους στο ερωτηματολόγιο.

Πίνακας 77: Πίνακας διπλής εισόδου - προσωπική αξιολόγηση και επίπεδο γνώσης

		Επίπεδα γνώσης			Σύνολο
		Χαμηλή επίδοση	Μεσαία επίδοση	Υψηλή επίδοση	
Προσωπική Αξιολόγηση	Πολύ Καλή	12,8%	27,9%	59,2%	100,0%
	Μέτρια	42,8%	34,7%	22,5%	100,0%
	Χαμηλή	67,7%	22,6%	9,7%	100,0%
Σύνολο		33,0%	31,7%	35,3%	100,0%

Επιρροή οικογένειας στη γνώση

Εφαρμόστηκε έλεγχος υπόθεσης t-test ανεξάρτητων δειγμάτων (independent samples t-test), για να διερευνήσουμε την ισότητα των μέσων όρων των γνώσεων των μαθητών (σε κλίμακα 1-2-3) σε σχέση με την επιρροή της οικογένειας. Δηλαδή θέλουμε να διερευνήσουμε εάν στο οικογενειακό περιβάλλον ασχολούνται σε επαγγέλματα υγείας, μπορεί να επηρεάσουν την γνώση των μαθητών.

Μετά τον έλεγχο Levene για την ισότητα των διακυμάνσεων ($F=1,96$, $p>0,05$), χρησιμοποιήθηκε έλεγχος t για ίσες διακυμάνσεις. Ο μέσος όρος της επίδοσης στο ερωτηματολόγιο για τους μαθητές που στο οικογενειακό τους περιβάλλον ασχολούνται σε επαγγέλματα υγείας ($M=2,37$, $SD=0,32$) δεν είναι σημαντικά χαμηλότερος ($t=1,02$,

df=742, 2-tailed $p=0,307$) από αυτόν, για τους μαθητές που στο οικογενειακό περιβάλλον δεν ασχολούνται σε επαγγέλματα υγείας ($M=2,35$, $SD=0,29$). Επιβεβαιώνεται η 6^η μηδενική υπόθεση εργασίας σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5%.

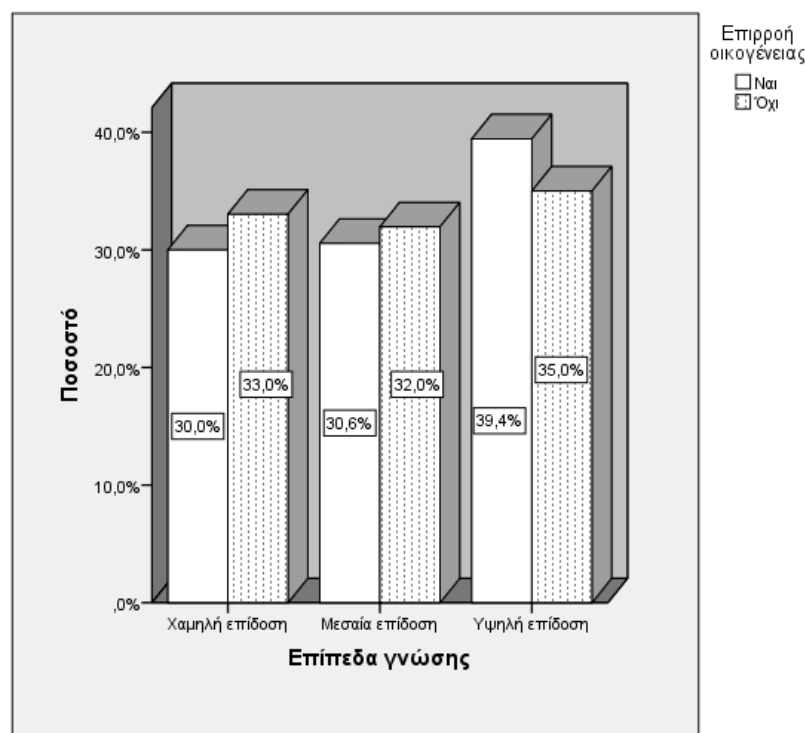
Πίνακας 78: Περιγραφικά στατιστικά: επιρροής οικογένειας και επίδοσης 1-2-3

	Επιρροή οικογένειας	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Επίδοση (1-2-3)	Ναι	182	2,3716	,31800	,02357
	Όχι	562	2,3456	,29161	,01230

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην επιρροή που μπορεί να ασκήσει η ενασχόληση με επαγγέλματα υγείας από ανθρώπους του οικογενειακού περιβάλλοντος στο επίπεδο γνώσης εννοιών Γενετικής των μαθητών (δεν απάντησαν 25, $\chi^2=1,21$, $df=2$, $p=0,545$).

Πίνακας 79: Πίνακας διπλής εισόδου - επιρροή οικογένειας και επίπεδο γνώσης

		Επίπεδα γνώσης			Σύνολο
		Χαμηλή επίδοση	Μεσαία επίδοση	Υψηλή επίδοση	
Επιρροή οικογένειας	Ναι	30,0%	30,6%	39,4%	100,0%
	Όχι	33,0%	32,0%	35,0%	100,0%
Σύνολο		32,3%	31,6%	36,1%	100,0%



Σχήμα 8: Ραβδόγραμμα επιρροή οικογένειας και επιπέδου γνώσης

3.3.2 Ανάλυση ερωτημάτων

Σε αυτή την ενότητα θα ελέγξουμε την ανεξαρτησία των επιμέρους ερωτήσεων του ερωτηματολογίου σε σχέση με κάποια από τα κοινωνικοδημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματός μας. Επιλέξαμε το φύλο, την περίοδο διδασκαλίας και την επιρροή της οικογένειας καθώς θεωρούμε ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερο ερευνητικό ενδιαφέρον. Επιλέχθηκε ο έλεγχος ανεξαρτησίας με κριτήριο χ^2 και χρησιμοποιήθηκε η βαθμολόγηση των απαντήσεων στις ερωτήσεις σε κλίμακα 0-1.

Επίδραση του φύλου στις επιμέρους ερωτήσεις

Ο έλεγχος αυτός επιβεβαιώνει και τα αποτελέσματα των ελέγχων που προηγήθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, είχαμε συμπεράνει ότι η επίδοση των μαθητών σε θέματα Γενετικής επηρεάζεται όταν από τον παράγοντα «φύλο» και, συγκεκριμένα, τα κορίτσια επιτύχαναν υψηλότερα ποσοστά από τα αγόρια. Στον πίνακα 80 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις για τις οποίες υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά με το φύλο. Σε όλες, τα κορίτσια επιτυγχάνουν υψηλότερα ποσοστά επιτυχίας. Στις ερωτήσεις **9, 10, 11, 20γ, 23β, 23γ**, η διαφορά στα ποσοστά σωστών απαντήσεων ανάμεσα στα φύλα ξεπέρασε το 10%. Στον έλεγχο των υπόλοιπων ερωτήσεων, οι οποίες δεν περιλαμβάνονται, σε επτά ερωτήσεις τα αγόρια συγκέντρωσαν υψηλότερα ή οριακά υψηλότερα ποσοστά αλλά η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικώς σημαντική.

Πίνακας 80: Πίνακας διπλής εισόδου - φύλο και επιμέρους ερωτήσεις

Ερωτήσεις	χ^2	df	p	Ποσοστό % σωστών απαντήσεων		Απουσίες τιμές N
				Κορίτσια	Αγόρια	
4	11,17	1	0,001	94,0	86,9	11
8	4,09	1	0,046	88,2	83,0	13
9	12,33	1	0,001	73,3	61,2	14
10	21,63	1	0,000	70,1	53,6	12
11	8,17	1	0,005	50,3	39,8	23
12	6,36	1	0,013	64,8	55,7	27
14	10,88	1	0,001	87,9	79,0	18
20α	8,93	1	0,003	79,0	69,5	15
20γ	15,70	1	0,000	81,9	69,5	20
22	7,48	1	0,008	86,6	78,8	67
23β	12,03	1	0,001	58,7	42,6	289
23γ	4,91	1	0,031	54,3	43,9	299

Επίδραση του χρόνου διδασκαλίας στις επιμέρους ερωτήσεις

Επαναλήφθηκε ο έλεγχος ανεξαρτησίας των απαντήσεων από το χρόνο διδασκαλίας. Να θυμίσουμε ότι η χρονική περίοδος διδασκαλίας της Γενετικής (τέλη Ιανουαρίου - αρχές Απριλίου) δεν επηρέαζε την επίδοση των μαθητών του δείγματος. Στον πίνακα 81 ωστόσο, εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές σε εννέα ερωτήσεις, οι οποίες είναι μοιρασμένες μεταξύ των δυο χρονικών περιόδων. Πάντως δεν μπορέσαμε να οδηγηθούμε, στην περίπτωση αυτή, σε σαφή συμπεράσματα.

Πίνακας 81: Πίνακας διπλής εισόδου - χρόνος διδασκαλίας και επιμέρους ερωτήσεις

Ερωτήσεις	χ^2	df	p	Ποσοστό % σωστών απαντήσεων		Απούσες τιμές N
				Ιανουάριος	Απρίλιος	
1	8,63	1	0,004	76,4	66,4	7
2	12,16	1	0,001	55,8	42,4	16
5	6,66	1	0,010	53,6	63,4	16
9	5,40	1	0,022	64,9	73,3	8
13β	4,60	1	0,035	49,7	41,4	22
19	24,11	1	0,000	24,3	9,1	35
20β	5,49	1	0,022	42,7	33,9	14
21	4,42	1	0,043	40,2	48,5	64
23β	5,90	1	0,015	47,5	59,1	284

Επίδραση της οικογενειακής επιρροής στις επιμέρους ερωτήσεις

Σε προηγούμενες αναλύσεις είχαμε συμπεράνει ότι η επιρροή επαγγελματικής ενασχόλησης σε τομείς υγείας στο οικογενειακό περιβάλλον δεν επηρέαζε την επίδοση των μαθητών. Με τον παρόντα έλεγχο, μόλις σε δύο ερωτήσεις, στην 8 και στην 10, το οικογενειακό περιβάλλον έχει θετική επιρροή στην γνώση των μαθητών.

Πίνακας 82: Πίνακας διπλής εισόδου - επιρροής οικ. και επιμέρους ερωτήσεις

Ερωτήσεις	χ^2	df	p	Ποσοστό % σωστών απαντήσεων		Απούσες τιμές N
				Επάγγελμα υγείας	Άλλο επάγγελμα	
8	5,02	1	0,025	91,1	84,4	26
10	4,83	1	0,028	69,2	60,1	23

3.4 Συμπεράσματα

Στην παρούσα μελέτη με θέμα την κατανόηση της ροής της γενετικής πληροφορίας διαπιστώσαμε ότι οι έλληνες μαθητές της Γ' Γυμνασίου αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα κατανόησης βασικών εννοιών, αλλά και μηχανισμών, σε θέματα Γενετικής. Στο περιορισμένο χρόνο που διαθέτει ο εκπαιδευτικός και οι μαθητές του για το συγκεκριμένο κεφάλαιο έχουν να κατανοήσουν πολυάριθμες έννοιες και, επίσης, να προσπαθήσουν να τις συνδέσουν μεταξύ τους. Παρατηρείται επομένως και στην Ελλάδα το φαινόμενο που αναφέρει η διεθνής βιβλιογραφία^{10, 36, 42, 48, 49}.

Οι δυσκολίες, προκειμένου να γίνει κατανοητή η Γενετική, προϋποθέτουν βασικές γνώσεις Βιολογίας, ειδικά για τη δομή του κυττάρου, γνώσεις για τα μακρομόρια, αλλά και επιπλέον, γνώσεις Χημείας, όπως π.χ. για τα είδη δεσμών στο μόριο του DNA. Με διακοσμητικό το ρόλο της Χημείας στο Γυμνάσιο, η αδυναμία κατανόησης που δημιουργεί, είναι κραυγαλέα. Διαπιστώσαμε ότι οι μαθητές αδυνατούν να συλλάβουν την έννοια του **χημικού δεσμού** που στη Γ' Γυμνασίου, δεν τη διδάσκονται. Η έννοια του χημικού δεσμού εισάγεται για πρώτη φορά στην Α' Λυκείου, ενώ εκτενής αναφορά στον χημικό δεσμό (ενδομοριακός - διαμοριακός - δεσμός υδρογόνου) διδάσκεται στην κατεύθυνση της Β' Λυκείου και ενίοτε βρίσκεται εκτός διδακτέας ύλης. Οι θεωρίες για το χημικό δεσμό είναι τα γνωστικά εργαλεία που χρειάζονται οι μαθητές για να μπορέσουν να οπτικοποιήσουν τον μικροσκοπικό κόσμο⁶⁸. Έτσι, μόλις ένας στους τέσσερις απαντούν σωστά ότι οι δεσμοί μεταξύ των νουκλεοτιδίων στο μόριο του DNA είναι ισχυροί και δίνουν σταθερότητα στη δομή του, ενώ οι δεσμοί μεταξύ των συμπληρωματικών βάσεων (εξετάσαμε τις συμπληρωματικές βάσεις αδερίνη - θυμίνη) είναι ασθενείς, δίνοντας τη δυνατότητα να πραγματοποιηθούν οι μηχανισμοί της ροής της γενετικής πληροφορίας. Δηλαδή η επιφανειακή γνώση του χημικού δεσμού μπορεί να εμποδίσει την κατανόηση βιολογικών διαδικασιών όπως η αντιγραφή, η μεταγραφή και η μετάφραση. Οι δεσμοί μεταξύ των νουκλεοτιδίων δε διασπώνται με την ίδια ευκολία που το κάνουν οι δεσμοί μεταξύ των αζωτούχων βάσεων. Αυτή η ουσιαστική ιδιότητα στο μόριο του DNA δεν φάνηκε να απασχολεί περίπου τον έναν στους πέντε μαθητές που δήλωσαν πως δεν γνωρίζουν, αποφεύγοντας να πάρουν θέση.

Περαιτέρω, κατά τη διερεύνηση των συμπληρωματικών **αζωτούχων βάσεων**, παρατηρήθηκε οι απαντήσεις να στηρίζονται περισσότερο στην αποστήθιση παρά στη συνειδητή επιλογή. Ενώ οι τρεις στους τέσσερις μαθητές συμπλήρωναν σωστά τις αζωτούχες βάσεις που έλειπαν στη διπλή έλικα τμήματος μορίου του DNA,

δυσκολεύονταν να συμπληρώσουν την αλληλουχία που αναφερόταν στη συμπληρωματική αλυσίδα του RNA. Μόλις ο ένας στους τρεις (εάν λάβουμε υπόψη μας και τις απούσες τιμές) απάντησε και στις δύο ερωτήσεις σωστά. Από τις εναλλακτικές ιδέες που παρατηρήσαμε, να επαναλάβουμε ότι στο μόριο του DNA δεν θεωρούν τα ζευγάρια των βάσεων A-T και G-C μονοσήμαντα ορισμένα ενώ, επιπλέον, στο μόριο του RNA η ουρακίλη «περιφερόταν» μεταξύ των τεσσάρων υπολοίπων αζωτούχων βάσεων. Επειδή στην προηγούμενη απάντηση χρησιμοποιούν την ουρακίλη στο RNA, χωρίς ενδοιασμούς τη χρησιμοποιούν και στο DNA. Πιστεύουν πως μια αζωτούχος βάση θα μπορούσε κάλλιστα να κάνει δεσμό με οποιαδήποτε άλλη βάση, και μάλιστα με τον εαυτό της π.χ. A-A, T-T, G-G και C-C. Σε πολύ μεγαλύτερο μάλιστα ποσοστό επαναλήφθηκε η παρανόηση σε αδενίνη και θυμίνη παρά σε γουανίνη και κυτοσίνη. Σε μερικές περιπτώσεις η χρησιμοποίηση της ουρακίλης επέτεινε την εναλλακτική ιδέα της χρήσης ίδιων βάσεων ως συζυγών.

Παρατηρήσαμε, στη συνέχεια, πως οι μαθητές συγχέουν τους όρους **DNA, πρωτεΐνες, χρωμοσώματα** και τον τρόπο σύνδεσης μεταξύ τους. Στην ενότητα για τη δομή του DNA, μας εντυπωσίασε ότι λιγότεροι από τους μισούς μαθητές, όταν ρωτήθηκαν από τι αποτελείται το DNA, δεν αναγνώρισαν τα νουκλεοτίδια. Ο ένας στους πέντε απάντησε κύτταρα. Δεδομένου ότι τα κύτταρα είναι η μονάδα των οργανισμών, έδωσαν ανιμιστικές διαστάσεις στο DNA. Επίσης, ένας στους πέντε συνολικά απάντησε πρωτεΐνες ή αμινοξέα, φανερώνοντας την σύγχυση σχετικά με τη σχέση πρωτεϊνών και DNA που έχει ήδη καταγραφεί στη βιβλιογραφία^{22, 49}. Αυτή η σύγχυση έγινε περισσότερο εμφανής όταν κάναμε την σύγκριση με τη δομή των χρωμοσωμάτων, την οποία διερευνήσαμε με δυο διαφορετικής μορφής ερωτήσεις (πολλαπλής επιλογής και συμπλήρωσης κενού). Λιγότεροι από τους μισούς επέλεξαν την σωστή απάντηση, δείχνοντας να έχουν κατανοήσει το «πακετάρισμα» του DNA με την βοήθεια των πρωτεϊνών, ενώ λιγότεροι από έναν στους τρεις απάντησαν σωστά για τη δομή του DNA και του χρωμοσώματος συγχρόνως. Όπως ήδη αναφέραμε, ίσως δυσκολεύονται να αντιληφθούν τη διαφορά ανάμεσα στις πρωτεΐνες που συμμετέχουν στη δομή του DNA και τις πρωτεΐνες που παράγονται με την πρωτεϊνσύνθεση. Κι όμως, η δομή των πρωτεϊνών είναι προαπαιτούμενη γνώση για την κατανόηση του κεφαλαίου της Γενετικής.

Κατά τη διδασκαλία της Χημείας είναι συνεχής η μετάβαση μεταξύ Μακροσκοπικού και μικροσκοπικού επιπέδου μελέτης της ύλης. Οι μαθητές δραστηριοποιούνται στο μακροσκοπικό κόσμο της ύλης και δύσκολα μετακινούνται από το μακροσκοπικό στο μικροσκοπικό επίπεδο. Για να υπάρξει όμως επαρκής κατανόηση των εννοιών της

Γενετικής, απαιτείται «μπρος - πίσω» σκέψη μεταξύ των διάφορων επιπέδων οργάνωσης. Απαιτείται επίσης, η χρήση κατάλληλου λεξιλογίου. Οι μαθητές, λοιπόν, που προσπαθούν να κατανοήσουν τις έννοιες της αυτές μπερδεύονται, επειδή οι καθηγητές και οι συγγραφείς των σχολικών βιβλίων περνούν συχνά από το ένα επίπεδο στο άλλο χωρίς όμως να το επισημαίνουν^{63,64,28,43}. Κατά συνέπεια, τείνουν να οικοδομήσουν εναλλακτικές αντιλήψεις και μη επιστημονικά νοητικά μοντέλα. Ας δούμε το συγκεκριμένο πρόβλημα πιο συστηματικά.

Οι μαθητές, παρ' όλο που έχουν διδαχθεί τα διαφορετικά **επίπεδα οργάνωσης** των οργανισμών, δε φαίνεται να είναι σε θέση να τα βάλουν στη σωστή σειρά. Περίπου ο ένας στους τρεις τοποθετεί μεν σωστά τη διάταξη: οργανισμός - κύτταρο – πυρήνας, αλλά μόνο ένας στους πέντε καταφέρνει να τοποθετήσει σωστά τη διάταξη: DNA - χρωμόσωμα - γονίδια ή χρωμόσωμα - γονίδια - DNA. Συγκεκριμένα, μόνο 8,5% επί του συνόλου των μαθητών του δείγματος θεώρησε το χρωμόσωμα μεγαλύτερο από το γονίδιο.

Επίσης η πολύπλοκη **ορολογία**, η σύγχυση με όρους που μοιάζουν λεκτικά, οι δυσδιάκριτες διαφορές των όρων βάζουν εμπόδια στην κατανόηση των εννοιών της Γενετικής. Για παράδειγμα, παρατηρήσαμε ότι σε μικρά μόνο ποσοστά θεωρούν τα ομόλογα χρωμοσώματα και τις αδελφές χρωματίδες ταυτόσημες έννοιες. Επίσης συγχέουν την αντιγραφή με τη μεταγραφή, αλλά και με τη μετάφραση και με τη μετάλλαξη. Επειδή μπερδεύουν τις διαδικασίες της μεταγραφής και της μετάφρασης, απαντούν (ο ένας στους τέσσερις) πως προϊόν της μεταγραφής είναι τα αμινοξέα ή οι πρωτεΐνες και περίπου 15% το DNA. Τέλος, περισσότεροι από έναν στους τρεις μαθητές δεν έχουν συνειδητοποιήσει τον ημισυντηρητικό τρόπο διπλασιασμού του DNA. Οφείλουμε να επισημάνουμε πως η χρήση της λέξης δίκλωνο δημιουργεί παρερμηνείες. Είναι προτιμότερο να γίνεται χρήση του όρου διπλή αλυσίδα (ή διπλή έλικα), τόσο στο σχολικό εγχειρίδιο όσο και από τους εκπαιδευτικούς.

Υπολογίσαμε ακόμα ότι, οι δύο στους τρεις μαθητές απάντησαν σωστά ότι το γενετικό υλικό είναι το DNA των κυττάρων και έτσι αναγνώρισαν ότι περιέχει το σύνολο των **γενετικών πληροφοριών** του ατόμου. Στο ίδιο περίπου ποσοστό επέλεξαν σωστά και τον ορισμό των ομόλογων χρωμοσωμάτων. Όταν όμως τους ζητήθηκε να συμπληρώσουν το γονίδιο, ως την στοιχειώδη μονάδα γενετικού υλικού που περιέχει μια ολοκληρωμένη πληροφορία, μόλις το 30% απάντησε σωστά. Χωρίς να χρησιμοποιήσουμε τον όρο γονίδιο ρωτήσαμε επίσης, σε ερώτηση σωστού - λάθους,

εάν η σειρά των νουκλεοτιδίων στο DNA καθορίζει τη σειρά των αμινοξέων στις πρωτεΐνες. Το ποσοστό των μαθητών που απάντησε σωστά ήταν 55%. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένο εννοιολογικό πλαίσιο για το πώς δομείται η γενετική πληροφορία. Την εικόνα αυτή συμπληρώνει η διερεύνηση της δυνατότητας των μαθητών να διακρίνουν τη γενετική πληροφορία στα σωματικά κύτταρα στον ίδιο ή σε διαφορετικούς ανθρώπους. Αν και οι τρεις στους τέσσερις μαθητές του δείγματος θεώρησαν ότι τα σωματικά κύτταρα του ίδιου ιστού στον ίδιο άνθρωπο έχουν την ίδια γενετική πληροφορία, θεώρησαν ότι σε διαφορετικούς ανθρώπους, είναι διαφορετική. Από τις λανθασμένες αιτιολογήσεις των μαθητών οι περισσότερες αναφέρονταν στο όργανο ή στον ιστό που όφειλε να εξυπηρετήσει κάποια λειτουργία (τελεολογική αντίληψη). Βεβαίως δεν έλειπαν εναλλακτικές ιδέες όπως ότι η γενετική πληροφορία είναι διαφορετική σε κάθε κύτταρο του ίδιου ανθρώπου ή ακόμα και ότι όλοι οι άνθρωποι έχουμε το ίδιο DNA αλλά διαφορετικά γονίδια.

Πολλοί εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν **μοντέλα**³ για να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τις έννοιες της Γενετικής, εισάγοντας όμως περισσότερα προβλήματα εξαιτίας της λανθασμένης χρήσης των μοντέλων και της έλλειψης συζήτησης για τους περιορισμούς των μοντέλων. Έτσι οι μαθητές μαθαίνουν να δίνουν έμφαση μόνο στους κληρονομικούς παράγοντες, χωρίς να εξετάζονται οι αναπτυξιακοί παράγοντες που πιθανόν επιδρούν στη γενετική έκφραση⁴¹. Έτσι λοιπόν, περίπου δύο στους τρεις μαθητές, μας απάντησαν ότι στις ιδιότητες του ατόμου παίζουν ρόλο και τα γονίδια και το περιβάλλον, ενώ μόνο τα γονίδια μας απάντησε το 30% των μαθητών του δείγματος.

Υποστηρίζεται από ερευνητές²³ ότι το περιεχόμενο της Γενετικής σε χαμηλές βαθμίδες εκπαίδευσης πρέπει να αναφέρεται στην ανθρώπινη κληρονομικότητα και όχι σε παραδείγματα που αφορούν φυτά και ζώα, ώστε να ενεργοποιηθούν οι μαθητές και να αποκτήσουν «κίνητρο μάθησης». Στην έρευνά μας όμως, περίπου οι τρεις στους τέσσερις μαθητές πιστεύουν για τα δέντρα όπως η ελιά ότι έχουν γενετικό υλικό, ενώ ποσοστό μόνο 15% πιστεύει πως δεν έχουν. Αυτό υποδεικνύει ότι και άλλοι οργανισμοί, εκτός του ανθρώπου, αξίζει να χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία της Γενετικής. Για τα βακτήρια όμως το ποσοστό μειώνεται στο 50% για όσους πιστεύουν πως έχουν γενετικό υλικό ενώ το 25% απαντά αρνητικά. Γνωρίζουμε από τη βιβλιογραφία²³ ότι οι μαθητές θεωρούν τα βακτήρια «κατώτερους οργανισμούς» ή δεν τους θεωρούν καν έμβιους οργανισμούς.

Κατά τη μελέτη των κοινωνικοδημογραφικών στοιχείων του δείγματος, καταλήξαμε πως το φύλο, η σχολική μονάδα και η προσωπική αξιολόγηση της απόδοσης στο σχολείο επηρεάζει τη γνώση. Ειδικότερα τα αγόρια εμφανίζουν, κατά μέσο όρο, σημαντικά χαμηλότερη επίδοση από τα κορίτσια. Αντίθετα, η χρονική περίοδος διδασκαλίας (Ιανουάριος ή Απρίλιος) και η επιρροή κάποιου από το οικογενειακό περιβάλλον που απασχολείται σε επάγγελμα υγείας, δεν επέδρασε στη γνώση των μαθητών του δείγματος στα θέματα της Γενετικής.

Αναζητήσαμε κάποιες ερμηνείες για τα συμπεράσματα της μελέτης μας που μόλις εκτέθηκαν. Μια πιθανή εξήγηση για τα ευρήματά μας μπορεί να είναι το ότι το **Αναλυτικό Πρόγραμμα** για τη Βιολογία είναι πολύ αυστηρά προκαθορισμένο, με συγκεκριμένη **διδακτέα ύλη**, η οποία καλύπτει εξαιρετικά μεγάλο εύρος θεματικών ενοτήτων, ενώ μέχρι την περίοδο της έρευνάς μας, η Βιολογία δεν διδασκόταν στη Β' Γυμνασίου, οπότε οι μαθητές δεν είχαν επαφή με το αντικείμενο. Σε έρευνα που έκαναν οι Khippels et al.⁴³, στην Ολλανδία κατέληξαν στο συμπέρασμα πως ο διαχωρισμός στο χρόνο και στη θέση της διδακτέας ύλης, δυσκολεύει στη κατανόηση. Άλλοι ερευνητές⁴³ υποστηρίζουν πως η διδασκαλία της Γενετικής δε θα πρέπει να εστιάζει πρωταρχικά στις λεπτομέρειες ή στην επίλυση γενετικών προβλημάτων, αλλά θα πρέπει να περιέχει μόνο βασικές γνώσεις.

Ακόμα ο διατιθέμενος **χρόνος** για την κάλυψη της ύλης είναι πολύ περιορισμένος. Οι εκπαιδευτικοί προσπαθούν να διαχειριστούν ένα μεγάλο πλήθος εννοιών, όρων, διαδικασιών, να βοηθήσουν τους μαθητές τους στην εννοιολογική σύνδεση προς ένα ενιαίο πλαίσιο θεώρησης της Γενετικής. Έτσι όμως δεν διατίθεται ο απαραίτητος χρόνος για δραστηριότητες πεδίου, για εργαστήριο, για συζήτηση στην τάξη. Ειδικά με τη συζήτηση, οι μαθητές μπορούν να ξεδιπλώσουν τις ιδέες και τις εμπειρίες τους στα θέματα που συζητούν. Σύμφωνα με τον Saka⁶⁹, σε έρευνά του στη Τουρκία, οι μαθητές καλούνται να αφομοιώσουν όλο και περισσότερες νέες πληροφορίες, οι γνώσεις γίνονται πολύπλοκες και καταλήγουν να ξεχνούν και αυτά που ήξεραν, ενώ αναπτύσσουν εναλλακτικές ιδέες.

Για να καλύψουν οι εκπαιδευτικοί μεγαλύτερο μέρος της ύλης, καταφεύγουν σε δασκαλοκεντρικά μοντέλα διδασκαλίας. Η κατανόηση μετατρέπεται σε αποστήθιση, δηλαδή σε επιφανειακή μάθηση, απαραίτητη για συγκομιδή καλής βαθμολογίας σε όλη τη πορεία του σχολικού βίου αλλά κυριότερα πριν τις Πανελλαδικές Εξετάσεις. Εξάλλου το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα είναι σαφώς εξετασιοκεντρικό. Όπως αναφέρουν και

οι Κουμπάρου κ.α. (2009)⁷⁰, οι Έλληνες μαθητές, ενώ αγαπούν το μάθημα της Βιολογίας, χάνουν καθώς μεγαλώνουν το ενδιαφέρον τους.

Τέλος, πολλές από τις απαντήσεις των μαθητών πιθανώς να επηρεάζονται από την επίδραση που ασκούν τα **MME** στις αντιλήψεις τους σε θέματα Βιολογίας, με εξέχοντα ρόλο αυτόν της τηλεόρασης η οποία είναι από τις πιο δημοφιλείς πηγές ενημέρωσης και των μαθητών. Ειδικά σε θέματα Γενετικής και κληρονομικότητας, οι πηγές ενημέρωσης μπορεί να είναι και οι οικογενειακές συζητήσεις ή οι συζητήσεις με φίλους, π.χ. η άμεση εμπειρία της εγκυμοσύνης και της γέννησης μέσα στο οικογενειακό ή συγγενικό περιβάλλον. Τέλος, πηγές εντοπίζονται στη λεγόμενη ανεπίσημη εκπαίδευση (informal education), όπως είναι οι επισκέψεις σε ζωολογικούς κήπους ή μουσεία⁷¹.

Η χρήση νέων τεχνολογιών και σύγχρονων θεωριών μάθησης μπορεί να βοηθήσει καταλυτικά στη διδασκαλία της Γενετικής. Προσομοιώσεις διαδικασιών ή πειραμάτων, εικονικά περιβάλλοντα και σύγχρονα συστήματα λήψης και απεικόνισης δίνουν πολλές δυνατότητες. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να παρακολουθήσουν τη διαδικασία της μετάφρασης σε animation που έχουν παραχθεί από τα καλύτερα διεθνή πανεπιστήμια και οργανισμούς⁷². Επιπλέον, οι μαθητές μπορούν να πραγματοποιούν πειράματα, παρουσίαση διαφανειών, αναζήτηση πληροφοριών και παρουσίαση δουλεύοντας σε ομάδες. Μπορούν επίσης να αναπτυχθούν στην τάξη σεμινάρια, διαδικτυακή επικοινωνία, παιχνίδια και, εκτός τάξης, συνεντεύξεις και επισκέψεις. Έτσι οδηγούμαστε σε πιο σύγχρονες μορφές διδασκαλίας, σύμφωνες με τις τελευταίες θεωρίες μάθησης, και η διδασκαλία γίνεται ψυχαγωγία και παρέχει κίνητρα.

Οι Stewart και Dale¹⁰ υποστηρίζουν ότι μερικές φορές, οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών μπορεί να εμφανίζονται σαν αποτέλεσμα της διδασκαλίας. Σε έρευνα²³ που αφορούσε την κατανόηση εννοιών Γενετικής μαθητών ηλικίας 15-16 χρόνων, πριν και μετά τη διδασκαλία, σε κάποιες περιπτώσεις το ποσοστό των μαθητών που εμφάνιζε εναλλακτικές απόψεις αυξήθηκε μετά τη διδασκαλία της ενότητας

Το χαμηλό επίπεδο γνώσεων θα μπορούσε να είναι επίσης αποτέλεσμα της πολυπλοκότητας των εννοιών, των δομών και των φαινομένων, όπως ήδη αναφέρθηκε. Γι'αυτό και η κατάρτιση των εκπαιδευτικών παίζει σημαντικό ρόλο στη μετάδοση των συγκεκριμένων γνώσεων. Η νομοθεσία στη Ελλάδα επιτρέπει το μάθημα της Βιολογίας να διδάσκεται από καθηγητές Βιολόγους, Χημικούς, Φυσικούς, Φυσιολόγους ή και Γεωλόγους, γεγονός που δημιουργεί πολλά προβλήματα στην πράξη. Αν εξαιρέσουμε τους καθηγητές Βιολογίας ή ακόμα και Χημείας, που καταρτίζονται επιστημονικά στο

Πανεπιστήμιο, οι υπόλοιποι πρέπει να αφιερώσουν πρόσθετο χρόνο για την προετοιμασία του μαθήματος και αυτό δεν είναι πάντοτε εφικτό. Τα αποτελέσματα έρευνας των Βαμβακά κ.α.⁷³ έδειξαν ότι εκπαιδευτικοί που υπηρετούν σε Γυμνάσια, έχουν αδιάφορη στάση προς τα μαθήματα β' ανάθεσης. Επίσης, στην προοπτική να διδάσκουν σε διαφορετικά σχολεία μόνο τα μαθήματα ειδικότητας τους, εκπαιδευτικοί Λυκείων διάκεινται αρνητικά, ενώ εκπαιδευτικοί με 1 έως 5 χρόνια προϋπηρεσίας είναι περισσότερο πρόθυμοι. Είναι πολύ ενθαρρυντικό, όπως διαπιστώθηκε στην ίδια έρευνα, ότι όσοι διδάσκουν σε Γυμνάσιο πραγματοποιούν περισσότερες εργαστηριακές ασκήσεις. Γνωρίζουμε πάντως ότι οι ελλείψεις σε γνώσεις, ή ακόμα και σε διδακτική μεθοδολογία, τροποποιούν τις προσωπικές πεποιθήσεις επάρκειας του εκπαιδευτικού. Όπως καταγράφεται¹⁸, οι ελλείψεις αυτές επηρεάζουν τη στάση των εκπαιδευτικών απέναντι σε νέες διδακτικές πρακτικές το χρόνο προετοιμασίας, πιθανόν και την επίδοση των μαθητών.

Να προσθέσουμε ότι εκπαιδευτικοί και ερευνητές διαφωνούν σχετικά με το χρονικό διάστημα και το περιεχόμενο της διδασκαλίας θεμάτων Γενετικής. Στην εργασία της Κυριακούδη¹⁰ καταγράφονται δύο τάσεις. Η μια υποστηρίζει ότι θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στο πρόγραμμα σπουδών πριν την ηλικία των 16 ετών, λόγω της επιστημονικής και κοινωνικής της σημασίας. Η άλλη τάση υποστηρίζει ότι το γνωστικό επίπεδο των μαθητών δεν είναι αρκετά ώριμο για να διδαχθούν τέτοιες έννοιες πριν την ηλικία των 16 ετών. Η διαφορετικά όπως υποστηρίζει ο Venville⁷⁴, σε μεγαλύτερες τάξεις οι μαθητές έχουν το πνευματικό υπόβαθρο για να χειριστούν πολύπλοκες έννοιες όπως αυτές που συναντάμε στη Γενετική. Επιπλέον, υπάρχουν έρευνες όπως των Meis Friedrichsen et al.²⁸ που δείχνουν ότι ακόμα και φοιτητές Πανεπιστημίου δυσκολεύονται να κατανοήσουν πολλές από τις έννοιες και τις διαδικασίες της Γενετικής.

Ολοκληρώνοντας τα συμπεράσματά μας, δεν μπορούμε να μην επισημάνουμε το γεγονός ότι, σε ελάχιστες μόνο περιπτώσεις, οι μαθητές φάνηκε να απαντούν επιπόλαια και βιαστικά στο ερωτηματολόγιο. Άλλωστε ένας από τους στόχους του σχεδιασμού του ήταν να οδηγηθούμε σε ένα μη αγχωτικό και όχι ιδιαίτερα κουραστικό ερωτηματολόγιο, το οποίο οι μαθητές δεν θα το απαντούσαν θέλοντας να ξεμπερδεύουν.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός Όρος
Scientific literacy	Επιστημονικός εγγραμματισμός
Informal education	Ανεπίσημη εκπαίδευση
Conceptual change	Εννοιολογική αλλαγή
Purposive sample	Σκόπιμη δειγματοληψία
Norm - referenced test	Σταθμισμένο τεστ ή τεστ αναφοράς σε τυπικούς βαθμούς
Internal consistency reliability	Αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας
Content validity	Εγκυρότητα περιεχομένου
Critical significance	Επίπεδα κρίσιμης σημαντικότητας
Criterion - referenced test	Τεστ αναφοράς σε κριτήριο
Correlation matrix	Πίνακας συναφειών
Pearson Correlation	Συντελεστής συσχέτισης
Missing data	Απόντα δεδομένα ή απούσες τιμές
Loadings	Φορτίσεις
Eigenvalues	Ιδιοτιμές
Scree plot	Διάγραμμα ιδιοτιμών
Mean	Μέση τιμή
Median	Διάμεσος
Variance	Διασπορά
Standard deviation	Τυπική απόκλιση

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια

ΕΚΠΑ	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Φ. Ε.	Φυσικές Επιστήμες
AAAS	American Association for the Advancement of Science
PISA	Programme for International Students Assessment
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
SPSS	Superior Performance Software System

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Επιστημονικά αποδεκτές θέσεις (Statements)

κεφ. 5.1 Το γενετικό υλικό οργανώνεται σε χρωμοσώματα

1.

α- Οι πρωτεΐνες είναι υπεύθυνες για τη δομή και τις λειτουργίες των οργανισμών.

β- Η δράση των πρωτεϊνών εξαρτάται από τη σειρά των αμινοξέων που περιέχουν.

γ- Το DNA καθορίζει τη σειρά των αμινοξέων.

δ- Το DNA αναφέρεται και ως γενετικό υλικό
2.

α- Το DNA περιέχει τις γενετικές πληροφορίες σε συγκεκριμένα τμήματά του, τα γονίδια.

β- Οι οργανισμοί είναι είτε μονοκύτταροι είτε πολυκύτταροι. Όλα τα κύτταρα περιέχουν γενετικό υλικό. Τα κύτταρα του ίδιου οργανισμού περιέχουν το ίδιο γενετικό υλικό.

γ- Στα ευκαρυωτικά κύτταρα το γενετικό υλικό εντοπίζεται στον πυρήνα.

δ- Το γενετικό υλικό σχηματίζει δομές που ονομάζονται χρωμοσώματα. Στα χρωμοσώματα το DNA συσπειρώνεται με τη βοήθεια πρωτεϊνών.
3.

α- Ο άνθρωπος έχει 46 χρωμοσώματα, τα οποία είναι ανά δυο όμοια. Τα όμοια χρωμοσώματα ονομάζονται ομόλογα χρωμοσώματα. Σε κάθε ζεύγος, το ένα χρωμόσωμα προέρχεται από την μητέρα και το άλλο από τον πατέρα. Τα ομόλογα χρωμοσώματα περιέχουν, σε αντίστοιχες θέσεις, τις ίδιες γενετικές πληροφορίες.

β- Από τα 23 ζεύγη χρωμοσωμάτων, τα 22 ονομάζονται αυτοσωμικά και το 1 ζεύγος χρωμοσωμάτων (X και Y) φυλετικά. Τα φυλετικά χρωμοσώματα καθορίζουν το φύλο: XY διαθέτουν τα αρσενικά άτομα και XX τα θηλυκά.

γ- Η φωτογράφιση και τοποθέτηση των χρωμοσωμάτων σε ζεύγη και κατά ελαττωμένο μέγεθος αποτελεί τον καρυότυπο.

δ- Οι περισσότερες ιδιότητες των ατόμων καθορίζονται από τα γονίδια τους, ενώ κάποιες καθορίζονται από το περιβάλλον.

κεφ. 5.2 Η ροή της γενετικής πληροφορίας (δομή νουκλεϊκών οξέων - αποθήκευση γενετικής πληροφορίας)

4. **α-** Τα νουκλεοτίδια αποτελούν τις δομικές μονάδες του DNA και του RNA.
- β-** Η σειρά (αλληλουχία) των νουκλεοτιδίων στο DNA καθορίζει τη γενετική πληροφορία.
5. **α-** Τα νουκλεοτίδια ενώνονται μεταξύ τους με ισχυρούς χημικούς δεσμούς και σχηματίζουν πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες, τα νουκλεϊκά οξέα. Στις αλυσίδες αυτές, το σάκχαρο του ενός νουκλεοτιδίου συνδέεται με τη φωσφορική ομάδα του επόμενου.
- β-** Τα νουκλεοτίδια του DNA ονομάζονται δεοξυριβονουκλεοτίδια, τα νουκλεοτίδια του RNA ριβονουκλεοτίδια.
- γ-** Οι αζωτούχες βάσεις των δεοξυριβονουκλεοτιδίων είναι οι αδενίνη (A) , θυμίνη (T), γουανίνη (G) και κυτοσίνη (C). Η αδενίνη σχηματίζει ασθενείς χημικούς δεσμούς με τη θυμίνη, η γουανίνη σχηματίζει ασθενείς χημικούς δεσμούς με την κυτοσίνη. Οι βάσεις που σχηματίζουν δεσμούς ονομάζονται συμπληρωματικές.
- δ-** Στο DNA, δυο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες ενώνονται με ασθενείς χημικούς δεσμούς ανάμεσα στις συμπληρωματικές βάσεις των δυο αλυσίδων, σχηματίζοντας ένα δίκλωνο μόριο που έχει τη μορφή έλικας (διπλή έλικα του DNA).
6. **α-** Οι αζωτούχες βάσεις των ριβονουκλεοτιδίων είναι οι αδενίνη (A), ουρακίλη (U) (και όχι θυμίνη) γουανίνη (G) και κυτοσίνη (C). Η ουρακίλη είναι συμπληρωματική της αδενίνης.
- β-** Το RNA δεν σχηματίζει διπλή έλικα.
- γ-** Υπάρχουν διαφορετικά είδη RNA: το αγγελιαφόρο ή mRNA, το μεταφορικό ή tRNA και το ριβοσωμικό ή rRNA.

κεφ. 5.2 Η ροή της γενετικής πληροφορίας (αντιγραφή - διατήρηση και μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας)

7. Πριν από τη διαίρεση των κυττάρων, το DNA διπλασιάζεται έτσι, ώστε κάθε νέο κύτταρο να έχει ένα αντίγραφο. Ο διπλασιασμός του DNA ονομάζεται αντιγραφή.
8. **α-** Για να γίνει αντιγραφή του DNA, διασπώνται οι ασθενείς χημικοί δεσμοί που συγκρατούν τις συμπληρωματικές βάσεις. Έτσι, οι βάσεις κάθε αλυσίδας μπορούν να σχηματίσουν δεσμούς με συμπληρωματικές βάσεις ελεύθερων

δεοξυριβονουκλεοτιδίων. Τα δεοξυριβονουκλεοτίδια αυτά ενώνονται μεταξύ τους με ισχυρούς χημικούς δεσμούς και αποτελούν μια νέα αλυσίδα DNA.

β- Τα νέα μόρια έχουν την ίδια αλληλουχία νουκλεοτιδίων και, επομένως, την ίδια γενετική πληροφορία με τα παλιά.

γ- Τα δυο δίκλινα μόρια που σχηματίζονται αποτελούνται από μια παλιά και από μια νέα αλυσίδα.

κεφ. 5.2 Η ροή της γενετικής πληροφορίας (μεταγραφή, μετάφραση - έκφραση της γενετικής πληροφορίας)

9. **α-** Από κάθε γονίδιο συντίθεται ένα μόριο mRNA. Η σύνθεση του mRNA ονομάζεται μεταγραφή. Με τη μεταγραφή, η σειρά των δεοξυριβονουκλεοτιδίων του DNA, δηλαδή η γενετική πληροφορία, μετατρέπεται σε σειρά ριβονουκλεοτιδίων στο mRNA.

β- Διαφορετικές περιοχές του DNA μεταγράφονται σε rRNA και tRNA.

γ- Το rRNA αποτελεί συστατικό του ριβοσώματος.

δ- Για να γίνει μεταγραφή του DNA, διασπώνται οι ασθενείς χημικοί δεσμοί που συγκρατούν τις συμπληρωματικές βάσεις (όπως και για την αντιγραφή). Οι βάσεις της μιας από τις αλυσίδες σχηματίζουν δεσμούς με συμπληρωματικές βάσεις ελεύθερων ριβονουκλεοτιδίων, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους και αποτελούν την αλυσίδα του mRNA.

10. **α-** Κάθε μόριο mRNA συνδέεται με ένα ριβόσωμα του κυττάρου για να αρχίσει η σύνθεση μιας πρωτεΐνης. Η σύνθεση των πρωτεϊνών ή πρωτεϊνοσύνθεση ονομάζεται και μετάφραση.

β- Τα απαραίτητα για τη σύνθεση της συγκεκριμένης πρωτεΐνης αμινοξέα μεταφέρονται διαδοχικά στο σύμπλεγμα mRNA - ριβοσώματος με τα κατάλληλα μόρια tRNA. Τα tRNA αυτά έχουν βάσεις συμπληρωματικές στις διαδοχικές βάσεις του mRNA. Για να γίνει η σύνθεση της πρωτεΐνης, το κάθε αμινοξύ συνδέεται με το επόμενο με χημικό δεσμό.

γ- Έπομένως, η σειρά των νουκλεοτιδίων στα νουκλεϊκά οξέα καθορίζει τη σειρά των αμινοξέων στις πρωτεΐνες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Το Ερωτηματολόγιο - Αντιστοίχιση ερωτήσεων με θέσεις

Αγαπητέ μαθητή,

Το ερωτηματολόγιο που έχεις στα χέρια σου αποτελεί μέρος μιας έρευνας που πραγματοποιείται από το Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών. Στόχος της έρευνας είναι να διερευνηθούν οι γνώσεις και οι απόψεις των μαθητών στη Γενετική. Το ερωτηματολόγιο είναι ανώνυμο και οι απαντήσεις που θα δώσεις είναι αδύνατο να αναγνωριστούν σε ποιον ανήκουν. Γι' αυτό τον λόγο ελπίζουμε στην ειλικρίνεια των απαντήσεων σου, ώστε να είναι αξιόπιστη η έρευνα και να εξαχθούν σωστά συμπεράσματα που θα βοηθήσουν τη σχολική κοινότητα.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου θα διαρκέσει λίγη ώρα. Σε κάποιες από τις ερωτήσεις σημειώνεις σε ένα από τα κουτάκια και σε κάποιες επιλέγεις μια από τις πιθανές απαντήσεις που θα σου δίνονται. Σε ευχαριστούμε πολύ για το χρόνο και τη συμβολή σου στην πραγματοποίηση της έρευνας αυτής.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Φύλο: Κορίτσι Αγόρι
- Ασχολείται κάποιος από το οικογενειακό σου περιβάλλον στον τομέα της υγείας; Ναι Όχι
- Πως χαρακτηρίζεις την απόδοσή σου στο σχολείο; Πολύ καλή Μέτρια Κακή

Ερωτηματολόγιο

Στις ερωτήσεις 1 – 8 να σημειώσετε με X ένα από τα κουτάκια που ακολουθούν

1. Δέντρα όπως η ελιά έχουν γενετικό υλικό;
Ναι Όχι Δε γνωρίζω
2. Το βακτήριο του τετάνου έχει γενετικό υλικό;
Ναι Όχι Δε γνωρίζω
3. Οι κληρονομικές ασθένειες μεταφέρονται στους απογόνους μέσω του DNA.
Ναι Όχι Δε γνωρίζω
4. Αν κατά τη διάρκεια της ζωής του ένας άνθρωπος αποκτήσει ένα τραύμα, μπορεί να το κληρονομήσουν οι απόγονοί του;
Ναι Όχι Δε γνωρίζω
5. Η σειρά των νουκλεοτιδίων στο DNA καθορίζει τη σειρά των αμινοξέων στις πρωτεΐνες.
Ναι Όχι Δε γνωρίζω
6. Στο DNA οι συμπληρωματικές βάσεις Α και Τ ενώνονται μεταξύ τους με ασθενείς δεσμούς.
Ναι Όχι Δε γνωρίζω
7. Στο DNA τα νουκλεοτίδια ενώνονται μεταξύ τους με ασθενείς δεσμούς.
Ναι Όχι Δε γνωρίζω
8. Τα κορίτσια κληρονομούν τα περισσότερα χαρακτηριστικά τους από τις μητέρες τους. Τα αγόρια κληρονομούν τα περισσότερα από χαρακτηριστικά τους από τους πατέρες τους.
Ναι Όχι Δε γνωρίζω

Στις ερωτήσεις 9- 18 να κυκλώσετε μία από τις απαντήσεις που ακολουθούν

9. Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από:
 - α. κύτταρα
 - β. αμινοξέα
 - γ. νουκλεοτίδια
 - δ. υδατάνθρακες
10. Οι ιδιότητες των ατόμων καθορίζονται από
 - α. τα γονίδια
 - β. το περιβάλλον
 - γ. τα γονίδια και το περιβάλλον
 - δ. κανένα από τα δυο

11. Τα χρωμοσώματα αποτελούνται από:
- DNA
 - πρωτεΐνες
 - DNA και πρωτεΐνες
 - τίποτα από αυτά
12. Ομόλογα ονομάζονται τα χρωμοσώματα τα οποία:
- περιέχουν τις ίδιες γενετικές πληροφορίες, σε αντίστοιχες θέσεις
 - καθορίζουν το φύλο στον άνθρωπο
 - προκύπτουν από την αντιγραφή του DNA
 - αποτελούν τις αδελφές χρωματίδες
13. Εάν υπάρχουν έξι (6) χρωμοσώματα σε ένα ωάριο:
- A. Πόσα χρωμοσώματα υπάρχουν σε ένα σπερματοζωάριο του ίδιου είδους;
- λιγότερα από το ωάριο
 - ο ίδιος αριθμός με το ωάριο
 - περισσότερα από το ωάριο
 - δε γνωρίζω
- B. Πόσα χρωμοσώματα υπάρχουν στα κύτταρα του εμβρύου (ζυγωτό) που προέρχεται από αυτό το ωάριο;
- τρία (3)
 - έξι (6)
 - δώδεκα (12)
 - δε γνωρίζω
14. Εάν ένας οργανισμός έχει 46 χρωμοσώματα, πόσα θα προέρχονται από τη μητέρα και πόσα από τον πατέρα;
- όλα από την μητέρα
 - όλα από τον πατέρα
 - τυχαίος αριθμός από καθένα από τους δύο γονείς
 - μισά από τον πατέρα και μισά από τη μητέρα
15. Το DNA αποτελείται από:
- κύτταρα
 - αμινοξέα
 - νουκλεοτίδια
 - πρωτεΐνες
16. Πώς ονομάζεται η διαδικασία διπλασιασμού του DNA;
- αντιγραφή
 - μεταγραφή
 - μετάφραση
 - μετάλλαξη
17. Το νέο μόριο DNA που προέκυψε από την αντιγραφή περιέχει:
- δυο νέες αλυσίδες
 - μια παλιά και μια νέα αλυσίδα
 - και τις δυο παλιές αλυσίδες
 - δε γνωρίζω
18. Ποιό από τα παρακάτω μόρια είναι προϊόντα της μεταγραφής;
- DNA
 - αμινοξέα
 - πρωτεΐνες
 - αγγελιοφόρο RNA

Στις ερωτήσεις 19 – 23 να απαντήσετε συμπληρώνοντας τα κενά όπου χρειάζεται

19. Σας δίνονται τα παρακάτω:

κύτταρο, χρωμόσωμα, γονίδιο, DNA, οργανισμός, πυρήνας
 Να τα βάλετε σε σειρά μεγέθους από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο.

Μεγαλύτερο
 ↓

 Μικρότερο

20. Στην εικόνα βλέπετε δυο διαφορετικούς τύπους κυττάρων ανθρώπου.

A. Αν είχατε δυο κύτταρα συκωτιού από τον ίδιο άνθρωπο, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:

ίδια διαφορετική δε γνωρίζω

B. Αν είχατε ένα κύτταρο συκωτιού και ένα νευρικό κύτταρο από τον ίδιο άνθρωπο, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:

ίδια διαφορετική δε γνωρίζω

Γ. Αν είχατε δυο κύτταρα συκωτιού από δυο διαφορετικούς ανθρώπους, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:

ίδια διαφορετική δε γνωρίζω

Ηπατικά κύτταρα
(Κύτταρα συκωτιού)



Νευρικά κύτταρα



Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας.

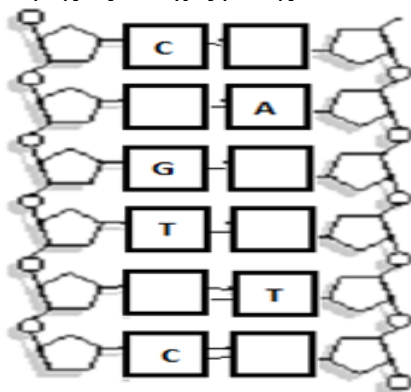
21. Τμήμα μορίου DNA αποτελείται από την παρακάτω αλληλουχία αζωτούχων βάσεων

A T C G A T

Ποια είναι η αλληλουχία των αζωτούχων βάσεων της αλυσίδας του RNA που δημιουργείται από αυτό;



22. Να συμπληρώσετε το σχήμα, που παριστάνει τμήμα μορίου DNA, γράφοντας στα κενά τη συντομογραφία της κατάλληλης αζωτούχας βάσης:



23. Να συμπληρώσετε τη λέξη που λείπει στις παρακάτω προτάσεις:

α) Γενετικό υλικό ονομάζεται το των κυττάρων.

β) Το DNA περιέχει τις γενετικές πληροφορίες σε συγκεκριμένα τμήματά του που ονομάζονται

γ) Το DNA με τη βοήθεια πρωτεϊνών σχηματίζει δομές που ονομάζονται

Πίνακας 83: Αντιστοίχιση ερωτήσεων ερωτηματολογίου και επιστημονικά αποδεκτών θέσεων.

Ερωτήσεις	Θέσεις	Ερωτήσεις	Θέσεις
Ερώτηση 1	1δ 2β		
Ερώτηση 2	1δ 2β	Ερώτηση 13	3αβ
Ερώτηση 3	1δ 2β 3α	Ερώτηση 14	3α
Ερώτηση 4	1δ 2β 3α	Ερώτηση 15	4α
Ερώτηση 5	1βγ 4α 10γ	Ερώτηση 16	7
Ερώτηση 6	5βγ	Ερώτηση 17	8γ
Ερώτηση 7	4α 5α	Ερώτηση 18	9α
Ερώτηση 8	3αβ	Ερώτηση 19	1δ 2αγδ
Ερώτηση 9	1β	Ερώτηση 20	2αβ
Ερώτηση 10	3δ	Ερώτηση 21	6αβ
Ερώτηση 11	1δ 2δ	Ερώτηση 22	5αγδ
Ερώτηση 12	3α	Ερώτηση 23	1δ 2αδ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Φύλλο αξιολόγησης

Πορεία μεθόδου για την αξιολόγηση του ερωτηματολογίου

Συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί, για να αξιολογήσετε την κάθε ερώτηση σημειώνοντας:

- στη πρώτη στήλη, που αφορά την αναγκαιότητα της ερώτησης, έναν από τους παρακάτω χαρακτηρισμούς.

1 εάν την θεωρείτε **περιττή**,
2 ----- // ----- **απαραίτητη**.

- στη δεύτερη στήλη, που αφορά τη σαφήνεια της ερώτησης, έναν από τους παρακάτω χαρακτηρισμούς.

1 εάν την θεωρείτε **σαφή**,
2 ----- // ----- **ασαφής**,

- στην τρίτη στήλη, που αφορά το βαθμό δυσκολίας της ερώτησης, έναν από τους παρακάτω χαρακτηρισμούς.

1 εάν την θεωρείτε **εύκολη**,
2 ----- // ----- **μέτρια**,
3 ----- // ----- **δύσκολη**.

- Διατύπωσε τα σχόλια και τις παρατηρήσεις σας, τόσο για το ερωτηματολόγιο γενικά, όσο και για τις επιμέρους ερωτήσεις.

Χαρακτηρισμός ερωτήσεων

Ερώτηση	Αναγκαιότητα ερώτησης	Σαφήνεια ερώτησης	Βαθμός δυσκολίας	Παρατηρήσεις
1	1 2	1 2	1 2 3	
2	1 2	1 2	1 2 3	
3	1 2	1 2	1 2 3	
4	1 2	1 2	1 2 3	
5	1 2	1 2	1 2 3	
6	1 2	1 2	1 2 3	
7	1 2	1 2	1 2 3	
8	1 2	1 2	1 2 3	
9	1 2	1 2	1 2 3	
10	1 2	1 2	1 2 3	
11	1 2	1 2	1 2 3	
12	1 2	1 2	1 2 3	
13 A	1 2	1 2	1 2 3	
13 B	1 2	1 2	1 2 3	
14	1 2	1 2	1 2 3	
15	1 2	1 2	1 2 3	
16	1 2	1 2	1 2 3	
17	1 2	1 2	1 2 3	
18	1 2	1 2	1 2 3	
19	1 2	1 2	1 2 3	
20	1 2	1 2	1 2 3	
21	1 2	1 2	1 2 3	
22	1 2	1 2	1 2 3	
23	1 2	1 2	1 2 3	

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

-
- ¹ Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Πρόγραμμα Σπουδών των μαθημάτων των Α', Β', Γ' τάξεων του Ενιαίου Λυκείου (Σχολικό έτος 2011-2012), Έκδοση ΟΕΔΒ, 2011.
- ² R. Driver, A. Squires, P. Rushworth and V. Wood - Robinson, Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών - Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών, Εκδόσεις τυπωθήτω, 2000.
- ³ Β. Ζόγκτζα, Θέματα Διδακτικής Βιολογίας: Διδασκαλία και μάθηση βιολογικών εννοιών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Εκδόσεις Μεταίχμιο, 2009.
- ⁴ Δ. Αποστολοπούλου, *Οι Θεωρίες Μάθησης και η Ενσωμάτωσή τους στο Εκπαιδευτικό Λογισμικό*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μαθηματικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2012
- ⁵ Π. Κόκκοτας, Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών - Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης, Εκδόσεις Γρηγόρη, 1998.
- ⁶ Α. Καπραβέλου, *Η σημασία των θεωριών μάθησης στο πλαίσιο των ΤΠΕ στην εκπαίδευση*, Open Education, vol. 7, no. 1, 2011, pp. 98-117.
- ⁷ Κ. Αθανασίου, Εισαγωγή στις Βιολογικές Επιστήμες και η διδακτική τους, Εκδόσεις Γρηγόρη, 2009.
- ⁸ Π. Κόκκοτας, *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Εκδόσεις Γρηγόρη, 1999.
- ⁹ Α. Bargellini, Από το πρόγραμμα SCIS στον κονστрукτιβισμό: Μια διδακτική εμπειρία έρευνας στον τομέα των επιστημών της χημείας στο ιταλικό δημοτικό σχολείο, Στο Π. Κόκκοτας (επιμ.), *Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες - Σύγχρονοι Προβληματισμοί*, Εκδόσεις Τυπωθήτω, 2000.
- ¹⁰ Μ. Κυριακούδη, *Εξέλιξη των ιδεών των Ελλήνων μαθητών για τη Γενετική και την Κληρονομικότητα Μέρος Α : Η περίπτωση των μαθητών της Α Λυκείου*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2010.
- ¹¹ R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien, *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες*, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Εκδόσεις Τροχαλία, 1993.
- ¹² Χ. Σολομωνίδου, Εκπαιδευτική τεχνολογία. Μέσα, υλικά, διδακτική χρήση και αξιοποίηση, Εκδόσεις Καστανιώτης, 1999.
- ¹³ Π. Μαρμαρωτή, *Η κατανόηση της Φωτοσύνθεσης από μαθητές Γυμνασίων της Αττικής*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2001.
- ¹⁴ Α. Κουκά, Η Εννοιολογική Αλλαγή στη Χημεία, Σημειώσεις στο μάθημα «Διδακτική της Χημείας» Μεταπτυχιακό πρόγραμμα ΔιΧηNet, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ, 2011.
- ¹⁵ Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Programme for International Student Assessment (PISA) <http://www.pisa.oecd.org/>
- ¹⁶ Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής ΙΕΠ, *PISA 2009 Πλαίσιο αξιολόγησης και αποτελέσματα*, Αθήνα 2012

- ¹⁷ G. Marbach-Ad, *Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts*, Journal of Biological Education, vol. 35, no. 4, 2001, pp. 183-189.
- ¹⁸ Ε. Μαυρικάκη, *Η περιπέτεια της βιολογίας στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα*, Στα Πρακτικά του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Πανελλήνιας Ένωσης Βιοεπιστημόνων «Το περιβάλλον της Υγείας μας», 25-27 Νοεμβρίου, Αθήνα, 2010. <https://www.academia.edu/940694/> . 2010 . . 5 25-27
- ¹⁹ Έγκριση Προγραμμάτων Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για την Πιλοτική τους Εφαρμογή του επιστημονικού πεδίου Φυσικές Επιστήμες. ΦΕΚ 97/ 22-1-2014.
- ²⁰ Ε. Μαυρικάκη, Μ. Γκούβρα και Α. Καμπούρη, *Βιολογία Α' Γυμνασίου*, Έκδοση ΟΕΔΒ, 2008.
- ²¹ Ε. Μαυρικάκη, Μ. Γκούβρα και Α. Καμπούρη, *Βιολογία Γ' Γυμνασίου*, Έκδοση ΟΕΔΒ, 2008.
- ²² J. Lewis and U. Kattmann, *Traits, genes, particles and information: re-visiting students understandings of genetics*, International Journal of Science Education, vol. 26, 2004, pp. 195-206.
- ²³ E. Banet and E. Ayuso, *Teaching Genetics at Secondary School: A strategy for teaching about the location of Inheritance Information*, Science Education, vol. 84, no. 3, 2000, pp. 313- 351.
- ²⁴ Ε. Χαραλαμπίτου, *Συγκριτική Ανάλυση των Σχολικών Εγχειριδίων Βιολογίας στη Δ/θμια Εκπαίδευση*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2003.
- ²⁵ J. Lewis and C. Wood-Robinson, *Genes, Chromosomes, Cell division and Inheritance- Do students see any relationship?*, International Journal of Science Education, vol. 22, no. 2, 2000, pp. 177-195.
- ²⁶ A. Chattopadhyay, *Understanding of Genetic Information in Higher Secondary Students in Northeast India and the Implications for Genetics Education*, Cell Biology Education, vol. 4, 2005, pp. 97-104.
- ²⁷ G. Venville and J. Donovan, *Developing Year 2 Students' Theory of Biology with Concepts of the Gene and DNA*, International Journal of Science Education, vol. 29, no. 9, 2007, pp. 1111-1131.
- ²⁸ P. M. Friedrichsen and B. Stone, *Examining students' conceptions of molecular genetics in an introductory biology course for non-science majors*, Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Vancouver, BC, Canada, 2004.
- ²⁹ Y. Kara and S. Yesilyurt, *Assessing the effects of tutorial and edutainment software programs on students' achievements, misconceptions and attitudes towards biology*, Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, vol. 8, Issue 2, Article 1, Dec., 2007, p.1-22.
- ³⁰ Ε. Μαυρικάκη, Μ. Γκούβρα και Α. Καμπούρη, *Βιολογία Γ' Γυμνασίου - Βιβλίο Εκπαιδευτικού*, Έκδοση ΟΕΔΒ, 2008.
- ³¹ J. Lewis, L. Leach and C. Wood-Robinson, *Chromosomes the missing link—young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilization*, Journal of biological Education, vol. 34, no. 4, 2000c, pp. 189 -199.
- ³² R. G. Duncan, and B. J. Reiser, *Reasoning Across Ontologically Distinct Levels: Students' Understandings of Molecular Genetics*, Journal of Research in Science Teaching, 44 (7), 2007, pp. 938-959.

-
- ³³ C. Wood-Robinson, J. Lewis and J. Leach, *Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism*, Journal of biological Education, vol. 35, no. 1, 2000, pp. 29-36.
- ³⁴ M. Bahar, A.H. Johnstone and R.G. Sutcliffe, *Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests*, Journal of Biological Education, vol. 33, no. 3, 1999, pp.134-141.
- ³⁵ J. Lewis, L. Leach and C. Wood-Robinson, *All in the genes? Young people's understanding of the nature of genes*, Journal of biological Education, vol. 34, no. 2, 2000a, pp. 74-79.
- ³⁶ Ε. Κουμπάρου, *Εξέλιξη των ιδεών των Ελλήνων μαθητών για τη Γενετική και την Κληρονομικότητα Μέρος Β: Η περίπτωση των μαθητών της Γ Λυκείου*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2010.
- ³⁷ J. Lewis, L. Leach and C. Wood-Robinson, *What's in a cell?—Young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual*, Journal of Biological Education, vol. 34, no. 3, 2000b, pp. 129-132.
- ³⁸ B. Berthelsen, *Students Naïve Conceptions in Life Science*, Michigan Science Teachers Association MSTA Journal, vol. 44, no.1, 1999, pp. 13-19.
- ³⁹ G. Venville and D. F. Treagust, *Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework*, Journal of Research in Science Teaching, vol. 35, no. 9, 1998, pp. 1031-1055.
- ⁴⁰ K. M. Fisher, *A misconception in biology: Amino acids and translation*. Journal of Research in Science Teaching, vol. 22, no. 1, 1985, pp. 53-62.
- ⁴¹ T. Forissier and P. Clément, *Teaching 'biological identity' as genome/environment interactions*, Journal of Biological Education, vol. 37, Issue 2, 2003, pp. 85-90.
- ⁴² Ε. Κουμπάρου, Μ. Κυριακούδη και Κ. Αθανασίου, *Εξέλιξη των ιδεών των Ελλήνων μαθητών για τη Γενετική και την Κληρονομικότητα*, 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Διδακτική Φυσικών Επιστημών - Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών, Αλεξανδρούπολη, 2011.
- ⁴³ M. C. P. J. Knippels, A. J. Waarlo, and K. Th. Boersma, *Design criteria for learning and teaching genetics*, Journal of Biological Education, vol. 39, no. 3, 2005, pp. 108-112.
- http://www.researchgate.net/publication/233214519_Design_criteria_for_learning_and_teaching_genetics
- ⁴⁴ Ι. Παρασκευόπουλος, *Μεθοδολογία Επιστημονικής Έρευνας, Τόμος Α*, Εκδόσεις ΑΘΗΝΑ, 1993.
- ⁴⁵ Γ. Τσίρμπας, *Μεθοδολογία των Κοινωνικών Επιστημών*, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Πολιτικής Επιστήμης και Δημόσιας Διοίκησης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2012.
- ⁴⁶ R. G. Duncan, A.D. Rogat and A. Yarden, *A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th-10th grades*, Journal of Research in Science Teaching, vol. 46, 2009, pp. 655-674.

- ⁴⁷ S. Elrod, *Genetics Concepts Inventory*, Biological Sciences Department, California Polytechnic State University, 2007.
- ⁴⁸ Σ. Κεμεντσιεζίδου, *Διερεύνηση γνώσεων, απόψεων και στάσεων μαθητών Μέσης Εκπαίδευσης Δυτικής Θεσσαλονίκης, σε θέματα γενετικής και βιοτεχνολογίας*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2009.
- ⁴⁹ Η. Γιασεμής, *Μελέτη γνώσεων και στάσεων μαθητών Λυκείου έναντι θεμάτων Βιοτεχνολογίας και Γενετικής*, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2011.
- ⁵⁰ Δ. Β. Παπασπύρου, *Ασκήσεις Γενετικής τόμος Α*, Εκδόσεις ΧΡΩΜΑprint, 1995.
- ⁵¹ Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων - Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Τμήμα Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Οδηγίες για τη διδασκτέα ύλη και τη διδασκαλία των μαθημάτων στο Γυμνάσιο και στο Γενικό Λύκειο κατά το σχολικό έτος 2010-2011 Τεύχος Γ', Έκδοση ΟΕΔΒ, 2010.
- ⁵² Μ. Βασιλοπούλου, *Ο χάρτης εννοιών ως εργαλείο μάθησης*, Εκδόσεις Γρηγόρη, 2001.
- ⁵³ Ν. Κυριαζή, *Η Κοινωνιολογική Έρευνα: Κριτική επισκόπηση των μεθόδων και των τεχνικών*, Ελληνικές Επιστημονικές Εκδόσεις, 1998.
- ⁵⁴ Ι. Παρασκευόπουλος, *Μεθοδολογία Επιστημονικής Έρευνας, Τόμος Β*, Εκδόσεις ΑΘΗΝΑ, 1993.
- ⁵⁵ Κ.Λ. Μυλωνάς, *Θεωρητικές Έννοιες Μετρικής και Ψυχομετρίας*, (Πανεπιστημιακές σημειώσεις), Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2007.
- ⁵⁶ Μ. Τσαγρής, *Στατιστική με τη χρήση του πακέτου SPSS 19*, Αθήνα και Nottingham 2013; http://www.academia.edu/1735659/IBM_SPSS_19
- ⁵⁷ D. Howitt and D. Cramer, *Στατιστική με το SPSS 11 για Windows*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2003.
- ⁵⁸ Ι. Παρασκευόπουλος, *Στατιστική, Τόμος Α*, Εκδόσεις Γρηγόρη, 1990.
- ⁵⁹ A. Field, *Discovering Statistics Using SPSS*, Third Edition, SAGE Publications Ltd, 2009.
- ⁶⁰ UCLA, *Institute for digital research, Missing Data*
<http://www.ats.ucla.edu/stat/spss/modules/missing.htm>
- ⁶¹ M. C. P. J. Knippels, A. J. Waarlo, and K. Th. Boersma, *Biology teachers' perceptions of learning problems in Mendelian genetics*, In: Research in Didaktik of Biology. Proceedings of the second conference of European Researchers in Didaktik of Biology (ERIDOB), Goteborg 1998, eds. Andersson B., Harms U., Hellden G. and Sjobeck M. L., pp. 269-274. Goteborgs Universitet: NA-Spektrum, 2000, pp. 269-274.
- ⁶² Ζόγκζα Β., Σαρμονίκα Μ., *Αντιλήψεις παιδιών ηλικίας 6-11 χρονών για την κληρονομικότητα*, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση», Θεσσαλονίκη, 1999.

-
- ⁶³ A. M. L. Cavallo, and L. E. Schafer, *Relationships between students' meaningful learning orientation and their understanding of genetics topics*. Journal of Research in Science Teaching, vol. 31, no. 4, 1994, pp. 393-418.
- ⁶⁴ A.M.L. Cavallo, Meaningful learning, reasoning ability, and student's understanding and problem solving of topics in genetics, Journal of Research in Science Teaching, vol. 33, no. 6, 1996, pp. 625-656.
- ⁶⁵ G. Marbach-Ad and R. Stavy, *Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena*, Journal of Biological Education, vol. 34, no. 4, 2000, pp. 200-205.
- ⁶⁶ Ι. Παρασκευόπουλος, *Στατιστική, Τόμος Β*, Εκδόσεις Γρηγόρη, 1990.
- ⁶⁷ Π. Ρούσσος και Γ. Ευσταθίου, *Σύντομο Εγχειρίδιο SPSS 16.0*, Τμήμα ΦΠΨ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2008.
- ⁶⁸ Α. Γκιγκούδη, Ανάπτυξη διδακτικών προτάσεων και αντίστοιχου λογισμικού για την άρση των παρανοήσεων των μαθητών σχετικά με το χημικό δεσμό, Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2011.
- ⁶⁹ A. Saka, L. Cerrah, A. R. Akdeniz and A. Ayas, *A Cross-Age Study of the Understanding of Three Genetic Concepts: How Do They Image the Gene, DNA and chromosome?*, Journal of Science Education and Technology, vol. 15, no. 2, 2006, pp. 192-202.
- ⁷⁰ Ε. Κουμπάρου, Μ. Κυριακούδη, Φ. Λυκούρας, Σ. Οικονόμου, Ε. Παπαχαραλάμπους, Ε. Σουλέ, Μ. Τριμανδήλη, Ε. Μαυρικάκη, *Το μάθημα της Βιολογίας σύμφωνα με τις απόψεις μαθητών ελληνικών δημοσίων σχολείων Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης*, Στο Θ. Κατσώρχης (επιμ.), Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα «ΥΓΕΙΑ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ - Προβληματισμοί - Προτάσεις» Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2009, σσ. 68-76.
- ⁷¹ L. A. Smith and J. M. Williams, *"It's the X and Y Thing": Crosssectional and Longitudinal Changes in Children's Understanding of Genes*, Research in Science Education, vol. 37, 2007, pp. 407-422.
- ⁷² Κ. Κεραμάρης, *Διδακτικό Σενάριο: Διατήρηση και συνέχεια της ζωής - Γενετική Μηχανική και Βιοτεχνολογία*, Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση και εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη, Κέντρο Εκπαιδευτικής Στήριξης Παλλήνης, 2012.
- ⁷³ Π. Βαμβακά, Α. Ιωαννίδου, Γ. Λαζαρίδης, Ζ. Ρομποτή, Ε. Μαυρικάκη, Από Σχολείο σε Σχολείο και από Μάθημα σε Μάθημα. Οι Εκπαιδευτικοί του Κλάδου ΠΕ04 και το Φάσμα της Διδασκαλίας των Μαθημάτων β' Ανάθεσης, Απόψεις και Εκτιμήσεις. Στο Θ. Κατσώρχης (επιμ.), Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα «ΥΓΕΙΑ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ - Προβληματισμοί - Προτάσεις», Πανεπιστήμιο Αθηνών, 27-28 Μαρτίου 2009, σσ. 108-117.
- ⁷⁴ G. Venville and J. Donovan, *Searching for clarity to teach the complexity of the gene concept*, Teaching Science, vol. 51, no. 3, 2005, pp. 20-24.